

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

*November 2023*

**European Scientific Institute, ESI**

*The content is peer reviewed*

**ESJ Natural/Life/Medical Sciences**

*November 2023 edition vol. 19, No. 33*

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

ISSN: 1857-7431 (Online)

ISSN: 1857-7881 (Print)

---

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

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

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

---

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

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

*Sincerely,*

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

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

*Editor in Chief*

---

# International Editorial Board

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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



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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

**Anita Lidaka,**  
Liepaja University, Latvia

**Rania Zayed,**  
Cairo University, Egypt

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

**Adil Jamil,**  
Amman University, Jordan

**Habib Kazzi,**  
Lebanese University, Lebanon

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

**Evelio Velis,**  
Barry University, USA

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

**Emrah Cengiz,**  
Istanbul University, Turkey

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

**Marco Mele,**  
Unint University, Italy

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

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

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

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

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

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

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

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

**Vera Komarova,**  
Daugavpils University, Latvia

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

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

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

**Georges Kpazai,**  
Laurentian University, Canada

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

**Natalia Sizochenko,**  
Dartmouth College, USA

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

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

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

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

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

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

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

**Aelita Skarbaliene,**  
Klaipeda University, Lithuania

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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



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

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

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

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

**Fatma Koc,**  
Gazi University, Turkey

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

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

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

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

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

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

**Amarjit Singh,**  
Kurukshetra University, India

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

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

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

**Rokia Sanogo,**  
University USTTB, Mali

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

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

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

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

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

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

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

**Eyal Lewin,**  
Ariel University, Israel

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

**Ilknur Bayram,**  
Ankara University, Turkey

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

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

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

**Camille Habib,**  
Lebanese University, Lebanon

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

**Gamal Elgezeery,**  
Suez University, Egypt

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

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

**Seka Yapi Arsene Thierry,**  
Ecole Normale 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 Jayewrdenepura, Sri Lanka

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

**Nina Stankous,**  
National University, USA

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

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

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

**Elena Hunt,**  
Laurentian University, Canada

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



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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

**Satoru Suzuki,**  
Panasonic Corporation, Japan

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

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

**Nasreen Khan,**  
SZABIST, Dubai

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

**Elham Mohammadi,**  
Curtin University, Australia

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

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

**Yue Cao,**  
Southeast University, China

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

**Asli Cazorla Milla,**  
Centro de Estudios Universitarios Madrid, Spain

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

**Hadi Sutopo,**  
Topazart, Indonesia

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

**Abu Hamja,**  
Aalborg University, Denmark

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

**Enriko Ceko,**  
Wisdom University, Albania

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

**Mauro Berumen,**  
Caribbean University, Mexico

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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



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

**Usama Konbr,**  
Tanta University, Egypt

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

**Salwa Alinat,**  
Open University, Israel

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

**Suphi Ural,**  
Cukurova University, Turkey

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

**Selcuk Poyraz,**  
Adiyaman University, Turkey

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

**Umut Sener,**  
Aksaray University, Turkey

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

**Abdul Basit,**  
Zhejiang University, China



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

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

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

**Dolantina Hyka,**  
Mediterranean University of Albania

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

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

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

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

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

# Table of Contents:

**A Machine Learning and Computer Vision Application to Robustly  
Extract Winnings from Multiple Lottery Tickets in One Shot.....1**

*Wan Li*

*Vikramjit S. Rathee*

*Pengyue He*

**Effets des Amendements Organiques sur la Gale Bactérienne et la  
Pourriture Apicale de la Tomate à Bobo-Dioulasso au Burkina  
Faso.....17**

*Traoré Oumarou*

*Ouédraogo R. Adèle*

*Dianda Z. Oumarou*

*Boro Fousseni*

*Bouda Etienne*

*Wonni Issa*

**Repercussions du Maintien de l'Activité Sexuelle sur l'Intimité et  
l'Adaptation des Militaires Amputés à l'Hôpital Militaire  
d'Abidjan.....34**

*Okou Kouakou Jean Marie*

*Kanga Adouakoua Aka Brice*

*Tra Bi Tra Isidore*

**Optimisation de l'Evaluation de la Biomasse Fourragère en Zone Sahélienne Grâce à l'Utilisation de la Méthode de Régression Linéaire Multiple en Conjonction Avec la Stratification.....52**

*Issa Garba*

*Zakari Seybou Abdourahamane*

*Abdou Amadou Sanoussi*

*Illa Salifou*

**La Résilience des Exploitations d'Eleveurs dans un Contexte de Changement Climatique dans la Région de Thiès.....76**

*Mamadou Moustapha Mbaye*

*Gorgui Ka*

*Mamadou Mbaye*

**Cognitions Liées à l'Insuffisance Rénale Chronique et Bien-être Psychologique chez des Patients du Centre d'Hémodialyse de Cocody/Abidjan.....99**

*N'Guessan Alain Adjuman*

*Tra Isidore Tra Bi*

*Yao Eugène N'Dri*

**Evaluating the Impact of a Teaching Program on Nurses' Performance during CVP Measurement in Intensive Care Units: A Quasi-Experimental Study.....116**

*Yasser Adnan Abu Jaish*

**Indications et Pronostic de l'Utilisation de la Sonde de Foley dans le  
Déclenchement du Travail d'Accouchement à la Maternité du CHU Kara,  
Nord Togo en 2023.....140**

*Kossi Edem Logbo-Akey*

*Tina Kétévi*

*Yendoube Pierre Kambote*

*Akila Bassowa*

*Kignomon Bingo M'bortché*

*Noe Kibandou Patchidi*

*Dede Regina Ajavon*

*Abdoul Samadou Aboubakari*

**Aspects Epidémiologiques, Cliniques, et Prise en Charge Chirurgicale des  
Fibromyomes Uterins au Service de Gynécologie -Obstétrique de  
l'Hopital National Ignace Deenchu de Conakry 2022.....154**

*A.F.M. Soumah*

*I. Sylla*

*J.T. Tolno*

*I. Conté*

*E.M. Bah*

*M.H. Diallo*

*A. Diallo*

*I.S. Baldé*

*D.W.A. Léo*

*Telly Sy*

**Caractérisation Ecologique des Différents Types d'Habitat et Mode de Consommation de Bambous Comme Base de l'Alimentation des Lémuriens : Cas du Parc National Ranomafana.....169**

*Heriniaina Marcellin Andrianotahina*

*Laurent Raveloson*

*Tahiana Andriaharimalala*

*Félicitée Rejo-Fienena*

**Contribution du Scanner à L'exploration des Pathologies Abdominales à Bangui.....191**

*Oumarou Youssouf*

*Sougrou Franky Kouandongui Bangue*

*Timothée Mobima*

*Bruno Chrysostome Wango Ndoizine*

**Prédétermination des Crues de L'oued Inaouène à L'Aide des Méthodes Statistiques, Maroc Septentrional.....202**

*Hamouch Chakir*

*Chaaouan Jamal*

**Evaluation de L'Efficacite Antimicrobienne des Gels Hydroalcooliques Vendus sur les Marches et Grandes Surfaces de la Ville de Daloa (Centre-Ouest, Cote d'Ivoire).....214**

*Zebre Arthur Constant*

*Tiekoura Konan Bertin*

*Coulibaly Bakary*

*Zangre Hélène*

*Konate Ibrahim*

**Origine et Processus de Minéralisation des Eaux Souterraines dans la  
Partie Sud du Marais Poitevin (Nouvelle-AquitaineFrance) et de Son  
Substratum Carbonaté de l'Oxfordien Supérieur.....231**

*Rodrigue Vincent Benjamin Anongba Braphond*

*Tohouri Privat*

*Soro Sandona Issa*

*Adja Miessan Germain*

**Etude Comparative des Effets des Feux de Brousse dans les Parcs  
Nationaux de Mikea et de Zombitse-Vohibasia a Madagascar.....262**

*Insoime Mohamed Sidi*

*Félicitée Rejo Fienena*

# **A Machine Learning and Computer Vision Application to Robustly Extract Winnings from Multiple Lottery Tickets in *One Shot***

***Wan Li***

Senior Research Fellow, Sanming University, Fujian, China

***Dr. Vikramjit S. Rathee***

Chief Scientific Advisor, Research & Development Department,  
Nine Star Initiative, DE, USA

***Pengyue He***

Doctoral Researcher, Sanming University, Fujian, China

[Doi: 10.19044/esj.2023.v19n33p1](https://doi.org/10.19044/esj.2023.v19n33p1)

---

Submitted: 21 September 2022

Accepted: 30 May 2023

Published: 30 November 2023

Copyright 2023 Author(s)

Under Creative Commons CC-BY 4.0

OPEN ACCESS

*Cite As:*

Li W., Rathee V.S. & He P. (2023). *A Machine Learning and Computer Vision Application to Robustly Extract Winnings from Multiple Lottery Tickets in One Shot*. European Scientific Journal, ESJ, 19 (33), 1. <https://doi.org/10.19044/esj.2023.v19n33p1>

---

## **Abstract**

Mega Millions and Powerball are among the most popular American lottery games. This article provides a practical software application that can conveniently examine and evaluate several lottery tickets for prizes using just the images. The application accepts as input a directory containing the images of lottery tickets and utilizes machine learning and computer vision to extract lottery ticket data, lottery name, lottery draw date, 5-digit lottery numbers, 2-digit lottery "ball" numbers, and the lottery multiplier. The application also retrieves winning lottery data that corresponds to the lottery draw date using a public database API. This is compared with data collected from each lottery ticket image to establish matches, and the corresponding prize amount is computed. The current version of the application supports GPU usage, and image orientation has no impact on its functionality. It is believed that a considerable portion of the U.S. public participating in the Powerball and Mega Millions lotteries will find such an application beneficial and handy.

---

**Keywords:** Machine Learning, Lottery, Computer Vision, Powerball, Mega Millions

## **Introduction**

Playing lottery games is a popular activity in the United States (Bernadette McKinney & Swain, 1993; Tom Huddleston Jr, 2022). Though different types of lottery games exist, Mega Millions (MM) and Powerball (PB) are among the most played lottery games in the United States. Recently, the jackpot prize of the Mega Millions lottery rose to \$1.28 billion. This was considered as one of the biggest jackpot prizes, and it was won by a single lottery ticket purchased in Illinois, USA (Tom Huddleston Jr, 2022). MM and PB lottery games consist of 'drawings' on specific days during the week when the lottery machine picks random number balls. While Monday, Wednesday, and Saturday are for PB, Tuesday and Thursday are for MM. These drawings are telecasted live, and the winning numbers obtained from the lottery machine are made available on the official websites of Mega Millions and Powerball. Before the drawings, people can buy lottery tickets containing either selected numbers or quick-pick numbers (randomly generated by the officially licensed machine). Powerball and Mega Millions are coordinated by the Multi-State Lottery Association (MUSL) (Multi-State Lottery Association, 2022). Therefore, the most strict security standards are followed to prevent malicious interference. A single PB or MM lottery ticket can be as low as \$2.00. These lottery games are popular among the people of the United States due to the low cost of participation and trustworthiness.

The frequency of playing PB and MM and the number of tickets purchased per drawing vary substantially among lottery ticket purchasers. Nonetheless, all ticket purchasers play with the hope of winning the jackpot or other potential monetary prizes. To verify the prize won, the ticket holder must compare the numbers on their lottery ticket with the winning numbers drawn during a live telecast or go to a local store that sells the lottery to get the ticket checked for the prize won. Furthermore, it is the responsibility of the lottery ticket holder to claim the prize after they have verified that they have indeed won a prize.

There have been many instances in the United States when individuals misplaced their lottery tickets and were never able to verify their prize (O'Brien, 2021). To buttress this, \$77 million and \$51.7 million Powerball jackpot prizes, as well as \$68 million and \$46 million Mega Million jackpot prizes have remained unclaimed (The Lotter, 2022). Hence, a significant concern for the people that play the lottery indicates that they are not aware of the numbers on the ticket.



This is especially true when playing the lottery with quick pick numbers. Such individuals continually stress over the possibility that if they had the ticket, they may have had the winning numbers and would have won a substantial amount of money. Although there is an extremely low possibility of winning the jackpot, such apprehension leads to unhealthy stress on the individual's mind and impacts their day-to-day lives, which can span from days to weeks. Also, due to busy lifestyle, they might have forgotten to check the lotto ticket numbers and just stacked their tickets with the previous unchecked tickets, with each ticket adding to the stack size. Such cases run the risk of individuals forgetting about the ticket expiration date (1 year for PB and MM) and ticket holders not being able to claim the lottery prize (Mega Millions, 2022a; Powerball, 2022b). In addition, manually checking the number of matches of each lottery ticket with the winning numbers (available on the lottery website) is a repetitive and tedious task. Therefore, there is a high probability of making errors, such as mismatching the number, which would lead to monetary losses for the individual. However, even if they choose to visit the lottery machine positioned in the nearby gas store or convenience store, they would still have to spend time repeatedly scanning each of their bulk tickets to determine the winnings.

Since most of the population have access to smartphones, it would be quite useful and convenient if one could take pictures of the lottery tickets containing the numbers and pass these pictures to an application that can identify not only the particular tickets that have won prizes, but also the price amount. Hence, even if a person misplaced multiple tickets but had saved the pictures of the PB or MM tickets, they can check if they have won any monetary prizes or not. This will help curb the fear of "missing out" in regards to the possibility of their lottery ticket containing winning numbers. If there is an application that can pass on the folder containing pictures of several lottery tickets which individuals might have taken earlier, they would not have to worry about the mismatch between the lottery ticket numbers and the winning numbers. Also, they would not have to devote additional time to visit the local store to scan the stack of lottery tickets.

Thus, this article presents a prototype application that utilizes machine learning and computer vision to extract lottery ticket data from the PB and MM lottery ticket pictures in order to calculate the monetary price won. A folder containing all the lottery ticket images can be passed to this application in bulk. The prototype application will automatically check all the lottery tickets in the folder for winnings. However, unless specified, lottery tickets refer only to the MM and PB lottery tickets.

Although there are few applications that offer to check the lottery winnings, each of them differs in functionality. Nonetheless, a major shortcoming is the inability to analyze several lotto tickets at once or not being able to extract the draw date from the lotto ticket image to check for winnings. The latter case is especially cumbersome if the user has to input the lottery draw date for several

lottery tickets. This negates some of the benefits of checking the winnings through a phone app compared to manually checking the lottery website through the local lottery machine. Furthermore, the very few apps that utilize image processing techniques on the lottery ticket reveal a significant processing bottleneck since such apps rely on smartphone processing power for the image processing task. This is relatively inefficient, error-prone, and time-consuming. Image processing, especially Optical Character Recognition (OCR), is GPU-optimized. Hence, the GPU renders the process of checking lottery tickets fast and efficient (Castaño-Díez et al., 2008).

In addition, it provides a convenient way to extract and check multiple lotto tickets by utilizing state-of-the-art or machine learning and computer vision algorithm using a GPU. The algorithm can extract the lottery ticket numbers and the lottery draw date so as to determine if the lottery ticket is PB or MM from the image. The application also calculates the prize won from each lottery ticket image. Thus, the prototype application is a hands-off method for checking lottery ticket numbers. It is strongly believed that such an application will bring practical usage, convenience, and peace of mind to a large segment of the United States population that play the PB and MM lottery games.

## Methods

The procedure on the user end consists of taking the pictures of the PB or MM lottery tickets using smartphones or any other device and collecting them into a single folder. Subsequently, the user runs the application and passes the path that points toward the folder containing all the pictures in the application.

The application is written using Python version 3.7.13 (Van Rossum & Drake, 2009). In general, the overall workings of the application can be divided into three steps. In the first step, the application retrieves the lottery winnings information from an open database. The application extracts useful data from the lottery ticket in the second step. In the third step, the application compares the lottery numbers extracted from the lottery tickets, with the winning lottery numbers randomly selected on the drawing date indicated on the lottery ticket. After that, the application calculates the amount won from each lottery ticket picture the user provided.

During the first step, the application utilizes Socrata Open Data API to obtain the winning numbers for the particular draw date extracted from the lottery ticket (Socrata, 2022). The Socrata Open Data API allows access to open data resources from governments, non-profits, and NGOs around the world. The sodapy-2.1.1 package was utilized as a python client for the Socrata Open Data API (xmunoz, 2022). The Socrata Open Data API extracts the last 150 rows from the Mega Millions and Powerball datasets. The last 150 winning numbers span a timeframe of 1.5 years, and Mega Millions and Powerball lottery tickets are not valid after one year (Mega Millions, 2022a; Powerball, 2022b).

As a second step, the application runs an Optical Recognition Task (OCR) by utilizing the EasyOCR version 1.4.2 algorithm (Awalgaonkar et al., 2021; JaidedAI, 2022) on each lottery ticket image to extract the lottery type (Mega Millions or Powerball), lottery ticket numbers, lottery 'ball' numbers (MegaBall and Powerball), the multiplier (Megaplier or Power Play), and the lottery draw date. EasyOCR is an excellent choice for text recognition from images since its underlying framework consists of ResNet (Allen-Zhu & Li, 2019). It is regarded as a cutting-edge machine learning architecture for image recognition and LSTM (Staudemeyer & Morris, 2019), which is a well-established neural network architecture for text generation. In addition, EasyOCR supports text recognition from photos in more than 42 languages, thereby allowing applications built on it to be easily adapted for international use.

Furthermore, Pillow (PIL) version 7.1.2 (Kemenade et al., 2022), an open-source python imaging library, was utilized to fix the orientation of the lottery ticket image since it is possible for the user to take pictures that are rotated by multiples of 90 degrees. However, such pictures can cause text recognition issues as the data extracted from the rotated picture may not be accurate. The Exif Tags module of the Pillow library provides a convenient way to read the Exif data from the lottery ticket pictures in order to determine the orientation of the image. By utilizing OpenCV version 4.5.4, a real-time optimized computer vision library, the orientation of the images was set to 0 degrees before the OCR task (opencv, 2022). Additionally, the OpenCV library was utilized to create visible bounding boxes around the text recognized from the lottery ticket image post-OCR task (see results and discussion section).

EasyOCR is built on PyTorch, which is an open-source machine learning framework for research and production (Paszke et al., 2019). For ease of use, the information extracted from the lottery ticket is indicated in the following format: Lt, Ldt, 5d, 2db, and m. This corresponds to lottery type, lottery draw date, 5-digit lottery numbers, 2-digit lottery 'ball' numbers, and the lottery multiplier, respectively. Following the same convention, lottery winning information is indicated as Lt, Ldt, W5d, W2db, and Wm. Accordingly, 'W' signifies winning values.', while Lt 'and 'Ldt' represent the lottery type and draw date, respectively. For example, Lt= 'Mega Millions' and Ldt = '5/24/22'. The application can also recognize and extract information from single-play on a lottery ticket, i.e., one set of 5d, 2db, m, and multiple plays on a single lottery ticket, i.e., > 1 set of 5d, 2db, and m (see results and discussion section).

As a third step, the application checks for matches between each set of Lt, Ldt, 5d, 2db, and m extracted from the lottery ticket image, as well as Lt, Ldt, W5d, W2db, and Wm obtained via Socrata Open Data API. Subsequently, it calculates the amount won by taking into account whether the Lt was Mega Millions or Powerball since they differ in the prize money corresponding to the matches (Mega Millions, 2022b; Powerball, 2022a). For each lottery ticket

picture, the application appends the picture name of the lottery ticket into a text file. This includes all sets of Lt, Ldt, 5d, 2db, m, Lt, Ldt, W5d, W2db, Wm, the number of matches for each set of Lt, Ldt, 5d, 2db, m, and the amount won.

For faster processing and to obtain results within a shorter timeframe, the use of GPU is recommended (Castaño-Díez et al., 2008). Since the EasyOCR module supports GPU (JaidedAI, 2022), the application utilized the Tesla V100-SXM2 GPU with 16 GB memory to produce the results presented in this article (Xu et al., 2018). Furthermore, to increase the accuracy of text recognition, it is recommended that the user takes a picture of the content provided within the black demarcation lines on the lottery ticket. This is indicated in Figure 1 by the green arrows. Since it can be tedious to only include information within the black lines, it is not a strict requirement but a recommended guideline. Even if the picture contains content information beyond the black demarcation lines, the application can still obtain Lt, Ldt, 5d, 2db, and m information accurately.



Figure 1. How to Take Picture of the Lottery Tickets

Figure 1 depicts a Mega Millions ticket. The application works accurately when the picture is taken based on the content between the black lines on the lottery ticket. The green arrows indicate these black lines in the current figure. Taking the picture this way should serve as a guideline and not as a strict requirement. This is because even if the user takes a picture that contains some text outside the black lines, the application is still able to accurately capture the numbers and draw dates (see Figure 2 B and Figure 3 B).

## Results and Discussion

Figure 2 depicts the Mega Millions (MM) and Powerball (PB) lottery ticket pictures with blue bounding boxes containing the text recognized by the application. Figures 2A and B depict the MM tickets, while Figures 2 C and D illustrate the PB tickets with single play (left), i.e., a single set of Lt, Ldt, 5d, 2db, m and multiple plays (right), as well as multiple sets of Lt, Ldt, 5d, 2db, and m, respectively. Figure 2 depicts that the OCR task was executed efficiently, and the Lt, Ldt, 5d, 2db, and m information was captured in separate bounding boxes, thus making it easier to extract in a textual format.

Since the focus is on the Lt, Ldt, 5d, 2db, and m information from the ticket, the application further processes all the text recognized from the lottery ticket by the OCR task. In brief, the processing step involved selecting an array of texts containing the matching keyword or selecting text based on a set pattern using regex (Aho, 1991). Also, non-relevant text was discarded and not utilized by the prototype application.

As earlier mentioned, the application checks for matches between each set of Lt, Ldt, 5d, 2db, and m in the third step. This is extracted from the lottery ticket image and the Lt, Ldt, W5d, W2db, and Wm calculates the prize won. Figure 3 depicts the output information for each lottery ticket presented in Figure 2. The outputs corresponding to all the lottery pictures in the application are printed into a file and stored locally on the device at a user-defined location. Figure 3 further highlights the convenience of the application. For example, Figure 3D corresponds to the application output for a Powerball ticket that won \$12. This illustrates that the output contains the name of the picture, the name of the lottery (all sets of Lt, Ldt, 5d, 2db, and m from the lottery ticket and Lt, Ldt, W5d, W2db, and Wm from the Socrata database) all the matches, and the accurately computed prize amount which was \$12. Furthermore, since an individual may have many tickets, it can be cumbersome to select the lottery ticket that won the prize. Hence, during the process of appending all the outputs to the text file, the application writes out "YOU WON!" in ASCII art (Waller, 2022) format on the lottery ticket that won any amount of money that is > \$0.

Through this article, a practical application has been provided with the utility to check the MM and PB lottery tickets quickly and conveniently for prizes that are currently not readily available. However, further improvements can enhance the usefulness of this application. Although the application is currently available as a Google Colab notebook (Prashanth et al., 2021) on GitHub (VikramjitSinghRathee, 2022), it can be helpful to convert this application into a smartphone app which would increase the reach of this application to wider audiences. Nevertheless, the shortcoming of creating a corresponding smartphone application is the access to powerful GPU, such as the Nvidia Tesla V100 (Xu et al., 2018), which is not readily available and requires utilization charges if cloud services are utilized (Google Cloud, 2022). Thus, changes are required in the



application algorithm to maximize the utilization of mobile processors on smartphones (Akenine-Moller & Strom, 2008), while maintaining the image processing abilities of the application currently implemented as a Colab notebook. Since the current version of the application only supports PB and MM lottery tickets, adding functionality for other lotteries such as Cash4Life (Pennsylvania Lottery, 2022) and Lucky for Life (Lucky for Life Lotteries, 2022) would increase the reach of the application to a wider audience.



Figure 2. Lottery Numbers, Balls, Multiplier, and Draw Date Captured from the Lottery Tickets

Figure 2 depicts the text from the lottery tickets which the application captures. The blue boxes show the texts extracted by the application in each lottery ticket, which is processed further to obtain Lt, Ldt, 5d, 2db, and m data. A and B correspond to single play and multiple plays MM lottery tickets, respectively. On the other hand, C and D correspond to single and multiple plays PB lottery tickets, respectively.

<p><b>A</b></p> <pre> IMAGE NAME: Mega_1.jpg LOTTO NAME: Mega Millions Lottery Date: 03-29-2022 Lottery Ticket Numbers: 1st Number: ['06', '37', '42', '55', '62'] Lottery Ticket Ball: ['11'] Lottery Ticket Multiplier: Yes ----- Winning Numbers: ['07', '22', '36', '45', '64'] Winning ball: 12 Winning Multiplier: 2 ----- Matches [(0, 0)] 1st Number match: 0, 1st ball match: 0 ----- No prizes won yet: 0                 </pre>	<p><b>B</b></p> <pre> IMAGE NAME: Mega_3.jpg LOTTO NAME: Mega Millions Lottery Date: 07-27-2021 Lottery Ticket Numbers: 1st Number: ['05', '16', '43', '45', '70'] 2st Number: ['08', '19', '25', '54', '64'] 3st Number: ['01', '16', '38', '47', '69'] 4st Number: ['04', '17', '32', '34', '67'] 5st Number: ['03', '05', '18', '37', '45'] Lottery Ticket Ball: ['09', '06', '06', '16', '16'] Lottery Ticket Multiplier: No ----- Winning Numbers: ['02', '35', '36', '54', '64'] Winning ball: 11 Winning Multiplier: 3 ----- Matches 1st Number match: 0, 1st ball match: 0 2st Number match: 2, 2st ball match: 0 3st Number match: 0, 3st ball match: 0 4st Number match: 0, 4st ball match: 0 5st Number match: 0, 5st ball match: 0 1st Number match: 0, 1st ball match: 0 ----- No prizes won yet: 0                 </pre>
<p><b>C</b></p> <pre> IMAGE NAME: Power_1.jpg LOTTO NAME: Powerball Lottery Date: 12-27-2021 Lottery Ticket Numbers: 1st Number: ['17', '33', '35', '48', '59'] Lottery Ticket Ball: ['16'] Lottery Ticket Multiplier: No ----- Winning Numbers: ['36', '38', '45', '62', '66'] Winning ball: 19 Winning Multiplier: 2 ----- Matches [(0, 0)] 1st Number match: 0, 1st ball match: 0 ----- No prizes won yet: 0                 </pre>	<p><b>D</b></p> <pre> IMAGE NAME: Power_3.jpg LOTTO NAME: Powerball Lottery Date: 10-11-2021 Lottery Ticket Numbers: 1st Number: ['24', '26', '46', '52', '67'] 2st Number: ['12', '38', '41', '46', '58'] 3st Number: ['05', '14', '23', '36', '66'] 4st Number: ['43', '45', '54', '64', '67'] 5st Number: ['23', '28', '50', '61', '64'] Lottery Ticket Ball: ['09', '04', '04', '07', '20'] Lottery Ticket Multiplier: Yes ----- Winning Numbers: ['11', '20', '33', '39', '65'] Winning ball: 24 Winning Multiplier: 3 ----- Matches 1st Number match: 0, 1st ball match: 0 2st Number match: 0, 2st ball match: 0 3st Number match: 0, 3st ball match: 0 4st Number match: 0, 4st ball match: 0 5st Number match: 0, 5st ball match: 1 1st Number match: 0, 1st ball match: 0 ----- YOU WON ----- \$\$\$ PRIZE WON \$\$\$: \$12                 </pre>

Figure 3. Output of the Application

Figure 3 depicts the final results of the application for the user's lottery tickets. D reveals the output of a PB ticket that has won a prize.

Lastly, badly taken pictures of the lottery ticket can influence the application's performance in text recognition (Ye & Doermann, 2015) and subsequently, the prize calculation. Hence, image manipulating algorithms could be implemented with the application to counter such cases. However, future studies need to be conducted to discuss the implementation of these improvements and its impact on the application's performance so as to extract information from the lottery tickets and compute prizes.

## **Conclusion**

Mega Millions and Powerball are consistently regarded as the most popular lotteries in the United States. This article describes a Python 3.7 application that can conveniently examine and evaluate multiple tickets for monetary winnings, which is solely based on images of lottery tickets. The program accepts a folder containing photos of lottery tickets as input. Using the python imaging library Pillow and the computer vision library OpenCV, the images of the lottery tickets were processed and their orientation was corrected to 0 degrees. The application executes an Optical Recognition Task (OCR) on the Tesla V100 GPU on each lottery ticket by using the EasyOCR package. Its framework consists of machine learning architectures for image recognition (ResNet) and text generation (LSTM) to extract data such as the lottery name, the lottery draw date, 5-digit lottery numbers, 2-digit lottery "ball" numbers, and the lottery multiplier. The application also collects winning lottery data which matches the lottery draw date by using the sodapy package as a python client for the Socrata Open Data API. Subsequently, the application compares the winning lottery data with the data gathered from each lottery ticket image to establish matches and computes the associated reward amount in \$. A text file is created with results corresponding to the images of lottery tickets within the folder. Since it might be tedious to locate the winning lottery ticket if the folder contains several images, the application uses ASCII art to highlight the winning lottery ticket for any prize more than \$0. The researcher anticipates that a significant portion of individuals in the United States who participate in Powerball and Mega Millions lottery games will find the software program valuable and easy to use.

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

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

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



## References:

1. Aho, A. V. (1991). Algorithms for finding patterns in strings. In *Handbook of theoretical computer science (vol. A): Algorithms and complexity* (pp. 255–300). MIT Press.
2. Akenine-Moller, T. & Strom, J. (2008). Graphics Processing Units for Handhelds. *Proceedings of the IEEE*, 96(5), 779–789. <https://doi.org/10.1109/JPROC.2008.917719>
3. Allen-Zhu, Z. & Li, Y. (2019). What Can ResNet Learn Efficiently, Going Beyond Kernels? *Advances in Neural Information Processing Systems*, 32. <https://proceedings.neurips.cc/paper/2019/hash/5857d68cd9280bc98d079fa912fd6740-Abstract.html>
4. Awalgaonkar, N., Bartakke, P., & Chaugule, R. (2021). *Automatic License Plate Recognition System Using SSD*. 394–399. <https://doi.org/10.1109/IRIA53009.2021.9588707>
5. Bernadette McKinney, E. & Swain, J. W. (1993). State lotteries: Explaining their popularity. *International Journal of Public Administration*, 16(7), 1015–1033. <https://doi.org/10.1080/01900699308524833>
6. Castaño-Díez, D., Moser, D., Schoenegger, A., Pruggnaller, S., & Frangakis, A. S. (2008). Performance evaluation of image processing algorithms on the GPU. *Journal of Structural Biology*, 164(1), 153–160. <https://doi.org/10.1016/j.jsb.2008.07.006>
7. Google Cloud. (2022). *Pricing Overview*. <https://cloud.google.com/pricing>
8. JaidedAI (2022). *EasyOCR* (1.4.2) [Python]. <https://github.com/JaidedAI/EasyOCR>
9. Kemenade, H. Van, Murray, A., wiredfool, Jeffrey A. Clark, “Alex,” Karpinsky, A., Baranovič, O., Gohlke, C., Dufresne, J., DWesl, Schmidt, D., Kopachev, K., Houghton, A., Mani, S., Landey, S., Vashek, Ware, J., Piolie, Douglas, J., T, S., ... Base, M. (2022). *Python-Pillow* (7.1.2). Zenodo. <https://doi.org/10.5281/zenodo.6788304>
10. Lucky for Life Lotteries (2022). *Lucky for Life*. <https://www.luckyforlife.us/>
11. Mega Millions (2022a). *How to Claim a Mega Millions Prize*. <https://mega-millions.com/how-to-claim>
12. Mega Millions (2022b). *How To Play*. <https://www.megamillions.com/How-to-Play.aspx>
13. Multi-State Lottery Association (2022). *About*. <https://www.lottery.net/multi-state-numbers>
14. O’Brien, S. (2021, March 15). *A \$1 million, year-old Mega Millions winning ticket expires March 17. Here’s how many prizes remain*

- unclaimed*. CNBC. <https://www.cnn.com/2021/03/15/mega-millions-ticket-worth-1-million-to-expire-join-unclaimed-prizes.html>
15. Opencv (2022). *Opencv* (4.5.4) [C++]. OpenCV. <https://github.com/opencv/opencv>
  16. Paszke, A., Gross, S., Massa, F., Lerer, A., Bradbury, J., Chanan, G., Killeen, T., Lin, Z., Gimelshein, N., Antiga, L., Desmaison, A., Kopf, A., Yang, E., DeVito, Z., Raison, M., Tejani, A., Chilamkurthy, S., Steiner, B., Fang, L., ... Chintala, S. (2019). PyTorch: An Imperative Style, High-Performance Deep Learning Library. *Advances in Neural Information Processing Systems*, 32. <https://papers.nips.cc/paper/2019/hash/bdbca288fee7f92f2bfa9f7012727740-Abstract.html>
  17. Pennsylvania Lottery (2022). *Cash4Life*. <https://www.palottery.state.pa.us/Draw-Games/Cash4Life.aspx>
  18. Powerball (2022a). *9 ways to win!* <https://www.powerball.com/games/home>
  19. Powerball (2022b). *How to Claim Powerball Winnings*. <https://www.powerball.net/how-to-claim-winnings>
  20. Prashanth, B., Mendu, M., & Thallapalli, R. (2021). Cloud based Machine learning with advanced predictive Analytics using Google Colaboratory. *Materials Today: Proceedings*. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2021.01.800>
  21. Socrata (2022). *Socrata Developers*. <https://dev.socrata.com/>
  22. Staudemeyer, R. C. & Morris, E. R. (2019). *Understanding LSTM -- a tutorial into Long Short-Term Memory Recurrent Neural Networks* (arXiv:1909.09586). arXiv. <https://doi.org/10.48550/arXiv.1909.09586>
  23. The Lotter (2022). *Top 6 Biggest Unclaimed Jackpots*. <https://www.thelotter.com/biggest-unclaimed-jackpots/>
  24. Tom Huddleston Jr (2022). *The \$1.28 billion Mega Millions jackpot would be one of the biggest ever—Here are the top 5 so far*. CNBC. <https://www.cnn.com/2022/07/27/1-billion-mega-millions-jackpot-among-biggest-us-lottery-prizes.html>
  25. Van Rossum, G. & Drake, F. L. (2009). *Python 3 Reference Manual*. CreateSpace.
  26. VikramjitSinghRathee (2022). *A Machine Learning and Computer Vision Application to Compute Winnings from Multiple Lottery tickets* (1.0) [Python]. <https://github.com/VikramjitSinghRathee/A-Machine-Learning-and-Computer-Vision-Application-to-Compute-Winnings-from-Multiple-Lottery-tickets>
  27. Waller, P. (2022). *Pyfiglet* (0.8.post1) [Python]. <https://github.com/pwaller/pyfiglet>

28. xmunoz (2022). *Sodapy* (2.1.1) [Python].  
<https://github.com/xmunoz/sodapy>
29. Xu, R., Han, F., & Ta, Q. (2018). *Deep Learning at Scale on NVIDIA V100 Accelerators*. 23–32. <https://doi.org/10.1109/PMBS.2018.8641600>
30. Ye, Q. & Doermann, D. (2015). Text Detection and Recognition in Imagery: A Survey. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 37(7), 1480–1500.  
<https://doi.org/10.1109/TPAMI.2014.2366765>

**Appendix**

**Supplementary Information - A Machine Learning and Computer Vision Application to Robustly Extract Winnings from Multiple Lottery Tickets in One Shot**



**Figure SI-1**  
 Raw images of the additional Powerball (PB) and Mega Millions (MM) lottery tickets taken using Samsung S21 Ultra device.



**Figure SI-2**

Lottery Numbers and Draw Date Captured from additional Powerball (PB) and Mega Millions (MM) lottery ticket images. Figure SI-2 depicts the text from the lottery tickets that the application captures. The blue boxes show the texts extracted by the application in each lottery ticket, which is further processed to obtain Lt, Ldt, 5d, 2db, and m.



<p>IMAGE NAME: Mega_2.jpg            LOTTO NAME: Mega Millions            Lottery Date: 02-04-2022            Lottery Ticket Numbers:            1st Number: ['10', '12', '35', '54', '60']            2st Number: ['06', '11', '26', '27', '41']            Lottery Ticket Ball: ['02', '15']            Lottery Ticket Multiplier: No            -----            Winning Numbers: ['07', '16', '34', '44', '61']            Winning ball: 24            Winning Multiplier: 4            -----            Matches            1st Number match: 0, 1st ball match: 0            2st Number match: 0, 2st ball match: 0            1st Number match: 0, 1st ball match: 0            -----            No prizes won yet: 0</p>	<p>IMAGE NAME: Mega_4.jpg            LOTTO NAME: Mega Millions            Lottery Date: 01-11-2022            Lottery Ticket Numbers:            1st Number: ['19', '37', '44', '46', '52']            2st Number: ['04', '10', '20', '33', '60']            3st Number: ['40', '54', '60', '63', '68']            Lottery Ticket Ball: ['17', '06', '12']            Lottery Ticket Multiplier: No            -----            Winning Numbers: ['02', '03', '19', '52', '58']            Winning ball: 16            Winning Multiplier: 2            -----            Matches            1st Number match: 2, 1st ball match: 0            2st Number match: 0, 2st ball match: 0            3st Number match: 0, 3st ball match: 0            1st Number match: 2, 1st ball match: 0            -----            No prizes won yet: 0</p>
<p>IMAGE NAME: Mega_5.jpg            LOTTO NAME: Mega Millions            Lottery Date: 10-29-2021            Lottery Ticket Numbers:            1st Number: ['08', '24', '32', '38', '62']            Lottery Ticket Ball: ['17']            Lottery Ticket Multiplier: Yes            -----            Winning Numbers: ['15', '26', '28', '35', '45']            Winning ball: 04            Winning Multiplier: 3            -----            Matches            [(0, 0)]            1st Number match: 0, 1st ball match: 0            -----            No prizes won yet: 0</p>	<p>IMAGE NAME: Power_2.jpg            LOTTO NAME: Powerball            Lottery Date: 04-06-2022            Lottery Ticket Numbers:            1st Number: ['22', '29', '32', '53', '55']            2st Number: ['13', '29', '47', '51', '63']            Lottery Ticket Ball: ['25', '13']            Lottery Ticket Multiplier: No            -----            Winning Numbers: ['06', '42', '45', '47', '64']            Winning ball: 18            Winning Multiplier: 3            -----            Matches            1st Number match: 0, 1st ball match: 0            2st Number match: 1, 2st ball match: 0            1st Number match: 0, 1st ball match: 0            -----            No prizes won yet: 0</p>
<p>IMAGE NAME: Power_4.jpg            LOTTO NAME: Powerball            Lottery Date: 11-27-2021            Lottery Ticket Numbers:            1st Number: ['09', '39', '43', '44', '52']            2st Number: ['04', '25', '26', '29', '61']            3st Number: ['24', '50', '54', '55', '63']            Lottery Ticket Ball: ['17', '09', '03']            Lottery Ticket Multiplier: No            -----            Winning Numbers: ['08', '32', '55', '64', '66']            Winning ball: 10            Winning Multiplier: 2            -----            Matches            1st Number match: 0, 1st ball match: 0            2st Number match: 0, 2st ball match: 0            3st Number match: 1, 3st ball match: 0            1st Number match: 0, 1st ball match: 0            -----            No prizes won yet: 0</p>	<p>IMAGE NAME: Power_5.jpg            LOTTO NAME: Powerball            Lottery Date: 03-28-2022            Lottery Ticket Numbers:            1st Number: ['41', '45', '55', '57', '64']            Lottery Ticket Ball: ['26']            Lottery Ticket Multiplier: No            -----            Winning Numbers: ['11', '18', '39', '58', '62']            Winning ball: 03            Winning Multiplier: 2            -----            Matches            [(0, 0)]            1st Number match: 0, 1st ball match: 0            -----            No prizes won yet: 0</p>

**Figure SI-3**

Output of the application for the additional Powerball (PB) and Mega Millions (MM) lottery tickets.

## **Effets des Amendements Organiques sur la Gale Bactérienne et la Pourriture Apicale de la Tomate à Bobo-Dioulasso au Burkina Faso**

***Traoré Oumarou***

Centre National de la Recherche Scientifique et Technologique (CNRST),  
Institut de Recherche en Sciences Appliquées et Technologies, Département  
Substances Naturelles, Direction Régionale de l'Ouest,  
Bobo-Dioulasso 01, Burkina Faso

Centre National de la Recherche Scientifique et Technologique (CNRST),  
Institut de l'Environnement et de la Recherche Agronomique, Laboratoire de  
Bactériologie, Station de Faroko-Bâ, Bobo-Dioulasso 01, Burkina Faso

***Ouédraogo R. Adèle***

Centre National de la Recherche Scientifique et Technologique (CNRST),  
Institut de Recherche en Sciences Appliquées et Technologies, Département  
Substances Naturelles, Direction Régionale de l'Ouest,  
Bobo-Dioulasso 01, Burkina Faso

***Dianda Z. Oumarou***

***Boro Fousseni***

Centre National de la Recherche Scientifique et Technologique (CNRST),  
Institut de l'Environnement et de la Recherche Agronomique, Laboratoire de  
Bactériologie, Station de Faroko-Bâ, Bobo-Dioulasso 01, Burkina Faso

***Bouda Etienne***

Ministère de l'Agriculture, des Ressources Animales et Halieutiques, Ecole  
Nationale de Formation Agricole de Matourkou,  
Bobo-Dioulasso 01, Burkina Faso

***Wonni Issa***

Centre National de la Recherche Scientifique et Technologique (CNRST),  
Institut de l'Environnement et de la Recherche Agronomique, Laboratoire de  
Bactériologie, Station de Faroko-Bâ, Bobo-Dioulasso 01, Burkina Faso

[Doi:10.19044/esj.2023.v19n33p17](https://doi.org/10.19044/esj.2023.v19n33p17)

Submitted: 29 May 2023

Accepted: 08 November 2023

Published: 30 November 2023

Copyright 2023 Author(s)

Under Creative Commons CC-BY 4.0

OPEN ACCESS

*Cite As:*

Oumarou T., Adèle O.R., Oumarou D.Z., Fousseni B., Etienne B. & Issa W. (2023). *Effets des Amendements Organiques sur la Gale Bactérienne et la Pourriture Apicale de la Tomate à Bobo-Dioulasso au Burkina Faso*. European Scientific Journal, ESJ, 19 (33), 17.

<https://doi.org/10.19044/esj.2023.v19n33p17>

---

## **Résumé**

L'étude a porté sur les effets des amendements organiques sur la gale bactérienne et la pourriture apicale de la tomate en milieu réel à l'Ouest du Burkina Faso. Un essai a été mis en place dans un dispositif en bloc de Fisher complètement randomisé. Il a comporté huit (08) traitements constitués des fertilisants organiques et minéraux tous répétés quatre (04) fois. L'incidence de la maladie et sa sévérité ont été évaluées ainsi que l'effet des traitements sur la qualité des fruits. La progression est relativement faible avec les déchets ménagers compostés associés aux engrais minéraux. La maladie est plus sévère avec les différents fertilisants pris individuellement. Dans l'ensemble, la maladie est évolutive avec tous les traitements.

---

**Mots-clés:** Fertilisants organiques, Gale bactérienne, Tomate, Burkina Faso

---



## **Effects of Organic Amendments on Bacterial Scab and Blossom End Rot of Tomato in Bobo-Dioulasso, Burkina Faso**

***Traoré Oumarou***

Centre National de la Recherche Scientifique et Technologique (CNRST),  
Institut de Recherche en Sciences Appliquées et Technologies, Département  
Substances Naturelles, Direction Régionale de l'Ouest,  
Bobo-Dioulasso 01, Burkina Faso

Centre National de la Recherche Scientifique et Technologique (CNRST),  
Institut de l'Environnement et de la Recherche Agronomique, Laboratoire de  
Bactériologie, Station de Faroko-Bâ, Bobo-Dioulasso 01, Burkina Faso

***Ouédraogo R. Adèle***

Centre National de la Recherche Scientifique et Technologique (CNRST),  
Institut de Recherche en Sciences Appliquées et Technologies, Département  
Substances Naturelles, Direction Régionale de l'Ouest,  
Bobo-Dioulasso 01, Burkina Faso

***Dianda Z. Oumarou***

***Boro Foussemi***

Centre National de la Recherche Scientifique et Technologique (CNRST),  
Institut de l'Environnement et de la Recherche Agronomique, Laboratoire de  
Bactériologie, Station de Faroko-Bâ, Bobo-Dioulasso 01, Burkina Faso

***Bouda Etienne***

Ministère de l'Agriculture, des Ressources Animales et Halieutiques, Ecole  
Nationale de Formation Agricole de Matourkou,  
Bobo-Dioulasso 01, Burkina Faso

***Wonni Issa***

Centre National de la Recherche Scientifique et Technologique (CNRST),  
Institut de l'Environnement et de la Recherche Agronomique, Laboratoire de  
Bactériologie, Station de Faroko-Bâ, Bobo-Dioulasso 01, Burkina Faso

---

### **Abstract**

The study focused on the effects of organic amendments on bacterial scab and apical rot of tomato in a real environment in western Burkina Faso. Indeed, a trial was set up in a completely randomized Fisher block design. It included eight (08) treatments consisting of organic and mineral fertilizers all repeated four (04) times. The incidence of the disease and its severity were evaluated as well as the effect of the treatments on the quality of the fruits. The disease is progressive with all treatments. However, the progression is relatively low with composted household waste associated with mineral fertilizers. The disease is more severe with the different fertilizers taken individually.

---

**Keywords:** Organic fertilizers, Bacterial scab, Tomato, Burkina Faso

## **Introduction**

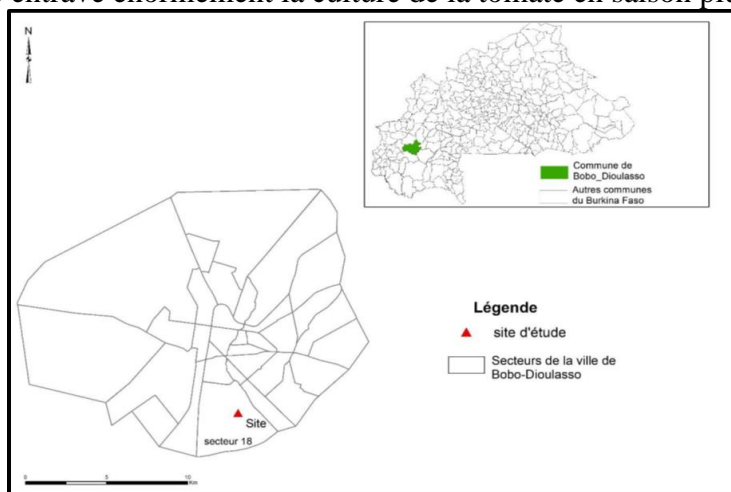
Au Burkina Faso les cultures maraîchères occupent une place importante parmi les filières agricoles (Ndonga, 1997). La tomate occupe la deuxième place après l'oignon en termes de superficie cultivée et de volume de production. Elle est cultivée en général sur tout le territoire national (MAHRH, 2011). Cependant, elle fait face à de nombreuses contraintes qui entravent sa culture. En effet, plus de 200 maladies sont recensées à travers le monde sur la tomate (Gry, 1994). Ces nombreuses contraintes parasitaires peuvent réduire les rendements de 90% (CORAF, 2010). Au nombre de ces contraintes figure la gale bactérienne provoquée par *Xanthomonas axonopodis*. Le genre *Xanthomonas* contient une diversité d'espèces capables de causer des dégâts considérables (Leyns *et al.*, 1984 ; Boro *et al.*, 2023). Parmi ces espèces, *X. axonopodis* pv. *vesicatoria*, *X. axonopodis* pv. *euvesicatoria*, *X. axonopodis* pv. *perforans*, et *X. axonopodis* pv. *gardneri* font principalement partie des agents pathogènes responsables de la gale bactérienne de la tomate (Hamza, 2010). La maladie apparaît dans toutes les régions de culture de la tomate et occasionne des pertes de rendement allant de 52 à 90% (Pohronezny *et al.*, 1990). Au Burkina Faso les dégâts sont importants. Les plus grandes incidences (43%) et sévérité (58,74%) de la maladie ont été enregistrées dans les sites maraîchers de la région des Hauts-Bassins (Boro *et al.*, 2023). A cela s'ajoute la nécrose apicale provoquée généralement par un manque de calcium dans les plantes. En effet, le calcium est responsable de la stabilité des parois cellulaires. Les cellules s'effondrent et les tissus concernés meurent en cas de carence (Rochat, 2021). Au regard des pertes économiques causées par ces maladies, il est impératif d'adopter une stratégie de lutte permettant de contrôler les agents pathogènes, augmenter la production de la plante et préserver l'environnement. Ainsi, la gestion intégrée de la fertilité des sols considérée comme durable et bénéfique sur les paramètres agro-morphologiques et sanitaires des cultures (Kitabala *et al.*, 2016) reste une des alternatives. C'est dans ce sens que trois (03) types de biofertilisants issus des déchets urbains non compostés, déchets ménagers et résidus des cultures compostés ont été formulés, analysés et testés sur la gale bactérienne et la nécrose apicale de la tomate en milieu naturel infesté.

## **Matériel et méthodes**

### **Site d'étude**

L'essai a été conduit au sein de la Direction de l'Enseignement Supérieur, de la Recherche Scientifique et de l'Innovation sise au secteur 18 dans la commune de Bobo-Dioulasso en plein champ (Figure 1). En effet, la

ville de Bobo-Dioulasso est la commune urbaine de la province du Houet dans la région des Hauts Bassins. Les sols sont en majorité hydromorphes sur cuirasse ancienne avec des caractéristiques physicochimiques variées (Tableau 1). Le climat est de type Sud soudanien et se caractérise par une longue saison sèche (octobre à avril) et une saison pluvieuse d'une durée de 5 mois (mai à septembre). La saison sèche se compose d'une période froide (novembre à janvier) et d'une période chaude (février à avril). Les pluies sont relativement abondantes mais inégalement réparties dans le temps et dans l'espace (Figure 2). L'ensemble de ces caractéristiques pédoclimatiques dans la localité entrave énormément la culture de la tomate en saison pluvieuse.

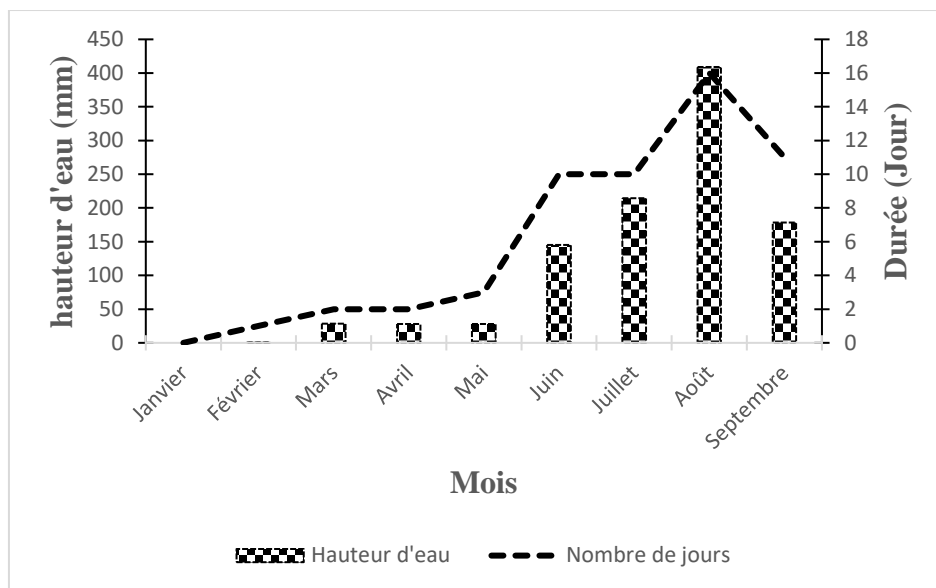


**Figure 1.** Carte de l'emplacement de l'essai

**Tableau 1.** Caractéristiques physico-chimiques du sol

Paramètres	Valeurs
Argile (%)	21,57
Limon (%)	16,69
Sable (%)	62,75
PHeau	5,82
C_Organique (%)	0,45
M_Organique (%)	0,78
N-total (%)	0,03
C/N	12,95
P_total (mg/kg)	76,83
P_Bray1(mg/kg)	3,44
K_total (mg/kg)	802,51
K_dispo (mg/kg)	28,94

Légende : C : Carbone ; P : Phosphore ; M O : Matière Organique ; K : Potassium ; N : Azote



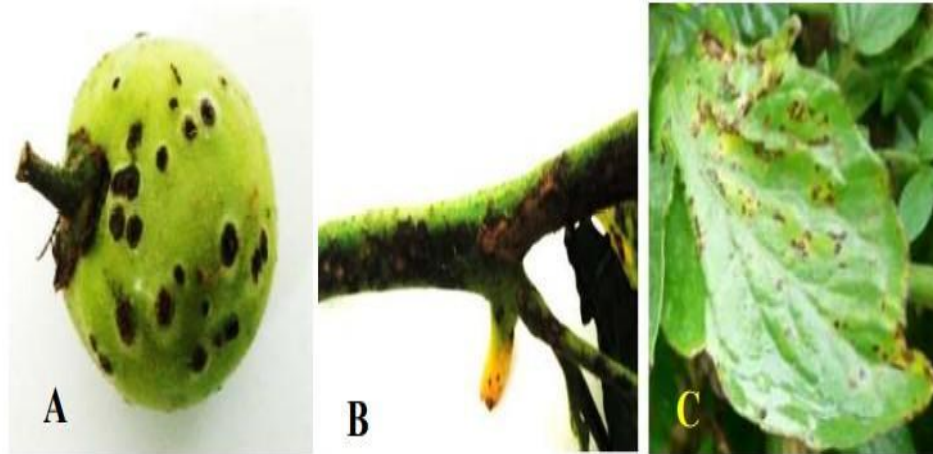
**Figure 2.** Répartition des pluies du début à la fin de l'expérimentation

### Matériel végétal

La variété F1 Cobra 26 de tomate a été utilisée. C'est une variété hybride à croissance déterminée, cultivée en toute saison et appréciée par les maraîchers de la province du Houet pour sa très bonne vigueur, sa productivité (30 à 40 t/ha), et sa précocité (65 JAR). Elle est tolérante au TYLCV et au flétrissement bactérien, mais sensible à la galle bactérienne (Figure 3) et à certaines maladies physiologiques comme la nécrose apicale (RECA Niger, 2020). La galle bactérienne se manifeste sur les feuilles, les tiges, les pétioles et les fruits de tomate. Les lésions se présentent sous forme de zones circulaires saturées d'eau, d'abord vertes, puis brunes et nécrosées (Figure 4) (Hamza, 2010 ; Boro *et al.*, 2023).



**Figure 3.** Symptôme de la nécrose apicale sur un fruit de tomate



**Figure 4.** Symptômes de la gale bactérienne sur des organes de la tomate  
**A** : Symptômes sur fruit, **B** : Symptômes sur tige, **C** : Symptômes sur feuille  
Source : Boro *et al.* (2023)

## Fertilisants

Quatre (04) fertilisants de différentes doses dont trois (3) organiques et un minéral ont été utilisés d'une part en individuel et d'autre part en combinaison d'un fertilisant organique avec le fertilisant minéral. Les différents traitements sont présentés dans le tableau 2. Le traitement témoin ne contenait aucun fertilisant.

**Tableau 2.** Traitements et fertilisants organiques utilisés

Traitements (T)	Types de fertilisants	Doses tonnes/ha
T1	aucune fertilisation	
<b>T2</b>	<b>Compost de déchets ménagers</b>	<b>30</b>
<b>T3</b>	<b>Compost de résidus de cultures</b>	<b>30</b>
<b>T4</b>	<b>Déchets urbains non compostés</b>	<b>30</b>
<b>T5</b>	<b>NPK et Urée</b>	<b>0,3 et 0,2</b>
T6	T2 +T5	
T7	T3 + T5	En fonction des doses indiquées
T8	T4 + T5	

## Dispositif expérimental

Le dispositif expérimental est un bloc de Fisher complètement randomisé constitué de huit (08) traitements (Tableau 2). Chaque traitement a été répété quatre (04) fois. Les blocs étaient séparés de 1 m et les parcelles élémentaires de 0,5 m. En effet, chaque parcelle élémentaire avait une superficie de 6,4 m<sup>2</sup>. La parcelle élémentaire était divisée en cinq (05) lignes de 2 m chacune avec des écartements entre les plants de 80 cm x 40 cm soit 25 plants par parcelle élémentaire.

## Analyse des fertilisants organiques

L'analyse des paramètres chimiques des fertilisants organiques a été faite au laboratoire Sol-Eau-Plante de l'INERA Farako-Bâ. La matière organique, le carbone total, l'Azote total, le phosphore total, le potassium total et le pH-eau ont été évalués. Pour se faire, les échantillons ont été débarrassés de cailloux et broyés à un diamètre de 0,5 mm. La méthode utilisée pour la détermination de la matière organique a consisté à l'élimination de l'eau à 105°C, le composé calcaire dans un four à moufle à 550°C. En plus, la méthode de détermination du carbone s'est basée sur l'oxydation des échantillons au bicarbonate de potassium en présence d'acide sulfurique suivi de l'évaluation de l'excès du bicarbonate au spectrophotomètre à 650 nm. La caractérisation de l'azote total, du phosphore total, du Potassium total et du calcium s'est faite grâce à la minéralisation des échantillons en présence de l'acide salicylique, de peroxyde, catalysé au sélénium. La détermination des

différentes valeurs s'est faite au spectrophotomètre. Enfin, le pH-eau a été déterminé grâce à un pH mètre à électrode en verre.

## **Expérimentation**

La préparation du sol a consisté à faire un labour à l'aide d'une charrue à 3 disques. Après la mise en place du dispositif expérimental, les différents fertilisants organiques (compost ou déchets urbains) ont été apportés comme fumure de fond dans les traitements concernés (T2, T3, T4, T6, T7, T8) à la dose indiquée soit 19,2 kg par parcelle élémentaire. Ces parcelles ont été surélevées du sol pour protéger les plants contre l'excès d'eau, faciliter le drainage et minimiser le lessivage des nutriments dans lesdites parcelles. Les plants vigoureux et sains ont été sélectionnés en pépinière au stade trois (03) à quatre feuilles (04) vraies et repiqués aux écartements de 80 cm x 40 cm à raison de 1 plant/poquet. La première fraction du NPK a été apportée deux (02) semaines après repiquage, et la deuxième au 50<sup>ème</sup> jour après repiquage (JAR) en début de la floraison pour les traitements T5, T6, T7 et T8. L'urée a été épandue à la dose de 100kg.ha<sup>-1</sup> au 50<sup>ème</sup> JAR pour les mêmes traitements. Trois (03) opérations de sarclo-binages ont été réalisées (15<sup>ème</sup>, 30<sup>ème</sup> et 45<sup>ème</sup> JAR). Les opérations de buttage et de tuteurage pour lutter contre la verse des plantes et la pourriture des fruits ont été faites en début de floraison. L'irrigation s'est faite en cas de besoin depuis le repiquage jusqu'à la récolte. Les traitements contre les bioagresseurs ont été faits au besoin avec le K optimal (Lambda-Cyhalothrine 15g/L +Acetampride 20g/L ; EC) et le Pyrical (Chlorpyriphos-ethyl 480g/l) contre les insectes.

## **Collecte des données**

Les effets des différents traitements sur la galle bactérienne et la pourriture apicale ont été évalués à partir du repiquage des plants. Pour la galle bactérienne, l'évaluation s'est réalisée par l'observation directe des différents symptômes apparaissant sur les feuilles à travers la clé d'identification proposée par Brad Gabor et Wayne (1997). Quant à la nécrose apicale, les observations ont été effectuées en début de floraison, apparition et maturation des fruits. Après observation des symptômes de la galle bactérienne sur les feuilles, sa sévérité et son incidence ont été évaluées à l'aide de l'échelle de International Mycological Institute (1993) : 0 : sans tache, 1 : 1 à 10% de petites taches sur moins de 50% des feuilles ; 2 : 10 à 30% sur moins de 50% des feuilles, 3 : plus de 30% sur plus de 50% des feuilles.

## **Analyse des données**

Le logiciel Excel 2010 a été utilisé pour la saisie des données et la construction des graphiques. L'analyse de variances a été réalisée pour



comparer les moyennes des taux d'incidence et de sévérité des maladies ciblées sur les feuilles et fruits selon le test de Newman-Keul au seuil de 5%.

## Résultats

### Caractéristiques chimiques des fertilisants

Le tableau 3 montre les résultats de l'analyse chimique des amendements organiques testés. Le compost des résidus de culture à une faible teneur en carbone (8,24%) comparativement aux deux (02) autres. Cependant, les déchets urbains non compostés renferment peu de minéraux essentiels comparativement aux deux (02) autres. On note aussi que le compost à base des déchets ménagers triés à la source a une plus forte teneur en phosphore (7145,21 mg.kg<sup>-1</sup>) et en calcium (9712,66 mg.kg<sup>-1</sup>), avec un pH plus basique (pH-eau= 9,24). Les deux (02) autres fertilisants organiques ont un pH alcalin. Tous les trois fertilisants ont un rapport C/N inférieur à 20.

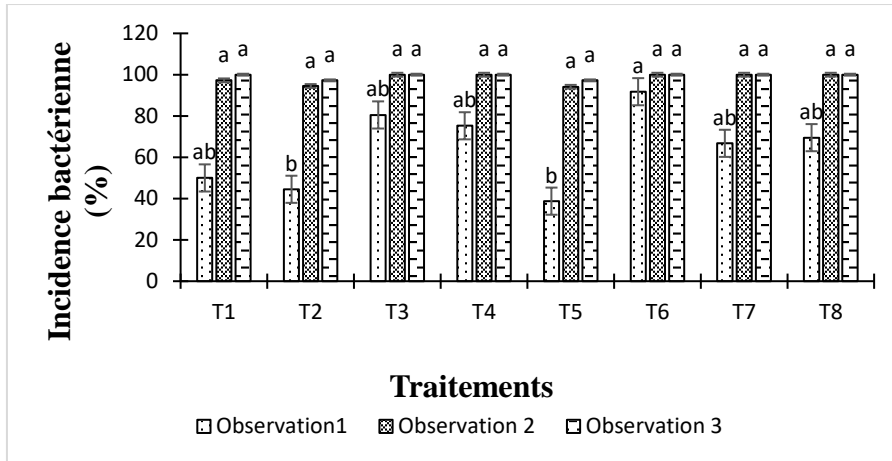
**Tableau 3.** Caractéristiques chimiques des différents fertilisants organiques utilisés

Paramètres	Biofertilisants		
	Déchets ménagers compostés(T2)	Résidus de cultures compostés (T3)	Déchets ménagers non compostés (T4)
Carbone (%)	11,93	8,24	21,5
Azote (%)	0,66	0,42	1,26
C/N	18,17	19,81	17,26
P-Total (mg.kg <sup>-1</sup> )	7145,21	1226,68	1529,99
K-Total (mg.kg <sup>-1</sup> )	11921,83	11443,16	3702,82
Ca -Total (mg.kg <sup>-1</sup> )	9712,66	7143,53	3779,02
pH-eau	9,24	7	7,98

### Effet des traitements sur l'incidence de la gale bactérienne au champ

La figure 5 présente les résultats de l'effet des différents traitements sur l'incidence de l'attaque foliaire de la gale bactérienne durant les observations. On note une différence significative de l'incidence de la maladie évaluées sur les trois (03) périodes d'observations. La maladie est évolutive avec tous les traitements. On constate que la vitesse est relativement faible avec tous les traitements durant la première observation. Les deux dernières observations montrent que toutes les plantes sont fortement et constamment attaqués quels que soient les traitements appliqués. En effet, pour cette maladie aucune plante n'est épargnée à la troisième observation.



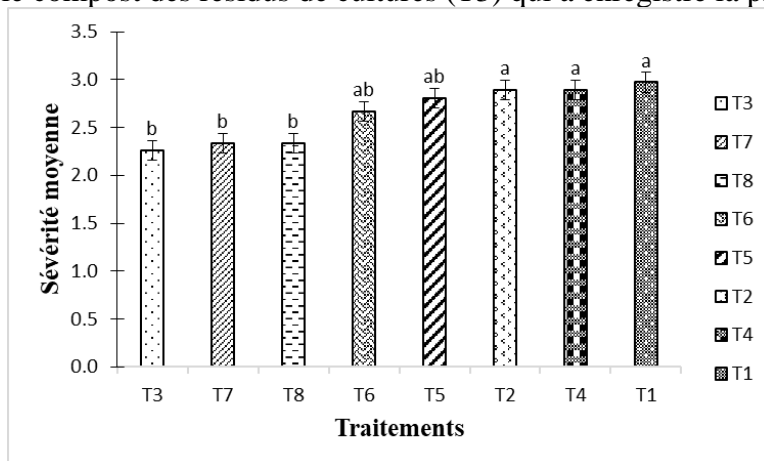


**Figure 5.** Incidence de la gale bactérienne au champ en fonction des traitements et par périodes d’observation

Les histogrammes ayant la même lettre, ne sont pas significativement différents au seuil de 5% selon le test de Newman-Keuls. sévérité (2,3). Les engrais minéraux (NPK et Urée) une fois associés aux trois biofertilisants réduisent la sévérité de la maladie. sévérité (2,3). Les engrais minéraux (NPK et Urée) une fois associés aux trois biofertilisants réduisent la sévérité de la maladie.

**Effet des traitements sur la sévérité de la gale bactérienne**

La figure 6 présente les résultats de la sévérité de la gale bactérienne en fonction des différents traitements. En effet, il existe une différence significative entre les différents traitements ( $P < 0.001$ ). En général, la maladie est plus sévère avec les différents fertilisants organiques pris individuellement excepté le compost des résidus de cultures (T3) qui a enregistré la plus faible



**Figure 6 :** Sévérité de la maladie en fonction des traitements

Les histogrammes ayant la même lettre, ne sont pas significativement différents au seuil de 5% selon le test de Newman-Keuls.

### Effet des traitements sur l'Incidence de la nécrose apicale

La figure 7 présente les résultats de l'effet des différents traitements sur la nécrose apicale des fruits. Il existe une différence significative en fonction des traitements appliqués. Les fruits non nécrosés sont obtenus avec les ordures ménagères compostées et associées au NPK (T6). A cet effet, on a enregistré en moyenne, moins d'un fruit avec lesdits traitements. Cependant, la nécrose apicale a été sévère avec le témoins non fertilisé (T1) qui a enregistré en moyenne 20 fruits nécrosés par parcelle. On remarque dans l'ensemble qu'il y a moins de fruits nécrosés avec les biofertilisants.

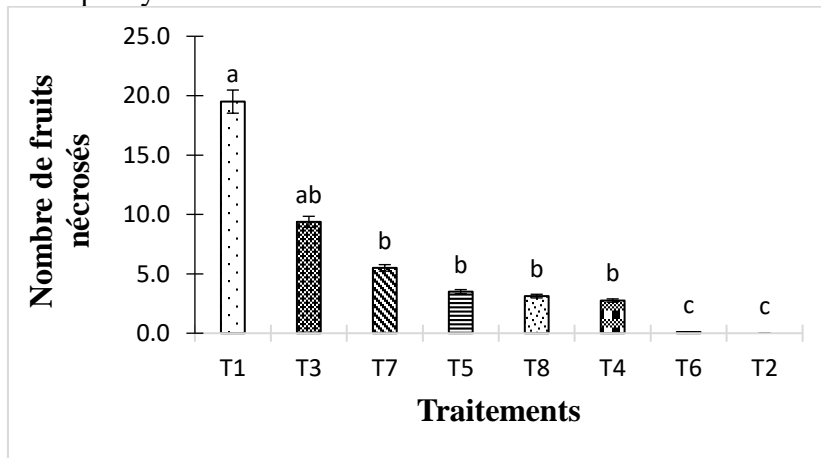


Figure 7. Incidence de la nécrose apicale par traitement

Les histogrammes ayant la même lettre, ne sont pas significativement différents au seuil de 5% selon le test de Newman-Keuls.

### Discussion

Il ressort de cette étude que les trois (03) biofertilisants ont un rapport C/N compris entre 10 et 20 avec un pH neutre ou basique. Ces deux paramètres sont déterminant dans la maturité des composts formulés (Compaoré *et al.*, 2010). En effet, les composts matures ont un pH compris entre 7 et 9 et un rapport C/N compris entre 10 et 20. Ces résultats sont conformes aux normes internationales qui fixent pour les amendements organiques qualifiés de très riches, des teneurs en éléments fertilisants suivant : matière organique total > 5 %, Phosphore total > 0,3 %, l'azote total > 0,25 % et un rapport C/N de 20 et un pH neutre (AFNOR, 2002). Au regard de cela on peut dire que les trois biofertilisants sont stables. Les composts qui ont un C/N inférieur à 10 sont bien minéralisés et ont une faible dose en composés humifères. Ils ont

tendance à libérer plus rapidement les éléments minéraux comme les engrais de synthèse (Tahraoui, 2013). La teneur élevée en carbone des déchets ménagers non compostés comparativement aux deux (02) autres s'explique par la diversification des sources de carbone à ce niveau. En effet, la poudre de charbon provenant des lieux de vente du charbon de bois et les déchets électroménagers riches en carbones sont des sources potentielles de carbone dans les dépotoirs. Dans l'ensemble, on remarque une amélioration des paramètres agronomiques et sanitaires de la tomate avec les biofertilisants associés à la fumure minérale. Cette performance obtenue s'expliquerait par l'effet fertilisant et améliorant du compost sur les propriétés du sol combiné à l'effet du NPK et de l'Urée dont les éléments minéraux sont directement accessibles à la plante. Le compost a amélioré les propriétés du sol favorisant ainsi une bonne accumulation et un bon stockage des éléments minéraux en excès. Ces éléments sont au besoin utilisés par les plantes pour poursuivre leur développement. De ce fait, la résistance des plantes au pathologie est nettement améliorée (Michaud, 2016). Les plantes de tomate ont une bonne croissance lorsque dans le substrat de culture, il y a un apport de fertilisants organiques associés à la fumure minérale (Nacro, 2018). La matière organique serait une source supplémentaire d'éléments nutritifs qui catalyse l'efficacité des engrais minéraux. Elle rendrait les éléments nutritifs plus disponibles pour les plantes de tomate (Sawadogo *et al.*, 2020). En comparant les trois (03) fertilisants organique, le compost des déchets ménagers s'avère le plus efficace contre la gale bactérienne et la nécrose apicale. En ce qui concerne la gale bactérienne, l'efficacité du compost des résidus de culture serait dû à son pH neutre et son rapport carbone azote (presque 20%) supérieur à ceux des deux (02) autres. La matière organique améliore la croissance en abaissant le pH de la rhizosphère, ce qui se traduit par une meilleure solubilisation des nutriments et une disponibilité élevée pour les plantes (Sawadogo *et al.*, 2020). Le pouvoir de contrôle des biofertilisants serait dû aux microorganismes qu'ils contiennent. En effet, par le mécanisme d'antioxydation, les microorganismes produisent des substances antioxydantes qui combattent les radicaux libres, empêchant les agents pathogènes responsables des maladies de se développer (Higa, 1994 ; Mouria *et al.*, 2007). Ainsi, Btissam *et al.* (2013) ont montré que l'amendement du sol avec le compost a assuré une meilleure suppression de la verticilliose, une réduction de l'indice de rabougrissement et d'altération foliaire. Pour eux, l'ensemble de ces résultats est lié en partie à la population microbienne mais aussi à des facteurs chimiques des différents biofertilisants. Dans cette même optique, les travaux de Traoré *et al.* (2018) ont montré l'efficacité de trois (03) compost formulés à partir des déjections de vaches, de volailles et de porcs sur la réduction du flétrissement bactérien de la tomate causé par *Ralstonia solanacearum*. Également, les fumures organiques combinées aux engrais minéraux sont plus efficaces sur le développement des

solanacées que celles des engrais organiques seul (Théodore *et al.*, 2018). Ce résultat pourrait aussi s'expliquer par les teneurs élevées d'azote et des micros organismes bénéfiques contenus dans ces fertilisants. Les faibles résultats obtenus avec la fumure minérale et le sol non fertilisé pourraient s'expliquer par l'insuffisance de la matière organique. En effet, les biofertilisants améliorent les qualités physicochimiques et biologiques du sol car la matière organique est une source importante en éléments minéraux (N, P, K). La plante a des besoins spécifiques pour chacune de ses fonctions. Ainsi, une bonne disponibilité et apport en calcium, phosphore et azote est nécessaire pour la photosynthèse et par conséquent pour la production de la matière première. Ces résultats montrent que la fertilisation minérale seule ne suffit pas pour renforcer le système de défense de la plante. Le comportement de la tomate vis-à-vis des différents traitements pourrait entre autre s'expliquer par plusieurs facteurs. Ainsi, l'une des causes essentielles pouvant contribuer au déséquilibre de la tomate est le facteur climatique et environnemental (Opena *et al.*, 1989). En effet, le site d'étude est localisé dans la zone tropicale avec un climat chaud et humide. Les températures moyennes mensuelles ont été élevées avec des températures minima comprises entre 21 et 24°C et maxima comprise entre 27 et 34°C. Cependant les températures optimales de croissance de la tomate varient entre 13 et 25°C alors que celles de la fructification oscillent entre 23 et 25°C (Péron, 2006). Ainsi, le développement végétatif de la plante serait affecté par les conditions climatiques (température, pluviométrie et hygrométrie) du milieu durant la période expérimentale. L'incidence élevée de la gale bactérienne sur le sol non fertilisé et l'engrais minéral seul (T1 et T5) est due au fait que les facteurs environnementaux (température, ensoleillement) influencent fortement l'incidence de la gale bactérienne (Buddenhagen *et al.*, 1964). L'incidence évolutive dans le temps pourrait se justifier par le fait que des conditions favorables à l'expansion de la maladie soient réunies au fil du temps. L'inoculum est donc assez important pour provoquer l'infection de la totalité des organes attaqués.

## Conclusion

L'objectif général de l'étude était d'évaluer l'effet de trois (03) biofertilisants sur la gale bactérienne et la nécrose apicale de la tomate. Il ressort que le compostage permet d'améliorer la disponibilité en minéraux essentiels dans la matière organique. L'efficacité des amendements organiques a été démontrée par rapport aux amendements minéraux sur la manifestation de la gale bactérienne et la nécrose apicale en milieu réel. Les amendements organiques à savoir le compost des résidus de récolte, compost de déchets ménagers et des déchets urbains non traités bien vrai que leur apport ne puisse pas éradiquer ou empêcher la survenue de la gale bactérienne, il

arrive à atténuer son incidence et sa sévérité dans le temps. Aussi la présence du calcium dans les trois biofertilisants a réduit considérablement l'incidence de la pourriture apicale des fruits. Au regard des performances desdits biofertilisants, il convient de renforcer les capacités des producteurs et des agents d'agricultures sur leur formulation.

### Remerciements

Les auteurs remercient l'ensemble des partenaires pour leur contribution financière et technique dans la conduite des activités. Ils remercient particulièrement le FONRID pour la prise en charge des frais de publication de l'article.

**Conflits d'intérêt:** L'ensemble des auteurs n'ont déclaré aucun conflit d'intérêts.

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

### References:

1. AFNOR (2002). Support de culture : Dénomination, spécifications et marquage ; Eds AFNOR, 36p.
2. Btissam M., Amina O.T., Allal D. (2013). Effet de diverses souches du *Trichoderma* sur la croissance d'une culture de tomate en serre et leur aptitude à coloniser les racines et le substrat. *Phytoprotection*, 88 (3), 103–110. <https://doi.org/10.7202/018955ar>.
3. Boro F., Traoré O., Wonni I. , Ilboudo P., Ouédraogo L., 2023. Évaluation de la prévalence de la gale bactérienne de la tomate, et caractérisation des espèces associées aux symptômes au Burkina Faso, *Journal of Applied Biosciences* 185: 19429- 19441.
4. Brad G., Wayne W., Jeff D., Phyllis., John K., Vittorio S., Jon w. (1997). *Tomato diseases a practical guide for seedsmen growers and agricultural advisors*, 62p.
5. Buddenhagen I. W. et Kelman A. (1964). Biological and physiological aspects of bacterial wilt caused by *Pseudomonas solanacearum*. *Annu. Rev. Phytopathol.* Vol. 2, pp. 294-230
6. Compaoré E., NanémaS., Bonkougou s., Sédogo P.M. (2010). Évaluation de la qualité de composts de déchets urbains solides de la ville de Bobo-Dioulasso, Burkina Faso pour une utilisation efficiente en agriculture, *Journal of Applied Biosciences*, 33 : 2076 - 2083
7. CORAF (2010). Des extraits végétaux à la place des insecticides de synthèse. Rapport annuel N° 56 juillet à septembre, 16p.

8. Gry L., (1994). La tomate en révolution permanente. *Semences et Progrès*, 78 : 21- 34.
9. IMI, International mycological institute, 1993. International course on the Identification of Fungi of Agricultural Importance. Egham, UK, Conference, 2 August-10 September.
10. Hamza A.A. (2010). Taxonomie et diagnostic des espèces de *Xanthomonas* associées à la gale bactérienne de la tomate et des *Capsicum* spp. : Situation dans les îles du Sud-Ouest de l'Océan Indien. Thèse de Doctorat, Université de la Réunion, France. 262p.
11. Higa, T., Parr J.F. (1994). Beneficial and effective microorganisms for a sustainable agriculture and environment. International Nature Farming Research Center, Atami, Japon, p. 16.
12. Kitabala M.A., Tshala U.J., Kalenda M., Tshijika I., Mufind K. (2016). Effets des différentes doses de compost sur la production et la rentabilité de la tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) dans la ville de Kolwezi, province de Lualaba (RD Congo). 56p.
13. Leyns F., De Cleene M., Swings J.G. et De Ley J. (1984). The host range of the genus *Xanthomonas*. *Bot. Rev.* 50, 308-356.
14. MAHRH (2011). Rapport d'analyse du module maraîchage. Rapport d'étude phase 2 : RGA 2006-2010, Ouagadougou, Burkina Faso, 214p.
15. Michaud L. (2016). Tout sur le compost. Editions Multimondes. 230p.
16. Mouria B, Ouazzani-Touhami A, Douira A. (2007). Effet de diverses souches du *Trichoderma* sur la croissance d'une culture de tomate en serre et leur aptitude à coloniser les racines et le substrat, *Phytoprotection* 88 (3) : 103-110.
17. Nacro S.R. (2018). "Effets des fertilisants organiques sur la production de la tomate et les paramètres chimiques du sol au Centre Nord du Burkina Faso", Mémoire de Fin de cycle option Agronomie, Institut de Développement Rural, Université Nazi-Boni, 56 p.
18. Ndonga D.S. (1997). La contribution de la culture maraîchère au développement rural au Burkina Faso : cas des périmètres de Pabré et Loubila, Département de géographie, Université de Ouagadougou, Burkina Faso, 123p.
19. Opena R.T., Green S.K., Stalekar N.S. et Chen J.T. (1989). Genetic improvement of tomato adaptability to the tropics: progress and future prospects. In: Tomato and pepper production in the tropics. AVRDC Shanhua, Taiwa, pp 70-80.
20. Péron J.Y. (2006). Références Productions Légumières. Synthèse Agricole. Lavoisier. 2<sup>e</sup> édition, 613 p.
21. Pohronezny K., Moss M. A., Dankers W. & Shenk J. (1990). Dispersal and management of *Xanthomonas campestris* pv *vesicatoria* during thinning of direct seeded tomato plants. *Plant Dis.* 74, 800-805.

22. RECA Niger, Réseau national des chambre d'agriculture du Niger (2020). Les semences de tomate disponibles au Niger, 14p.
23. Rochat A., 2021. Nécrose apicale sur tomates et poivrons, la plateforme des agriculteurs bio, 4p.
24. Sawadogo J., Coulibaly P.J.A., Bambara F.J., Savadogo A.C., Compaoré E., Legma J.B. (2020). Effets des fertilisants biologiques sur les paramètres physico-chimiques du sol et sur la productivité de l'oignon (*Allium cepa* L.) dans la région du Centre Ouest du Burkina Faso, *Afrique SCIENCE* 17 (6) : 44-57.
25. Tahraoui N.D. (2013). Valorisation par compostage des résidus solides urbains de la commune de Chlef, Algérie. Thèse de Doctorat, Université de Limoges, 244p.
26. Théodore A.K., Lezin B.E., Généfol O., Emmanuel D.A. (2018). Effets de la fertilisation à base des sous-produits de la pelure de banane plantain sur les paramètres agromorphologiques de la variété d'Aubergine F1 kalenda (*Solanum melongena*) dans la localité de Bingerville en Côte d'Ivoire, *Journal of Animal and Plant Sciences* 38 (3): 6292-6306.

## Repercussions du Maintien de l'Activité Sexuelle sur l'Intimité et l'Adaptation des Militaires Amputés à l'Hôpital Militaire d'Abidjan

*Okou Kouakou Jean Marie  
Kanga Adouakou Aka Brice  
Tra Bi Tra Isidore*

Université Félix Houphouët-Boigny, UFR/Sciences de l'Homme et de la Société/Parcours de Psychologie Génétique Différentielle et Psychologie Cognitive, Côte d'Ivoire

[Doi:10.19044/esj.2023.v19n33p34](https://doi.org/10.19044/esj.2023.v19n33p34)

Submitted: 07 September 2023

Accepted: 07 November 2023

Published: 30 November 2023

Copyright 2023 Author(s)

Under Creative Commons CC-BY 4.0

OPEN ACCESS

*Cite As:*

Okou Kouakou J.M., Kanga Adouakou A.B. & Tra B.T.I. (2023). *Repercussions du Maintien de l'Activité Sexuelle sur l'Intimité et l'Adaptation des Militaires Amputés à l'Hôpital Militaire d'Abidjan*. European Scientific Journal, ESJ, 19 (33), 34.

<https://doi.org/10.19044/esj.2023.v19n33p34>

### Résumé

Cet article scientifique vise à décrire les dimensions psychologiques et relationnelles de l'expérience sexuelle des militaires ayant subi une amputation de la jambe à l'Hôpital militaire d'Abidjan. À l'aide d'une méthodologie qualitative fondée sur des entretiens semi-directifs réalisés avec 21 participants militaires, l'étude explore les processus d'adaptation, les stratégies d'ajustement et les ressources mobilisées par ces individus face aux défis psychologiques résultant de l'amputation. En s'appuyant sur les théories du stress post-traumatique et de l'adaptation, les résultats mettent en évidence une configuration complexe de la dimension sexuelle liée aux facteurs affectifs, cognitifs et la dynamique du couple. Ces résultats suggèrent la prise en compte de la dimension sexuelle dans la réhabilitation psychologique, en intégrant les mécanismes de stress post-traumatique et d'adaptation dans les approches cliniques.

**Mots-clés:** Amputés militaires, Activité sexuelle, Vécu, Adaptation, Abidjan, Côte d'Ivoire



# **Repercussions of Maintaining Sexual Activity on the Intimacy and Adaptation of Military Amputees at the Abidjan Military Hospital**

*Okou Kouakou Jean Marie  
Kanga Adouakoua Aka Brice  
Tra Bi Tra Isidore*

Université Félix Houphouët-Boigny, UFR/Sciences de l'Homme et de la Société/Parcours de Psychologie Génétique Différentielle et Psychologie Cognitive, Côte d'Ivoire

---

## **Abstract**

This scientific article aims to describe the psychological and relational dimensions of the sexual experience of military personnel who have undergone leg amputation at the Abidjan Military Hospital. Using a qualitative methodology based on semi-structured interviews with 21 military participants, the study explores the coping processes, adjustment strategies and resources mobilized by these individuals in the face of the psychological challenges resulting from amputation. Drawing on post-traumatic stress and coping theories, the results highlight a complex configuration of the sexual dimension linked to affective, cognitive and couple dynamics. These results suggest that the sexual dimension should be taken into account in psychological rehabilitation, by integrating post-traumatic stress and coping mechanisms into clinical approaches.

---

**Keywords:** Sexual activity, Psychological experience, Adaptation, Military amputees, Abidjan, Ivory Coast

## **1. Introduction**

L'amputation, qu'elle soit consécutive à des traumatismes, des malformations congénitales ou des raisons médicales, constitue un événement profondément perturbant aux conséquences physiologiques, psychologiques et sociales considérables pour l'individu. Les militaires, du fait des risques inhérents à leur profession, sont particulièrement touchés par cette réalité. Leur engagement dans la défense nationale et la sécurisation du pays les expose à des situations à hauts risques (Bayley et Shearing, 2001). En effet, ils opèrent dans des contextes variés, allant de la défense contre les menaces externes à des missions de maintien de la paix internationale en collaboration avec d'autres nations (Boutros-Ghali, 1992 ; Holsti, 1996).

Ces diverses missions les exposent à des situations potentiellement traumatiques et à des risques cumulés d'accidents et de blessures, tant physiques que psychologiques. Si l'attention se porte fréquemment sur les blessures physiques, les conséquences psychologiques de ces expériences sont souvent sous-estimées, notamment en ce qui concerne la dimension sexuelle. En effet, le vécu des militaires amputés, particulièrement les répercussions sur leur vie sexuelle, restent largement méconnues et peu évoquées.

L'Hôpital Militaire d'Abidjan (HMA) occupe une position centrale dans la prise en charge des blessés militaires en Côte d'Ivoire, accueillant la majorité des cas issus de missions et d'opérations variées. Au sein de cet établissement, les soins physiques prédominent et accordent peu de place à l'exploration et au soutien du vécu des amputés, notamment en ce qui concerne leur intimité et leur dimension sexuelle.

Cette lacune dans la prise en charge globale des militaires amputés soulève des questions cruciales : Comment l'amputation influence-t-elle le vécu dans sa dimension sexuelle chez des militaires amputés ? Comment ces expériences spécifiques peuvent-elles impacter leur identité professionnelle et personnelle dans un contexte militaire ? Pour répondre à ces questions, nous avons mené une étude exploratoire sur le vécu des amputés militaires à l'HMA afin de décrire et comprendre les différentes dimensions du vécu de ces individus suite à leur amputation. Cette étude vise à explorer en profondeur leurs expériences, émotions, réactions psychologiques et besoins psychosociaux dans le contexte spécifique de l'environnement hospitalier militaire en Côte d'Ivoire.

Ladite étude exploratoire a montré que l'amputation chez les militaires représente une réalité complexe et multidimensionnelle qui a des répercussions tant sur le plan physique que psychologique. Dans le contexte spécifique de l'HMA, où l'amputation de la jambe est fréquemment pratiquée, il devient impératif de comprendre en profondeur les dimensions variées du vécu de ces militaires. Cette étude exploratoire visant l'examen de ces dimensions, a mis en évidence leur impact sur la vie des amputés, en se focalisant notamment sur le maintien de l'activité sexuelle à l'issue de l'amputation. Le maintien de l'activité sexuelle après l'amputation fait référence aux efforts et aux stratégies mis en œuvre par les individus ayant subi une amputation pour maintenir leur santé sexuelle et leur bien-être émotionnel dans le contexte de leur vie intime. Cette démarche vise à atténuer les effets psychologiques et physiologiques potentiels de l'amputation sur la vie sexuelle, ainsi qu'à favoriser une adaptation positive et une satisfaction continue.

Par ailleurs, l'étude exploratoire de référence a mis en évidence la complexité du vécu des militaires amputés de la jambe à l'HMA. Parmi les dimensions étudiées, la dimension psychologique a émergé comme la plus

prédominante, avec un pourcentage significatif de 54 %. Cette constatation souligne l'ampleur des défis mentaux et émotionnels auxquels ces militaires font face dans leur parcours de réadaptation post-amputation. La dimension sanitaire physique suit avec 18 %, reflétant l'impact évident de l'amputation sur la santé physique des individus. Les dimensions sociale (13%), économique (7%), professionnelle (3%) et sexuelle (3%) complètent ce tableau, chacune apportant son lot de considérations spécifiques à la compréhension globale du vécu de ces amputés.

Parmi ces dimensions, la dimension sexuelle révèle un intérêt particulier pour la présente étude que nous menons. Cette orientation découle de la reconnaissance que l'amputation peut influencer profondément la sphère intime des individus, ayant ainsi des implications psychologiques et relationnelles importantes. Des études antérieures ont évoqué le fait que la perte d'un membre peut provoquer des changements dans l'image corporelle, l'estime de soi et la confiance en soi, des aspects étroitement liés à la sphère sexuelle.

La dimension sexuelle, parmi les différentes facettes du vécu post-amputation, revêt une importance singulière dans le cadre de notre recherche. Cette orientation découle de la reconnaissance croissante que l'amputation peut exercer une influence profonde sur la sphère intime des individus, engendrant des implications psychologiques et relationnelles significatives. Plusieurs chercheurs ont sondé la complexité inhérente aux conséquences psychologiques et relationnelles des amputations, particulièrement dans le contexte de la dimension sexuelle. McAndrew et Warrender (2004) ont examiné comment l'amputation peut altérer l'image corporelle des individus, influençant ainsi leur estime de soi et leur sexualité. De manière similaire, Davis, Disch, Hoffer, et MacWilliams (2011) ont souligné que les amputés peuvent éprouver des défis psychologiques liés à l'intimité et à la confiance en soi.

L'impact sur les relations interpersonnelles est également reconnu par les chercheurs. A cet effet, Chibnall, Jeral, Cerullo, et Andridge (2015) ont constaté que les amputations peuvent engendrer des perturbations dans la dynamique relationnelle des couples, dans le domaine de l'intimité. L'amputation peut susciter des sentiments de gêne, d'insécurité et de distance dans les relations amoureuses et sexuelles (Kent, Keegan, & Davidson, 2011). En outre, la littérature révèle que la stigmatisation sociale peut également accentuer les problèmes psychologiques chez les amputés. Dans ce sens, Murray (2005) a observé que les individus amputés peuvent craindre le rejet et l'objection de la part de leurs partenaires potentiels en raison de leur amputation. Cette appréhension peut aggraver les difficultés émotionnelles et altérer la perception de soi.

Ces considérations mettent en évidence la nécessité de mieux comprendre comment l'amputation influence la dimension sexuelle des individus et comment ces changements peuvent influencer sur leur bien-être et leurs interactions sociales. En explorant de manière approfondie ces aspects au sein de la population des militaires amputés de la jambe à l'HMA, notre recherche s'inscrit dans une démarche visant à répondre à un besoin accru de connaissances pour améliorer la prise en charge et le soutien psychologique de ces individus confrontés à des défis uniques et complexes dans le contexte militaire.

Il importe donc d'élargir et d'approfondir ces perspectives en explorant qualitativement la dimension psychologique du maintien de l'activité sexuelle chez les militaires amputés de la jambe à l'HMA. En nous fondant sur les données quantitatives initiales, ainsi que sur les théories du stress post-traumatique d'Herman (1992) et de l'adaptation d'Antonovsky (1987), nous cherchons à répondre à la question de recherche suivante : Comment l'amputation de la jambe influence-t-elle la dimension psychologique du maintien de l'activité sexuelle chez les militaires amputés de l'HMA ?

La réponse à cette interrogation nous conduit premièrement à analyser les facteurs psychologiques impliqués dans la dimension sexuelle chez les militaires amputés, en nous penchant sur les processus d'adaptation, les stratégies d'ajustement et les ressources mobilisées. Deuxièmement, nous exposons les répercussions sur les relations interpersonnelles et les dynamiques de couple.

À travers cette démarche, l'étude pourrait contribuer à une meilleure compréhension des dimensions psychologiques et relationnelles de l'amputation chez les militaires, en mettant en lumière les défis spécifiques associés à la dimension sexuelle. Elle pourrait également permettre non seulement de combler le vide existant dans la littérature scientifique, mais de proposer des pistes d'interventions et de soutien psychologique adaptées aux besoins spécifiques de cette population. Dans ce contexte, la présente étude se positionnerait comme une exploration novatrice du vécu sexuel des militaires amputés au sein de l'HMA, offrant des perspectives prometteuses pour une meilleure compréhension de cette problématique et pour l'élaboration de solutions de soutien adéquates.

Les résultats de la présente étude pourraient fournir des informations pour orienter les interventions psychologiques et médicales visant à soutenir ces individus dans leur parcours de réadaptation. Particulièrement, ils pourraient contribuer à éclairer les professionnels de la santé mentale et les praticiens médicaux travaillant avec des militaires amputés de la jambe à l'Hôpital Militaire d'Abidjan (HMA). De plus, ils pourraient enrichir la littérature scientifique en matière de psychologie de la réadaptation post-amputation, en mettant en lumière les implications complexes entre les

dimensions psychologiques et intimes de la vie du militaire. Enfin, sur le plan sociétal, l'étude pourraient contribuer à sensibiliser davantage à la réalité des militaires amputés et à promouvoir une prise de conscience de l'importance de l'accompagnement psychologique et social dans leur processus de réadaptation.

En somme, les contributions de cette recherche sont susceptibles d'avoir un impact significatif tant au niveau scientifique que clinique, tout en déterminant l'importance de la prise en compte de la dimension sexuelle dans le domaine de la réadaptation psychologique des militaires amputés de la jambe à l'HMA. Pour atteindre cette visée, il est essentiel de construire une méthodologie susceptible de favoriser l'exploration approfondie du phénomène étudié par notre étude.

## **2. Methodologie**

### **2.1. Cadre de la Recherche**

Cette étude adopte une approche qualitative pour explorer en profondeur les conséquences psychologiques de l'amputation de la jambe sur la dimension sexuelle des militaires amputés à l'Hôpital Militaire d'Abidjan (HMA). En utilisant des entretiens semi-directifs, nous cherchons à capturer les expériences subjectives, les émotions et les réflexions des participants concernant leur vécu sexuel.

### **2.2 Participants**

La recherche se focalise sur les militaires amputés à l'Hôpital Militaire d'Abidjan en raison de leur expérience complexe du vécu lié à l'amputation, soulignant les défis psychologiques et les risques potentiels pour leur bien-être social et mental. Ainsi, les militaires amputés à l'HMA représentent une population particulièrement pertinente pour notre étude, car leur expérience offre un terrain propice à l'exploration approfondie de la dimension sexuelle du vécu liées à l'amputation. Pour ce faire, la sélection des participants est basée sur des critères spécifiques que sont, entre autres, être amputés d'au moins une jambe à l'HMA, être en fonction lors de l'amputation, être en couple avant l'amputation.

Dans ce sens, l'échantillon de l'étude repose sur la méthode d'échantillonnage de volontaires (voluntary sample), utilisée pour interroger les participants sur des sujets sensibles et intimes liés à leur amputation, notamment les réactions de l'entourage, l'acceptation de l'image corporelle, et les interactions avec le partenaire (Babbie, 2016 ; Neuman, 2016 ; Fraenkel, Wallen, & Hyun, 2018). Puis, une sélection parmi les volontaires a été faite en distinguant les sujets impliqués avant et après l'amputation pour obtenir un échantillon contrasté. L'échantillonnage par contraste est une méthode visant à représenter spécifiquement des caractéristiques particulières de la

population, souvent utilisée pour comparer différents groupes au sein de la population totale et garantir la représentativité des caractéristiques d'intérêt. L'échantillonnage par contraste est justifié dans cette étude car l'objectif implicite est de comparer différentes caractéristiques ou sous-populations parmi les militaires amputés de l'Hôpital Militaire d'Abidjan (HMA). Cela est nécessaire en raison de diverses caractéristiques d'intérêt telles que l'âge, le sexe, le grade militaire, le niveau d'amputation, la durée depuis l'amputation et le type de soutien social. Cette méthode permet de représenter chaque sous-population en vue de comparer leur vécu, facilitant ainsi les évaluations et les comparaisons entre les groupes.

En fin de de compte, l'échantillon de l'étude comprend 21 militaires amputés d'un membre inférieur, âgés de 20 à 61 ans avec une moyenne d'âge de 35 ans, qui ont accepté de partager leur expérience psychologique pour l'étude. Il comprend également des participants bénéficiant ou non du soutien conjoint.

### **2.3 Collecte de Données**

Les entretiens semi-directifs sont menés en face-à-face avec chaque participant à l'aide d'un guide d'entretien. Les questions sont élaborées pour encourager une discussion ouverte sur les aspects psychologiques et intimes de l'amputation, en se focalisant particulièrement sur les expériences sexuelles et relationnelles. Les participants sont encouragés à partager leurs émotions, leurs défis et leurs stratégies d'adaptation.

### **2.4 Procédure de collecte et analyse des données**

Avant les entretiens, les participants sont informés des objectifs de l'étude et des protocoles éthiques en vigueur. Le consentement éclairé est obtenu. Les entretiens sont enregistrés avec l'accord des participants et ensuite transcrits en verbatim pour analyse. L'analyse des données se fait de manière inductive à travers une analyse de contenu. Les transcriptions sont examinées pour identifier les thèmes, les motifs récurrents et les nuances dans les expériences partagées par les participants.

La triangulation est utilisée pour assurer la validité des résultats. Des retours sont sollicités auprès des participants pour vérifier la justesse de la représentation de leurs expériences. De plus, les résultats préliminaires sont partagés avec des experts en psychologie pour évaluer la pertinence et la cohérence des conclusions.

### **2.5 Éthique**

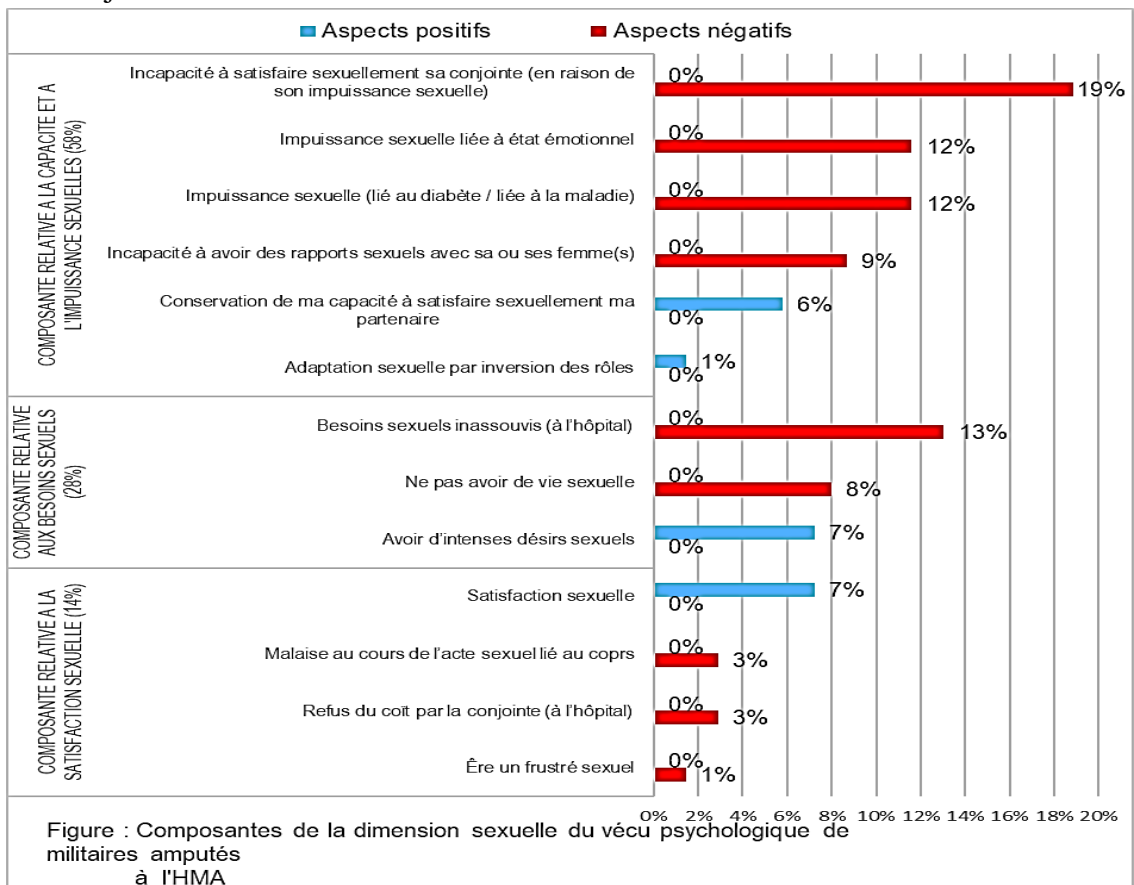
Cette étude est régie par les normes éthiques de recherche en vigueur. Les participants sont assurés de l'anonymat et de la confidentialité de leurs

données. Leur participation est volontaire et ils ont le droit de se retirer à tout moment.

La méthodologie adoptée permet d'obtenir des résultats qui éclairent la compréhension approfondie et nuancée des dimensions psychologiques et sexuelles chez les militaires amputés de la jambe à l'HMA.

### 3. Resultats

La dimension sexuelle du vécu des militaires amputés de la jambe à l'Hôpital Militaire d'Abidjan (HMA) revêt une importance capitale dans notre étude. Cette dimension complexe et multidimensionnelle a été explorée à travers diverses composantes qui témoignent des défis, des besoins et des satisfactions sexuelles de la population d'étude. Dans les sections qui suivent, nous examinons en détail ces composantes. Cela nous permet de mieux comprendre l'impact de l'amputation sur la vie sexuelle des participants et les stratégies qu'ils emploient pour y faire face. Le graphique ci-dessous présente les composantes de la dimension sexuelle du vécu des militaires amputés de la jambe à l'HMA :





### **3.1. Composante relative à la capacité et à l'impuissance sexuelle (58%)**

La composante relative à la capacité et à l'impuissance sexuelle (58%) révèle un ensemble de préoccupations chez les participants, mettant en évidence les défis auxquels ils sont confrontés dans leur vie sexuelle après une amputation. Certains d'entre eux expriment leur inquiétude quant à leur incapacité à satisfaire sexuellement leur conjointe, illustrant ainsi une préoccupation majeure. L'un des participants amputé suite à un accident routier exprime cette préoccupation en disant : "*... je revois chaque jour cela, et je me sens inutile ! Je me... waouh... !!! Je ne suis plus un homme... je ne suis plus un homme ! Même quand je vais avec ma femme, je me sens mal à l'aise...*" ! Un autre participant, amputé suite à une blessure par balle maltraitée, pour renforcer cette idée révèle ceci : "*...vous savez les femmes... voilà je suis tellement mal à l'aise que même sexuellement, je sens que je ne suis plus aussi actif comme avant. Je l'avais habitué à un certain rythme, aujourd'hui quand je me déshabille devant ma femme, je me sens gêné. Je ne me sens plus viril ; je me sens comme une sorte de femmelette. Ce n'est pas facile à accepter, ce n'est pas facile à accepter... ce n'est pas facile à accepter ...*". Dans d'autres cas, cette inquiétude est liée à des facteurs émotionnels dans 12 % des cas, comme l'exprime un participant : "*J'ai tout le temps envie de faire l'amour mais quand je vais, je perds la possibilité et je sens que j'ai peur de perdre ma fiancée mais qu'est-ce que je peux faire je ne peux pas la supplier... je ne peux pas la supplier*".

Ce sont 19 % de participants qui expriment une préoccupation concernant leur incapacité à satisfaire sexuellement leur conjointe en raison de l'impuissance, avec une manifestation négative. Cette préoccupation est également liée à des facteurs médicaux tels que le diabète ou d'autres maladies, également dans 12 % des cas. En effet, certains participants associent leur impuissance sexuelle à des facteurs médicaux, comme le témoigne un participant amputé suite à un cancer : "*...c'est terrible ma vie sexuelle ! Depuis le début de la maladie déjà, ma fiancée ne voulait plus sortir (coucher) avec moi parce que la plaie sentait mauvais...*".

Cependant, 6 % des participants ont signalé la conservation de leur capacité à satisfaire leur partenaire malgré leur amputation, tandis que 1 % ont évoqué une adaptation sexuelle par inversion des rôles pour vaincre certains défis. L'un des participants partage son expérience en disant : "*...Elle a commencé à comprendre que j'avais besoin de sexe. Donc, on fait l'amour. C'est vrai que je ne peux pas être aussi fougueux comme avant. Il y a des positions que je ne peux pas prendre. Mais, elle le fait à ma place... Elle me chevauche. Au plan sexuel, je suis satisfait*".

A travers ces verbatim, il apparaît la diversité des expériences des militaires amputés en ce qui concerne leur capacité et leur impuissance



sexuelle. Celles-ci vont des préoccupations profondes à la recherche de solutions et d'adaptations pour maintenir une vie sexuelle épanouie.

### **3.2. Composantes relatives aux besoins sexuels (28%)**

Les composantes relatives aux besoins sexuels (28%) dévoilent un panorama diversifié d'expériences chez les participants, illustrant les différentes tendances quant à leurs besoins et désirs sexuels après une amputation. Certains participants (13 %) ont exprimé des besoins sexuels inassouvis, ce qui met en lumière leur frustration face à des désirs non comblés. Un participant partage son sentiment en disant : *"J'ai tout le temps envie de faire l'amour... je n'ai pas la capacité... je ne me sens pas assez viril pour le faire"*.

D'un autre côté, une absence totale de vie sexuelle a été ressentie négativement par 8% des participants, comme l'exprime l'un d'eux : *"Je n'ai pas de vie sexuelle"*. En revanche, 7 % des participants ont fait part de désirs sexuels intenses, montrant ainsi la persistance de leur intérêt pour la sexualité malgré les difficultés. L'un d'entre eux partage son expérience en disant : *"J'ai tout le temps envie de sexe... Quand je vois ma femme, quand je la regarde là, moi j'ai envie d'elle"*.

Ces verbatim reflètent la diversité des réponses des participants en ce qui concerne leurs besoins et désirs sexuels. Ils mettent en évidence la variabilité de l'impact de l'amputation sur leur vie sexuelle des militaires.

### **3.3. Composantes relatives à la satisfaction sexuelle (14%)**

Les composantes relatives à la satisfaction sexuelle (14%) mettent en évidence une variété d'expériences parmi les participants, reflétant diverses tendances quant à leur satisfaction intime après une amputation. Certains participants (7%) ont exprimé une satisfaction sexuelle positive, démontrant un épanouissement dans leur vie intime malgré les défis auxquels ils sont confrontés. Un participant partage son expérience en affirmant : *"Ma vie sexuelle est sans problème... Sur le plan sexuel, je n'ai pas de problème. Je fais bien l'amour à ma femme"*. Cependant, des malaises corporels au cours de l'acte sexuel ont été signalés par 3% des participants, suggérant une expérience physique désagréable. L'un d'entre eux partage son ressenti en ces termes : *"J'ai besoin d'éteindre la lumière pour faire l'amour parce que j'ai honte de mon corps"*.

De plus, certains participants (1%) ont évoqué le refus du coït par leur conjointe, ce qui peut contribuer aux sentiments de rejet et de frustration. Un participant partage son expérience en disant : *"Ma femme ne voulait pas et elle aussi sortait. Ça me faisait mal et c'était très compliqué de voir sa femme qui sort sans moi et qui se fait belle... Malheureusement, j'ai perdu ma concubine"*. Un autre participant est plus circonspect en exprimant un

sentiment de frustration sexuelle, l'un d'eux le dit clairement : "*Je suis un frustré sexuel*".

Ces verbatim ont retenu la diversité des réponses des participants en ce qui concerne leur satisfaction sexuelle après une amputation. Ils mettent en relief les différents défis auxquels ils sont confrontés dans ce domaine.

#### **4- Discussion**

Les résultats de cette étude qualitative sur la dimension sexuelle du vécu des militaires amputés de la jambe à l'Hôpital Militaire d'Abidjan (HMA) fournissent un aperçu des diverses composantes de cette dimension importante de leur vie. En se fondant sur et de considérations théoriques relatives à la présente étude, il pourrait émerger un modèle explicatif qui permettrait de mieux comprendre l'impact de l'amputation sur la sphère sexuelle et psychologique de ces individus.

L'analyse des données à la lumière des théories du stress post-traumatique d'Herman (1992) et de l'adaptation d'Antonovsky révèle que les réactions psychologiques des militaires amputés de la jambe à l'HMA face à la dimension sexuelle sont transmises par leur expérience traumatique de l'amputation. La composante ayant trait à la capacité et à l'impuissance sexuelle traduit les symptômes du stress post-traumatique, tels que le sentiment d'impuissance et d'inefficacité. Cependant, la conservation de la capacité à satisfaire le partenaire et l'adaptation sexuelle par inversion des rôles illustrent des mécanismes d'adaptation et de résilience adaptés à la théorie d'Antonovsky (1987).

Les composantes relatives aux besoins spécifiques soulignent les défis rencontrés dans la satisfaction des besoins fondamentaux, ce qui peut être lié à une perturbation de la cohérence et du sens de la vie (Antonovsky, op. cit.). Les désirs sexuels intenses, bien que rares, pourraient indiquer des tentatives de rétablir un équilibre psychologique en cultivant des émotions positives. Quant aux composantes de la satisfaction sexuelle, les manifestations positives sont en harmonie avec la réaffirmation du sens de la cohérence selon la théorie d'Antonovsky (op. cit.). Toutefois, les aspects négatifs, comme le malaise corporel et le refus du coït, témoignent des tensions internes et relationnelles résultant du traumatisme de l'amputation, ce qui est en accord avec la théorie du stress post-traumatique.

Les résultats de cette étude mettent en évidence les aspects complexes et induits du vécu sexuel des militaires amputés de la jambe à l'HMA. En se référant à la théorie du stress post-traumatique d'Herman, il est possible de constater que les préoccupations liées à l'impuissance sexuelle et aux besoins sexuels inassouvis peuvent être interprétées comme des symptômes du stress post-traumatique. L'amputation, en tant qu'événement traumatisant, peut entraîner des perturbations de l'estime de soi, l'identité et l'image corporelle,

ce qui peut se manifester dans la sphère sexuelle. En parallèle, la théorie de l'adaptation d'Antonovsky souligne le concept de "sens de cohérence" qui implique la capacité d'un individu à donner un sens à ses expériences et à trouver des ressources pour y faire face. Certains participants conservant la capacité à satisfaire leur partenaire ou adaptant leur rôle sexuel peuvent mettre en œuvre des stratégies d'adaptation positives pour préserver leur estime de soi et leur identité.

En ce qui concerne le fonctionnement cognitif sous-jacent aux différentes manifestations de la dimension sexuelle, il est clair que les pensées, les croyances et les émotions jouent un rôle crucial dans la manière dont les individus perçoivent et vivent leur sexualité post-amputation. Les schémas cognitifs négatifs, tels que la perception d'impuissance ou de frustration, peuvent éventuellement générer des symptômes de stress post-traumatique. D'un autre côté, des schémas cognitifs positifs et adaptatifs, tels que la préservation de la capacité à satisfaire son partenaire ou l'adaptation par inversion des rôles, peuvent contribuer à une meilleure adaptation psychologique.

En somme, les résultats montrent que les réactions des militaires amputés concernant la sexualité ou la génitalité sont profondément enracinées dans leur expérience de l'amputation, tout en reflétant des processus adaptatifs et de résilience face à l'adversité psychologique. Ces résultats soulignent la nécessité d'une approche holistique et personnalisée pour soutenir les militaires amputés dans leur parcours de réadaptation psychologique et sexuelle. Les implications cliniques et les interventions psychologiques devaient prendre en compte ces dimensions psychologiques spécifiques, en mettant l'accent sur la gestion des schémas cognitifs, la compréhension des mécanismes de stress post-traumatique et la promotion d'une adaptation positive dans la sphère sexuelle.

Ces résultats relatifs au maintien de l'activité sexuelle des militaires amputés de la jambe à l'Hôpital Militaire d'Abidjan (HMA) présentent des similitudes et des divergences avec des travaux antérieurs portant sur les conséquences psychologiques et relationnelles de l'amputation, en particulier dans la dimension sexuelle. Tout d'abord, nos résultats convergent avec ceux de McAndrew et Warrender (2004) et de Davis, Disch, Hoffer et MacWilliams (2011) en ce qui concerne l'impact de l'amputation sur l'image corporelle, l'estime de soi et la sexualité. Comme souligné par ces chercheurs, notre étude a également révélé que les amputés militaires peuvent éprouver des défis psychologiques liés à l'intimité et à la confiance en soi en raison de l'altération de leur corps. Cela suggère une cohérence dans les expériences psychologiques partagées par les amputés, qu'ils soient civils ou militaires.

Cependant, des divergences apparaissent lorsqu'on cherche à appréhender l'impact de l'amputation sur les relations interpersonnelles. Alors

que Chibnall, Jeral, Cerullo et Andridge (2015) ont mis l'accent sur les perturbations dans la dynamique relationnelle des couples liés à l'amputation, notre étude a révélé des variations significatives dans la façon dont les militaires amputés gèrent leur dimension sexuelle. Certains participants ont exprimé une conservation de leur capacité à satisfaire leur partenaire, tandis que d'autres ont évoqué des mécanismes d'adaptation tels que l'inversion des rôles. Ces variations suggèrent que, bien que l'amputation puisse influencer les relations intimes, la manière dont les individus y font face peut différer considérablement. En outre, la stigmatisation sociale et la crainte du rejet, comme souligné par Murray (2005), sont des préoccupations importantes dans le contexte de l'amputation. Toutefois, nos résultats indiquent que les amputés militaires peuvent également être confrontés à des défis internes liés à l'estime de soi et à l'identité, en plus des problèmes de stigmatisation. Cette différence met en évidence la complexité des répercussions psychologiques de l'amputation chez les militaires, qui peuvent être influencées par des facteurs multiples, à la fois internes et externes.

Bien qu'il y ait des convergences avec les travaux antérieurs sur les répercussions négatives de l'amputation sur la sphère sexuelle, notre étude met en évidence des différences dans la manière dont les militaires l'abordent. Cette divergence souligne l'intérêt de prendre en compte le contexte spécifique des militaires amputés et la variabilité de leurs expériences psychologiques et relationnelles. Notre étude se distingue par sa focalisation sur les militaires amputés de la jambe à l'HMA, en mettant en évidence les spécificités de leur expérience et les mécanismes d'adaptation uniques qu'ils développent. Cette approche originale enrichit la compréhension des conséquences psychologiques et relationnelles de l'amputation et offre des perspectives prometteuses pour les interventions cliniques et le soutien de cette population particulière, nous-semble-t-il.

L'originalité de l'étude est également liée au modèle explicatif qui découle de l'analyse des facteurs psychologiques chez les amputés militaires. Ces personnes sont confrontées à des défis psychologiques uniques résultant de la combinaison de leur statut de militaire et de leur amputation. Les processus d'adaptation sont essentiels pour faire face à ces défis. La théorie du stress post-traumatique de Herman (1992) est pertinente ici, car ils peuvent éprouver une détresse émotionnelle et une altération de l'estime de soi due à leur blessure. Leur processus d'adaptation pourrait passer par des phases de survie, de persistance des souvenirs traumatisants et de réintégration, comme proposé par cette théorie. Dans le cadre de la théorie de l'adaptation d'Antonovsky (1987), la composante du "sens de cohérence" (SOC) est cruciale. Les amputés militaires ayant un SOC élevé sont plus susceptibles de percevoir leur situation comme compréhensible, gérable et significative, ce qui pourrait assurément accroître leur capacité d'adaptation. Ils peuvent

mobiliser des ressources psychologiques pour trouver un sens à leur expérience, gérer le stress et maintenir leur bien-être mental.

Par ailleurs, en examinant les résultats à la lumière de la théorie du stress post-traumatique d'Herman, nous pouvons observer comment les aspects négatifs liés à l'impuissance sexuelle et aux besoins sexuels inassouvis pourraient être provoqués comme des réactions aux traumatismes produits par l'amputation. L'expérience d'impuissance et de frustration peut être interprétée comme des symptômes de stress post-traumatique, reflétant une perturbation du sens de maîtrise et de sécurité. Néanmoins, des mécanismes d'adaptation émergent (Antonovsky ; 1987). Les participants signalant la conservation de la capacité à satisfaire leur partenaire ou adaptant leur rôle sexuel à travers une inversion des rôles, illustrent la résilience et l'effort pour donner un sens à l'expérience post-amputation. Ces adaptations positives peuvent se produire comme des manifestations du "sens de cohérence" décrites par Antonovsky (op. cit.), où les individus trouvent des ressources pour faire face à l'adversité.

Le modèle explicatif élaboré à partir des résultats indique également que le fonctionnement cognitif joue un rôle important dans la manière dont les militaires amputés vivent leur expérience sexuelle. Les schémas cognitifs négatifs, tels que l'impuissance et la frustration, sont liés aux symptômes du stress post-traumatique et peuvent augmenter le sentiment de vulnérabilité et de perte d'estime de soi. D'un autre côté, les schémas cognitifs positifs, tels que la préservation de la capacité à satisfaire son partenaire ou l'adaptation par inversion des rôles, peuvent être considérés comme des stratégies d'ajustement qui préservent l'image de soi et la confiance en soi. Ces schémas adaptatifs sont en cohérence avec les processus d'adaptation identifiés dans la littérature psychologique. Tout ceci aura des répercussions sur les relations interpersonnelles et les dynamiques de couple.

L'amputation peut avoir un impact sur les relations interpersonnelles et les dynamiques de couple des amputés militaires. Les défis spécifiques à l'amputation peuvent entraîner des changements dans la dynamique du couple. Les composantes de la dimension sexuelle du vécu, telles que l'impuissance sexuelle, les besoins inassouvis et la satisfaction sexuelle, peuvent interférer avec des facteurs psychologiques tels que l'estime de soi, l'image corporelle et l'intimité émotionnelle. La théorie du stress post-traumatique suggère que les amputés militaires pourraient éprouver des symptômes de stress post-traumatique liés à leur amputation, ce qui pourrait influencer leur comportement et leur communication dans leur relation de couple. La théorie de l'adaptation souligne, quant à elle, l'importance du SOC pour maintenir des relations positives. Les amputés militaires avec un SOC fort peuvent être mieux équipés pour gérer les défis relationnels et maintenir une communication ouverte avec leur partenaire.

Les facteurs psychologiques, selon les théories du stress post-traumatique et de l'adaptation, interviennent dans la dimension sexuelle chez les amputés militaires. Ces facteurs influencent les processus d'adaptation, les stratégies d'ajustement et les ressources mobilisées pour faire face aux défis, tout en jouant un rôle prépondérant dans les relations interpersonnelles et la dynamique de couple.

Les résultats de l'étude mettent en avant des implications pratiques significatives pour les praticiens de la santé mentale et les professionnels de la réadaptation travaillant avec des militaires amputés de la jambe à l'HMA. La prise en compte de la dimension sexuelle dans la réadaptation psychologique devient cruciale, en intégrant les mécanismes de stress post-traumatique et d'adaptation dans les approches cliniques. Les insights obtenus à partir de la recherche fournissent des informations essentielles pour la conception de programmes de soutien psychologique personnalisés des militaires amputés, visant à améliorer la qualité de vie de ces individus dans le contexte spécifique de leur vie intime et relationnelle.

En termes de perspectives futures, cette étude suggère des avenues pour des recherches supplémentaires ou complémentaires en favorisant une exploration plus approfondie de la manière dont la dimension sexuelle du vécu peut être influencée par d'autres facteurs psychologiques et environnementaux. Elle pourrait également servir de base à une exploration plus approfondie des stratégies d'adaptation positives, ainsi qu'une analyse plus fine des mécanismes de stress post-traumatique spécifiques à la dimension sexuelle, et enrichir encore la compréhension de cette réalité complexe. Par ailleurs, ces résultats pourraient éventuellement influencer les politiques de santé et les services de réadaptation, en les ajustant davantage aux besoins spécifiques de cette population.

En somme, ce modèle explicatif, élaboré à partir des résultats obtenus, élargit notre compréhension de l'expérience psychologique et sexuelle des militaires amputés de la jambe à l'HMA. Il souligne la nécessité d'une approche holistique pour soutenir ces individus dans leur réadaptation, en prenant en considération les dimensions psychologiques, sexuelles et cognitives dans la gestion de leur vécu post-amputation. En mettant en lumière l'impact psychologique et sexuel de l'amputation, cette recherche encourage la création de politiques de soutien ciblés et d'environnements propices à l'expression de la sexualité post-amputation.

## **Conclusion**

La présente étude a permis d'explorer les dimensions psychologiques et sexuelles du vécu des militaires amputés de la jambe à l'Hôpital Militaire d'Abidjan. Les résultats obtenus ont fourni un aperçu des aspects psychologiques liés à la dimension sexuelle de leur expérience. En se référant



aux théories du stress post-traumatique et de l'adaptation, nous avons pu décrire analyser les interférences complexes entre les facteurs psychologiques, les processus d'adaptation et la dynamique relationnelle.

Les résultats ont révélé que les amputés militaires font face à des défis considérables en ce qui concernent leur identité, leur estime de soi et leur intégration dans la sphère intime, en particulier dans le contexte de leur rôle professionnel et de la perception sociétale de la virilité. Les processus d'adaptation varient en fonction des individus, avec certaines stratégies d'ajustement positives développées, tandis que d'autres peuvent éprouver des difficultés dans leur réintégration. Les ressources psychologiques et sociales jouent un rôle crucial dans ces processus, influençant la manière dont ils appréhendent et font face aux défis de l'amputation.

En ce qui concerne les relations interpersonnelles et la dynamique de couple, les résultats ont montré que les amputés militaires font face à des spécificités, notamment en ce qui concerne l'intimité émotionnelle et physique. Les implications psychologiques de l'amputation peuvent affecter la communication et la satisfaction relationnelle, avec des réactions sur la stabilité et la qualité des relations interpersonnelles.

Les informations attendues de cette étude concernent la manière dont les amputés militaires gèrent les aspects psychologiques liés à leur amputation, en particulier ceux liés à la dimension sexuelle. Cela inclut la compréhension de leurs processus d'adaptation psychologique et de leurs stratégies d'ajustement face aux défis de la perte d'un membre et de ses répercussions sur leur identité et leur estime de soi. Ces informations portent également sur les ressources psychologiques et sociales qu'ils mobilisent pour faire face à ces défis, ainsi que sur les effets spécifiques de ces défis sur leurs relations interpersonnelles et leur dynamique de couple. Ces résultats permettent de concevoir des interventions ciblées et adaptées pour soutenir leur bien-être psychologique et leur processus de réadaptation global.

Ils revêtent une grande importance pour le développement d'interventions psychologiques et médicales adaptées. Comprendre les mécanismes sous-jacents aux défis psychologiques et relationnels des amputés militaires permet de définir des programmes de soutien mieux ciblés. En intégrant ces connaissances dans les pratiques cliniques, les professionnels de la santé pourraient aider ces individus à naviguer avec succès dans leur processus de réadaptation, à renforcer leur bien-être psychologique et à favoriser des relations interpersonnelles positives. L'étude sur le maintien sexuel des militaires amputés de la jambe à l'Hôpital Militaire d'Abidjan (HMA) se distingue par sa focalisation sur un groupe spécifique de personnes ayant subi une amputation dans un contexte militaire. Cette originalité apporte une contribution significative à la compréhension des conséquences

psychologiques et relationnelles de l'amputation, en mettant en lumière les aspects uniques de cette expérience.

En somme, cette étude contribue à une meilleure compréhension des dimensions psychologiques et relationnelles des amputés militaires, mettant en évidence l'importance d'une approche holistique pour leur prise en charge. Les perspectives futures devraient se concentrer sur la mise en œuvre et l'évaluation d'interventions spécifiques basées sur les résultats de cette étude, afin d'améliorer la qualité de vie et le bien-être de ces individus.

**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.

**Etudes humaines :** L'étude a été approuvée par le comité d'examen "Hôpital Militaire d'Abidjan (HMA)". Approbations obtenues auprès du comité d'examen institutionnel compétent et directives éthiques (consentement, anonymat, etc.) suivies.

**Approbation de recherche :** « Je soussigné Médecin Colonel-major **CAMARA Youssouf**, Directeur de l'Hôpital Militaire d'Abidjan (HMA), certifie que l'Adjudant-chef **OKOU Kouakou Jean Marie**, Matricule 23140, Infirmier spécialiste des Blocs opératoires, exerce dans nos services en qualité de Major du Bloc opératoire de l'HMA. Il est chargé à ce titre de veiller à la gestion administrative du Bloc opératoire et à la préparation physique et psychologique des malades avant et après les actes opératoires. Il est aussi autorisé à mener des activités de recherche en vue d'améliorer la prise en charge des malades civils et militaires. En foi de quoi, nous délivrons la présente pour servir et valoir ce que de droit. »

### **References:**

1. Antonovsky, A. (1987). *Démêler le mystère de la santé : comment les gens gèrent le stress et restent en bonne santé*. San Francisco : Jossey-Bass.
2. Bayley, D.H., & Shearing, C.D. (2001). *The New Structure of Policing: Description, Conceptualization, and Research Agenda*. Washington, DC: NCJ.



3. Boutros-Ghali, B. (1992). *Un agenda pour la paix : diplomatie préventive, rétablissement et maintien de la paix*. New York : Nations Unies.
4. Babbie, E.R. (2016). *Les bases de la recherche sociale*. Cengage Learning.
5. Chibnall, J.T., Jeral, J.M., Cerullo, M.A., & Andridge, R.R. (2015). L'efficacité de la thérapie de couple axée sur l'amputation dans une population civile. *Psychologie de la réadaptation*, 60(2), 197-208.
6. Davis, A.M., Disch, J., Hoffer, M.M., & MacWilliams, B.A. (2011). Sexualité et image corporelle suite à l'amputation d'un adolescent. *Tourillon d'orthopédie pédiatrique*, 31(5), 540-546.
7. Fraenkel, J.R., Wallen, N.E. & Hyun, H.H. (2018). *How to Design and Evaluate Research in Education*. Education McGraw-Hill.
8. Herman, J.L. (1992). *Trauma and Recovery: The Aftermath of Violence*. New York: Basic Books.
9. Holsti, KJ (1996). *L'État, la guerre et l'état de guerre*. Cambridge : Cambridge university press.
10. Kent, G., Keegan, J. & Davidson, J. (2011). Relations et adaptation psychosexuelle chez les hommes amputés : une revue. *Sexualité et handicap*, 29(1), 41-60.
11. McAndrew, L., & Warrender, WJ (2004). Image corporelle et bien-être : Une application de l'indice de contrôle interne adapté. *Image corporelle*, 1(2), 179-187.
12. Murray, C.D. (2005). L'expérience vécue de l'amputation et de l'utilisation de prothèses. *Handicap et société*, 20(1), 29-44.
13. Neuman, W.L. (2016). *Social research methods: qualitative and quantitative approaches*. Edinburgh Gate: Pearson new international edition.

# Optimisation de l'Evaluation de la Biomasse Fourragère en Zone Sahélienne Grâce à l'Utilisation de la Méthode de Régression Linéaire Multiple en Conjonction Avec la Stratification

*Issa Garba*

*Zakari Seybou Abdourahamane*

*Abdou Amadou Sanoussi*

Centre Régional AGRHYMET, Niamey, Niger

*Illa Salifou*

Faculté d'Agronomie (FA), Université Abdou Moumouni de Niamey, Niger

[Doi:10.19044/esj.2023.v19n33p52](https://doi.org/10.19044/esj.2023.v19n33p52)

Submitted: 18 October 2023  
Accepted: 15 November 2023  
Published: 30 November 2023

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

*Cite As:*

Garba I., Abdourahamane Z.S., Sanoussi A.A. & Salifou I. (2023). *Optimisation de l'Evaluation de la Biomasse Fourragère en Zone Sahélienne Grâce à l'Utilisation de la Méthode de Régression Linéaire Multiple en Conjonction Avec la Stratification*. European Scientific Journal, ESJ, 19 (33), 52. <https://doi.org/10.19044/esj.2023.v19n33p52>

## Résumé

L'objectif de cette étude, conduite dans la zone pastorale du Niger, est d'optimiser l'estimation de la biomasse fourragère à l'échelle des faciès avec la méthode de Régression Linéaire Multiple (RLM). Les données utilisées englobent les mesures in situ de la masse herbacée entre 2001 et 2012, des données pluviométriques de station, les variables agrométéorologiques dérivées des données météorologiques de « l'European Centre for Medium-Range Weather Forecasts » (ECMWF) traitées via AgroMetShell (AMS), les images satellitaires NDVI de SPOT VEGETATION traitées avec le programme « Vegetation Analysis in Space and Time » (VAST) pour obtenir des variables biophysiques à partir des séries annuelles de NDVI décennales, et les données de pluies estimées RFE provenant du « Famine Early Warning Systems NETwork » (FEWSNET). Les strates ont été identifiées sur la base de la carte des sols de la FAO, la couche des écorégions et les zones bioclimatiques du pays. Le modèle a été développé en utilisant la méthode de la RLM avec une approche ascendante de sélection de variables basée sur le coefficient de détermination ( $R^2$ ) ajusté et la racine de l'erreur quadratique

moyenne (RMSE). Pour évaluer la robustesse du modèle, la validation croisée « leave one out – cross validation » (LOO-CV) a été employé pour calculer les  $R^2$  de validation et effectué un diagnostic systématique des résidus afin de mieux caractériser le modèle. À l'échelle de l'ensemble de la zone d'étude (échelle globale), le RLM a produit un  $R^2$  ajusté de 0,69 et un RMSE de 282 kg MS.ha-1, avec seulement une légère différence de 2,72 kg MS.ha-1 entre le RMSE de la calibration et celui de la validation. La stratification a amélioré la performance des modèles, avec des résultats prometteurs. Les modèles basés sur les types de sols FAO ont montré des  $R^2$  élevés pour Ge5-1a, Qc1, Qc7-1a, Q11-1a et Re35-a. Les écorégions telles que l'Azaouak, le Manga1 et le Manga2 ont également obtenu de bons résultats. Les paramètres des modèles par faciès ont été encore plus prometteurs, avec des  $R^2$  allant de 0,77 à 0,93. Ces travaux auront un impact significatif en améliorant la qualité des informations utilisées pour planifier les initiatives de développement visant à protéger la société nigérienne contre les crises pastorales.

---

**Mots-clés:** Régression Linéaire Multiple, Sahel, Évaluation Biomasse Fourragère, Stratification, NDVI

---

## **Optimization of the Evaluation of Fodder Biomass in the Sahelian Zone Using Multiple Linear Regression Method in Conjunction with Stratification**

*Issa Garba*

*Zakari Seybou Abdourahamane*

*Abdou Amadou Sanoussi*

Centre Régional AGRHYMET, Niamey, Niger

*Illa Salifou*

Faculté d'Agronomie (FA), Université Abdou Moumouni de Niamey, Niger

---

### **Abstract**

The aim of this study, conducted in the pastoral zone of Niger, was to optimize the estimation of forage biomass at the scale of the different facies using Multiple Linear Regression (MLR) method. The data used include field measurements of herbaceous mass between 2001 and 2012, station rainfall data, agrometeorological variables derived from meteorological data of the European Centre for Medium-Range Weather Forecasts (ECMWF) processed via AgroMetShell (AMS), SPOT VEGETATION NDVI satellite images processed with the Vegetation Analysis in Space and Time (VAST) program to obtain biophysical variables from annual decadal NDVI series, and

estimated RFE rainfall data from the US Famine Early Warning Systems NETWORK (FEWSNET) to calculate annual rainfall totals. We identified strata based on the FAO soil map, the ecoregion layer and the country's bioclimatic zones. The model was developed using MLR with a bottom-up variable selection approach based on adjusted  $R^2$  and root mean square error (RMSE). To assess the model's robustness, we used leave-one-out cross validation (LOO-CV) to calculate the validation  $R^2$ , and carried out systematic residual diagnostics to better characterize the model. At the scale of the entire study area (global scale), the MLR produced an adjusted  $R^2$  of 0.69 and an RMSE of 282 kg MS.ha<sup>-1</sup>, with only a slight difference of 2.72 kg MS.ha<sup>-1</sup> between the calibration and validation RMSE. Stratification improved model performance, with promising results. Models based on FAO soil types showed high  $R^2$ s for Ge5-1a, Qc1, Qc7-1a, Q11-1a and Re35-a. Ecoregions such as Azaouak, Manga1 and Manga2 also performed well. Model parameters by facies were even more promising, with  $R^2$  ranging from 0.77 to 0.93. This work will have a significant impact in improving the quality of information used to plan development initiatives for protecting Nigerian society from pastoral crises.

---

**Keywords:** Multiple Linear Regression, Sahel, Forage Biomass Assessment, Stratification, NDVI

## 1. Introduction

Le Sahel est une large entité biogéographique s'étendant du Sénégal à l'Éthiopie (UNESCO, 1981). Cette zone naturelle fait face à des défis sécuritaires qui engendrent des pertes énormes en vies humaines et animales ; défis climatiques et démographiques avec des conséquences sur la dégradation des ressources naturelles et la sécurité alimentaire et nutritionnelle des populations (DNEP, 2013). Les communautés pastorales sont particulièrement sensibles et affectées par ces défis. Ces dernières années, plusieurs initiatives ont été prises en faveur des populations à l'échelle continentale et au niveau régional : Le programme MESA « Monitoring of Environment for Security in Africa » financé par l'Union Européenne (UE), contribue à la mise en œuvre du cadre stratégique de l'Union Africaine (UA) pour le pastoralisme en Afrique. Ce cadre vise à assurer, protéger et améliorer la vie, la subsistance et les droits des éleveurs pastoraux africains (UA, 2013); le Projet Régional d'Appui au Pastoralisme au Sahel (PRAPS), financé par la Banque Mondiale, qui est une concrétisation de la déclaration de Nouakchott du 29 octobre 2013 ratifiée par les chefs d'États et de gouvernements des six pays sahéliens (Burkina Faso, Niger, Sénégal, Mauritanie et Tchad). Cette déclaration est un engagement qui vise à sécuriser le mode d'existence des pasteurs et à accroître le produit brut des activités des éleveurs de 30% (DNP, 2013).

Le régime pluviométrique du Sahel est essentiellement lié à la dynamique de mousson ouest africaine (Redelsperger, 2006). Cet espace naturel a dû s'adapter au cours des cinquante dernières années à des fluctuations climatiques entre des climats tropicaux humides et arides, voire hyperarides. La distribution des précipitations au cours de la saison des pluies modulée par leur redistribution par ruissellement à la surface du sol constitue des facteurs déterminants de la diversité et de la production du couvert végétal (Hiernaux et LeHouérou, 2006). L'accroissement de la variabilité climatique dont les conséquences commencent à être perceptibles dans les années 1970 suite à la baisse des normales pluviométriques 1941-1960/1961-1990 (Mintzer, 1992) 1971-2000/1981-2010 (Lona, 2014) a probablement joué un rôle dans les changements observés de la couverture végétale actuelle.

L'espace pastoral du Niger, vaste et diversifié avec plus de 62 millions d'hectares d'espace pâturable (Zakaria, 2010) constitue une des forces majeures au développement du secteur de l'élevage. La diversité du couvert végétal permet à des espèces animales très différentes de se côtoyer et de prospérer sur le même territoire. Le cheptel est composé pour l'essentiel de bovins, ovins, caprins, camelins, équins et asins. L'effectif est estimé selon l'institut national de la statistique du Niger (INS, 2021a) à environ 52,4 millions de têtes de bétail toutes espèces confondues soit : 18,8 millions de têtes de caprins ; 13,6 millions de têtes d'ovins ; 16,1 millions de têtes de bovins ; 1,9 millions d'asins ; 1,8 millions de têtes de camelin et 0,2 millions d'équins en 2020. Pour une valeur totale de près de 2 000 milliards de Fcfa. Ainsi, le Niger possède, avec son élevage, un atout important pour son développement socio-économique (INS, 2021b) . Les activités d'élevage participent pleinement à la sécurité alimentaire et à la lutte contre la pauvreté de la majorité des ménages. Selon les statistiques disponibles, les productions animales contribuent à plus de 11 % au Produit Intérieur Brut (PIB) (MAG-EL, 2019) . Elles représentent une source importante de devises pour l'État et les collectivités territoriales, mais contribue également, de manière significative, au budget des ménages à hauteur de 15 % (enquête budgets-consommation des ménages). Quant à sa contribution à la satisfaction des besoins alimentaires, elles se situeraient à hauteur de 25 % (OMD1, 2011).

Aujourd'hui, parmi les contraintes auxquelles fait face le pastoralisme figurent : - la réduction de l'espace pastoral due à l'extension du front pionnier d'exploitation des terres (par exemple les cultures, les habitations et les aménagements des aires protégées) ; - des obstacles directs (conflits et difficultés de passages aux frontières) et indirects (incertitudes sur l'existence et les conditions d'accès aux ressources naturelles) ; - le foncier (les politiques foncières pèsent largement sur les ressources fourragères et leur gestion) ; - l'accès aux marchés ; - problèmes de santé, de sécurité, de changement climatique et la récurrence des épisodes de sécheresse viennent s'ajouter à

cette liste de contraintes (Toure et al., 2011). De ce fait, Il paraît urgent de disposer d'une méthode appropriée d'estimation des ressources fourragères pour contribuer à la gestion des pâturages, à la prise de décision pour anticiper et gérer les crises pastorales ; autrement dit, de disposer d'un outil d'évaluation de pâturage, capable de procéder à une appréciation de la production fourragère et de leur réaction aux facteurs tels que le broutage et le piétinement.

Le Centre Régional AGRHYMET (CRA), le Ministère de l'Élevage et des Industries Animales (MEIA) du Niger et le Centre de Suivi Écologique (CSE) du Sénégal réalisent depuis 40 ans des estimations de masse herbacée au Sahel, dans le cadre de l'alerte précoce afin d'aider les autorités publiques à prendre des décisions pertinentes pour assurer une meilleure sécurité alimentaire tout en garantissant une meilleure gestion des ressources. Le MEIA et le CSE s'appuient sur les données mesurées *in situ* et l'indice de végétation à différence normalisée (NDVI) dont les premiers travaux datent des années 1970 (Rouse et al., 1974). Le NDVI a été exploité par plusieurs auteurs (Hiernaux et Justice, 1986 ; Huete et al, 2002 ; Lobell et Asner, 2004) qui ont montré ses performances, mais aussi ses limites dans le suivi et la caractérisation de la végétation à l'échelle globale. En outre, dans le cadre du projet Alerte Précoce et Prévision des Productions agricoles (AP3A), le CRA a développé le modèle BIOMASAH d'estimation de la biomasse fourragère au Sahel basé sur le bilan hydrique. Ce modèle s'appuie sur la carte des sols (texture) et le cumul de pluies estimées par satellite.

Toutefois, les résultats issus de ce modèle n'ont jamais été validés sur une série de 12 ans. Aussi, paraît-il impératif d'évaluer ces modèles en vue d'en proposer un plus performant. Le lien entre la biomasse herbacée mesurée au sol et les indices de végétation établi par régression linéaire en région sahélienne a été largement traité (Hiernaux et Justice, 1986 ; Diallo et al., 1991 ; Maselli, 1993, Maselli, 2010 ; Hiernaux et Justice, 1986 ; Lobell, 2004 ; Wylie, 1991). Cependant, d'autres études ont montré que la relation n'est pas toujours une fonction linéaire (Bégué et al., 2011 ; Santin-Janin et al., 2009). En plus, des améliorations très importantes ont été obtenues au Sénégal avec la méthode par régression linéaire multiple combinant des métriques dérivées de FAPAR (Fraction of Absorbed Photosynthetically Active Radiation) et de GeoWRSI (Diouf et al., 2015). Les modèles du MEIA présentent des coefficients de corrélation linéaire ( $R^2$ ) disparates qui varient fortement d'une année à l'autre (Garba et al., 2015). En outre, les RMSE (Racine de l'erreur quadratique moyenne) sont souvent très élevées ce qui illustre l'instabilité de ce modèle limité à une seule variable.

Au regard de l'importance de l'estimation de la biomasse fourragère herbacée au Sahel en général et en particulier au Niger, il est nécessaire de trouver un modèle plus fiable permettant aux utilisateurs chargés du suivi et

de l'estimation des ressources fourragères, de disposer d'une méthode plus performante pour estimer la production fourragère en vue d'aider les décideurs à anticiper les crises pastorales et à satisfaire les besoins du marché.

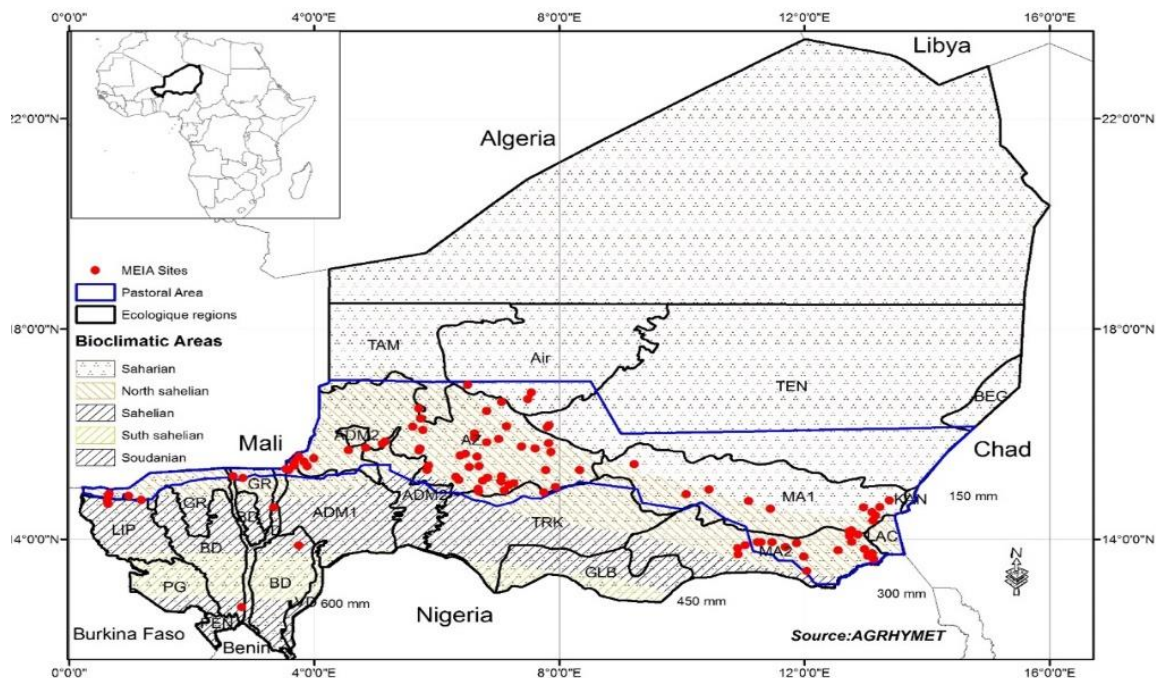
Cette étude s'est fixée pour objectif générale de contribuer à l'amélioration des méthodes d'estimation de la masse aérienne des herbacées. De manière spécifique, il s'agit de développer un modèle de régression linéaire multiple pour mieux estimer le rendement fourrager au Niger. L'hypothèse considère qu'il est possible d'utiliser les métriques dérivées des séries temporelles d'images NDVI décennales de la période de croissance de la végétation pour dériver des variables explicatives dans un modèle d'estimation des rendements fourragers des herbacées.

## **2. Matériel et Méthodes**

### **2.1. Présentation de la zone**

La zone d'étude correspond essentiellement à la zone pastorale du Niger définie sur les cartes de l'atlas pastoral (Chabeuf, 1987). Elle se situe entre les latitudes 13° et 16° Nord et les longitude 2° et 12° Est (Figure 1). Le choix de cette zone du Sahel pour la validation du modèle de biomasse est essentiellement lié à la disponibilité des données *in situ*. À l'instar des autres parties sahéliennes, cette zone est caractérisée par une forte variabilité spatiotemporelle des précipitations (Abdourahamane et al., 2022). Le climat est du type aride avec une pluviométrie normale variant entre 150 et 300 mm (Touré, 2012). La durée de la saison varie en moyenne de 60 à 120 jours de pluie pour le Sahel central et occidental. Elle est en moyenne de 40 jours dans le Sahel septentrional et oriental (Garba et al., 2015). (La limite nord des cultures est fixée par la loi de mai 1961).





**Figure 1.** Situation géographique de la zone d'étude avec la géolocalisation des sites de mesure de la masse fourragère herbacée.

Légende : Bassin d'Ader Douchi Maggia (ADM1) ; Plateaux d'Ader Douchi Maggia (ADM2) ; Steppe d'Azaouak (AZ) ; Plaine de la Tarka (TRK) ; Zone Agricole des Goulbi (GLB) ; Liptako (LIP) ; Plateau Gourmantché (PG) ; Gourma Mali (GM) ; Bassin des dallols (BD) ; Air (AIR) ; Manga désertique (MA1) ; Manga sahélien (MA2) ; Ténéré (TEN) ; Savane du Parc W (PW) ; Vallées des dallols (VD).

## 2.2. Description des données

### 2.2.1. Données pluviométriques

Les données pluviométriques journalières utilisées proviennent de la base de données du Centre Régional AGRHYMET (CRA). Elles ont été structurées sous un format compatible avec le logiciel AMS (calculs de séries décennales et de la moyenne 1971-2000 par station). Au total, 199 stations pluviométriques ont été renseignées et utilisées dans la Base de données AgroMetShell (BD AMS) pour le Niger. En plus des données pluviométriques de station, des quantités de pluies estimées par satellite, notamment le RFE2 de FEWSNET ont été utilisées. Ces données ont une résolution spatiale de 8 km au pas de temps décennal.

### 2.2.2. Données d'évapotranspiration potentielle (ETP)

Les données d'ETP utilisées sont issues du Centre européen de prévisions météorologiques à moyen terme (CEPMET) avec son sigle en anglais ECMWF. Elles couvrent la période de 1978 à 2012 et ont permis de



calcul à pas de temps décadaire de la moyenne 1978-2000 et la série 2001 à 2012. Les données ECMWF sont présentées en grille de points espacés de 0,25 degré. Pour extraire les ETP suivant les stations contenant les pluies mesurées, les étapes suivantes ont été suivies : i) construction d'une grille régulière de polygones de 0,25 degré de côté (dans cette grille chaque polygone est centré autour d'un point ECMWF) ; ii) une jointure spatiale pour affecter les attributs des points ECMWF à chaque grille correspondante ; iii) utilisation de la couche polygone issue de l'étape pour réaliser une deuxième jointure spatiale, afin de porter les données ETP sur les stations du Niger.

### **2.2.3. Données NDVI de SPOT-VEGETATION**

Les séries d'images du NDVI de SPOT VEGETATION obtenues de la plateforme Copernicus Land Service ont permis de dériver une partie des variables exogènes (explicatives, indépendantes) du modèle. Ces séries d'image couvrent pour la période 1998-2012.

### **2.2.4. Rendements fourragers mesurés *in situ***

La méthode de collecte des données *in situ* par le MEIA tire son origine des études menées de 1986 à 1988 sur le suivi de la production fourragère par satellite et les mesures au sol (Wylie et al., 1991). Cette étude a été réalisée dans la partie pastorale du centre du Niger. Le succès enregistré a suscité un besoin d'en faire un outil national de suivi et d'évaluation des pâturages. Dans un souci de prendre en compte toute la diversité des zones agroécologiques du pays, les cadres du MEIA ont installé des sites complémentaires de suivi sur toute la partie pastorale.

- **Echantillonnage**

Cette opération d'évaluation de la phytomasse (herbacée) se fait sur le terrain notamment dans la zone pastorale du pays suivant la méthode de double échantillonnage. La caractérisation des sites est la première étape et est réalisée pour chaque site dans une aire de 3 km de côté. Cette superficie correspond à 9 pixels de résolution spatiale de 1 km<sup>2</sup>. Dans un transect de l'aire de 9 km<sup>2</sup>, les éléments clés de la physionomie du paysage sont observés et notés. Ces éléments clés sont le type de sol, la topographie, la végétation, la flore, les perturbations anthropiques. L'ensemble de ces informations permettent de définir les unités paysagères qui seront la base de la stratification. Un échantillonnage stratifié permet statistiquement d'obtenir une variance plus faible de la moyenne ou du total estimé comparativement à celle d'un échantillonnage aléatoire simple (Lanly, 1981). Dans l'aire déterminée, un second transect est créé pour évaluer la biomasse herbacée. Pour obtenir la productivité moyenne par site, la somme des productions

pondérées est calculée avec la superficie des unités paysagères comme suit (Equation 1) :

$$P_m = (P_1 + P_2 + \dots + P_n) / N \quad (1)$$

D'où :  $P_m$  représente la productivité moyenne ;  $P_1, P_2, \dots, P_n$  les productivités par échantillon ;  $N$  le nombre d'échantillons.

- **Evaluation de la strate herbacée**

L'évaluation s'effectue dans des carrés de 1 m de côté. La méthode consiste à couper toutes les parties aériennes se trouvant dans le plateau et déterminer le poids de la matière sèche. La production moyenne est obtenue par une simple moyenne des poids réels obtenus. Il existe, suivant les plages, trois catégories de carrés de rendements : sol nu, peu enherbée et très enherbée. Si le recouvrement herbacé est supérieur à 75% de la superficie totale de l'unité paysagère (UP) un carré de rendement est placé tous les 100 mètres autrement. Ce carré est placé selon les strates.

En somme, les données mesurées in situ de 1998 à 2012 des 68 sites du MEIA ont été utilisées.

### 2.3. Outils

Ici les outils désignent l'ensemble des logiciels et programmes utiliser dans la conduite de l'étude. Ainsi, les principaux outils utilisés sont :

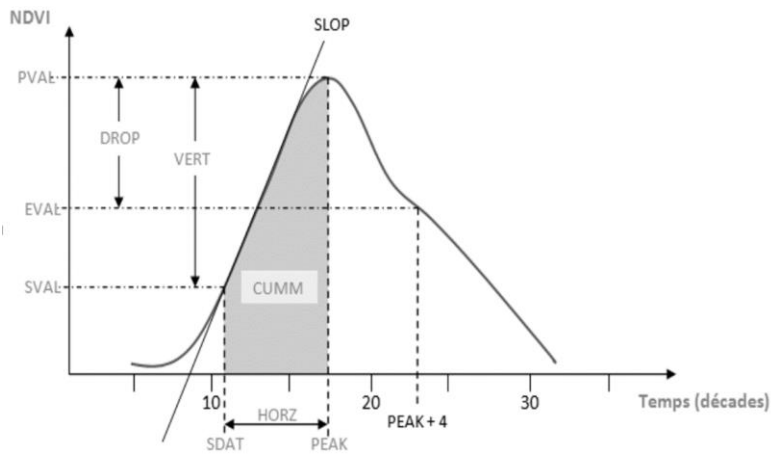
- **VGTEExtract**

VGTEExtract est un logiciel gratuit, convivial, utilisable en mode batch. Il est développé par VITO pour la décompression, l'extraction suivant une fenêtre spatiale choisie des images SPOT VEGETATION et leur sauvegarde sous un format approprié (ILWIS, ENVI, RST, GeoTiff, RAW, WINDISP).

- **VAST**

L'acronyme VAST de l'application signifie Vegetation Analysis in Space and Time. Ce programme informatique a été utilisé dans cette étude pour extraire les paramètres biophysiques dérivés des séries annuelles de NDVI (1998 à 2012). Le programme analyse la série annuelle d'images NDVI pour en dériver les paramètres phénologiques suivants (Figure. 2) : PEAK (la décade à laquelle le NDVI atteint son maximum), SDAT (la décade de début de la saison de végétation), HORZ (différence entre PEAK et SDAT), SVAL (la valeur du NDVI à SDAT), PVAL (la valeur du NDVI à PEAK), VERT (différence entre PVAL et SVAL), EVAL (le NDVI au temps PEAK + 4, soit environ la fin de saison), DROP (différence entre PVAL et EVAL), SLOP (la pente de la droite qui rejoint SDAT et SVAL à PEAK et PVAL) et CUMM (la somme des valeurs de NDVI de SDAT à PEAK).

Pour des raisons pratiques, les paramètres phénologiques dérivés de VAST seront repris par leurs trois premières lettres.



**Figure 2.** Schéma de métriques calculées sur VAST  
(Source : manuel d'utilisation de VAST)

- **WINDISP.**

C'est un logiciel libre développé par la FAO pour le Global Information and Early Warning System (GIEWS). Il dispose de modules permettant entre autres : l'affichage, l'analyse d'images, des couches vectorielles et des bases de données associées ; de produire des graphes représentant l'évolution d'une série temporelle d'images (NDVI, pluviométrie...) relatifs à une zone d'intérêt ; de superposer des images et des cartes d'unités administratives afin d'en extraire des statistiques ; de calculer aussi des statistiques pour chaque pixel d'une série d'images. Il est principalement reconnu pour les fonctions de visualisation et de traitement des images satellites de NDVI, de pluies estimées par satellite (RFE) et autres comme les sorties de VAST.

- **AGROMETSHELL 1.57 (AMS)**

Outil développé par la FAO en 2007 pour le suivi des cultures et la prévision des rendements agricoles. Il permet de simuler le bilan hydrique et les risques de déficit de production. En résumé, AMS se base sur le modèle CSSWB (Crop Specific Soil Water Balance) qui est un modèle de bilan hydrique permettant d'estimer l'impact des conditions climatiques sur les cultures (Allen et al., 1988). AMS a été utilisé dans cette étude pour calculer les paramètres agrométéorologiques qui constitueront les variables d'entrée du modèle de prévision des rendements fourragers ( $\text{kg MS}\cdot\text{ha}^{-1}$ ).

## **2.4. Méthodes**

### **2.4.1. Présence minimum de végétation**

La connaissance de la valeur qui représente la présence minimum de végétation est nécessaire pour le calcul de la date de démarrage de la saison de croissance végétative. Ce seuil de présence minimale de la végétation a été déterminé sur la base de la littérature existante et de l'examen des profils NDVI de chaque site. Ainsi, la valeur réelle de NDVI représentant le seuil minimal de présence de la végétation herbacée est 0,1. L'Equation 2 donne la formule du calcul de la valeur numérique du NDVI.

$$\text{NDVI SPOT VEGETATION} = (\text{DN} * 0,004) - 0,1 \quad (2)$$

Avec DN la valeur numérique en anglais « Digital Number » (DN).

Pour une valeur de NDVI égale à 0,1, DN doit être égale à 50 soit (0,2/0,004). Les séries d'images NDVI SPOT VEGETATION des années allant de 2000 à 2012 ont été utilisées pour extraire les paramètres phénologiques de la végétation au niveau des sites de mesure de biomasse in situ. Le mois de juin a été retenu comme date minimale du début de la saison de végétation, et celui d'octobre comme date de fin maximum de la saison de végétation, la valeur DN<sub>50</sub> comme valeur minimale de présence végétative, 05 comme variation minimale de DN entre deux décades.

### **2.4.2. Décades d'installation de la végétation**

Pour déterminer les décades d'installation de la végétation herbacée annuelle, deux possibilités sont disponibles avec le logiciel AMS : la première se base sur un seuil (à fixer) de pluie efficace, suivi d'autres précipitations pendant les deux décades suivantes ; la seconde est basée sur un seuil de pourcentage du besoin total en eau de la végétation. La deuxième option a été utilisée en fixant le seuil à 10%.

### **2.4.3. Longueur de la végétation**

Il y a très peu d'écrits sur le suivi de la phénologie des espèces fourragères naturelles. Le suivi du cycle phénologique de certaines graminées et légumineuses montre que la longueur varie selon les espèces et le régime hydrique du milieu. Les valeurs de cette longueur végétative varient entre 5 et 8 décades selon les espèces. Une moyenne de sept (7) décades a été retenue comme durée de la longueur de la végétation fourragère.

### **2.4.4. Analyse statistique**

Avant toute analyse approfondie, il est important de vérifier la sensibilité de l'échantillon en calculant les biais sur les paramètres de l'échantillon de base en procédant à un re-échantillonnage avec remise. Si

l'échantillon initial suit une loi normale, alors il n'y aura pas de grande différence entre ses paramètres et ceux issus du re-échantillonnage. Les biais ainsi calculés correspondent aux erreurs sur les paramètres de l'échantillon. C'est la technique appelée Bootstrap. Elle a été initiée vers la fin des années 1970 comme un autre regard sur la méthode Jackknife (Efron, 1992). Dans le cadre de cette étude, 2000 sous échantillons ont été créés pour calculer les biais sur la moyenne, la variance et l'écart type. La régression est une technique d'analyse statistique qui permet de décider, contrôler, et prévoir. Elle permet de formuler une relation mathématique entre la variable expliquée (dépendante) avec une ou plusieurs variables explicatives (indépendants). Les variables indépendantes dans cette étude ont été dérivées des séries d'images NDVI traitées avec le programme VAST, les données agrométéorologiques dérivées d'AMS, les pluies cumulées, Max NDVI et Int NDVI. Les rendements fourragers mesurés in situ représentent la variable dépendante. L'analyse statistique a consisté : à ajuster le meilleur modèle pour expliquer le rendement fourrager en fonction des variables pertinentes dérivées de AMS et VAST, RFE, MAX et INT du MEIA ; prédire les valeurs du rendement fourrager pour des nouvelles valeurs des variables explicatives.

Le programme informatique VAST et le logiciel Agrometshell (AMS) ont été utilisés pour générer les variables explicatives. La variable expliquée (dépendante) est le rendement fourrager mesurer sur les sites de contrôle au sol par le MEIA. Les analyses statistiques ont été réalisées avec le logiciel de traitement statistique SAS JMP. Les étapes du traitement statistique sont subdivisées en six points : i) Le nettoyage des données ; ii) la sélection des variables explicatives ; iii) la sélection des modèles ; iv) la validation croisée ; v) l'analyse des résidus et vi) les estimations avec le modèle choisi. Ces différentes étapes sont détaillées comme suit :

### **Étape 1 : Nettoyage des données**

La vérification des données a été réalisée par l'examen des variances des variables indépendantes en vue de faire un premier choix de celles qui sont les plus fiables. Cette opération a permis d'éliminer toutes les variables explicatives ayant une variance nulle. Ce type de variable représente une constante et n'apporte pas d'information utile dans un modèle de régression.

### **Étape 2 : Sélection des variables explicatives**

Il existe plusieurs types de procédure de sélection des variables telle que la méthode pas-à-pas ascendante ou descendante. Les procédures de type pas à pas s'initialisent avec plusieurs variables explicatives. Les différentes variables sont éliminées ou sélectionnées selon des critères de variance. La méthode descendante a été privilégiée tout en permettant la possibilité de tester la méthode mixte. Cette approche permet de prendre en compte toutes les

variables possibles sans en négliger certaines. Un panel de 34 variables a été utilisé. La procédure de sélection de type pas-à-pas disponible a été réalisée avec le logiciel SAS/JMP pour sélectionner les variables a été utilisée.

### **Étape 3: Sélection des modèles**

Le choix du meilleur modèle s'est appuyé sur le  $R^2$  ajusté le plus élevé, le RMSE minimum et un nombre faible de variables explicatives (pas plus de 4 variables). La méthode de recherche exhaustive est très efficace pour la sélection des modèles surtout en présence d'un nombre limité de variables explicatives. En considérant  $k$  variables explicatives, le nombre de modèles possibles est de  $2^k$ . L'étape 2 (sélection des variables) a permis de sélectionner un nombre limité de variables explicatives. La démarche retenue réalisée avec SAS/JMP consiste à réaliser les  $2^k$  combinaisons possibles et les classer par ordre décroissant selon le  $R^2$  ajusté et selon le nombre de variables explicatives. Cette démarche permet de sélectionner le meilleur modèle pour chaque nombre de variables explicatives du modèle.

### **Étape 4: Validation croisée**

Dans le cadre de cette étude, la technique du LOOCV a été utilisée pour la détermination du modèle ayant la meilleure RMSE (minimisée) avec un nombre de variables inférieur ou égal à 4. Le LOOCV est une technique qui est utilisée quand la taille de l'échantillon utilisée est faible et ne permet pas de créer un groupe de données distinct pour la calibration et pour la validation de taille suffisante. Il permet de choisir le modèle optimal en testant la précision prédictive et/ou l'erreur de généralisation. La démarche consiste à subdiviser l'échantillon de  $n$  observations en  $k$  sous-ensembles égaux, faire la calibration avec  $k-1$  sous-ensembles et valider avec le  $k^{\text{ième}}$  sous-ensemble, répéter la même opération pour tous les  $k$  sous ensemble (Emmert-Streib, 2009). Le LOOCV est un cas particulier de la technique  $k$ -fold où  $k=n$ , c'est une technique très puissante permettant de choisir le modèle le plus intéressant (Stanton, 2023).

### **Étape 5 : Analyse de résidus**

Dans l'approche de régression, un modèle n'est considéré bon que si les résidus obéissent aux hypothèses de normalité qui peut être examinée à travers la droite de Henri ; l'égalité des variances des erreurs (homoscédasticité) qui signifie que toutes les distributions de  $Y$  doivent avoir le même écart-type : la variance résiduelle est alors constante sur le domaine étudié ; enfin, quand il n'y a pas de multi colinéarité (Johnson et Bhattacharyya, 2019). Dans cette étude, les hypothèses sur les résidus ont été vérifiées avec le logiciel SAS/JMP. Il s'agit là de vérifier que les résidus suivent une loi normale. En pratique, les résidus sont représentés

graphiquement par rapport à la variable réponse prévue pour s'assurer que le graphique ne présente aucune structure particulière. Enfin le test de Watson-Durbin, qui est très approprié pour analyser l'autocorrélation surtout quand il y a une constante dans la régression (Weiers, 2011), est appliqué.

### Étape 6 : Préviation

Le modèle retenu à la fin du processus peut être utilisé pour prédire de nouvelles valeurs réponses à l'aide des nouvelles valeurs de variables explicatives. La relation mathématique entre les variables explicatives (métriques issues de AMS et VAST) et la variable expliquée ou dépendante (masse fourragère herbacée) est utilisée pour estimer le rendement fourrager sous forme de produits cartographiques.

La méthode de la régression linéaire multiple adoptée dans la présente étude est décrite par le diagramme de la Figure 3.

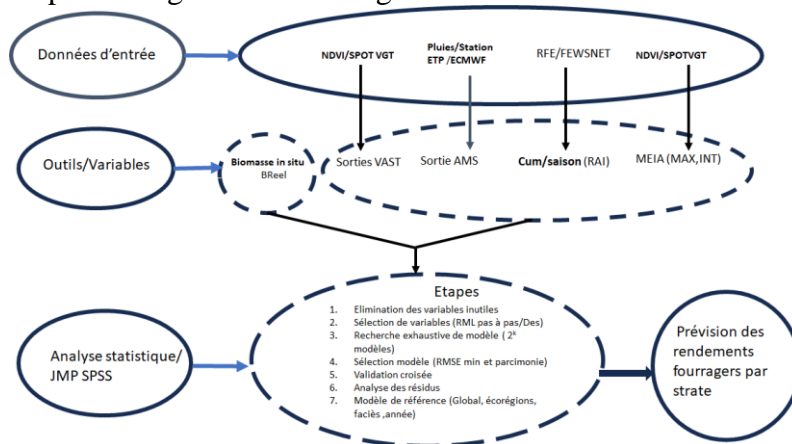


Figure 3. Schéma général de la méthode de régression linéaire multiple conduisant à la prévision des rendements fourragers

## 3. Résultats

### 3.1 Ajustement de la productivité fourragère sur l'ensemble de la zone étudiée

Il ressort de la mise en œuvre de la procédure de sélection de variables du type pas-à-pas descendante que les variables retenues sont les suivantes : MAX, DRO, EVA, HOR, PEA, PVA, SLO. La méthode de recherche exhaustive a été appliquée à ces 7 variables indépendantes pour établir tous les modèles possibles. Les modèles au nombre de 128 sont automatiquement classés par ordre décroissant des RMSE et selon le nombre de variables. Les résultats (Tableau 1) donnent les quatre meilleurs premiers modèles. Ils sont listés suivant le nombre de variables explicatives selon le critère du RMSE minimum.



**Tableau 1.** Quatre meilleurs modèles globaux en fonction du nombre de variables

N°	Modèles	R <sup>2</sup> cal	R <sup>2</sup> aj	R <sup>2</sup> val	RMSE cal. kg MS.ha <sup>-1</sup>	RMSE val. kg MS.ha <sup>-1</sup>	Dif RMSE
1	Y= -603,13+4590,81MAX	0,57	0,57	0,57	354,47	353,42	1,05
2	Y= -1193,01 + 2822,30MAX + 15,51DRO	0,62	0,62	0,61	308,44	310,65	2,21
3	Y=-388,01+3133,09 MAX -15,41DRO +17,62VER	0,66	0,66	0,65	294,16	297,26	3,10
4	Y= -2190,82+3344,13MAX - 20,46DRO +20,78VER+ 74,06PEA	0,69	0,68	0,67	285,22	288,94	3,72

\* cal : calculé ; aj : ajusté ; Dif : différence ; val : validation

### 3.2 Ajustement de la productivité fourragère suivant les écorégions

Le calcul de la répartition spatiale du nombre de sites suivant les écorégions montre que seuls Azaouak, le Magal et le Manga 2 ont suffisamment d'observations pour permettre de réaliser des ajustements de la productivité fourragère herbacée en fonction des variables explicatives. Le Tableau 2 montre les meilleurs modèles réalisés avec les observations valides enregistrées de 2001 à 2012 par écorégion.

**Tableau 2.** Récapitulatif des meilleurs modèles réalisés avec les observations valides enregistrées de 2001 à 2012 par écorégion

Écorégion	Modèle	R <sup>2</sup> cal	R <sup>2</sup> aj	R <sup>2</sup> val	RMSE cal kg MS.ha <sup>-1</sup>	RMSE val kg MS.ha <sup>-1</sup>	Dif RMSE kg MS.ha <sup>-1</sup>	DW
Azaouak	Y = -2800,78 + 2979,32MAX - 23,84 DRO + 98,49 PEA +27,14 VER	0,77	0,76	0,75	250,5	255,25	5,21	1,59
Managa1	3523,16 MAX -357,65	0,54	0,53	0,50	188	192	16	1,77
Managa2	13,66IndxNor + 22,70VER + 1,76RAI-1286,37	0,72	0,70	0,66	240	254	14	1,37

Cal : calculé ; aj : ajusté ; Dif : différence ; val : validation ; DW : Indice de Durbin-Watson ; IndxNor : indice de satisfaction de besoin en eau normal

### 3.3 Ajustement de la productivité fourragère suivant les types de sol FAO

L'analyse de la répartition spatiale du nombre d'observations valides sur les 12 ans de mesures, suivant les types de sol FAO (1975) indique que seuls Ge5-1a (Gleysols eutriques et Arénosols luviqes , grossier, plat à doucement ondulé), Qc1 (Arénosols cambiques), Qc7-1a(Arénosols cambiques et Gleysols eutriques, grossier, plat à doucement ondulé), Q11-1a (Arénosols luviqes, grossier, plat à doucement ondulé ) et Re35-a (Régosols



eutriques et Arénosols luviques, plat à doucement ondulé) ont assez d'observations pour permettre de réaliser des ajustements de la productivité fourragère herbacée en fonction des variables explicatives. La mise en œuvre de la procédure de sélection de variables du type pas-à-pas descendante au niveau de ces types de sol a permis de retenir des modèles comprenant de 1 à 3 variables explicatives ; les  $R^2$  des modèles varient de 0,75 à 0,86, ; les variables explicatives diffèrent d'un type de sol à l'autre. Cependant, la variable MAX a été pertinente au niveau de 4 types de sol. Les meilleurs modèles sont consignés dans le Tableau 3.

**Tableau 3.** Récapitulatif des meilleurs modèles réalisés avec les observations valides enregistrées de 2001 à 2012 par type de sol FAO

Type de sol	Modèle	R <sup>2</sup> cal	R <sup>2</sup> aj	R <sup>2</sup> val	RMSE cal	RMSE Val	Dif RMSE	DW
Ge5-1a	-936,85+ 22,79 EVA	0,85	0,84	0,79	148	161	13	1,82
Qc1	- 758,60 +19,73 VER +2029,28 MAX	0,86	0,85	0,81	190	205	15	2,35
Qc7-1a	-670,44 -10,07 ETAF+ 1,24 RAI +4197,70 MAX	0,75	0,73	0,70	201	209	8	1,83
Q11-1a	24EVA+101,17PEA+2374,77MAX-4096	0,76	0,76	0,73	207	214	7	1,38
Re35-a	-567 +12,94 VER +2940,82 MAX	0,77	0,76	0,74	152	157	4	1,72

\*Cal : calculé ; aj : ajusté ; Dif : différence ; val : validation ; B = Cambisols ; G= Gkeysols ; J = Fluvisols ; Q =arenosols ; R =Regosols ; V= vertisols; Y = Yermosols ; L =Luvic ; DW : Indice de Durbin-Watson

### 3.4 Ajustement de la productivité fourragère par faciès

L'analyse de la répartition spatiale du nombre d'observations valides sur les 12 ans de mesures, suivant les faciès indique que : le MA2\_Qc7-1a Nord sahélienne ; le MA2\_Qc1 nord-sahélienne ; le MA1\_Q11-1a nord-sahélienne, Le MA1\_Qc7-1a nord-sahélienne, Le AZ\_Re35-a saharienne ; le AZ\_Re35-a nord-sahélienne ; le AZ Q11-1a nord-sahélien et le AZ Ge5-1a nord-sahélien ont assez d'observations pour permettre de réaliser une régression linéaire multiple du rendement fourrager (mesures du terrain) en fonction des variables explicatives (métriques dérivées de VAST et AMS). La mise en œuvre de la procédure de sélection de variables du type pas-à-pas descendante a permis d'obtenir des modèles comprenant 3 à 4 variables explicatives. Les  $R^2$  des modèles varient de 0,72 à 0,93 ; les variables explicatives diffèrent d'un faciès à l'autre aussi (Tableau 4).

**Tableau 4.** Récapitulatif des modèles par faciès

N°	Faciès	Modèles	R <sup>2</sup> cal	R <sup>2</sup> aj cal	R <sup>2</sup> val	RMSE cal kg. MS.ha <sup>-1</sup>	RMSE val kg. MS.ha <sup>-1</sup>	D-W
1	MA2_Qc7-1a Nord_sahélienne	2913+1,02 INDXLAT +11,26WDEFF - 22,25 ETAF -185,03 HOR	0,93	0,92	0,86	100	122	2,13
2	MA2_Qc1 nord-sahélienne	-2970,78-25,66 INDXHAR +43,93 INDEXNOR +37,48 ETAI +36,45 EVA	0,82	0,77	0,65	231	282	2
3	MA1_QI1-1a nord-sahélienne	-4564,35+3580,39 MAX -10,06 DRO + 165,52 PEA + 2,12 RAI	0,86	0,81	0,74	126	141	2,23
4	MA1_Qc7-1a nord-sahélienne	5260,48 — 62,87 DRO +25,37 PVA +49,87 SLO + 176,36 SDA	0,78	0,7	0,42	168	224	2.33
5	AZ_Re35-a saharienne	-3433,08 3154,10 MAX +6,15 TWR - 25,90 DRO + 26, 73 VER	0,86	0,82	0,74	121	139	2.26
6	AZ_Re35-a nord-sahélienne	-2304,57 -28,79 DRO +65,18 VER 82,91SDA	0,80	0,77	0,72	233	253	1,83
7	AZ QI1-1a nord-sahélien	-3218,28 -22, 13 DRO +119,34 PEA +39,06 VER	0,78	0,77	0,75	269	278	2,16
8	AZ Ge5-1a nord-sahélien	-269,31 + 3005,07 MAX - 13, 45 INDEXNOR + 2,39 WDEFER +15,83 EVA	0,77	0,72	0,64	279	311	2,15

**Cal : calculé ; aj : ajusté ; Dif : différence ; val : validation ; B = Cambisols ; G= Gkeysols ; J = Fluvisols ; Q =arenosols ; R =Regosols ; V= vertisols; Y = Yermosols ; L =Luvic ; DW : Indice de Durbin-Watson**

#### 4. Discussion

L'examen des modèles annuels obtenus par la régression linéaire multiple montre que les variables peuvent provenir de VAST, AMS ou de la méthode de MEIA ou des trois à la fois. Sur le plan statistique, le modèle global à quatre variables peut être considéré comme le plus performant. En effet, ce modèle est caractérisé par un  $R^2$  ajusté de 0,68 ; un  $R^2$  de validation de 0,67 et une différence de RMSE de 3,72 kg MS.ha<sup>-1</sup> (RMSE calculé et RMSE validation). La qualité de ce modèle est mise en évidence par le diagnostic des résidus (répartition régulière et distribution normale des résidus). Les variables pertinentes du modèle global : MAX (maximum de la végétation tel qu'il est calculé par le MEIA), DRO (petite l'amplitude), PEA (décade du pic de végétation), VER (grande amplitude), sont toutes des métriques dérivées du NDVI ; elles sont liées directement au cycle de la végétation. Il est important de relever que dans le modèle global à une variable, le MAX tel que calculé par MEIA permet d'expliquer déjà 57% du rendement fourrager, donc les trois autres variables (DRO, VER et PEA) n'apportent en réalité que 10%, mais permettent de réduire l'erreur de 40 kg MS.ha<sup>-1</sup>.

La variable du modèle global N°1 du Tableau 1 est disponible dès que la végétation atteint sa croissance maximale, ce qui signifie que les premiers résultats du modèle global peuvent être obtenus dès la troisième décade du mois d'août ou la première décade du mois de septembre. Après quatre décades, une mise à jour de ces résultats peut être réalisée en utilisant les modèles N°2, 3 et 4 du Tableau 1. La disponibilité de l'information sur la production fourragère avant la fin du cycle de la végétation permettra aux décideurs de gagner un peu de temps pour anticiper les crises.

La régression linéaire multiple réalisée suivant les types de sols de la FAO a permis d'obtenir des modèles caractérisés par des paramètres plus intéressants que ceux issus de l'analyse à l'échelle globale (les  $R^2$  varient de 0,75 à 0,86 ; les RMSE de 148 à 207 kg MS.ha<sup>-1</sup>). La performance des modèles par type de sol est attestée par les  $R^2$  de la validation qui varient dans l'intervalle de 0,71 à 0,81. À l'échelle des faciès, les résultats sont intéressants, car ils indiquent qu'à une échelle plus homogène, il y a une amélioration des  $R^2$  ajustés de 0,70 à 0,90.

Aussi, ces résultats renseignent qu'un  $R^2$  élevé ne signifie pas forcément que le modèle est performant. En effet, les faciès ont donné des modèles stables avec des  $R^2$  de validation variant de 0,64 et 0,86, à l'exception du faciès constitué par les arénosols cambiques et Gleysols eutriques, grossier, plat à doucement ondulé de l'écorégion Manga 1 (MA1\_Qc7-1a) nord sahélienne qui a donné un  $R^2$  de validation de 0,46. Malgré, les bons  $R^2$ , il est important de souligner que les résultats des modèles ne peuvent être obtenus, au plus tôt qu'à 4 décades après la date du maximum de végétation (modèles

N° 4, 6 et 7 du Tableau 4), pour les autres modèles, il faut attendre carrément la fin du cycle de la végétation. Par ailleurs, Il est observé, une variation des variables explicatives selon les faciès, ce qui peut être considéré comme source d'instabilité des modèles.

En plus, une variation des variables explicatives d'une année à l'autre peut être considérée comme une instabilité du modèle. Une analyse des variables explicatives suivant le profil de la campagne peut permettre d'expliquer d'avantage le comportement des modèles. Selon le Ministère de l'Elevage et des industries Animale du Niger, les années 2004, 2008, 2009 et 2011 ont été déficitaires.

Pour le modèle global à quatre variables (MAX, DRO, PEA, VER), le  $R^2$  est de 0,69 ( $R^2$  ajusté=0,68) et le RMSE est égal à 285,22 kg MS.ha<sup>-1</sup> (RMSE validation de 288,94 kg MS.ha<sup>-1</sup>), contre les valeurs ( $R^2 = 0,69$  et RMSE = 483 kg MS.ha<sup>-1</sup>) trouvés au Sénégal avec un modèle similaire (Diouf et al., 2016). La comparaison de ces résultats montre un avantage du modèle réalisé avec les données du Niger par rapport à celui du Sénégal, car le RMSE trouvé au Sénégal est supérieur à celui du Niger d'environ 200 kg, même si pour faire une comparaison plus objective, il faut les RMSE relatifs. Cependant, si cette erreur est rapportée à la superficie totale de la zone pastorale qui est de 350 000 km<sup>2</sup>, une erreur moyenne annuelle d'environ plus ou moins 10 000 000 tonnes est observée, soit environ la consommation d'environ 2 millions d'UBT/9 mois (saison sèche). Peut-on raisonnablement fonder la planification des interventions d'un pays avec ce niveau d'erreur ? Si non, il est alors nécessaire de continuer d'explorer d'autres pistes d'amélioration du modèle actuel.

Les modèles réalisés par faciès et par écorégion donnent des meilleurs résultats, ce qui permet de dire que la stratification est une bonne solution pour améliorer la performance de cette méthode d'estimation des rendements fourragers. Ces résultats montrent certes une amélioration par rapport au modèle de régression linéaire simple, mais ils montrent aussi qu'il faut continuer les recherches en explorant d'autres indices tel que le FAPAR dont les fortes corrélations avec la biomasse réelle ont été montrées à travers des études récentes (Meroni et al., 2014 ; Diouf, 2015). La régression linéaire multiple a permis de réaliser des modèles liant des variables agrométéorologiques dérivées d'AMS et de variables biophysiques dérivées de VAST. La disponibilité d'une série de mesures au sol et d'images NDVI permet de tester la régression linéaire multiple qui a fait ses preuves ailleurs. En effet, cette méthode de régression multiple a montré des performances satisfaisantes pour l'estimation de rendements agricoles (Belmahi et al., 2023 ; Shammi et Meng, 2023 ; Balaghi et al., 2008 ; Kouadio et al., 2014).

Les résultats très intéressants obtenus avec les métriques dérivées de AGROMETSHELL et VAST confirment les conclusions des travaux de Diouf

(2014, 2015) qui utilisent d'une part, les mesures de biomasse *in situ* et les paramètres phénologiques dérivés de la série de FAPAR provenant de SPOT VEGETATION ; d'autre part, les mêmes métriques associées à d'autres paramètres agrométéorologiques dérivés de GeoWRSI. Une amélioration importante a été trouvée par rapport à la régression linéaire simple, aussi bien au Sénégal qu'au Niger.

## **Conclusion**

À l'échelle nationale, les résultats de cette étude ont produit un modèle satisfaisant, démontrant une forte adéquation entre les données observées et le modèle. De plus, les paramètres se révèlent hautement significatifs ( $P < 0,0001$ ), renforçant la robustesse de l'analyse.

Ces résultats satisfaisants soulignent une nette amélioration par rapport au modèle de régression simple. Ils mettent en évidence l'impact positif de la stratification sur la modélisation de la production de biomasse fourragère au Niger. En effet, le modèle est plus performant au niveau des unités spatiales homogènes telles que les faciès, les types de sols et les écorégions que par rapport à l'échelle nationale.

Plus spécifiquement, les modèles créés avec à la Régression Linéaire Multiple, en fonction des types de sols FAO, révèlent des paramètres très encourageants.

En ce qui concerne les écorégions, les résultats sont variés. Quant à l'analyse par faciès le modèle se révèle particulièrement prometteur. Cette diversité témoigne de l'importance de la cohérence des strates pour obtenir des modèles de haute qualité.

Il est crucial de souligner que la qualité des paramètres des modèles est directement liée au degré d'homogénéité des strates analysées. Il est également primordial de mettre en lumière l'importance de procéder à une analyse approfondie, incluant la validation croisée et l'examen des résidus, avant de tirer des conclusions définitives sur la qualité du modèle.

En somme, cette recherche ouvre de nouvelles perspectives pour améliorer l'estimation des rendements fourragers et contribue à une meilleure compréhension de la productivité fourragère, ce qui est essentiel pour une planification plus efficace des interventions dans le secteur de l'élevage pastoral.

**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. Abdourahmane, Z. S., Garba, I., Boukary, A. G., & Mirzabaev, A. (2022). Spatiotemporal characterization of agricultural drought in the Sahel region using a composite drought index. *Journal of Arid Environments*, 204, 104789.
2. Allen, R. G., Pereira, L. S., Raes, D., & Smith, M. (1998). *Crop evapotranspiration-Guidelines for computing crop water requirements-FAO Irrigation and drainage paper 56*. Fao, Rome, 300(9), D05109.
3. Balaghi, R., Tychon, B., Eerens, H., & Jlibene, M. (2008). Empirical regression models using NDVI, rainfall and temperature data for the early prediction of wheat grain yields in Morocco. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 10(4), 438-452.
4. Belmahi, M., Hanchane, M., Krakauer, N. Y., Kessabi, R., Bouayad, H., Mahjoub, A., & Zouhri, D. (2023). Analysis of Relationship between Grain Yield and NDVI from MODIS in the Fez-Meknes Region, Morocco. *Remote Sensing*, 15(11), 2707.
5. Bégué, A., Vintrou, E., Ruelland, D., Claden, M., & Dessay, N. (2011). Can a 25-year trend in Soudano-Sahelian vegetation dynamics be interpreted in terms of land use change? A remote sensing approach. *Global environmental change*, 21(2), 413-420.
6. Chabeuf, N. (1987). *Atlas de l'élevage et des potentialités pastorales sahéliennes*. CTA-IEMVT. Synthèse cartographique.
7. Diallo, O., Diouf, A., Hanan, N. P., Ndiaye, A., & Prevost, Y. (1991). AVHRR monitoring of savanna primary production in Senegal, West Africa: 1987-1988. *International journal of remote sensing*, 12(6), 1259-1279.
8. Diouf, A. A., Brandt, M., Verger, A., El Jarroudi, M., Djaby, B., Fensholt, R., ... & Tychon, B. (2015). Fodder biomass monitoring in Sahelian rangelands using phenological metrics from FAPAR time series. *Remote Sensing*, 7(7), 9122-9148.
9. Diouf, A. A., Djaby, B., Diop, M. B., Wele, A., Ndione, J. A., & Tychon, B. (2014). Fonctions d'ajustement pour l'estimation de la production fourragère herbacée des parcours naturels du Sénégal à partir du ndvi s10 de spot-vegetation. In XXVIIe Colloque de l'Association Internationale de Climatologie.
10. Diouf, A. A., Hiernaux, P., Brandt, M., Faye, G., Djaby, B., Diop, M. B., ... & Tychon, B. (2016). Do agrometeorological data improve

- optical satellite-based estimations of the herbaceous yield in Sahelian semi-arid ecosystems?. *Remote Sensing*, 8(8), 668.
11. DNEP. (2013). Déclaration de N'djamena pour l'Elevage Pastoral: une contribution durable au développement et à la sécurité des espaces saharo-sahéliens. Colloque régional conférence ministérielle, Ndjamen, Tchad.
  12. DNP. (2013). Déclaration de Nouakchott pour le Pastoralisme: Mobilisons ensemble un effort ambitieux pour un pastoralisme sans frontière. conférence des chefs d'Etats et de gouvernements, Nouakchott, Mauritanie.
  13. Efron, B. (1992). Bootstrap methods: another look at the jackknife. In *Breakthroughs in statistics: Methodology and distribution* (pp. 569-593). New York, NY: Springer New York.
  14. Emmert-Streib, F. (2009). *Information theory and statistical learning*. M. Dehmer (Ed.). Springer US.
  15. Garba, I., Djaby, B., Salifou, I., Boureima, A., Touré, I., & Tychon, B. (2015). évaluation des Ressources pastorales au sahel nigérien à l'aide des données NDVI issues de SPOT-Vegetation et MODIS. *Photo interprétation European Journal of Applied Remote Sensing*, 1(1), 13-26.
  16. Hiernaux, P., & Le Houérou, H. N. (2006). Les parcours du Sahel. *Science et changements planétaires/Sécheresse*, 17(1), 51-71..
  17. Hiernaux, P., H., & Justice C., O. (1986). Suivi du développement végétal au cours de l'été 1984 dans le sahel malien. *International Journal of Remote Sensing*, 7:11, 1515-1531, doi: 10.1080/01431168608948951.
  18. Huete, A., Didan, K., Miura, T., Rodriguez, E. P., Gao, X., & Ferreira, L. G. (2002). Overview of the radiometric and biophysical performance of the MODIS vegetation indices. *Remote sensing of environment*, 83(1-2), 195-213.
  19. Institut Nationale de la Statistique du Niger, INS. (2021). *Tableau de bord social 2020*.
  20. Institut Nationale de la Statistique du Niger, INS. (2021). *Statistiques du commerce extérieur - Quatrième trimestre 2021. Edition de février 2022*.
  21. Johnson, R. A., & Bhattacharyya, G. K. (2019). *Statistics: principles and methods*. John Wiley & Sons.
  22. Kouadio, L., Newlands, N. K., Davidson, A., Zhang, Y., & Chipanshi, A. (2014). Assessing the performance of MODIS NDVI and EVI for seasonal crop yield forecasting at the ecodistrict scale. *Remote Sensing*, 6(10), 10193-10214.



23. Lanly, J. P. (1981). Manuel d'inventaire forestier. Etude FAO Forêts, Rome, Italie.
24. Lobell, D. B., & Asner, G. P. (2004). Cropland distributions from temporal unmixing of MODIS data. *Remote Sensing of Environment*, 93(3), 412-422.
25. Lona, I. (2014). Risques climatiques et pratiques culturelles du mil et du sorgho au Niger (Doctoral dissertation, Thèse de Doctorat de l'université Abdou Moumouni de Niamey, Géographie, 208p).
26. Ministère de l'agriculture et de l'élevage, MAG-EL. (2019). Rapport annuel 2019 : Les statistiques du secteur de l'élevage. Niamey, Niger.
27. Maselli, F., Chiesi, M., Barbatì, A., & Corona, P. (2010). Assessment of forest net primary production through the elaboration of multisource ground and remote sensing data. *Journal of Environmental Monitoring*, 12(5), 1082-1091.
28. Maselli, F., Conese, C., Petkov, L., & Gilabert, M. A. (1993). Environmental monitoring and crop forecasting in the Sahel through the use of NOAA NDVI data. A case study: Niger 1986–89. *International Journal of Remote Sensing*, 14(18), 3471-3487.
29. Meroni, M., Rembold, F., Verstraete, M. M., Gommès, R., Schucknecht, A., & Beye, G. (2014). Investigating the relationship between the inter-annual variability of satellite-derived vegetation phenology and a proxy of biomass production in the Sahel. *Remote Sensing*, 6(6), 5868-5884.
30. Mintzer, I. M. (Ed.). (1992). *Confronting climate change: risks, implications and responses*. Cambridge University Press.
31. OMD1. (2011). Cadre d'accélération des OMD : Réduire l'extrême pauvreté et la faim Sécurité alimentaire et nutritionnelle au Niger. Niamey, NIGER.
32. Redelsperger, J. L., Diedhiou, A., Flamant, C., Janicot, S., Lafore, J. P., Lebel, T., & van den Akker, E. (2006). AMMA, une étude multidisciplinaire de la mousson ouest-africaine. *La météorologie*, 54, 22-32.
33. Rouse, J. W., Haas, R. H., Schell, J. A., & Deering, D. W. (1974). Monitoring vegetation systems in the Great Plains with ERTS. *NASA Spec. Publ.*, 351(1), 309.
34. Santin-Janin, H., Garel, M., Chapuis, J. L., & Pontier, D. (2009). Assessing the performance of NDVI as a proxy for plant biomass using non-linear models: a case study on the Kerguelen archipelago. *Polar Biology*, 32, 861-871.
35. Shammi, S. A., et Meng, Q. (2023). Modeling crop yield using NDVI-derived VGM metrics across different climatic regions in the USA. *International Journal of Biometeorology*, 67(6), 1051-1062.



36. Stanton, C. Y. (2023). Overcoming Data Limitation Challenges in Predicting Tropical Storm Surge with Interpretable Machine Learning Methods (Doctoral dissertation, Texas A&M University-Corpus Christi).
37. Touré, I., Ickowicz, A., Wane, A., Garba, I., Gerber, P., Atte, I., ... & Yahaya, S. (2012). Atlas des évolutions des systèmes pastoraux au Sahel: 1970-2012.
38. UA, Union africaine (2013). Cadre stratégique pour le pastoralisme en Afrique: Sécuriser, Protéger et améliorer les vies, les moyens de subsistance et les droits des communautés pastorales, Addis Abeba ,Ethiopie.
39. Unesco. (1981). Écosystèmes pâtures tropicaux: un rapport sur l'état des connaissances préparé par l'Unesco, le PNUE et la FAO. na..
40. Weiers, R. M. (2011). Introduction to business statistics. South-Western.
41. Wylie, B. K., Harrington Jr. J. A., Prince S. D., & Denda I. (1991) Satellite and Ground-Based Pasture Production Assessment in Niger: 1986-1988, International Journal of Remote Sensing, 12:6, 1281-1300, Doi: 10.1080/01431169108929726.
42. Zakaria, R. (2010). Revue du secteur de l'élevage au Niger. Ministère de l'Élevage et des Industries Animales (MEIA), Niamey, NIGER.

## La Résilience des Exploitations d'Éleveurs dans un Contexte de Changement Climatique dans la Région de Thiès

**Dr. Mamadou Moustapha Mbaye**

Enseignant/Chercheur à l'ENSA de l'Université Iba Der Thiam de Thiès ;  
Ingénieur agronome ; Docteur en sciences agronomiques et en sociologie et  
méthodes de recherche, Senegal

**Mr. Gorgui Ka**

MBA en Management et gestion des projets ; parajuriste environnemental

**Pr. Mamadou Mbaye**

Professeur à l'UFR SES de l'Université Iba Der Thiam de Thiès, Senegal

[Doi:10.19044/esj.2023.v19n33p76](https://doi.org/10.19044/esj.2023.v19n33p76)

Submitted: 12 October 2023  
Accepted: 15 November 2023  
Published: 30 November 2023

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

*Cite As:*

Mbaye M.M., Ka G. & Mbaye M. (2023). *La Résilience des Exploitations d'Éleveurs dans un Contexte de Changement Climatique dans la Région de Thiès*. European Scientific Journal, ESJ, 19 (33), 76. <https://doi.org/10.19044/esj.2023.v19n33p76>

### Résumé

Les impacts du changement climatique sur ce secteur de l'élevage entraînent des conséquences négatives importantes sur les populations plus particulièrement celle du monde rural qui représente 51,2 % (RGPHAE, 2013) de la population de la région de Thiès au Sénégal. C'est ainsi que nous avons jugé pertinent de mener une étude sur la résilience économique et sociale du secteur de l'élevage dans un contexte de changement climatique dans la région de Thiès. La méthodologie utilisée combine une revue de la littérature, l'observation et des entretiens de terrain avec des exploitations d'éleveurs et des personnes ressources à l'aide, respectivement, d'un questionnaire et d'un guide d'entretien. Les résultats de cette étude ont montré que les éleveurs de la région ont un certain degré de capacité d'adaptation en termes de facteurs socioéconomiques de base (par ex. le revenu, l'accès aux ressources et aux services et l'alphabétisation), l'expérience antérieure ou présente de la communauté en matière de gestion du stress climatique, la faisabilité des stratégies d'adaptation passées face aux tendances actuelles (climatique et autres), la disponibilité et la prise de conscience des stratégies d'adaptation alternatives. Cependant, il convient de retenir qu'au fur et à mesure que la

température augmente, les besoins du bétail en eau connaissent des hausses et la disparition du pâturage du fait des conséquences directes du changement climatique. Ainsi, une baisse de la productivité de l'élevage est envisageable, cela entraînera des répercussions sur la sécurité alimentaire et nutritionnelle de la population et à la création de richesses.

---

**Mots-clés:** Changement climatique, résilience, élevage, exploitation familiale, sécurité alimentaire

---

## **The Resilience of Livestock Farms in a Context of Climate Change in the Thiès Region**

*Dr. Mamadou Moustapha Mbaye*

Enseignant/Chercheur à l'ENSA de l'Université Iba Der Thiam de Thiès ;  
Ingénieur agronome ; Docteur en sciences agronomiques et en sociologie et  
méthodes de recherche, Senegal

*Mr. Gorgui Ka*

MBA en Management et gestion des projets ; parajuriste environnemental

*Pr. Mamadou Mbaye*

Professeur à l'UFR SES de l'Université Iba Der Thiam de Thiès, Senegal

---

### **Abstract**

The impacts of climate change on the livestock sector have significant negative consequences for the population, particularly in rural areas, which account for 51.2% (RGPHAE, 2013) of the population of the Thiès region in Senegal. We therefore deemed it relevant to conduct a study on the economic and social resilience of the livestock sector in a context of climate change in the Thiès region. The methodology used combines a literature review, observation and field interviews with livestock farms and resource persons using, respectively, a questionnaire and an interview guide. The results of this study showed that herders in the region have a certain degree of adaptive capacity in terms of basic socio-economic factors (e.g. income, access to resources and services and literacy), the community's previous or current experience of managing climate stress, the feasibility of past adaptation strategies in the face of current trends (climatic and otherwise), and the availability and awareness of alternative adaptation strategies. However, it should be noted that as temperatures rise, livestock water requirements increase and grazing disappears as a direct consequence of climate change. As a result, a drop in livestock productivity is likely.

---

**Keywords:** Climate change, resilience, livestock breeding, family farming, food security

## **I. Introduction**

Le changement climatique constitue aujourd'hui un phénomène global avec de graves répercussions pour de nombreux pays (PNUD, 2018). Les pays de l'Afrique au sud du Sahara, en particulier ceux qui sont localisés dans les zones arides et semi-arides (ZASA) figurent parmi les plus vulnérables aux effets de ce réchauffement (IED AFRIQUE, 2015). A l'instar des pays du Sahel, le Sénégal est vulnérable aux impacts du changement climatique, de son économie primaire fortement tributaire des conditions climatiques mais aussi de la pauvreté de sa population. Les sécheresses répétées au cours des dernières décennies se sont traduites, entre autres, par une réduction considérable du couvert végétal, des pâturages et de la production fourragère, avec des risques alimentaires importants pour les populations du monde rural et des impacts négatifs sur tous les secteurs économiques et sociaux comme le sous-secteur de l'élevage. Ainsi, compte tenu de la place de l'élevage dans l'économie nationale, il devient impératif d'adopter des stratégies de résilience socio-économique du sous-secteur dans un contexte de changement climatique plus particulièrement dans la région de Thiès. D'où l'intérêt de ce travail qui tente d'étudier le thème cité en sus.

## **Problématique**

Au Sénégal, le sous-secteur de l'élevage occupe une place importante, du fait de sa contribution à la sécurité alimentaire et nutritionnelle des ménages et à la création de richesses. Il contribue en moyenne à hauteur de 28,5% de la valeur ajoutée du secteur primaire et 4,3% du PIB (ANSD, 2014). L'élevage est pratiqué par 29,5% des ménages sénégalais, soit 476 668 ménages et 47% des ménages ruraux, auxquels il offre de grandes opportunités en termes de revenus, d'emplois et de renforcement de la résilience face aux différents chocs et crises (RGPHAE, 2013). Les séries de sécheresses successives des années 70 et autres épisodes climatiques extrêmes sur l'élevage dans les zones pastorales et agropastorales ont entraîné des conséquences néfastes sur le mode de vie des pasteurs et agropasteurs. Le changement climatique se traduit par des déficits pluviométriques, une variabilité spatio-temporelle et intra-annuelle de la pluviométrie, une hausse des températures (forte chaleur), des vents chauds et secs, des inondations et l'ensablement des mares. Tous ces aléas influent ainsi fortement sur les systèmes de l'élevage de type pastoral dont l'alimentation du cheptel est essentiellement assurée par les pâturages naturels fournis par les forêts, les réserves sylvopastorales et les jachères. Ces effets négatifs pèsent sur toutes les filières du secteur de l'élevage et compromettent son développement entraînant une baisse des revenus mais

également une insécurité alimentaire et nutritionnelle des ménages pastoraux. Ainsi, pour surpasser les conséquences des effets du changement climatique qui pèsent sur le sous-secteur de l'élevage, les acteurs devront développer des stratégies d'adaptation afin d'assurer une viabilité de leurs activités. Dès lors, la question de recherche de cette étude est : quelles sont les stratégies de résilience socio-économique du secteur de l'élevage à mettre en œuvre dans un contexte de changement climatique ? De manière précise, il s'agira de s'interroger sur la résilience socio-économique du secteur de l'élevage dans un contexte marqué par le changement climatique, les menaces aux moyens d'existences des éleveurs, les techniques d'amélioration à adapter pour un élevage économiquement et socialement résilient, les capacités et stratégies d'adaptation des acteurs.

### **Objectifs de la recherche**

Objectif général : Etudier la résilience économique et sociale du sous-secteur de l'élevage dans un contexte marqué par le changement climatique dans la région de Thiès (Sénégal).

Objectifs Spécifiques :

- Analyser les effets du changement climatiques sur l'élevage dans la région de Thiés,
- Evaluer les capacités d'adaptation des éleveurs sur le plan économique et social,
- Proposer des techniques d'amélioration pour un élevage résilient sur le plan économique et social.

### **Plan**

L'étude sera structurée en trois grandes parties : La première partie présente la méthodologie utilisée, la deuxième des résultats et leur interprétation, avant de donner des recommandations et de conclure.

## **II. Cadre Methodologique**

La méthodologie utilisée est la combinaison d'une revue de la littérature, de l'observation et des entrevues avec les acteurs et des personnes. Dans cette partie, nous aurons à présenter la zone d'étude, la délimitation du champ de l'étude, les techniques d'investigation et l'échantillonnage.

### **Présentation de la zone d'étude, la région de Thiès**

Située à 70 km de Dakar, la région de Thiès est l'une des 14 régions administratives du Sénégal. Elle se situe à l'ouest du pays et s'étend sur une superficie de 6 601 km<sup>2</sup>, soit 3,4% du territoire national et est limitée au Nord par la région de Louga, au Sud par la région de Fatick, à l'Est par les régions

de Diourbel et Fatick et à l'Ouest par la région de Dakar et l'Océan Atlantique (ANSD, Août 2018).

Après Dakar, la région de Thiès se positionne comme la région du Sénégal ayant le potentiel économique le plus important. Elle tient cette position économique favorable, du dynamisme des secteurs de l'agriculture, de l'élevage, de la pêche, du tourisme, de l'artisanat, du commerce et des mines. Le secteur de l'élevage a un impact certain sur le développement régional (embouche, aviculture, installation de fermes laitières, utilisation des chevaux dans le cadre du transport urbain et rural, etc.). Néanmoins, il connaît encore quelques contraintes qu'il urge de solutionner pour permettre un meilleur développement de l'élevage dans la région. Etant la première région industrielle du pays, le secteur de l'élevage de la région de Thiès connaît des perturbations liées à l'accaparement des terres et à la déforestation. Ces actions qui participent à la dégradation de l'environnement ont d'énormes conséquences qui occasionnent un changement climatique. La conséquence est le ralentissement du développement socioéconomique des zones rurales et une baisse des revenus au niveau des exploitations agricoles familiales, qui entraîne une généralisation de la pauvreté et des fois même une insécurité alimentaire.

La végétation de la région de Thiès est constituée de savane arbustive dégradée parsemée de peuplements mono-spécifiques d'Acacia seyal, de Baobabs, d'un parc à Kad et de rôniers ; de la bande de filao dans les Niayes et les plantations du PARFOB dans la forêt classée de Bandia (*Eucalyptus* et *Prosopis juliflora*) ; et de treize (13) forêts classées d'une superficie de 94 473,6 ha soit un taux de classement de 14,3%.

La faune, quant à elle, peut être subdivisée en deux classes : la faune à poils constituée de petits ruminants et de rongeurs, et la faune aviaire représentée par des oiseaux migrateurs paléarctiques aux abords des points d'eau.

Sur le plan du climat, la région se situe dans une zone de transition soumise à l'influence des alizés maritimes et de l'harmattan. Elle présente un climat de type soudano sahélien (Sud, Sud-Est), plus sahélien au Nord et Nord-Est. La zone Ouest, quant à elle, présente un climat sub-canarien. Les précipitations moyennes annuelles de la région sont de l'ordre de 400 à 600 mm d'eau par an. Avec ses deux façades maritimes, une façade Nord, longue de 120 km environ (de Cayar à Diogo) et une façade Sud appelée Petite Côte longue de 75 km (de Ndayane à Joal). La région bénéficie d'un climat doux et favorable avec une température moyenne avoisinant les 32 °C. Les températures les plus basses sont enregistrées durant les mois de janvier et février alors que les températures les plus fortes sont notées durant les mois de mars à octobre (35 °C) (ANSD, Août 2018).

## **Délimitation du champ d'étude ou domaine d'investigation**

La présente étude s'est effectuée dans la région de Thiès suivant ses 4 zones agro-écologiques. La zone des Niayes (la grande côte) qui renferme d'importantes potentialités hydro agricoles qui en font une zone d'intenses activités maraîchères. Elle abrite également des activités d'industries extractives et chimiques, de pêche (Cayar, FassBoye) et d'élevage. La zone de la petite côte, son ouverture à la mer et ses températures clémentes lui ont conféré une vocation touristique. C'est aussi une importante zone de pêche avec des points de débarquement importants comme : Mbour, Joal, Ndayane. La zone arachidière qui occupe principalement la partie Est d'un tracé qui passe par les localités de Méckhé, Tivaouane, une partie de Thiès. Les sols sont dégradés par la pratique d'une longue monoculture arachidière. La zone forestière enserrée à l'intérieur d'un espace compris entre les localités de Thiès, Mont Rolland, Pout, Diass, Sindia, Fandéne et le Diobass. Elle est caractérisée par un relief accidenté; cette zone abrite les points les plus culminants de la région (massif de Diass et le plateau de Thiès...) et plusieurs forêts classées (Thiès, Pout, Bandia, Diass). La richesse du sous-sol a favorisé l'implantation de sociétés d'extraction minière.

## **Techniques d'investigation**

Nous avons procédé à une revue documentaire qui nous a permis d'avoir une idée générale sur le sujet. La collecte des données s'est faite à travers des entrevues avec un questionnaire et un guide d'entrevue auprès des éleveurs et des personnes ressources<sup>1</sup>. Les outils de collecte (questionnaire et guide d'entrevue) ont porté sur :

- ❖ La perception des éleveurs sur le changement climatique pour connaître leurs impressions sur le déroulement des saisons dans le passé et actuellement, leur perception sur l'augmentation de la température et les indicateurs de la saison des pluies;
- ❖ Les impacts du changement climatique sur le secteur de l'élevage.
- ❖ Les stratégies d'adaptation pour connaître les techniques et autres stratégies adoptées par les éleveurs afin de faire face aux effets néfastes des changements climatiques.

Par ailleurs, l'observation directe ainsi que les entrevues informelles ont facilité le recueil d'informations susceptibles d'aider notre compréhension.

Après avoir terminé l'enquête, nous avons procédé au dépouillement des questionnaires et des guides d'entrevue. Le logiciel Sphinx a contribué

---

<sup>1</sup> Les experts des services étatiques en charge de l'agriculture, de l'élevage, de l'environnement et de l'économie, les experts des ONG et des organisations paysannes (OP).

d'une part à l'élaboration des questionnaires et d'autre part aux traitements des données (dépouillement et analyse). Les logiciels Microsoft Word et le tableur Excel ont été aussi utilisés pour respectivement, la saisie et la rédaction du document, et pour les analyses des données.

### **L'échantillonnage**

Cette étude s'est déroulée sur les 4 zones agro-écologiques de la région de Thiès constituée respectivement des zones des Niayes, de la petite côte, arachidière et forestière. Nous avons adopté une approche d'échantillonnage basée sur la méthode raisonnée par des critères pour cibler les acteurs du secteur de l'élevage. Cette méthode prend en compte les contraintes de terrain, telles que la disponibilité des éleveurs, leur motivation pour les enquêtes, leur répartition des éleveurs selon les 4 zones, la nature de leurs activités, la taille des troupeaux, la composition en espèces des troupeaux et la structure familiale. Ainsi nous avons pu enquêter 203 exploitations d'éleveurs réparties dans les différentes zones citées en sus (environ 50 éleveurs par zone).

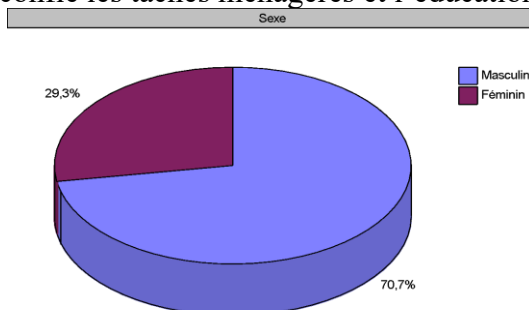
## **III. RESULTATS ET DISCUSSION**

### **III.1. Caractérisation des exploitations d'éleveurs**

Dans cette partie, nous présentons les résultats caractérisant les exploitations des éleveurs de la zone selon le genre, le niveau d'instruction, le rendement de leur élevage et les ressources naturelles impactées par le changement climatique.

#### **Selon le genre des éleveurs**

L'étude montre que 29,3% des éleveurs sont des femmes et 70,7% des hommes (Figure 1). Nous notons que les femmes sont faiblement représentées dans ce secteur de l'élevage dans la zone. Cette faible représentativité des femmes dans l'élevage peut se justifier sur des convictions d'ordres sociales car, dans la plupart des exploitations enquêtées, ce sont principalement les femmes que l'on confie les tâches ménagères et l'éducation des enfants.



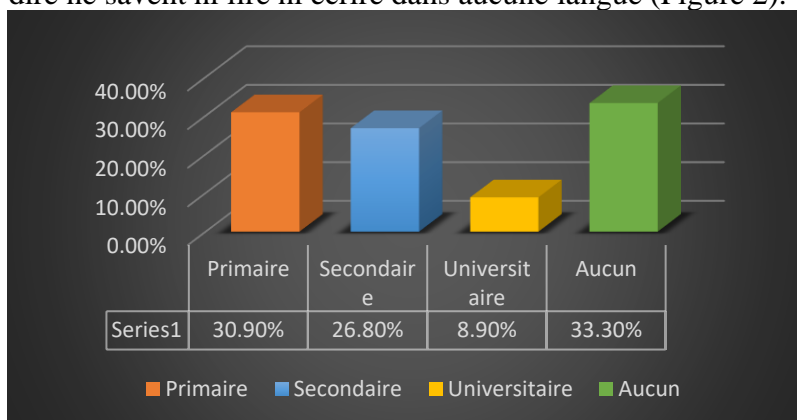
**Figure 1.** Répartition des éleveurs selon le genre  
Source : Nos enquêtes



Notons également que la transformation du secteur de l'élevage et la croissance économique pourraient permettre de faire des avancées notables en termes d'amélioration de la situation des femmes et réduire les inégalités de genre.

### **Selon le niveau d'instruction des éleveurs**

Plus de 60% des chefs d'exploitation rencontrés ont eu divers niveaux d'étude. Avec respectivement 30,9% de niveau primaire, 26,8% du secondaire et seulement 8,9% qui ont au moins fréquenté le niveau universitaire ou supérieur. 33,3% des chefs d'exploitation rencontrés ne sont pas alphabétisés, c'est-à-dire ne savent ni lire ni écrire dans aucune langue (Figure 2).

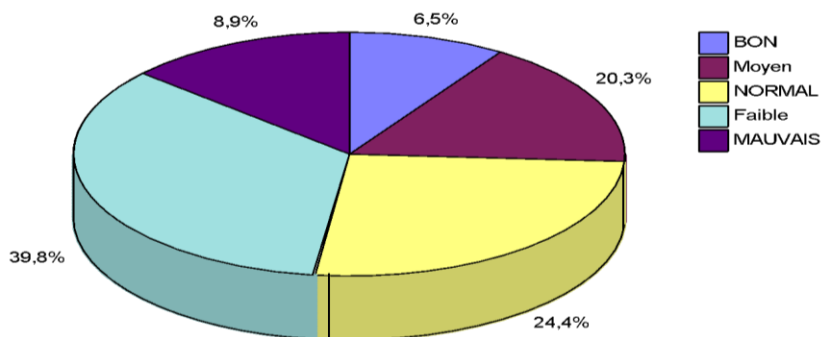


**Figure 2.** Répartition des éleveurs selon leur niveau d'instruction  
Source : Nos enquêtes 2020

Il n'est cependant pas prouvé que cette scolarisation ait eu un impact sur le secteur de l'élevage. Toutefois, il peut être un vecteur de changement pour une meilleure gestion de l'exploitation. Le niveau d'instruction pourrait constituer un moyen permettant aux chefs d'exploitations d'avoir des notions sur la sécurisation de leur investissement et d'adaptation. Il facilite aussi l'accès aux techniques d'élevage nécessaire pour l'obtention de rendement.

### **Selon le rendement obtenu**

La figure 3 montre que le niveau de rendement des activités de l'élevage est faible chez 39,8% des éleveurs. 24% ont un niveau de rendement normal et 20,3% un rendement moyen. Les 8,9% ont un rendement mauvais et seul 6,5% ont un bon rendement.

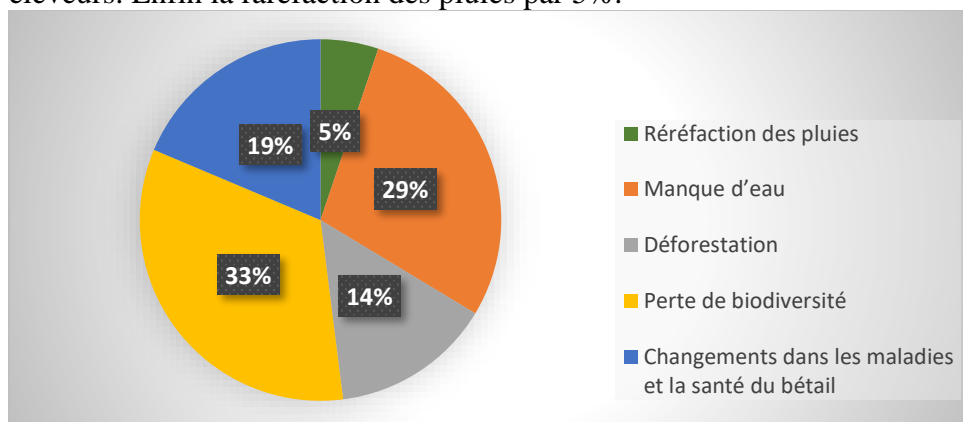


**Figure 3.** Répartition des éleveurs selon le Rendement de leurs exploitations  
 Source : Nos enquêtes, 2020

L'étude a montré aussi, que pour survivre dans ces conditions généralement défavorables, les exploitations ont tendance à diversifier leurs sources de revenus. En plus, l'élevage pastoral constitue un facteur de capitalisation et d'intégration économique et sociale en ce sens que l'animal est non seulement un capital productif mais aussi un moyen de réaliser des transactions sociales. Les revenus provenant des activités de l'élevage représentent l'essentiel des revenus dans la plupart des exploitations enquêtées.

### **Selon les ressources naturelles impactées par le changement climatique**

En analysant les données représentées dans la figure 4, on note que pour 33% des éleveurs, la perte de la biodiversité reste un impact du changement climatique. Les 29% estiment être impactés par le manque d'eau. L'enquête a révélé que 19% des éleveurs perçoivent une détérioration de la santé animale. Le phénomène de la déforestation est souligné par 14% des éleveurs. Enfin la raréfaction des pluies par 5%.



**Figure 4.** Ressources naturelles impactées par le CC  
 Source : Nos enquêtes, 2020

La rareté des pluies ou l'augmentation des températures participent à la baisse de la production des aliments pour bétail et du fourrage.

### **III.2. Les capacités d'adaptation des éleveurs sur le plan économique et social**

Dans cette étude nous avons voulu identifier les stratégies couramment adoptées par les exploitations familiales d'éleveurs.

L'utilisation des ressources pastorales d'une manière collective pose presque toujours de sérieuses difficultés, compte tenu des incertitudes climatiques, sans ignorer l'occupation des terres par d'autres types d'utilisation. Face à une augmentation des aléas et des extrêmes, les systèmes d'élevage doivent renforcer leurs capacités d'adaptation. Le changement climatique exacerbe les vulnérabilités qui certes existent depuis longtemps, mais qui sont devenues plus complexes et se sont étendues.

Par conséquent, des stratégies d'adaptation sont nécessaires. S'adapter à des aléas a toujours fait partie intégrante de l'activité d'élevage d'après nos constats sur le terrain. Dès lors, il faut évaluer aussi bien les mutations sociales, qu'économiques et environnementales induites par cette situation sur la vie des éleveurs et sur la durabilité des stratégies d'adaptation et les capacités des différents acteurs de les mettre en œuvre. Les éleveurs disposent de plusieurs mécanismes d'adaptation traités dans cette partie à travers l'analyse des capacités de prise d'initiatives des exploitations et l'étude des stratégies d'adaptation mises en œuvre.

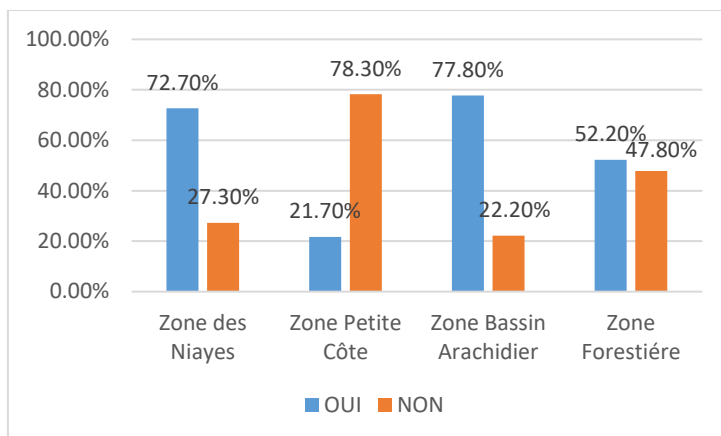
#### **La prise d'initiatives des exploitations d'élevage**

La plupart des systèmes écologiques et sociaux intègrent des capacités adaptatives.

Malgré cela, l'actuelle variabilité du climat et le rythme rapide de l'évolution climatique créent de nouvelles pressions qui risquent d'écraser les capacités de prise d'initiative existantes.

Les impacts de la variabilité du climat et des changements climatiques sur l'économie de notre zone d'étude sont sans équivoque. C'est une zone dont les activités économiques dépendent en grande partie du capital naturel. Ces impacts pourraient également aggraver les conditions de vie difficile des populations en particulier les couches les plus vulnérables.

Les savoirs autochtones des éleveurs en particulier et des populations en général peuvent être le point de départ d'une adaptation localisée. En revanche, pour traiter les problèmes complexes et à long terme posés par le changement climatique, il est souvent nécessaire d'intégrer les connaissances scientifiques.



**Figure 5.** Prise d'initiative des éleveurs par zone  
Source : Nos enquêtes

La figure 6 informe sur le niveau de prise d'initiatives chez les éleveurs. Les communautés d'éleveurs cherchent à s'adapter au contexte du changement climatique en engageant des initiatives permettant de faire face. Dans la zone des Niayes, 72,7% des enquêtés nous ont confirmé qu'ils prennent des initiatives personnelles permettant d'atténuer les impacts du changement climatique sur leurs activités. Les 27,3% n'en prennent pas. Dans la zone de la petite côte, la majorité des chefs d'exploitations rencontrés soient 78,3% ne prennent aucune initiative. Seuls les 21,7% en prennent. Dans le bassin arachidier, on constate que les 77,8% des chefs d'exploitation renforcent leur résilience avec des initiatives personnelles ou collectives, mais 22,2% des acteurs rencontrés dans cette zone ne sont pas dans cette logique. Enfin, nous notons dans la zone forestière une petite différence par rapport aux autres zones d'étude. Dans cette zone, 52,2% de nos enquêtés prennent leurs propres initiatives pour prévenir certains problèmes pouvant impacter les activités de l'élevage. Quant aux 47,8%, ils ne sont pas dans cette dynamique. Au terme de cette analyse, des initiatives prises par les exploitations d'éleveurs pour faire face aux effets du changement climatique, on note qu'ils fournissent des efforts pour accroître leur performance en matière de résilience de leurs exploitations.

### **Les stratégies d'adaptation mises en œuvre**

Les stratégies d'adaptation sont considérées comme étant l'ensemble des actions d'un individu ou de son groupe d'appartenance ayant pour objet de garantir sa subsistance (Brochu, 2013). Les chefs d'exploitations rencontrés développent des stratégies d'alternatives pour mieux faire face aux risques et catastrophes liés au changement climatique.

Les différentes stratégies développées identifiées lors de nos enquêtes sont décrites dans le tableau ci-dessous :

**Tableau 1.** Stratégie d'adaptation des exploitations d'éleveurs

Stratégies	%
Transhumance	24%
Elevage semi-intensif	21%
Croisement des races	12%
Culture fourragère	11%
Diversification du cheptel	10%
Prêt bancaire	9%
Vente des petits ruminants	7%
Souscription Opération pour la Sauvegarde du Bétail (OSB)	6%

Source : Nos enquêtes, 2020

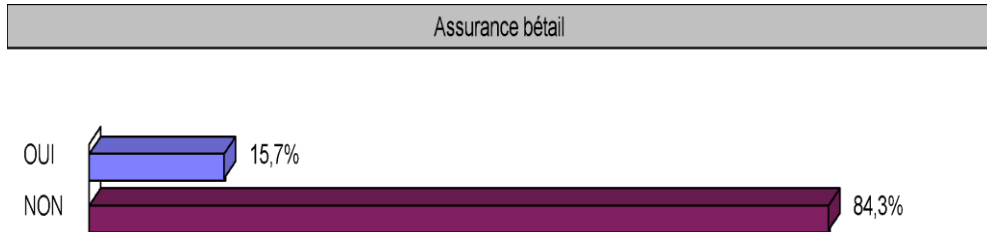
Parmi les stratégies adoptées par la majorité des éleveurs rencontrés, la transhumance est en tête avec 24% suivi de l'élevage semi-intensif pratiqué par 21% des chefs d'exploitations enquêtés. Le croisement des races demeure aussi une stratégie adoptée avec 12% d'éleveurs qui le pratiquent, suivi de la culture fourragère pratiquée par 11%. La diversification du cheptel reste aussi une pratique adoptée par 10% des exploitants d'éleveurs. Le prêt bancaire est adopté par 9% des éleveurs tandis que la vente des petits ruminants et la souscription « Opération pour la Sauvegarde du Bétail » (OSB) sont respectivement pratiquées par 7 et 6% de notre échantillon.

Avec cette analyse, nous notons que la méthode d'adaptation la plus réussie par les éleveurs est la transhumance qui demeure pour la majorité une option permettant d'avoir accès aux ressources saisonnières disponibles. Elle est une nécessité écologique et économique. Hormis le fait qu'elle permet une meilleure utilisation de toute une gamme de ressources, c'est aussi un moyen d'éviter les vecteurs de maladie dans certaines régions (p. ex. la mouche tsé-tsé). Elle permet également d'optimiser les échanges avec d'autres utilisateurs fonciers (résidus de récolte en échange d'engrais animal), d'accéder à différents créneaux du marché (p. ex. la vente de l'excédent de produits laitiers ou l'achat de denrées de base ou de médicaments pour les animaux) ou encore de rejoindre des membres du clan pour un festival saisonnier, acquérir ou partager de l'information, ou rechercher des moyens d'existence complémentaires.

### **L'assurance, un moyen de gestion des risques chez les éleveurs**

La figure 6 ci-dessus nous décrit la souscription des exploitations agricoles à l'assurance mortalité bétail. On note que seul 15,7% des exploitations d'éleveurs rencontrés ont souscrit à l'assurance bétail contre 84,3%. Malgré ce faible niveau de souscription à l'assurance, plusieurs éleveurs semblent manifester de l'intérêt vis-à-vis de l'assurance, mais avec

beaucoup de prudence. Pour certains, le problème de moyens se pose ; car pour les producteurs qui disposent de vastes troupeaux, il n'est pas facile de souscrire à une assurance dont la couverture est faite par unité de tête de bétail. D'autres éleveurs n'ont pas une bonne connaissance de l'assurance indicielle bétail ni de sa méthode de fonctionnement.



**Figure 6.** Assurance du bétail  
Source : Nos enquêtes

La fréquence des sécheresses et d'autres risques liés au climat ont connu une hausse durant ces dernières années. Ce qui conduit à la perte d'un grand nombre de têtes de bétail et des moyens de subsistance. Cela touche singulièrement les communautés pastorales. L'élevage est une des activités où les acteurs sont exposés à plusieurs risques (LiDeSA 2015). Pour pouvoir être en mesure de payer tous les sinistres, l'assureur doit donc constituer des réserves à partir des primes versées année après année. Elle permet donc d'assurer la protection du bétail. Les produits d'assurance couvrant les animaux d'élevage sont courants, surtout pour des animaux de valeur (chevaux de race, bovins reproducteurs, par exemple).

### **III.3. Adoption de techniques d'amélioration pour un élevage résilient**

Le secteur de l'élevage est affecté par les changements climatiques sous la forme d'une plus grande fréquence des désastres, la réduction de la disponibilité de l'eau, les changements dans la répartition et les quantités des pluies, une augmentation de la température, la modification des saisons, une réduction de la production des aliments et du fourrage et de la répartition des maladies, et une modification des marchés et des prix des produits.

La mutation des relations économiques et sociales dans les sociétés pastorales joue aussi un rôle déterminant dans la capacité des familles à s'adapter et à réagir aux changements climatiques. La stratification économique modifie la manière dont le bétail, les terres et les autres ressources naturelles sont gérés dans les zones pastorales dans le monde, ce qui par ricochet compromet la capacité des communautés pastorales à s'adapter et à réagir aux changements climatiques selon notre analyse.

Ainsi, il devient nécessaire d'adopter des techniques permettant aux communautés de s'adapter aux impacts du changement climatique à travers des techniques plus adaptées au contexte tels que le renforcement du

« Système d'Alerte Précoce » (SAP), l'amélioration de la chaîne de valeur des produits animaux, la gouvernance durable des pâturages et le développement de services financiers selon notre analyse.

### **Renforcement des systèmes de communication avec un SAP**

Dans un contexte de pression accrue sur les ressources, l'accès immédiat à des informations sur la localisation, la disponibilité, l'utilisation et la vulnérabilité, le mode de gestion et la réglementation de ces ressources pastorales, facilite la prise de décision des éleveurs plus particulièrement dans leurs déplacements. Ils peuvent réagir rapidement en cas d'évènements exceptionnels (pannes de forage, feux de brousse, foyer de maladie animale...) et reprogrammer des déplacements de leurs troupeaux en fonction de ces imprévus. Ces informations permettent également aux services techniques et collectivités locales d'anticiper les réactions en cas de conditions défavorables en actionnant des programmes d'urgences.

Pour y parvenir, il faudra renforcer les mécanismes de communication, d'information et d'alerte précoce, existants et adressés aux éleveurs en mettant en place un système de collecte, de traitement et de diffusion des données environnementales (pluviométrie, biomasse, et état des points d'eau, feux de brousse, etc.) et socioéconomiques (élevage pastoral, commerce de bétail, santé animale, etc.) issues de diverses sources. Le transfert des données se fera par différents canaux parmi lesquels un système d'alerte par messagerie écrite ou vocale dans les différentes langues nationales.

Pour être efficace sur les processus de collecte et d'analyse des données du SAP, une démarche systématique est proposée et est basée sur quatre composantes essentielles : la connaissance du risque, la surveillance du risque, la communication des alertes et la capacité de réponse. Chacune de ces composantes doit être opérationnelle pour que le système fonctionne.

**Tableau 2.** Type d'information du SAP

Informations	Indicateurs surveillés	Sources	Objectif
Les données et prévisions climatiques	-la pluviométrie (quantité, répartition, prévisions saisonnières et à plus court terme, pluies hors saison) - la température (vague de froid, vague de chaleur, etc.)	ANACIM	Prévoir la situation des pâturages et celle de l'hydrogéologie
L'état de la biomasse	Feux de brousse, - les zones de fourrages et pâturages, - les zones à grande et moindre densité de biomasse végétale	CSE	Identifier les zones à risques pour la transhumance et les itinéraires fournis en pâturages

La santé animale	Paramètres épizootiques, foyers de maladies, parcs à vaccination, postes vétérinaires		Identifier les zones à risques pour la transhumance du fait de la prévalence de maladies animales et les zones disposant de services vétérinaires
Les ressources en eau	Les forages (forme de gestion, prix de l'eau, capacité d'accueil, pannes signalées, etc.) Les mares : localisation, disponibilité de l'eau	DGPRES: les forages Unité de gestion des forages	Identifier les zones à risques pour la transhumance et les points d'eau fonctionnelle pour la transhumance
Les marchés	Prix du bétail (gros et petit), prix de la viande, prix du lait, les cours des céréales et de l'aliment de bétail	DIREL	Identifier les zones favorables à la transhumance
Les vols de bétail	Vols de bétail : localisation, nombre de cas		Identifier les zones à risques

Source : Nos enquêtes

### **Amélioration de la chaîne de valeur des produits animaux**

Cette stratégie permettra à l'éleveur de vivre suffisamment de son activité. Elle passera tout d'abord par la facilitation du commerce du bétail et la transformation des produits de l'élevage (viande, lait). Ceci participera à la transformation de la structure de l'économie des exploitations des éleveurs en vue d'une croissance forte, un accès plus accru aux services sociaux et la préservation des conditions d'un développement durable. Le gouvernement peut œuvrer davantage à faciliter ces actions en fournissant des services et infrastructures appropriées dans les endroits qu'il faut et d'établir les conditions de leur gestion durable, en tenant compte des spécificités de chaque zone. Les éleveurs produisent une variété de biens dont des produits laitiers (lait, yaourts, beurre, etc.), des produits carnés, des peaux et du cuir. La façon dont ces produits sont commercialisés dépend de plusieurs facteurs dont la distance jusqu'aux marchés, les types de marchés, la compétition entre producteurs et la demande pour les produits. L'accès au marché par les produits pastoraux a été négativement affecté par la globalisation des marchés et par des préoccupations sanitaires et sécuritaires grandissantes.

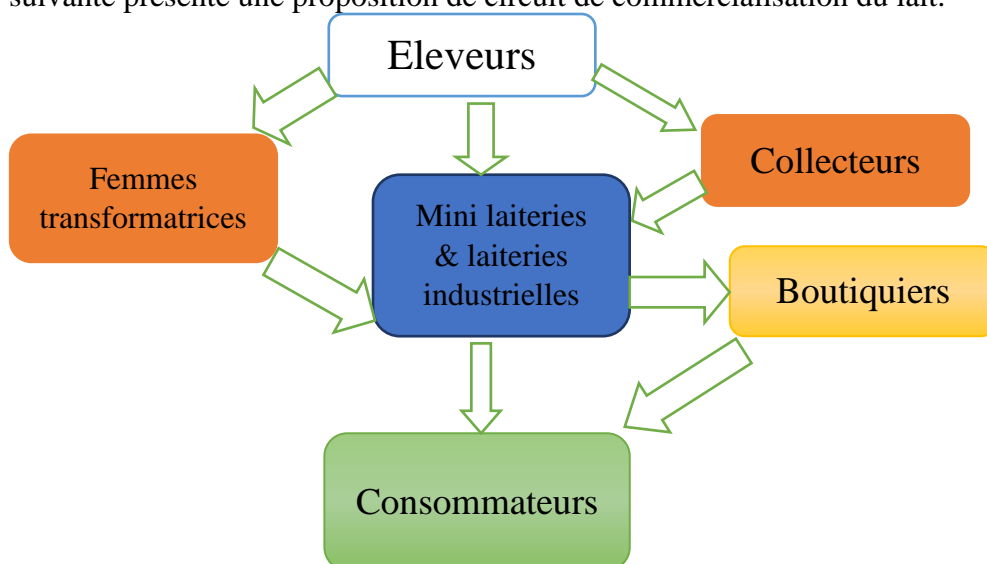
Parmi les stratégies proposées figure le renforcement des capacités des acteurs du commerce du bétail en mettant l'accent sur la compréhension et la pratique des réglementations agro-pastorales et commerciales afin d'améliorer la gouvernance des chaînes de valeur et de soutenir certains systèmes mis en place par certaines organisations de producteurs.



### a. Chaîne de valeur de la filière laitière

La production laitière au Sénégal en milieu pastoral est fortement contrainte par sa cyclicité saisonnière : en saison hivernale, ce secteur est en surcapacité de production et en sous-capacité de commercialisation du fait du niveau élevé des coûts de transaction et de la faiblesse des infrastructures de collecte, de stockage et de commercialisation.

Le circuit de commercialisation du lait, encore très peu structuré, représente le principal obstacle au développement de la filière. Ceci tient notamment à la dégradation particulièrement rapide du lait dont la commercialisation demande une très bonne organisation en termes de qualité, d'hygiène, de conservation, de transport et de transformation. La figure 7 suivante présente une proposition de circuit de commercialisation du lait.



**Figure 7.** Chaîne de valeur filière laitière  
Source : Nos enquêtes

Seulement, les éleveurs restent exposés à deux contraintes importantes : des coûts de transactions élevés et la rude concurrence des produits importés. On constate donc énormément d'obstacles à la commercialisation du lait local. Aux problèmes structurels s'ajoute la compétition du lait importé qui dispose de nombreux atouts par rapport au lait local : prix, qualité, disponibilité, marketing ou encore utilisation appréciée par la population. Les politiques en faveur du lait ont donc un rôle déterminant à jouer dans la restructuration en profondeur nécessaire pour que les éleveurs puissent exploiter leur potentiel de production laitière.

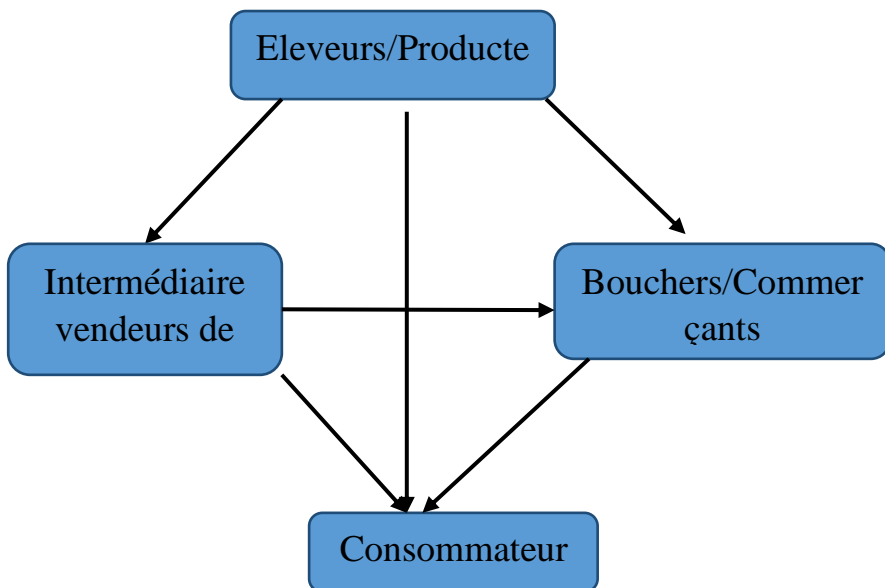
La stratégie d'intervention proposée consiste à développer une contractualisation entre agro-industriels/transformateurs et les éleveurs (petits

producteurs) qui permettra d'offrir à ces derniers des débouchés sûrs leur garantissant un accroissement durable de leurs revenus. Identifier et promouvoir des partenaires agro-industriels autour desquels se structurent les bassins laitiers. Et surtout d'investir sur les mécanismes de collecte et de conservation afin d'éviter les pertes importantes pendant l'hivernage.

#### **b. Chaîne de valeur de la filière viande**

La filière viande fait face à des contraintes majeures du marché avec l'instabilité des prix et de l'offre. Pour accroître l'efficacité de la commercialisation de ce produit, il ne suffit pas de se focaliser sur des stratégies d'appui et de contrôle de l'offre. Il serait également, voire plus judicieux, de développer des stratégies de renforcement de la compétitivité des produits de l'élevage, ciblées sur les besoins du secteur et surtout, sur le respect des caractéristiques intrinsèques de cette activité. Cela pourrait, par exemple, prendre la forme d'un appui à la sécurisation de l'environnement et à l'amélioration des infrastructures et des normes de commercialisation de la viande afin que la filière soit plus compétitive par rapport aux produits exportés. Cette filière favorise également l'accès des éleveurs aux aliments de base.

La figure 8 ci-dessous nous informe sur les acteurs de la chaîne de valeur du produit.



**Figure 8.** Chaîne de valeur de la filière viande  
Source : nos enquêtes

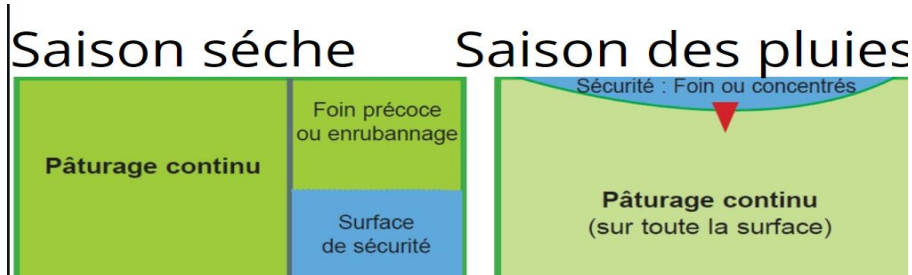
Le développement de la filière viande améliore la sécurité alimentaire de nombreux ménages ruraux par les apports de numéraire que l'activité

procure ainsi que le recours à l'autoconsommation. Les aspects nutritionnels sont aussi importants. Ce qui permet aux éleveurs d'être résilients face aux changements climatiques. Pour y parvenir, il faut accompagner les éleveurs à s'orienter dans le sens d'une meilleure stratégie commerciale (connaissance des marchés, adaptation des produits aux souhaits des consommateurs, développement de la force et des circuits de distribution) et améliorer la capacité de stockage et la commercialisation de viandes en construisant des abattoirs disposant de chambres froides pour une meilleure conservation du produit.

### **Gouvernance durable des pâturages**

Avec la croissance démographique et l'accélération du changement climatique, une gestion durable des pâturages s'impose. En plus, l'augmentation de la fréquence des événements climatiques extrêmes peut surpasser la résilience normale des systèmes pastoraux. Et en conséquence, ces phénomènes affectent la végétation dont les populations pastorales dépendent. Dans ce contexte de réduction drastique des espaces pastoraux et pistes de mobilité pour l'accès aux rares ressources pastorales, la reconnaissance du foncier pastoral devient un enjeu majeur pour la survie des éleveurs transhumants. En tant qu'utilisateurs des terres de pâture qui dépendent de l'approvisionnement continu de ces services écosystémiques, les pasteurs doivent adopter une gestion intégrée de ces ressources. Selon nos enquêtes, cette gestion intégrée encourage la conservation et l'utilisation durable de manière équitable grâce à une gestion active de la couverture végétale suivant des systèmes d'accès libre mais contrôlé.

Ainsi nous proposons dans la figure 9 ci-dessous un plan de gestion des pâturages. Son adoption facilitera la gestion des ressources à plus long terme et permettra de préserver la reproduction du milieu et la sécurité alimentaire du bétail avec un système de rotation bien planifié et concerté selon chaque zone et suivant la saison.



**Figure 9.** Système de gestion des pâturages

Source : nos enquêtes

Une gestion raisonnée et rigoureuse du pâturage est nécessaire pour rendre son exploitation performante et durable dans l'alimentation du cheptel. Cette approche est une stratégie pour la gestion intégrée de la terre, de l'eau et des ressources vivantes, laquelle encourage la conservation et l'utilisation durable de manière équitable. Au-delà des effets du changement climatique, cette gestion des ressources communes devient une prise de conscience effective sur la pression foncière.

L'autre stratégie que nous proposons pour renforcer la résilience du secteur de l'élevage est l'adoption d'une bonne pratique qui est la technique de coupe et de séchage de fourrages naturels et la mise en valeur des sous-produits de la récolte pour l'alimentation du bétail (production de foin, paille de riz, paille d'arachide et autres) en périodes de pénurie.

Les techniques utilisées à cet effet sont les suivantes :

- la sélection des différentes espèces fourragères à couper et à sécher ;
- les moments idéaux de coupe ;
- les techniques de séchage et de fanaison ;
- les techniques de conservation ou de stockage.

Les techniques ci-dessus nécessitent une série d'actions centrée autour de la formation des producteurs sur les techniques de fauche et de conservation du fourrage naturel

### **Développement de services financiers**

Les systèmes de financements décentralisés (SFD) sont surtout présents pour le crédit rural, mais leur contribution dans le secteur de l'élevage reste faible selon nos enquêtes. En outre, l'accès à des services financiers adéquats aux activités des éleveurs reste un véritable problème. Même si des services pour le développement de l'élevage existent, nous avons constaté lors de nos enquêtes qu'ils sont peu nombreux et les services financiers privés pénètrent moins dans les zones rurales reculées où domine la pratique de l'élevage.

En outre, les types de stratification économique ont des chances d'entraîner de nouvelles perturbations du tissu social traditionnel, des mécanismes de partage des risques et de filet de sécurité qui caractérisent les moyens d'existence pastoraux et jouent un rôle vital pour aider ces communautés à réagir à la variabilité du climat.

Pour pallier ces problèmes, le développement de produits financiers adaptés aux besoins pratiques des éleveurs (par exemple, taux de remboursement adéquats, types de garantie, etc.) reste une bonne stratégie à mettre en œuvre.

Pour répondre d'avantage aux besoins de financement des éleveurs, le développement d'offres de crédits particuliers pour les exploitations à faible

revenus afin de les aider à financer leurs activités faciliterait la survie des exploitations face aux chocs climatiques. Pour faciliter l'accès à ces crédits aux exploitations familiales les instituts de microfinances doivent fournir des efforts pour diminuer les taux d'intérêts qui sont un facteur de blocage pour le financement de l'élevage. En plus, il faut former et sensibiliser les chefs d'exploitations demandeurs de crédit car leur niveau faible d'éducation est un handicap qui conduit au manque de visibilité des dossiers de crédit proposés.

## **Conclusion**

Dans un contexte mondial en pleine mutation socio-économique, les exploitations familiales occupent une place importante dans la lutte contre l'insécurité alimentaire surtout en milieu rural. Ce rapport qui existe entre les exploitations et le monde rural offre une perception qui permet de savoir les caractéristiques des exploitations. En effet, dans notre zone d'étude nous avons retrouvé différents types d'exploitations d'éleveurs qui se caractérisent différemment selon leur niveau d'étude, l'âge du chef de l'exploitation, l'impact du changement climatique sur les dépenses liées à l'exploitation, et leurs stratégies d'adaptations face au changement climatique. Toutes ces caractéristiques citées ont un impact sur le niveau de vie des exploitations et agissent sur la situation économique de ces dernières.

Au regard des résultats de nos enquêtes nous pouvons affirmer que le changement climatique a un impact socio-économique sur le secteur de l'élevage. Ce qui peut s'expliquer par l'accroissement de la fréquence et de l'intensité des aléas climatiques qui entraînent un affaiblissement ou une destruction des moyens de subsistance du cheptel et de l'accès aux ressources naturelles. Malgré la démocratisation des démarches participatives et inclusives, le secteur de l'élevage continue d'illustrer des difficultés à forts enjeux économiques, écologiques et sociaux.

L'élevage subit des transformations sociales majeures avec beaucoup de commentateurs affirmant que le secteur est en déclin avec un tableau sombre pour plusieurs sociétés d'éleveurs : augmentation de la densité de la population, perte des principales ressources pastorales et un cheptel presque statique, en raison de la pression sans cesse croissante exercée sur le secteur. Avec les effets du changement climatique, les exploitations familiales d'éleveurs font face à des défis tels que la dégradation des ressources naturelles et la réduction du potentiel économique.

Les communautés qui avaient l'habitude d'être considérées comme nomades sont maintenant moins mobiles et sont plus susceptibles d'avoir des propriétés familiales, ce qui présente des avantages en termes d'accès aux services ainsi que des défis. Avec ce contexte qui engendre des risques, les exploitations familiales d'éleveurs restent soumises à plusieurs calamités qui entraînent des répercussions sur l'élevage.

Les éleveurs de bétail en milieu rural ont un certain degré de capacité d'adaptation.

La capacité d'adaptation est comprise en termes de facteurs socioéconomiques de base (par ex. le revenu, l'accès aux ressources et aux services et l'alphabétisation), l'expérience antérieure ou présente de la communauté en matière de gestion du stress climatique, la faisabilité des stratégies d'adaptation passées face aux tendances actuelles (climatique et autres), la disponibilité et la prise de conscience des stratégies d'adaptation alternatives et les conditions et barrières à l'adaptation.

Il est difficile de prévoir avec exactitude les impacts des changements climatiques. Mais, les modèles s'accordent sur le risque d'une fréquence plus grande des phénomènes climatiques extrêmes (sécheresses, fortes pluies, inondations). La vulnérabilité des exploitations des éleveurs est d'autant plus forte que la mortalité du cheptel a un impact sur plusieurs années. Reconstituer un cheptel prend du temps; à partir d'un certain seuil de perte, ce n'est plus possible. Il est possible de prévenir et surtout de gérer ces risques, en développant des systèmes d'information sur les conditions météorologiques et fourragères accessibles aux éleveurs ainsi que des filets sociaux adaptés aux éleveurs mobiles (assurances du bétail, réserves d'aliment bétail, systèmes de reconstitution des cheptels...).

Le soutien aux stratégies d'adaptation qui viendra renforcer la capacité de résilience des communautés des éleveurs, est dès lors, extrêmement important pour le développement de l'élevage dans un contexte de changements climatiques.

**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. Aimable UWIZEYE : Interrelations entre les changements climatiques et les productions animales étude bibliographique, P.71
2. ANSD : Rapport définitif RGPHAE 2017, P 16
3. APESS : « Renforcement de la résistance et de la capacité adaptative des éleveurs à la variabilité climatique et aux évènements extrêmes au Sahel et en Savanes d'Afrique de l'Ouest et du Centre », novembre 2010 P11

4. Barbedette Loïc : « Mieux connaître exploitation familiale Ouest africaine » 2004, p. 2
5. Benoît Cattin Michel et Faye Jaques, : « *L'exploitation agricole familiale en Afrique soudano sahélienne* ». Presses Universitaire de France, 1982 P 94
6. Busacker, D. et al., 1990: « l'analyse socio-économique des systèmes d'exploitation agricole et de la gestion de terroir dans le Bas-Saloum, Sénégal ».
7. CILSS, 2002 : « Stratégie nationale et programmes prioritaires de sécurité alimentaire », p. 13.
8. Document de Plan National d'Investissement Agricole (2011-2015) du Sénégal, 2011
9. FAO : « Programme du recensement mondial de l'agriculture 2000, Collection FAO: Développement statistique numéro 5, FAO, Rome, 1995, P28
10. FAO : « Introduction à la sécurité alimentaire, principe d'intervention » 1996, P.10
11. FAO : Le développement du secteur de l'élevage pour la réduction de la pauvreté, 2013
12. GRAWITZ, M., « Lexique des sciences sociales », Paris, Dalloz, 1986, p 728
13. GUMUCHIAN et MAROIS, 2000 : « Méthodes des sciences sociales », 11e éd. Dalloz, p.15 :
14. Lamine Samaké, 2005 : « Politiques et mesures d'accompagnement de l'agriculture familiale dans un contexte de changement climatique : Analyse des perceptions des exploitations agricoles au Sénégal » P.10
15. Landais E., Bonnemaire J., la zootechnie, « art ou science ? Entre nature et société, l'histoire Michele Nori, Michael Taylor, Alessandra Sensi », Mai 2008 P.15
16. Rapport d'étude IED Afrique, Août 2015 : « Gestion des Risques Climatiques » P.41
17. Recensement Général de la Population, de l'Habitat, de l'Agriculture et de l'Elevage (RGPHAE), 2013
18. REITER M., 2007. Variability of recent ground surface temperature changes in the Albuquerque basin, central New.
19. Sonia Brochu, mémoire de Maîtrise en enseignement au collégial, sur les Stratégies d'adaptation d'étudiantes et d'étudiants en contexte d'apprentissage par problèmes dans un programme du collégial. (Page 51-57) ; UNIVERSITÉ DE SHERBROOKE, Février 2013
20. LiDeSA, 2015 ; STRATÉGIE DE DÉVELOPPEMENT DU SECTEUR DE L'ÉLEVAGE EN AFRIQUE (LiDeSA) 2015 – 2035, Feuille de route pour un développement réussi du secteur de l'élevage,

Commission de l'Union Africaine Transformation accélérée du secteur de l'élevage pour une prospérité équitable en Afrique. JANVIER 2015

21. [www.undp.org](http://www.undp.org): « Etat des lieux des connaissances scientifiques sur les changements climatiques pour les secteurs des ressources en eau, de l'agriculture et de la zone côtière ».
22. [www.universalis.fr/encyclopedie/elevage/](http://www.universalis.fr/encyclopedie/elevage/)
23. [www.Fao.org](http://www.Fao.org)



## **Cognitions Liées à l'Insuffisance Rénale Chronique et Bien-être Psychologique chez des Patients du Centre d'Hémodialyse de Cocody/Abidjan**

*Adjuman N'Guessan Alain*

Doctorant, Psychologie génétique différentielle,  
Université Félix Houphouët Boigny Abidjan, Côte d'Ivoire

*Tra Bi Tra Isidore*

*N'Dri Yao Eugène*

Maître de Conférences, Psychologie génétique différentielle,  
Université Félix Houphouët Boigny Abidjan, Côte d'Ivoire

[Doi:10.19044/esj.2023.v19n33p99](https://doi.org/10.19044/esj.2023.v19n33p99)

---

Submitted: 07 October 2023

Accepted: 01 November 2023

Published: 30 November 2023

Copyright 2023 Author(s)

Under Creative Commons CC-BY 4.0

OPEN ACCESS

*Cite As:*

Adjuman N.A., Tra Bi T.I. & N'Dri Y.E. (2023). *Cognitions Liées à l'Insuffisance Rénale Chronique et Bien-être Psychologique chez des Patients du Centre d'Hémodialyse de Cocody/Abidjan*. European Scientific Journal, ESJ, 19 (33), 99.

<https://doi.org/10.19044/esj.2023.v19n33p99>

---

### **Résumé**

La présente étude vise à vérifier la relation entre les cognition liées à la maladie et le bien-être psychologique chez des hémodialysés. L'échantillon est composé de 118 individus dont 82 hommes et 36 femmes. L'âge moyen est de 45 ans et 7 mois et l'âge moyen de dialyse est de 5 ans et 6 mois. Les participants ont rempli deux questionnaires d'auto-évaluation adaptés. Ainsi, l'échelle de la maladie chronique d'Evers et al. (2001) et l'échelle brève du bien-être de Cottraux (2009), qui ont aidé à mesurer le bien-être psychologique. Les découvertes les plus cohérentes sont qu'une impuissance élevée est significativement associé à un bien-être psychologique faible. L'acceptation et les avantages perçus sont liés de manière significative à un bien-être psychologique élevé. Ces résultats confirment notre hypothèse émise et soutiennent ceux des études antérieures. Ils peuvent être mis à contribution dans les interventions psychologiques personnalisées pour non seulement réduire la dépression et l'anxiété engendrées par la dialyse chez certains patients, mais aussi pour maintenir et augmenter le bien-être psychologique

des hémodialysés.

---

**Mots-clés:** Insuffisance rénale terminale, cognitions liées à la maladie, hémodialyse et bien-être psychologique

---

## **Cognitions Linked to Chronic Kidney Failure and Psychological Well-Being among Patients at the Cocody/Abidjan Hemodialysis Center**

*Adjuman N'Guessan Alain*

Doctorant, Psychologie génétique différentielle,  
Université Félix Houphouët Boigny Abidjan, Côte d'Ivoire

*Tra Bi Tra Isidore*

*N'Dri Yao Eugène*

Maître de Conférences, Psychologie génétique différentielle,  
Université Félix Houphouët Boigny Abidjan, Côte d'Ivoire

---

### **Abstract**

The present study aims to determine which illness-related cognitions are associated with psychological well-being in hemodialysis patients. The sample is composed of 118 individuals including 82 men (69.5%) and 36 women (30.5%). The average age is 45 years and 7 months and the average age for dialysis is 5 years and 6 months. Participants completed two adapted self-assessment questionnaires. Thus, the chronic illness scale of Evers et al. (2001) and the Cottraux Brief Well-being Scale (2009) helped measure psychological well-being. The most consistent findings are that high helplessness is significantly associated with low psychological well-being. Acceptance and perceived benefits are significantly related to high psychological well-being. These results confirm our hypothesis and support those of previous studies. These results may enable personalized psychological interventions to not only reduce depression and anxiety caused by dialysis in certain patients, but also to maintain and increase the psychological well-being of hemodialysis patients.

---

**Keywords:** End-stage renal disease, illness-related cognitions, hemodialysis and psychological well-being

### **Introduction**

L'insuffisance rénale terminale (IRT) est définie comme le stade final de la maladie rénale chronique où le débit de filtration glomérulaire tombe au-

dessous de 15 ml/min/1,73 m<sup>2</sup> (Sinclair et al., 2014). C'est à ce stade que les patients sont contraints de recourir à un traitement de suppléance : l'hémodialyse. L'hémodialyse périodique est un traitement discontinu, dont la durée totale est en moyenne de 12 heures par semaine, ce qui explique que l'extraction de l'urée et des toxines urémiques ne puisse être aussi complète que celle réalisée par les reins normaux qui fonctionnent 24 heures par 24, soit 168 heures par semaine (Jungers et al., 2011). Ce traitement discontinu génère des effets physiques et psychologiques importants. La fatigue, la limitation des efforts physiques, les douleurs osseuses ou articulaires, les crampes nocturnes, le dysfonctionnement sexuel et la marche difficile sont à l'origine d'une gêne allant de la simple limitation des activités à un véritable handicap (Jungers et al., op. cit). Ces symptômes cliniques engendrent des frustrations qui sont pénibles à supporter par les patients. Ainsi, la dépression se situe entre 20 et 56,7% chez les patients dialysés dans le monde (Chilcot et al., 2008 ; Yamamoto et al., 2009) et le pourcentage de patients présentant un état anxieux se trouve entre 20 et 45% (Cukor et al., 2008 ; Untas et al., 2009). Par ailleurs, la littérature scientifique est de plus en plus documentée sur la détresse émotionnelle des patients souffrant d'insuffisance rénale terminale (Augusto et al., 2010).

Les progrès scientifiques et médicaux sont la condition nécessaire de l'amélioration des résultats d'hémodialyse. Cependant, malgré les améliorations apportées au traitement l'aspiration légitime de tous les patients dialysés reste de pouvoir mener une vie professionnelle et familiale aussi normale que possible en dépit du handicap de la maladie et des traitements (Jungers et al., op. cit). Par contre, cette aspiration est incomplètement satisfaite dans un grand nombre de cas. Mener une vie normale suppose, en plus des progrès techniques et médicaux, que les patients gèrent les effets psychologiques importants de la dialyse afin de posséder un meilleur bien-être psychologique. En effet, le bien-être psychologique désigne l'épanouissement humain en tant que reflet de la vertu et du développement de son plein potentiel (Heintzelman, 2018). Il incarne des compétences positives qui facilitent un fonctionnement optimal (Joshnloo, 2018). Appelé aussi bien-être eudémonique, Ryff (1989) postule que le modèle de bien-être psychologique se compose de six dimensions : l'autonomie, la maîtrise de l'environnement, la croissance personnelle, les relations positives avec les autres, le but dans la vie et l'acceptation de soi. C'est l'exploitation optimale desdites dimensions qui détermine l'épanouissement personnel. Aussi, le bien-être durable ne nécessite-il pas que les individus se sentent bien tout le temps ; l'expérience d'émotions douloureuses (par exemple, déception, échec, chagrin, perte d'un être cher, maladie grave) fait partie intégrante de la vie et il est essentiel de pouvoir gérer ces émotions négatives ou douloureuses pour assurer un bien-être à long terme (Huppert, 2009).

Il existe des différences individuelles du niveau de bien-être psychologique chez les personnes atteintes de maladies chroniques. Plusieurs facteurs pourraient y contribuer. A cet effet, Dwan et Ownsworth (2017) ont étudié, à travers une revue systématique, les relations entre les facteurs de personnalité des Big Five et le bien-être psychologique chez des patients ayant subi un accident vasculaire cardiaque. Une conclusion constante de cette étude étant qu'un névrosisme plus élevé était significativement associé à un bien-être psychologique plus faible. Mais, les preuves pour les autres facteurs des Big Five étaient mitigées. Les activités intentionnelles, en l'occurrence, les cognitions, telles que les interprétations des événements peuvent être liées au bien-être chez des personnes souffrant de maladies graves. Considérant les significations attribuées à l'événement lorsque la personne est confrontée à un stress à long terme, les processus inadaptés et adaptatifs pourraient être décrits de manière uniforme comme des réévaluations cognitives du facteur de stress (Evers et al., 2001). Ces réévaluations cognitives peuvent revêtir une valence positive ou négative. A cet égard, trois types de réévaluations sont distinguées quand l'individu est confronté à une maladie grave comme l'insuffisance rénale terminale : (a) des cognitions qui mettent l'accent sur la signification négative du facteur de stress (impuissance), (b) des cognitions qui diminuent la signification aversive de l'événement stressant (acceptation) et (c) des cognitions qui ajoutent une signification positive à l'événement éprouvant (avantages perçus).

Les significations attribuées aux situations angoissantes sont valorisées négativement ou positivement. Elles reflètent les dimensions d'une pensée négative accrue, d'une pensée négative réduite et d'une pensée positive accrue lorsque la personne est confrontée à un stress à long terme et peuvent fournir un schéma complet d'ajustement cognitif permettant de prédire l'état de santé à long terme des patients atteints de maladies chroniques. Selon cette conception, Evers et al. (op. cit.) ont évalué les trois significations attribuées à la maladie chronique (impuissance, acceptation et avantages perçus) dans le bien-être psychologique des patients atteint de polyarthrite rhumatoïde et de sclérose en plaques. Les résultats ont montré que l'impuissance a eu des corrélations modérées ( $r = 0,25$ ) à relativement fortes ( $r > 0,45$ ) avec une dégradation de l'état de santé psychologique, c'est-à-dire à une humeur négative accrue et une humeur positive diminuée. Un modèle presque opposé a émergé pour l'acceptation. L'acceptation a été fortement associée avec la santé psychologique : humeur positive ( $r = 0,50$ ) et humeur négative ( $r = -0,54$ ). Quant aux avantages perçus, ils ont eu des liens moyens avec le bien-être psychologique. Limperg et al. (2020) ont découvert au cours de leur étude qu'une plus grande acceptation de l'hémophilie chez les jeunes adultes hommes était associée à une meilleure qualité de la vie liée à la santé. A

l'opposé, une plus grande impuissance était corrélée à une pire qualité de vie liée à la santé. Les avantages perçus n'ont eu aucun lien avec la qualité de vie. En revanche, les interprétations que le patient se fait de la maladie ont peu ou pas encore été évaluées dans le bien-être psychologique chez les hémodialysés. Alors que la prévalence globale de tous les âges de l'insuffisance rénale chronique a augmenté de 29,3% depuis 1990 (GBD Chronic Kidney Disease Collaboration, 2020). En 2010, 2,6 millions de patients dans le monde étaient traités par dialyse ou transplantation. Ce nombre devrait augmenter jusqu'à 5,4 millions en 2030 (Joshi, 2017). Cette évolution se traduit en Côte d'Ivoire par la création de huit centres d'hémodialyse publics de 2011 à 2017 qui ont fait passer les postes de dialyse à 107, alors qu'il y avait 10 postes en 2011 et les séances de dialyse ont nettement augmenté en passant de 22.000 en 2015 à 56.000 en 2017 (Portail officiel du gouvernement de Côte d'Ivoire, 2018). Cependant, les centres d'hémodialyse dans notre pays ne sont pas pourvus en psychothérapeutes. En plus de ce qui précède, la complexité et la nature chronique de l'IRT affectent la qualité de vie des patients. En définitive, les hémodialysés manquent de prise en charge psychologique et cela pourrait impacter leur bien-être. Quelle est la contribution des cognitions liées à la maladie au bien-être psychologique des hémodialysés ? Cette contribution admet une force et un sens. Quelle est l'ampleur de cette force ? Et quel est son sens ? Les questions ci-dessus mettent en lumière la nécessité de mieux étudier l'influence des cognitions liées à la maladie sur le bien-être psychologique des hémodialysés. Il s'agit de préciser cette influence et aussi de lui donner un sens. Ce sens pourrait être saisi à travers la théorie du sens de la vie. Elle postule que transcender le chaos ou le subir est tributaire de la compréhension, la motivation et l'évaluation que l'individu fait des expériences de la vie (King et al., 2006). La recherche actuelle pourrait permettre de pourvoir les centres d'hémodialyse en psychothérapeutes qui vont assurer l'accompagnement psychologique des dialysés afin que ceux-ci s'épanouissent dans l'expérience de la maladie. Pour vérifier la relation entre les cognitions liées à la maladie et le bien-être, il est émise l'hypothèse que les cognitions liées à la maladie sont associées au bien-être psychologique des hémodialysés. Plus spécifiquement, l'acceptation et les avantages perçus sont associés positivement au bien-être, tandis que l'impuissance est corrélée de manière négative au bien-être chez les hémodialysés.

## **1 Méthode**

La procédure, l'échantillon, la description des variables et des instruments de mesure, ainsi que la technique statistique vont meubler cette section.

## **1.1 Procédure et participants**

L'étude se déroulant en milieu clinique il a été adressé et obtenu une autorisation de collecter les données auprès du directeur général des centres d'hémodialyse publics, lui-même administrateur du centre d'hémodialyse de Cocody. Ensuite, des lettres de consentement ont été adressées aux patients fréquentant le centre pour obtenir leur participation à l'étude. Les personnels de santé (médecins et infirmiers) ont mobilisé les usagers du centre à prendre part à l'étude. Mais, seuls les patients qui ont exprimé leur consentement, ont pu faire partie de l'échantillon après avoir rempli certains critères. Les critères d'inclusion sont les comorbidités de l'insuffisance rénale chronique telles que le diabète, l'hypertension artérielle, les glomérulonéphrites primitives, les pyélonéphrites et la polykystose ; être âgé de 18 ans révolus et savoir lire, écrire ou comprendre le français. Tous les patients souffrant de troubles cognitifs, d'une douleur intense et ayant une acuité auditive défaillante ont été exclus. Finalement, l'échantillon a été constitué de 118 participants dont 82 hommes (69,5%) et 36 femmes (30,5%) dans le centre d'hémodialyse de Cocody. L'âge moyen est de 45 ans et 7 mois et l'âge moyen de dialyse est de 5 ans et 6 mois.

## **1.2 Description des variables**

Les variables de l'étude sont les cognitions liées à la maladie et le bien-être psychologique.

### **1.2.1 Variable prédictive**

Les processus mentaux impliqués dans l'ajustement à la maladie constituent la variable prédictive dans cet article et elles sont les différentes significations que le patient attribue à la maladie. Evers et al. (op. cit) en identifient trois : l'impuissance, l'acceptation et les avantages perçus. L'impuissance est le moyen de souligner le sens négatif, qui se traduit par une concentration sur les aspects néfastes de la maladie en tant que condition incontrôlable, imprévisible et inchangeable. Ce style explicatif négatif lorsque la personne est confrontée à la maladie chronique, se compose d'attentes d'issue négatives et de caractéristiques négatives attribuées à soi-même. Ainsi, le patient impuissant court un risque potentiel de santé psychologique défavorable. L'acceptation désigne l'atténuation de la signification aversive de la maladie. Le patient reconnaît qu'il est atteint d'une maladie chronique et perçoit simultanément la capacité de vivre avec et de maîtriser les conséquences de la maladie. L'acceptation, c'est aussi ressentir le besoin de s'adapter à la maladie chronique tout en percevant la capacité de tolérer la nature imprévisible et incontrôlable de la maladie et de gérer ses conséquences néfastes. En conséquence, le patient qui accepte la maladie grave bénéficie d'une santé psychologique plus favorable. Les avantages perçus constituent le

sens positif ajouté à la maladie en percevant des conséquences positives supplémentaires de la condition stressante. Les bénéfices perçus en réaction à des événements de la vie extrêmement incontrôlables et stressants et à la perte, assurent un meilleur état de santé psychologique au patient. Ces trois styles d'ajustement à la condition chronique constituent les dimensions de la variable et sont susceptibles d'entraîner différentes variations du niveau de bien-être chez les hémodialysés.

### **1.2.2 Variable prédite**

Le bien-être psychologique est la variable prédite dans la présente recherche. Le bien-être psychologique est un état d'épanouissement personnel atteint grâce au fonctionnement optimal de la personne, c'est-à-dire à l'exploitation de son plein potentiel (Ryff, 1989). Le modèle de bien-être de Ryff comprend six dimensions : (1) l'acceptation de soi fait référence à la prise de conscience et à l'acceptation de ses propres forces et faiblesses ; (2) les relations positives avec les autres font référence à des liens chaleureux, satisfaisants et de confiance avec les autres, c'est se préoccuper du bien-être des autres; (3) l'autonomie c'est vivre selon ses propres convictions, être capable de résister aux pressions sociales et de réguler son comportement de l'intérieur ; (4) la maîtrise de l'environnement consiste à gérer les situations complexes de la vie et utiliser efficacement les opportunités environnantes ; (5) le but dans la vie est la mesure dans laquelle la personne sent sa vie significative et dirigée à dessein ; et (6) la croissance personnelle est atteinte lorsque l'on utilise ses talents et son potentiel personnels (Ryff, 2014). Les six dimensions de l'épanouissement personnel peuvent prendre différents niveaux chez les patients dialysés régulièrement en fonction des représentations.

### **1.3 Instruments de mesure**

Le questionnaire de la maladie chronique et le questionnaire du bien-être psychologique ont permis de recueillir les données de l'étude.

#### **1.3.1 Questionnaire de la maladie chronique**

Les cognitions liées à la maladie ont été évaluées avec le questionnaire de la maladie chronique d'Evers et al. (op. cit). Il est composé de dix-huit items, avec une échelle utilisant des descripteurs de type Likert à 4 points (1 = pas du tout à 4 = complètement). Le score de chaque participant est la somme des réponses aux items qui varie de 18 à 72.

#### **1.3.2 Questionnaire bref de bien-être psychologique**

Le bien-être psychologique a été mesuré par le questionnaire bref à dix-huit items dont la version française a été validée par Cottraux (2009). C'est une échelle utilisant des descripteurs de type Likert à six (6) points. (1 = Tout



à fait en désaccord, tout à fait faux à 6 = tout à fait d'accord, tout à fait vrai). Le score de chaque patient est la somme des réponses aux items après pris en compte les items inversés et le score varie de 18 à 108.

Les questionnaires ont été passés au moment des séances de dialyse comme l'ont souhaité les patients et le personnel soignant. Il s'est en face à face autorisant l'enquêteur à établir un contact direct avec les personnes sollicitées pour participer à la collecte des données. Ce procédé donne des résultats meilleurs car le lien direct permet à l'enquêteur de rassurer et de motiver le participant et aussi d'éviter de devoir repasser plus tard pour récupérer les questionnaires.

#### **1.4 Technique statistique**

Les statistiques ont deux fonctions principales, à savoir, faire la différence entre deux ou des conditions ; ou établir la force des liens entre deux ou des variables (Dancey & Reidy, 2007). Ce sont les tests paramétriques et non paramétriques qui assurent ces fonctions et ils sont utilisés selon les échelles de mesure. Il est fait souvent appel aux mesures ordinales dans le domaine des sciences sociales, de la psychologie, de l'éducation et de la santé car certaines données ordinales sont considérées dans les analyses statistiques comme appartenant à l'échelle d'intervalle en raison d'un continuum sous-jacent d'intervalles, comme dans les échelles de type Likert (Fortin & Gagnon, 2016). Selon Kerlinger (1986), la plupart des échelles psychosociales et éducatives se rapportent assez bien des niveaux de mesure d'intervalle, et le résultat des analyses statistiques faites avec ces mesures fournit une information satisfaisante. La somme des indices sur une échelle de Likert produisant des scores, comme dans la présente recherche, des statistiques paramétriques peuvent être utilisées. D'où l'emploi de la corrélation de Pearson pour analyser les données collectées.

## **2 Résultats**

L'examen des relations entre les cognitions liées à la maladie et le bien-être psychologique chez des patients d'insuffisance rénale terminale constitue l'objectif de la présente étude. L'étude étant corrélationnelle, la relation à vérifier ici est la force du lien entre les deux variables appelée taille de l'effet. Selon Gignac et Szodorai (2016), il y a une taille de l'effet "faible" ( $0,10 < r < 0,19$ ), une taille de l'effet "moyen" ( $0,20 < r < 0,29$ ) et une taille de l'effet "important" ( $r > 0,30$ ). Funder et Ozer (2019) proposent les mêmes tailles de l'effet. En nous fondant sur les tailles de l'effet, nous présentons et analysons les résultats selon l'hypothèse émise.

Les dimensions des cognitions liées à la maladie et celles du bien-être psychologique sont en relation corrélative dans le tableau ci-dessous.



**Tableau I.** Corrélations entre les dimensions des cognitions liées à la maladie et celles du bien-être psychologique

		<b>Bien-être psychologique</b>						
		Autonomie	Maîtrise de l'environnement	Croissance personnelle	Relations avec les autres	But dans la vie	Acceptation de soi	
<b>Cognitions liées à la maladie</b>	Acceptation	r	0,35**	0,52**	0,41**	0,40**	0,17*	0,44
		Sig	0,001	0,001	0,001	0,001	0,005	0,001
		N	118	118	118	118	118	118
	Avantages perçus	r	0,44**	0,43**	0,41**	0,44**	0,18*	0,42**
		Sig	0,001	0,001	0,001	0,001	0,005	0,001
		N	118	118	118	118	118	118
	Impuissance	r	-0,31**	-0,48**	-0,41**	-0,36**	-0,37**	-0,29**
		Sig	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
		N	118	118	118	118	118	118

r = Corrélation de Pearson, Sig = Significativité (bilatéral), N = Effectif

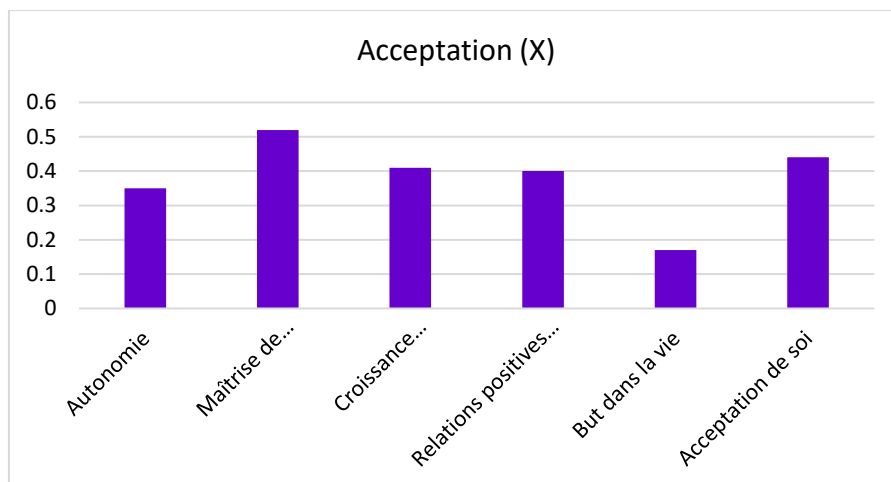
\*\* La corrélation significative au niveau 0,01 (bilatéral) ;

\* La corrélation significative au niveau 0,05 (bilatéral).

L'effet des cognitions liées à la maladie sur le bien-être psychologique s'observe au travers des corrélations de leurs différentes dimensions.

### **2.1 Acceptation et dimensions du bien-être psychologique**

L'autonomie, la maîtrise de l'environnement, la croissance personnelle, les relations positives et l'acceptation de soi ont des associations positives très importantes avec l'acceptation. Le but dans la vie est faiblement lié à l'acceptation. L'acceptation explique 12,25% de l'autonomie ( $r = 0,35$ ), 27% de la maîtrise de l'environnement ( $r = 0,52$ ), 16,81% de la croissance personnelle ( $r = 0,41$ ), 16% des relations positives avec les autres ( $r = 0,40$ ) et 19,36% de l'acceptation de soi ( $r = 0,44$ ) dans les variations observées dans lesdites issues. L'acceptation a des corrélations positives fortes avec toutes les issues du bien-être psychologique. Ainsi, un niveau élevé d'acceptation engendre un niveau élevé de bien-être psychologique. L'effet de l'acceptation sur le bien-être psychologique est illustré dans la figure 1.

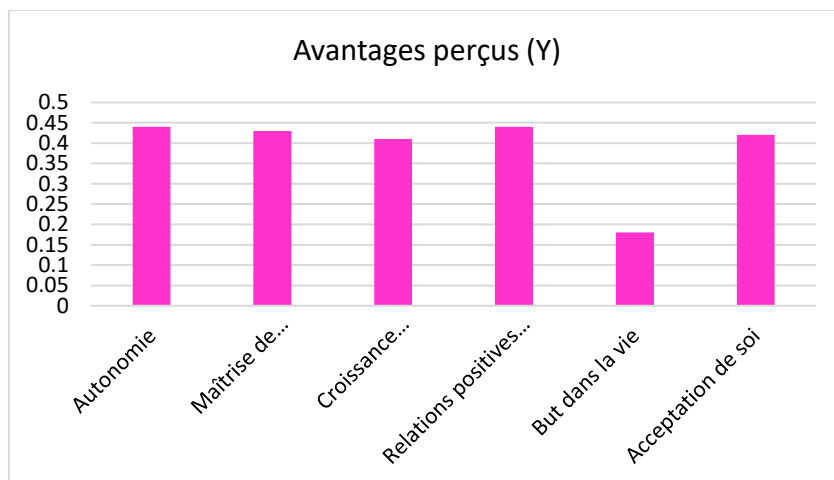


**Figure 1.** Effet de l'acceptation sur les dimensions du bien-être psychologique

L'acceptation a des effets positifs avec toutes les dimensions du bien-être. L'acceptation a des tailles d'effet importantes avec les cinq dimensions du bien-être qui sont l'autonomie, la maîtrise de l'environnement, la croissance personnelle, les relations positives avec les autres et l'acceptation de soi. Mais, la maîtrise de soi a la taille d'effet la plus saillante. Par conséquent, l'acceptation élevée est source de bien-être psychologique élevée.

## **2.2- Avantages perçus et dimensions du bien-être psychologique**

Les avantages perçus ont des corrélations positives importantes avec l'autonomie ( $r = 0,44$ ), la maîtrise de l'environnement ( $r = 0,43$ ), la croissance personnelle ( $r = 0,41$ ), les relations positives ( $r = 0,44$ ) et l'acceptation de soi ( $r = 0,42$ ). Le but dans la vie est faiblement lié aux avantages perçus. Les avantages perçus expliquent 19,36% ; 18,43% ; 16,81% ; 19,36% et 17,64% de la variance dans l'autonomie, la maîtrise de l'environnement, la croissance personnelle, les relations positives avec les autres et l'acceptation de soi. Les patients qui ont des avantages perçus élevés, possèdent également un bien-être élevé. L'effet des avantages perçus sur les dimensions du bien-être psychologique est illustré dans la figure 2.

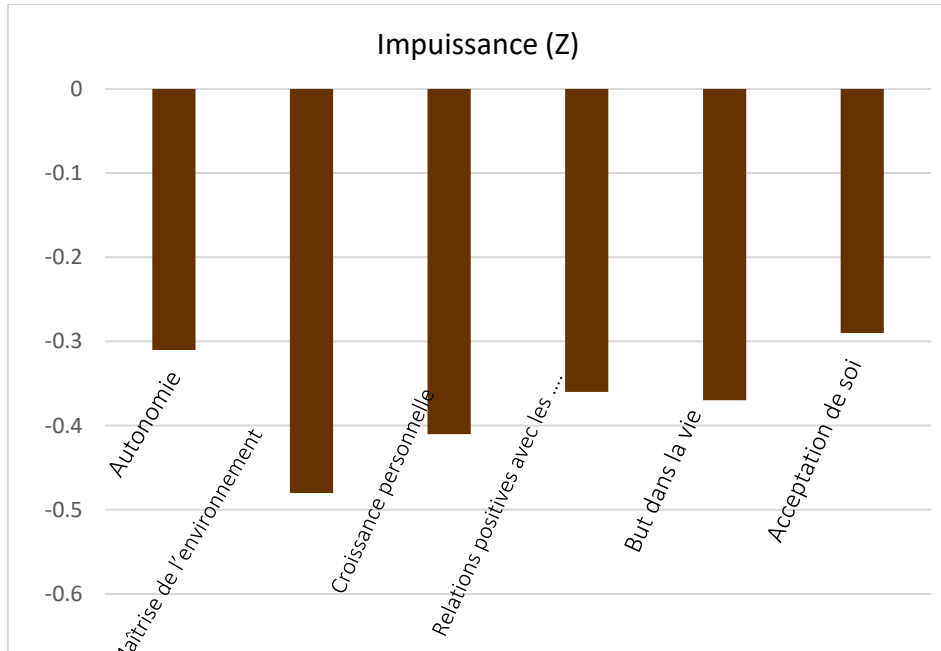


**Figure 2.** Effet des avantages perçus sur les dimensions du bien-être psychologique

Les avantages perçus ont des effets positifs avec toutes les dimensions du bien-être. Par ailleurs, ils ont des tailles d'effet importantes avec cinq dimensions du bien-être, à savoir l'autonomie, la maîtrise de l'environnement, la croissance personnelle, les relations positives avec les autres et l'acceptation de soi. Cependant, la taille d'effet la plus expressive est celle des relations positives avec les autres. Ainsi, le bien-être psychologique élevé est tributaire des avantages perçus élevés.

### 2.3 Impuissance et dimensions du bien-être psychologique

L'impuissance a des liens négatifs forts avec l'autonomie ( $r = -0,31$ ), la maîtrise de l'environnement ( $r = -0,48$ ), la croissance personnelle ( $r = -0,41$ ), les relations positives ( $r = -0,36$ ) et le but dans la vie ( $r = -0,37$ ). L'Acceptation de soi ( $r = -0,29$ ) est moyennement liée à l'impuissance. Les différents coefficients montrent que l'Impuissance explique 9, 61% ; 23% ; 16,81% ; 13% ; 13,7% et 8,41% de la variance de l'Autonomie, la maîtrise de l'environnement, la croissance personnelle, les relations positives le but dans la vie et l'Acceptation de soi. L'Impuissance a des associations négatives et significatives avec toutes les dimensions du bien-être. Ceci implique que lorsque l'Impuissance est élevée, alors le mal-être psychologique est élevé. L'effet de l'Impuissance sur les dimensions du bien-être est illustré dans la figure 3.



**Figure 3.** Effet de l'impuissance sur les dimensions du bien-être psychologique

Il est clair que l'Impuissance a des effets négatifs avec toutes les dimensions du bien-être. L'Impuissance entretient les effets négatifs importants avec l'Autonomie, la maîtrise de l'environnement, la croissance personnelle les relations positives avec les autres et le but dans la vie. Mais, la taille d'effet la plus caractéristique est détenue par la maîtrise de l'environnement. De ce constat, il peut inférer qu'une Impuissance élevée garantit assurément un moindre bien-être psychologique.

L'Acceptation et les avantages perçus sont corrélés positivement aux issues du bien-être psychologique. Par conséquent, tous les patients souffrant d'insuffisance rénale terminale qui acceptent leur maladie et y perçoivent également des avantages, ont un sentiment de bien-être psychologique élevé. Par contre, l'impuissance est associée négativement aux dimensions du bien-être. En clair, les insuffisants rénaux terminaux qui ont un niveau élevé d'impuissance face à leur maladie, sont sujets à un bas niveau de bien-être eudémonique. Ainsi, notre hypothèse est confirmée. Autrement dit, les cognitions liées à la maladie influencent le bien-être psychologique.

### 3. Discussion

Une caractéristique commune des maladies chroniques est leur nature intrinsèquement menaçante, dans la mesure où les patients sont confrontés à une maladie incurable à long terme qui impose de nombreuses limitations au fonctionnement dans la vie quotidienne. Les différences individuelles d'ajustement à long terme peuvent être expliquées par différentes manières de

réévaluer cognitivement la nature intrinsèque aversive de la maladie avec des concepts tels que l'impuissance, l'acceptation et les avantages perçus. L'examen des cognitions liées à la maladie dans le bien-être des hémodialysés dans la présente étude a permis de découvrir que lesdites cognitions sont liées au bien-être des patients.

Par ailleurs, ces différentes corrélations pourraient être expliquées par le modèle théorique du sens de la vie. En effet, le sens de la vie stipule que « les vies peuvent être vécues comme significatives lorsqu'elles sont ressenties comme ayant une signification au-delà du trivial ou du momentané, pour avoir un but ou pour avoir une cohérence qui transcende le chaos » (King et al., 2006, p. 180). Cette définition met en évidence trois aspects centraux de l'expérience du sens de la vie : le but, la signification et la cohérence (George & Park, 2016 ; Martela & Steger, 2016). Le but c'est s'efforcer d'atteindre des objectifs personnellement significatifs et il est lié au sentiment que la vie vaut la peine d'être vécue. La signification est le sentiment d'avoir de l'importance ou d'avoir un impact sur la vie. La cohérence est la mesure dans laquelle les stimuli, les événements et la vie ont un sens et correspondent aux attentes. Ainsi, les hémodialysés qui comprennent qu'ils suivent des séances de dialyse régulières à cause de la maladie chronique, qui se disent que la vie vaut la peine d'être vécue parce qu'ils sont indispensables à la vie, possèdent un niveau de bien-être psychologique élevé. Par contre, les insuffisants rénaux terminaux qui sont en crise de sens, c'est-à-dire qui ne comprennent pas qu'ils sont atteints d'une maladie chronique et que cet état nécessite des soins à vie. En outre, ils ne feront aucun effort pour suivre les soins pour préserver leur vie. Cette non-observance thérapeutique entraîne les ré-hospitalisations d'urgence et surtout la morbi-mortalité des dialysés, signes de leur mal-être psychologique. Transcender le chaos implique de l'accepter et y trouver des avantages après l'avoir compris, être resté motivé et trouvé un intérêt au chaos. C'est l'effet inverse dans l'impuissance.

Par conséquent, les résultats indiquent que des niveaux élevés d'acceptation et des avantages perçus sont associés à un niveau de bien-être psychologique chez des hémodialysés, tandis qu'un niveau élevé d'impuissance est corrélé à un bien-être eudémonique faible chez lesdits hémodialysés. Ces résultats diffèrent de ceux d'Evers et al. (2001) et de Limperg et al. (2020) en ce sens que les deux études n'ont trouvé aucune association entre les avantages perçus et le bien-être chez les patients atteints de polyarthrite rhumatoïde, de sclérose en plaques et d'hémophilie. Les maladies chroniques peuvent avoir des impacts psychologiques distincts.

Ces résultats soutiennent l'idée que les caractéristiques cliniques de l'hémodialyse semblent insuffisantes pour comprendre les effets de la maladie sur le fonctionnement psychologique des personnes atteintes d'insuffisance rénale terminale. Il s'avère important de sensibiliser les prestataires de soins à

la contribution des facteurs psychologiques au bien-être des hémodialysés. Une attention particulière doit être accordée à l'acceptation et à la perception d'avantages dans l'hémodialyse. Il faut aussi réduire l'impuissance chez les hémodialysés par une prise en charge psychologique précoce.

### **Conclusion**

Bien que la conception corrélationnelle et transversale de l'étude ne permette pas de tirer des conclusions en ce qui concerne la causalité, les résultats obtenus contribuent à la compréhension de l'influence des cognitions liées à la maladie sur le bien-être psychologique des hémodialysés. L'identification des réévaluations cognitives des patients au début du traitement ouvre des possibilités d'optimisation de leur bien-être en vue d'un ajustement à la société et à une vie épanouissante. Cet accompagnement psychologique doit être intégré dans tous les centres des centres d'hémodialyse publics. La prochaine étape de la recherche doit consister en des études longitudinales axées sur l'identification des personnes les plus susceptibles de développer des difficultés en raison de leurs cognitions liées à la maladie, afin d'obtenir des données probantes pouvant servir d'éléments de base pour élaborer des stratégies de soutien psychologique.

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

**Déclaration de financement** : les auteurs n'ont obtenu aucun financement.

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

**Etudes humaines** : l'étude a été approuvée par le laboratoire de psychologie différentielle et génétique. Suite à cette approbation le directeur du département de psychologie a sollicité et obtenu une autorisation du chef de service des centres d'hémodialyse publics, lui-même administrateur du centre d'hémodialyse de Cocody pour que l'enquête puisse se faire.

### **References:**

1. Augusto, CR, Krzesinski, J.-M, Warling, X, Smelten, N, Etienne, A-M. (2011). Intérêt des interventions psychologiques en dialyse : étude exploratoire. *Néphrologie & Thérapeutique* 7(4), 211–218. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1769725510002580>
2. Chilcot, J., Wellsted, D., & Farrington, K. (2008). Screening for depression while patients dialyse: an evaluation. *Nephrology Dialysis*

- Transplantation*, 23(8), 2653–2659.  
<https://doi.org/10.1093/ndt/gnf105>.
3. Cottraux, J. (2009). *Echelle de bien-être psychologique de Carol Ryff : version à trois items par dimension*.  
<https://www.directelearning.com/io/rw/auteur/4/lecon/6022/FC236DE4B3AA92F8E8C29723A19FC959CB1.pdf>.
  4. Cukor, D., Coplan, J., Brown, C., Friedman, S., Newville, H., Safier, M., Spielman, L. A., Peterson, R. A., & Kimmel, P. L. (2008). Anxiety disorders in adults treated by hemodialysis: a single-center study. *American Journal of Kidney Diseases*, 52(1), 128-36.  
<https://www.researchgate.net/publication/5411084>.
  5. Dancey, C. P., & Reidy, J. (2007). *Statistiques sans maths pour psychologues*. De Boeck.
  6. Dwan, T., & Ownsworth, T. (2017). The Big Five personality factors and psychological well-being following stroke : a systematic review. *Disabil Rehabil*, 41(10) :1119-1130.  
<https://doi.org/10.1080/09638288.2017.4149382>.
  7. Evers, A. W. M., Kraaimaat, F. W., Van Lankveld, W., Jongen, P. J. H., Jacobs, J. W. G., & Bijlsma, J. W.J. (2001). Beyond unfavorable thinking : the Illness Cognition Questionnaire for chronic diseases. *Journal of Consulting and clinical psychology*, 69(6), 1026-1036.
  8. Fortin, M-F., & Gagnon, J. (2016). *Fondements et étapes du processus de recherche : Méthodes quantitatives et qualitatives*. Chenelière Éducation
  9. Funder, D. C., & Ozer, D. J. (2019). Evaluating effect size in psychological research : sense and nonsense. *Advances in Methods and practices in psychological*, 2(2), 156-168.  
<https://journals.sagepub.com/doi/pdf/10.1177/2515245919847202>.
  10. GBD Chronic Kidney Disease Collaboration. (2020). Global, regional, and national burden of chronic kidney disease, 1990-2017 : a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2017. *The Lancet*, 395(10225), 709-733.  
<https://www.researchgate.net/publication/339269981>.
  11. Gignac, G. E., & Szodorai, E. T. (2016). Effect size guidelines for individual differences researchers. *Personality and Individual differences*, 102, 74-78.  
<https://daneshyari.com/article/preview/889657.pdf>.
  12. George, L.S., & Park, C.L. (2016). Meaning in life as comprehension, purpose, and mattering : Toward integration and new research questions. *Review of general psychology*, 20(3), 205-220.  
<https://www.researchgate.net/publication/304032002>

13. Heintzelman, S. J. (2018). Eudaimonia in the Contemporary Science of Subjective Well-Being: Psychological Well-Being, Self-Determination, and Meaning in Life. In E. Diener, S. Oishi, & L. Tay (Eds.), *Handbook of Well-Being*. Salt Lake City, UT: DEF Publishers. <https://doi.org/10.4324/9781351231879-14>
14. Huppert, F. A. (2009). Psychological well-being: Evidence regarding its causes and consequences. *Applied Psychology: Health and Well-Being*, 1(2), 137–164. <https://doi.org/10.1111/j.1758.2009.01008.x>
15. Joshanloo, M. (2019). Investigating the relationships between subjective well-being and psychological well-being over two decades. *Emotion*, 19(1), 183–187. <https://www.researchgate.net/publication/323507315>
16. 16 Joshi, R., John, O., & Jha, V. (2017). The potential impact of public intervention in preventing kidney disease. *Seminars in Nephrology*, 37(3), 234-244.
17. <https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/53206207/10.1016>.
18. 17 Jungers, P., Joly, D., Man, N.K., & Legendre, C. (2011). *L'INSUFFISANCE RÉNALE CHRONIQUE : Prévention et traitement*. 4<sup>è</sup> éd. Lavoisier
19. Kerlinger, F.N. (1986) *Foundations of Behavioral Research*. 3<sup>è</sup> éd. Holt, Rinehart and Winston, New York
20. 19 King, L.A., Hicks, J.A., Krull, J., & Del Gaiso, A.K. 52006°. Positive affect and the experience of meaning in life. *Journal of Personality and Social Psychology*, 90(1), 179-196. <https://www.researchgate.net/publication/7326319>
21. 20 Limperg, P. F., Maurice-Stam, H., Heesterbeek, M. R., Peters, M., Coppens, M., Krup, M. J. H. A., Eikenboom, J., Grootenhuis, M.A., & Haverman, L. (2020). Illness cognitions associated with health-related quality of life in young adult men with haemophilia. *Haemophilia*, 26(5), 793-799. <https://www.researchgate.net/publication/343881817>
22. 21 Martela, F., & Steger, M.F. (2016). The three meanings of meaning in life : Distinguishing coherence, purpose, and significance. *Journal of Positive Psychology*, 11(5), 531-5545. <http://www.its.caltech.edu/~squartz/Martela-Steger-JOPP.pdf>
23. 22 Portail Officiel du Gouvernement de Côte d'Ivoire. (2018). *Insuffisance rénale : 97 nouveaux postes de traitement rénal créés*. [www.gouv.ci/\\_actualite-article.php?recordID=9448](http://www.gouv.ci/_actualite-article.php?recordID=9448).
24. 23 Ryff, C. D. (1989). Happiness is everything, or is it ? Explorations of the meaning of psychological well-being. *Journal of Personality and Social Psychology*, 57(6), 1069-1081. [https://www.academia.edu/36709109/Happiness\\_Is\\_Everything\\_or\\_Is\\_It\\_Explorations\\_on\\_the\\_Meaning\\_of\\_Psychological\\_Well\\_Being](https://www.academia.edu/36709109/Happiness_Is_Everything_or_Is_It_Explorations_on_the_Meaning_of_Psychological_Well_Being).



25. 24 Ryff, C. D. (2014). Psychological well-being revisited : advances in the science and practice of Eudaimonia. *Psychother psychosom*, 83(1), 10-28. <https://www.karger.com/Article/Pdf/353263>.
26. 25 Sinclair, P., Bennett, P., & Shandahan, B. (2014). Nursing care of people with kidney disorders. In *Medical-surgical nursing: Critical thinking for person-centered care*. Frenchs Forest: Pearson Australia, pp. 887–934.
27. 26 Untas, A., Aguirrezabal, M., Chauveau, P., Leguen, E., Combe, C., & Rasclé, N. (2009). Anxiété et dépression en hémodialyse : validation de l’Hospital Anxiety and Depression Scale (HADS). *Néphrologie & Thérapeutique*, 5(3), 193-200. <https://doi.org/10.1016/j.nephro.2009.01.007>.
28. 27 Yamamoto Y, Hayashino Y, Akiba T, Akizawa T, Asano Y, Saito A, Kurokawa K, Fukuhara S. (2009). Depressive symptoms predict the subsequent risk of bodily pain in dialysis patients: Japan Dialysis Outcomes and Practice Patterns Study. *Pain Med*. 10(5):883-9. doi: 10.1111/j.1526-4637.2009.00661.x. PMID: 19682272

## Evaluating the Impact of a Teaching Program on Nurses' Performance during CVP Measurement in Intensive Care Units: A Quasi-Experimental Study

*Yasser Adnan Abu Jaish*

PhD in Emergency and Critical Care

PhD in Community Health

Al-Maarefa University - KSA

[Doi:10.19044/esj.2023.v19n33p116](https://doi.org/10.19044/esj.2023.v19n33p116)

Submitted: 29 May 2023

Accepted: 22 November 2023

Published: 30 November 2023

Copyright 2023 Author(s)

Under Creative Commons CC-BY 4.0

OPEN ACCESS

*Cite As:*

Abu Jaish Y.A. (2023). *Evaluating the Impact of a Teaching Program on Nurses' Performance during CVP Measurement in Intensive Care Units: A Quasi-Experimental Study*. *European Scientific Journal*, ESJ, 19 (33), 116.

<https://doi.org/10.19044/esj.2023.v19n33p116>

### Abstract

The intensive care unit (ICU) is a specialized area of hospitals dealing with the diagnosis, management, and follow-up of critically ill patients. Moreover, Critical Care Nurses (CCNs) should have strong analytical, interpersonal, and decision-making skills. Objectives: This study aimed to assess the effect of the teaching program on CCNs' performance during the measurement of central venous pressure (CVP). Design: A quasi-experimental design was used. Methods: The study was conducted in the critical care units at Al-Assad University Hospital, Damascus from June to September 2020. All available registered nurses working in the previous ICUs were included. An observational checklist sheet was developed by the researcher after reviewing the related literature. Each nurse was observed once for each procedure during different shifts. The researcher developed and designed the teaching program based on the nurses' needs according to their performance during the initial assessment. Results: The results showed that the performance of the nurses improved after the program. The best performance was for nurses in the age group between 20 and 24 years, nurses with a master's degree, and nurses with less than five years of experience, while the level of knowledge and practice of the studied nurses was average and poor before the teaching program. Overall, this study found a statistically significant relationship before and after

the implementation of the program. Conclusion: There has been an obvious improvement in nurses' knowledge and performance after the teaching program. It is essential to help nurses expand their knowledge and practices to provide high-quality care and promote patient safety.

---

**Keywords:** Intensive Care Unit, Patient, Care, Safety

## **Introduction**

The measurement of central venous pressure (CVP) has become an indispensable tool for the management of seriously ill or injured patients. The information gained from measuring CVP is helpful in several clinical contexts, especially when bound with other assessments including blood pressure, pulse, and urine output (Roger, Muller et al. 2017, Bano, Qadeer et al. 2018).

Today, CVP measurement is a nursing responsibility. Therefore, critical care nurses should be able to measure the CVP competently and identify the factors affecting its readings (Hill and Smith 2021).

CVP monitoring is considered one of the significant components of invasive hemodynamic monitoring. It refers to the measurement of the right atrial pressure or the pressure of the great veins within the thorax. It is used to monitor the right ventricular function (Patel 2021).

The accuracy of CVP measurement may be affected by technical factors such as the use of incorrect techniques, which may introduce errors in pressure measurement and lead to therapeutic mismanagement of critically ill patients. The best way to deal with these errors is to understand how they can happen and thereby, minimize this risk through knowledge and careful attention to technique (O'Dwyer 2011).

Identifying the physiological factors affecting CVP may help the critical care nurse in interpreting CVP readings. The following are among the physiological factors: venous blood volume and venous compliance which are the main determinants of venous pressure.

The position of the body is among the factors affecting blood distribution, venous return, and CVP. Literature mentioned that CVP can be measured correctly at a backrest position up to 45 degrees. A review of clinical studies indicates that backrest elevation up to 60 degrees doesn't affect the measurement of intracardiac pressure or cardiac output (Hill 2018, Lesmana, Ose et al. 2019, Kolikof, Peterson et al. 2020, Hill and Smith 2021).

Intensive care nurses face the challenge of caring not only for critically ill patients but also for complex machinery. To improve the delivery of care to the patients, an understanding of the machines and their effects is essential and increases the nurses' confidence and allows them to focus on the patients

and associated problems while maintaining safe and informed care (Sannino and Pisani 2018).

Hemodynamic monitoring is now considered to be essential in the management of critically ill patients. Highly sophisticated monitoring equipment has been developed which provides precise measurement of hemodynamic parameters. The critical care nurse needs to have an understanding of the functions, benefits, and potential complications of hemodynamic monitoring; as pneumothorax, bleeding, sepsis emboli, and technological advances continue at an ever-increasing rate, nurses must also continue to develop their understanding of the complex data that are subsequently generated (Li, Wang et al. 2017, Bano, Qadeer et al. 2018, Hill and Smith 2021).

The close monitoring and observation of critically ill patients is an essential feature of the role of the nurses working in intensive care units. CVP measurement is a nursing responsibility; therefore, the critical care nurse needs to be technically and clinically competent in the CVP measurement (Endla, Kabdal et al. 2017, Hill and Smith 2021).

Before the CVP measurement, the nurse should assess and observe for signs and symptoms indicating the need for CVP measurement, including low or labile blood pressure, widely diverse intake and output, and fluid administration at a rapid rate. In addition, she should identify the client who is potentially at risk for fluid imbalance and assess the signs and symptoms of fluid volume excess or deficit, requiring CVP measurement to correlate the patient's clinical picture with the CVP value (Magder 2007, Von Rueden 2020).

Moreover, critical care nurses should assess all factors that could affect the CVP reading, including the patient's diagnosis, hydration status, administered medications, and obesity. In addition, the nurse should prepare herself and wash her hands before measuring the CVP. She should explain the procedure to the patient to promote understanding and reduce anxiety. Also, she should prepare the needed equipment for CVP measurement and put the patient in the supine position (O'Dwyer 2011, Bano, Qadeer et al. 2018, Hill 2018).

During the procedure, the critical care nurse should place the zero level of the water manometer at the level of the hemostatic axis. Then, she should turn the water manometer stopcock open to the intravenous fluids to permit fluid to fill the water manometer. After that, she should open the intravenous (IV) tubing roller clamp so that fluid flows from the IV fluid bag into the water manometer. The critical care nurse should fill the manometer above the level of the expected CVP reading and should understand that if the fluid is allowed to overflow the top of the manometer, contamination can result. Under-filling the water manometer will result in an inaccurate CVP

measurement. Ensure that there are no air bubbles in the manometer. Then, allow the IV fluid to drip rapidly into a client for several seconds, with the stopcock closed to the manometer to assure the patency of the CVP line. The nurse should consider that if the fluid does not flow freely, the CVP reading will be inaccurate (Al-Metyazidy and Younis , O'Dwyer 2011, Urden, Stacy et al. 2013, Aloush 2018, Bano, Qadeer et al. 2018, Hill 2018, Hill and Smith 2021).

Then, the water manometer stopcock should be opened to the patient and closed to the IV solution to allow fluid to flow into the patient until the fluid column equalizes with the pressure in the right atrium. The fluid column should be observed closely because if the manometer is allowed to empty, air may enter the patient. Take the reading when the fluid level stabilizes at the end of expiration. After that, raise the manometer above the patient to allow the IV fluid to infuse into the patient. Finally, turn the manometer stopcock off to the manometer to allow intravenous fluid infusion (Ahmed, Eltayeb et al. 2016, Huang, Tsao et al. 2021).

After CVP measurement, the critical care nurse should regulate the IV fluid rate, record in the nurse's notes or on the flow sheet the CVP reading, the central line access site, and report any abnormal values to the physician. Additionally, document the treatment modalities initiated for abnormal values. Return the manometer to the bedside intravenous pole, and wash hands (Promnoi 2012, Endla, Kabdal et al. 2017, Atia 2020).

Normal CVP values vary between individuals but are usually between 5 and 12 CmH<sub>2</sub>O. The readings are influenced by myocardial contractility, vascular tone, and intrathoracic pressure. If the patient is ventilated, the CVP will be increased (Sathish, Singh et al. 2016, Mansour 2019, Ahmed, Esmat et al. 2021).

### **Significant of the Study**

Critically ill patients admitted to an ICU experience, on average, 1.7 medical errors each day, and many patients suffer a potentially life-threatening error during their stay (Camiré Moyen et al., 2009; Gracia Serrano et al., 2019).

Nurses and all other health care professionals sometimes make mistakes in providing their care services, regardless of their level of expertise, knowledge, and precision. Nursing errors can occur at any point in time during nursing activities and procedures, and the outcomes may be subtle or severe (Peyrovi, Nikbakht Nasrabadi et al., 2016).

Like other parts of the world, there are negative patient health and healthcare outcomes in Syria. Therefore, special attention should be paid to the clinical skills and knowledge of nurses working in ICUs (Rezaee Ghaljeh et al., 2020). Therefore, this study was conducted to assess the effect of an

educational program on nurses' practices regarding the implementation of patient care and safety measures in the intensive care units in Syria.

### **Methods**

In this research endeavor, we employed a quasi-experimental design, characterized by a non-randomized sample selection and an absence of a control group, to explore the relationship between a teaching program and the enhancement of nurses' performance in the measurement of CVP. The study was carried out in the intensive care units of Al-Assad University Hospital, Damascus, with a focus on all available registered nurses, comprising a total of 48 participants who were actively working during the stipulated data collection period.

To facilitate the assessment of nurses' performance, we devised an observational checklist sheet meticulously tailored to the CVP measurement, which was informed by an extensive review of pertinent literature. Each participating nurse was meticulously observed during multiple shifts, allowing for a comprehensive evaluation of their proficiency in the procedure. The development of the teaching program was rooted in a rigorous analysis of nurses' initial performance assessments. The program was meticulously designed to address the specific needs and deficiencies identified during this evaluation. The study underscores the pivotal role of tailored educational interventions in improving nurses' proficiency and patient care in the high-stakes environment of intensive care units.

### **Pilot Study:**

Prior to the initiation of the main research endeavor, a pilot study was executed to validate the research instrument. This preliminary assessment enlisted the participation of five experienced nurses currently employed in the same ICUs under examination, with a caveat that these individuals would not be included in the final sample of the primary study. The primary aim of the pilot study was to scrutinize the research tool's usability and appropriateness within the context of the intended investigation. Through meticulous evaluation, minor refinements were introduced to enhance the tool's clarity and relevance. Furthermore, in consideration of linguistic preferences, select terminology was refined to its Arabic equivalents.

### **Ethical Considerations**

Several essential ethical considerations were observed during the data collection process:

- **Official Permission:** Prior to commencing the study, official permission was obtained from Al-Assad University Hospital, Damascus. The study's aims were comprehensively explained to the

hospital's manager and the head of the intensive care unit. This step ensured alignment with institutional protocols and ethical standards.

- **Tool Development:** The observational checklist sheet used in the study was meticulously developed by the researcher following an extensive review of relevant literature. This ensured that the tool was appropriately designed to meet the study's objectives.
- **Nurse Characteristics Recording:** Demographic and professional characteristics of the nurses were recorded once at the outset of the data collection phase.
- **Observation Procedures:** Each nurse was observed once for each procedure during various shifts, allowing for a comprehensive assessment of their performance.
- **Duration of Data Collection:** The data collection phase spanned approximately three months, ensuring a sufficiently comprehensive dataset.
- **Survey Distribution:** The survey formats were personally distributed by the investigator, accompanied by a cover letter that clearly outlined the study's purpose, the confidentiality measures in place, and the hospital's formal approval.
- **Participant Assurance:** Nurses participating in the study were explicitly assured that their involvement would not result in any harm, risk, or discomfort. This assurance was critical in maintaining ethical standards and ensuring participants' well-being.

These ethical considerations were paramount in upholding the integrity and legitimacy of the data collection process.

## **Tools**

The tool employed in this study was custom-developed by the researcher and comprises two distinct components: Demographic Data Collection (Table 1): The initial segment of the tool captures demographic information concerning the nurses under investigation.

Observational Checklist (Table 2): The core component of the tool, Table 2, is an observational checklist designed to assess nurses' performance concerning the implementation of patient care and safety measures during the CVP measurement procedure.

It is important to note that the tool was methodically formulated by the researcher following an exhaustive review of relevant literature. This meticulous development process ensured that the tool was comprehensive, suitable for the research objectives, and aligned with established practices in



the field. (Roberts, 2017; Jones & Fix, 2019; Nunnery, 2019; Smith, 2019; Wilkinson Treas et al., 2019).

The research tool was subjected to a translation process, resulting in its adaptation into the Arabic language. This step was undertaken to ensure that the tool was accessible and comprehensible to the study participants, who primarily communicated in Arabic. The translation process aimed to maintain the tool's accuracy, consistency, and relevance, aligning it effectively with the linguistic and cultural context of the study.

### ***Reliability Testing:***

To assess the reliability and applicability of the safety measures observational checklist, two distinct methods were employed:

**Interrater Reliability Assessment:** The reliability of the checklist was evaluated using interrater reliability analysis. Three experts in the critical care nursing field were engaged to independently assess the checklist's items. The resulting reliability coefficient ( $r$ ) for the safety measures observational checklist was determined to be 0.96, indicating a high degree of consistency among the expert raters.

**Cronbach's Alpha Coefficient:** To further ensure the internal consistency of the tool, Cronbach's alpha coefficient was calculated. The obtained value of 0.84 demonstrates a satisfactory level of internal consistency, affirming the reliability of the checklist in evaluating safety measures during CVP measurements.

These reliability assessments validate the tool's effectiveness and robustness in its intended application, providing confidence in the data collected and the study's findings.

### **Inclusion Criteria:**

The study included all licensed nurses who were actively employed in the former Intensive Care Units (ICUs) at Al-Assad Hospital.

### **Exclusion Criteria:**

The following categories of individuals were excluded from the study:

- Internship students.
- Nurses who were on vacation during the data collection period.
- Head nurses.

These inclusion and exclusion criteria were applied to ensure that the study focused exclusively on licensed nurses actively working in the specified ICUs, while excluding interns, nurses on vacation, and head nurses, as their roles or circumstances did not align with the study's objectives.



## **Data Collection Process**

The data collection process spanned from June 2020 to September 2020 and consisted of four distinct stages:

- **Assessment:** The initial stage involved observing each nurse's performance for each procedure at the onset of data collection. This step aimed to identify and pinpoint specific areas of weakness in the nurses' capabilities.
- **Planning:** Subsequently, a comprehensive teaching program was meticulously developed. The program was tailored to address the identified needs and deficiencies of the nursing staff, ensuring a targeted approach to skill enhancement.
- **Intervention:** The third stage revolved around the actual implementation of the teaching program. This encompassed the use of various educational tools such as PowerPoint presentations and hands-on training sessions, with the primary goal of enhancing the nurses' knowledge and performance.
- **Reassessment:** The final stage involved a thorough reassessment of the nurses' performance following the implementation of the teaching program. This post-intervention evaluation was instrumental in gauging the extent of improvement achieved.

The structured progression through these four stages enabled a comprehensive understanding of the impact of the teaching program on the nurses' performance during CVP measurements.

## **Statistical Analysis**

The data were analysed using the Statistical Package for Social Science (SPSS version 20.0). Qualitative data were described using numbers and percentages (Armonk, NY: IBM Corp). The Kolmogorov-Smirnov test was used to verify the normality of distribution. Quantitative data were described using range (minimum and maximum), mean, and standard deviation. The significance of the obtained results was judged at the 5% level.

## **The Educational Program**

This research details an educational program designed to enhance the competencies of nurses over a two-week duration. The program is meticulously divided into four sequential phases, each addressing specific aspects of professional development. These phases are structured as Assessment, Planning, Implementation, and Evaluation (inclusive of Reassessment), providing a comprehensive framework for nurse training.

The educational program comprises two fundamental components, offering a well-rounded approach to nurse education. Firstly, an educational pamphlet handout serves as a foundational reference, supplying participants with essential knowledge and resources. Secondly, an intensive eight-hour daily workshop forms the core of the program. The workshop entails a multifaceted approach, including didactic lectures, collaborative group discussions, and hands-on training scenarios. To ensure optimal learning outcomes, every participating nurse is mandated to attend a minimum of two hours of training sessions on a daily basis.

The program is strategically crafted in the Arabic language to ensure optimal understanding among the target audience, the nurses. Its primary objective is to augment nurses' proficiency in the crucial domain of Data CVP measurement. Employing an array of instructional strategies, the program seeks to impart contemporary knowledge through dynamic PowerPoint presentations and experiential learning via training sessions on manikins. This approach is designed to effect meaningful enhancements in nurses' knowledge base and practical skills.

The program's creation and development were meticulously orchestrated through a systematic four-phase approach. This approach was designed to optimize the educational and practical impact of the program on nurses' proficiency in CVP measurement.

#### **Phase One - Initial Assessment:**

In the inaugural phase, the researcher methodically evaluated nurses' CVP measurement performance using a purpose-designed checklist. This assessment was pivotal in identifying the baseline proficiency and shortcomings among the nursing staff

#### **Phase Two - Program Development:**

The second phase was characterized by the development and implementation of a teaching program, custom-tailored to the specific needs identified during the initial assessment. The objective was to address individual and collective areas of improvement.

#### **Phase Three - Program Delivery:**

The third phase featured the delivery of the program itself. This multifaceted approach encompassed dynamic PowerPoint presentations, practical demonstrations, and hands-on training sessions. These activities were meticulously curated to equip nurses with relevant knowledge and to elevate their practical skills in CVP measurement.

**Phase Four - Post-Program Assessment:**

In the final phase, a comprehensive assessment was conducted to gauge the post-program impact on nurses' performance. This phase played a crucial role in quantifying and validating the extent of improvement achieved through the program.

**Results**

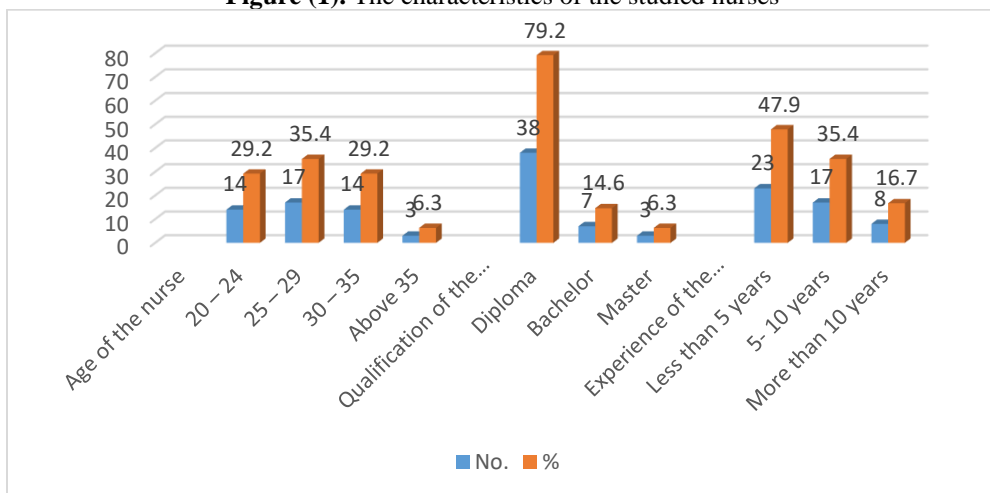
In this study, a total of 48 nurses were included, with an average age of 28 years.

The age distribution of the participants reveals that seventeen nurses, constituting more than 35% of the total sample, fell within the age group of 25-29 years. An equal number of nurses, 14 each, were distributed among the age groups of 20-24 and 30-35 years, collectively representing 29.2% of the participants. Three nurses, accounting for 6.3% of the sample, were aged over 35 years.

Regarding the qualifications, the majority of the nurses, 38 in number, approximately 80% of the sample, held a diploma degree. Seven nurses, comprising around 15% of the sample, possessed a bachelor's degree. Three nurses, constituting roughly 6% of the sample, had earned a master's degree.

Regarding the years of professional experience, a total of 23 nurses, or 47.9% of the participants, had less than five years of experience. Seventeen nurses, representing 35.4% of the sample, had accumulated between five to ten years of experience. Eight nurses, amounting to 16.7% of the sample, possessed over ten years of professional experience. The mean years of experience among the nurses were calculated to be 6 years. (Figure 1).

**Figure (1).** The characteristics of the studied nurses



This table provides a comprehensive account of the patient care and safety measures associated with the measurement of CVP. The study evaluates the proficiency of the participating nurses in adhering to these steps both before and after the educational program. Prior to the educational program, the results indicated a noteworthy deficiency in adherence to the prescribed CVP measurement steps. Among a total of twenty-one steps, the nurses exhibited suboptimal performance, correctly implementing only seven steps. The range of nurses correctly performing the remaining fourteen steps varied from 4.2% to 100%.

Remarkably, a marked improvement in nursing performance was observed across all CVP measurement steps after the educational program. The percentage of nurses correctly executing these steps ranged from 20.8% to 100%, reflecting substantial progress in adherence to patient care and safety measures. Nurses' scores, which represent their overall performance in implementing these measures, displayed a notable increase following the program. Scores improved from a pre-program range of 42 to 77, with a mean score of  $53.92 \pm 9.31$ , to a post-program range of 57 to 84, accompanied by a mean score of  $75.44 \pm 6.93$ .

**Table (2).** The description and implementation of patient care and safety measures of the studied nurses according to the measurement of central venous pressure steps before and after the educational program

Central Venous Pressure CVP	Frequency (N= 48)															
	Before an educational program								After an educational program							
	Not done		Done incorrectly		Need more practice		Done correctly		Not done		Done incorrectly		Need more practice		Done correctly	
	No.	%	No.	%	No.	%	No.	%	No.	%	No.	%	No.	%	No.	%
Assess the patient's respiratory and cardiac status	16	33.3	25	52.1	7	14.6	0	0.0	0	0.0	8	16.7	30	62.5	10	20.8
Assess the patient's need for measurement	12	25.0	24	50.0	12	25.0	0	0.0	0	0.0	1	2.1	23	47.9	24	50.0
Prepare all necessary equipment and supplies	0	0.0	25	52.1	16	33.3	7	14.6	0	0.0	0	0.0	10	20.8	38	79.2
Wash hands	16	33.3	22	45.8	10	20.8	0	0.0	0	0.0	6	12.5	18	37.5	24	50.0
Wear gloves	13	27.1	12	25.0	20	41.7	3	6.3	2	4.2	1	2.1	13	27.1	32	66.7
Explain the procedure	16	33.3	23	47.9	9	18.8	0	0.0	0	0.0	6	12.5	16	33.3	26	54.2
Maintain privacy	18	37.5	24	50.0	6	12.5	0	0.0	0	0.0	5	10.4	27	56.3	16	33.3
Begin the IV infusion	0	0.0	0	0.0	0	0.0	48	100	0	0.0	0	0.0	0	0.0	48	100
Check the patency of the catheter by flush back	19	39.6	21	43.8	6	12.5	2	4.2	0	0.0	3	6.3	22	45.8	23	47.9
If there is no flush back check the catheter for clot formation	7	14.6	14	29.2	25	52.1	2	4.2	0	0.0	0	0.0	14	29.2	34	70.8
If the catheter is patent, close the stopcock in the direction of the patient	0	0.0	0	0.0	5	10.4	43	89.6	0	0.0	0	0.0	2	4.2	46	95.8
Allow the solution to pass via the manometer line	0	0.0	0	0.0	0	0.0	48	100	0	0.0	0	0.0	0	0.0	48	100
Positioning the patient	0	0.0	12	25.0	28	58.3	8	16.7	0	0.0	0	0.0	8	16.7	40	83.3
Put the manometer at the fifth intercostal space mid-axillary line of the patient	0	0.0	25	52.1	20	41.7	3	6.3	0	0.0	2	4.2	21	43.8	25	52.1
Take the CVP reading when fluid stops fluctuating	0	0.0	24	50.0	16	33.3	8	16.7	0	0.0	1	2.1	28	58.3	19	39.6
Begin an I.V solution such as normal saline	0	0.0	5	10.4	15	31.3	28	58.3	0	0.0	0	0.0	0	0.0	48	100
Return the patient in comfort position	8	16.7	18	37.5	21	43.8	1	2.1	0	0.0	4	8.3	23	47.9	21	43.8
Return the equipment	0	0.0	26	54.2	22	45.8	48	100.0	0	0.0	0	0.0	13	27.1	35	72.9
Remove gloves	13	27.1	12	25.0	20	41.7	3	6.3	2	4.2	1	2.1	13	27.1	32	66.7
Wash hands	5	10.4	20	41.7	23	47.9	0	0.0	0	0.0	5	10.4	23	47.9	20	41.7
Documentation	5	10.4	18	37.5	19	39.6	0	0.0	0	0.0	0	0.0	9	18.8	39	81.3
<b>The total score of Central Venous Pressure (21–84)</b>																
<b>Min. – Max.</b>									57.0 – 84.0							
<b>Mean ± SD</b>									75.44 ± 6.93							
<b>t (p)</b>									<b>47.844*(&lt;0.001*)</b>							

t: Paired t-test

p: p-value for comparing between Before and After \*: Statistically significant at  $p \leq 0.05$

## **Impact of Age on Nurses' Performance in CVP Measurement**

In the context of age-based analysis, the study revealed significant variations in nurses' performance scores before and after the educational program in the measurement of CVP. Prior to the program, nurses in the age group 20-24 exhibited scores ranging from 52 to 61 out of a total score of 84. Following the program, their scores demonstrated a notable improvement, with a range of 77 to 79. Nurses in the 25-29 age group initially displayed scores ranging from 41 to 77 out of 84. Post-program, their scores ranged from 71 to 84, indicating a substantial enhancement in performance. The analysis underscores that nurses within the age groups of 20-24 and 25-29 exhibited the most significant improvements in performance, signifying the efficacy of the educational program in bolstering their proficiency in CVP measurement.

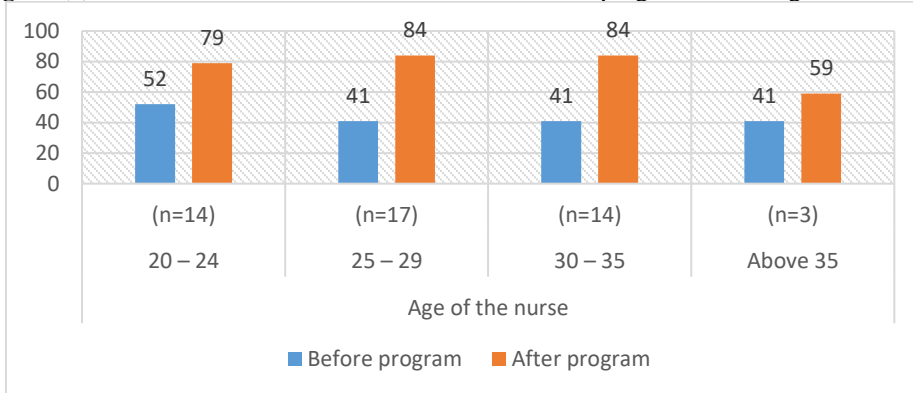
Nurses within the 30-35 age group exhibited scores ranging from 41 to 65 out of a total score of 84 before the program. Following the program, their scores demonstrated improvement, with a range of 61 to 84. For nurses aged more than 35 years, initial scores ranged from 41 to 42 out of 84 before the program. Post-program, their scores improved to a range of 57 to 59. The overall analysis revealed a statistically significant difference in scores before and after the program among nurses of varying age groups. This underscores the program's effectiveness in enhancing the performance of nurses across age categories in CVP measurement. ( $P < 0.001$ ) (figure 2).

In the context of age-based analysis, the study unveils intriguing patterns in nurses' scores before and after the educational program, particularly with respect to CVP measurement proficiency. Prior to the implementation of the educational program, distinct variations were discerned in the performance scores of nurses across different age groups. Notably, the age group spanning from 20 to 24 years achieved the highest minimum score, with a score of 52 out of a possible 84. In contrast, nurses in the 25-29 age group attained the highest maximum score, reaching an impressive 77. Conversely, nurses aged over 35 years garnered the lowest maximum score, amounting to 42.

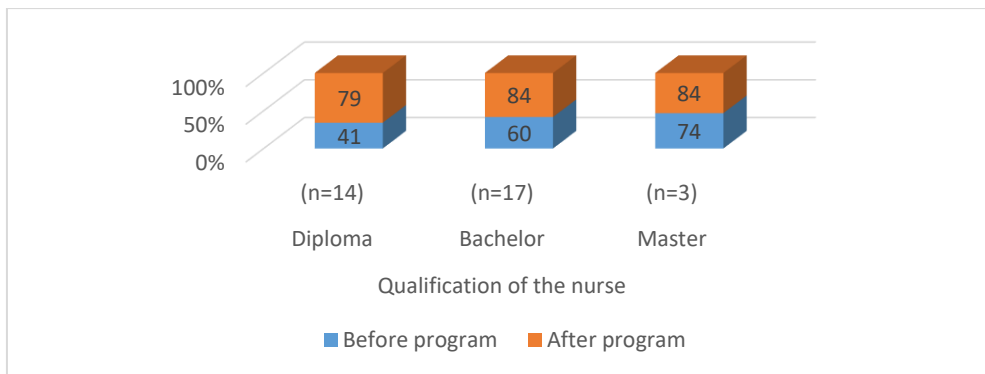
Subsequent to the educational program, marked improvements in performance scores were noted across all age groups. The 20-24 age group exhibited the highest minimum score, a substantial 77, while the 25-29 age group achieved the highest maximum score, attaining a perfect 84. Conversely, nurses aged over 35 years showcased the lowest minimum and maximum scores, both within the range of 57 to 59.

The findings of this study underscore a statistically significant relationship between nurses' age and their performance in CVP measurement, both before and after the educational program. These results emphasize the program's efficacy in enhancing performance and mitigating age-related disparities in scores. ( $p < 0.001$ ) (figure 2).

**Figure (2).** CVP measurement scores before and after the program according to nurses' age



**Figure 3.** CVP measurement scores before and after the program according to nurses' qualifications



### Impact of Educational Qualifications on Nurses' Performance in CVP Measurement

The findings presented here shed light on the performance scores of nurses holding a diploma degree in CVP measurement before and after the educational program. Prior to the program, the scores of nurses with diploma degrees exhibited variability, ranging from 41 to 61 out of a possible total score of 84. The calculated mean and standard deviation for this group were  $50.47 \pm 6.50$ , signifying the central tendency and spread of scores. Following the educational program, the performance scores of these nurses showcased a notable improvement, varying from 57 to 79. The mean and standard deviation after the program were calculated as  $73.53 \pm 6.52$ .

These results underscore the substantial enhancement in CVP measurement proficiency among nurses holding a diploma degree after participating in the educational program.

In this section, we present a comparative analysis of the performance scores of nurses categorized by their educational qualifications in the context

of CVP measurement before and after the educational program. The scores of nurses with a bachelor's degree prior to the program ranged from 60 to 68. The mean score was 63.43, with a standard deviation of 2.88. After the program, the performance scores for this group improved, ranging from 80 to 84. The mean score increased to 82.14, with a reduced standard deviation of 1.35.

Prior to the program, nurses holding a master's degree achieved scores ranging from 74 to 77. The mean score was 75.33, with a standard deviation of 1.53. Following the program, the performance scores in this group reached a maximum of 84, with a mean score of 84.0 and a standard deviation of 0.0.

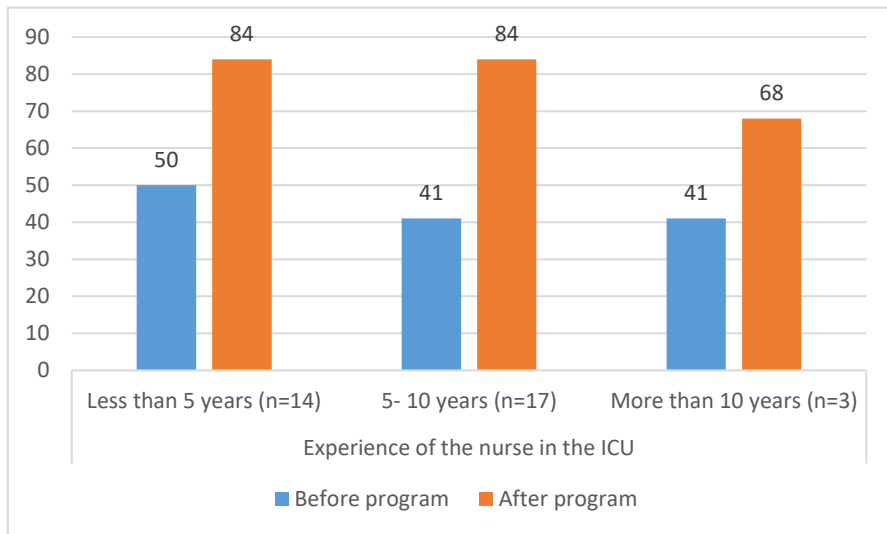
Collectively, the results reveal a statistically significant relationship between the implementation of the educational program and the performance scores of nurses in all educational qualification categories ( $P < 0.001$ ). This demonstrates the program's efficacy in enhancing CVP measurement proficiency across different educational backgrounds. (figure 3).

In the context of educational qualifications, this section delves into the performance scores of nurses in CVP measurement before and after the educational program. Before the program, an interesting trend emerged with regard to nurses' performance based on their educational qualifications. Nurses with a master's degree demonstrated the highest minimum and maximum scores, with values of 77 and 84, respectively. In contrast, nurses with a diploma had the lowest minimum and maximum scores, scoring 41 and 57, respectively. Following the program, an overall improvement in performance scores was noted across various educational qualifications. The highest scores, attaining a maximum of 84, were achieved by nurses with a master's degree. On the other hand, nurses with a diploma showed the lowest scores, with a minimum of 79.

Notably, a statistically significant relationship was identified across all performance measures in this procedure both before and after the implementation of the educational program ( $p < 0.001$ ). These findings underscore the program's efficacy in enhancing performance regardless of the nurses' educational qualifications. (figure 3).



**Figure 4.** CVP measurement scores before and after the program according to nurses' experiences



### Impact of nursing experience on CVP measurement scores before and after the program

This section delves into the performance scores of nurses in CVP measurement, with a focus on their years of nursing experience both before and after the educational program. Prior to the program, nurses with less than five years of experience exhibited performance scores ranging from 50 to 77 out of a total score of 84. The mean score was 59.61, with a standard deviation of 7.37. After the program, their performance scores improved, with a range of 77 to 84. The mean score increased to 79.52, with a reduced standard deviation of 2.15.

Before the program, nurses with five to ten years of experience had scores ranging from 41 to 65. The mean score was 51.71, with a standard deviation of 7.74. Following the program, their scores significantly improved, ranging from 69 to 84. The mean score also increased to 79.52, with a standard deviation of 2.15.

Before the program, nurses with more than ten years of experience had scores ranging from 41 to 44. The mean score was 42.25, with a standard deviation of 1.04. Post-program, their performance scores improved substantially, with a range of 57 to 68. The mean score increased to 79.52, accompanied by a standard deviation of 2.15.

The results underline a statistically significant relationship between nursing experience and performance scores in CVP measurement before and after the implementation of the educational program ( $P < 0.001$ ). This

highlights the program's efficacy in enhancing performance across various experience levels. (figure 4).

## **Discussion**

CVP measurement remains a crucial practice in the Intensive Care Unit (ICU), with critical care nurses taking on the responsibility for this vital task. Proficiency in CVP monitoring is imperative, and only healthcare professionals possessing the necessary knowledge and skills should undertake this procedure (Hill 2018, Hill and Smith 2021).

In this study, the observation of nurses during CVP measurement revealed disparities in the implementation of patient care and safety measures. The results of the study demonstrated a statistically significant relationship in the performance of nurses before and after the implementation of an educational program aimed at enhancing CVP measurement proficiency.

An age-based analysis of nurses' performance prior to the educational program revealed interesting trends. Nurses in the age group of 20-24 years exhibited the highest minimum scores, while nurses in the 25-29 age group achieved the highest maximum scores. Conversely, nurses in the age groups of 25-30, 30-35, and those aged over 35 obtained the lowest minimum scores. Furthermore, nurses aged over 35 demonstrated the lowest minimum and maximum scores.

Following the educational program, nurses in all age groups displayed enhanced performance. The highest minimum scores were achieved by nurses in the 20-24 age group, while the highest maximum scores were attained by nurses in the 25-29 and 30-35 age groups. In contrast, nurses aged over 35 continued to exhibit the lowest minimum and maximum scores.

Overall, this study established a statistically significant relationship in all aspects of the CVP measurement procedure both before and after the implementation of the educational program ( $p < 0.001$ ). These findings highlight the program's effectiveness in improving nursing performance and patient safety in CVP measurement, while also emphasizing the variations observed across age groups.

Regarding nurses' qualifications, this section delves into the performance of nurses in CVP measurement, categorized by their educational qualifications, both before and after the educational program. Prior to the program, the study unveiled a distinct pattern in nurses' performance based on their educational qualifications. Nurses with a master's degree exhibited the highest scores, while nurses holding a diploma degree recorded the lowest minimum and maximum scores. Following the implementation of the educational program, nurses across all qualification categories experienced performance enhancements. Notably, nurses with master's and bachelor's

degrees achieved the highest scores, while the lowest scores were observed among nurses with diploma qualifications.

Collectively, this study established a statistically significant relationship in all aspects of the CVP measurement procedure both before and after the educational program ( $p < 0.001$ ). These findings underscore the program's effectiveness in improving nursing performance across various qualification categories, reducing initial disparities, and emphasizing the importance of educational interventions in healthcare settings.

Regarding the nurses' experience, this section explores the performance of nurses in CVP measurement, categorized according to their years of nursing experience, both before and after the educational program. Prior to the program, an interesting pattern emerged in nurses' performance based on their years of experience. Nurses with less than 5 years of experience achieved the highest minimum and maximum scores. In contrast, nurses with 5-10 years of experience and those with more than 10 years of experience recorded the lowest minimum scores. Additionally, nurses with more than 10 years of experience obtained the lowest maximum scores.

Following the implementation of the educational program, nurses across various experience levels exhibited enhanced performance. The highest minimum score was observed among nurses with less than 5 years of experience, while the highest maximum scores were attained by nurses in both the less than 5 years and 5-10 years of experience groups. In contrast, nurses with more than 10 years of experience continued to display lower scores.

This study established a statistically significant relationship in all aspects of the CVP measurement procedure both before and after the implementation of the educational program ( $p < 0.001$ ). These findings underscore the program's effectiveness in improving nursing performance across different years of experience, thus emphasizing the importance of ongoing education and professional development in healthcare settings.

The findings of our study align with the insights provided by Hill in 2018. Hill emphasized the importance of nurses possessing not only sound knowledge and practice but also their adherence to local policies and procedures for CVP monitoring, as well as stringent infection prevention and control protocols. Our study reinforces the significance of these principles in maintaining high standards of patient care and safety during CVP measurements.

The outcomes of our study were in concurrence with the findings reported by Gerard R. in 2019. This alignment reinforces the robustness and consistency of the observations made in our study, further substantiating the validity and relevance of our research within the existing body of knowledge.

It is noteworthy that the findings of this study diverge from those of prior research. Specifically, this study's results contrast with the observations

made by Magder in 2005, where it was reported that the clinical application of CVP measurements indicated a high level of competence among nursing staff in CVP measurement. Similarly, the outcomes of the present study differ from those of Cox, Johnson, et al. in 2005, who reported high proficiency levels among the studied nurses in enhancing patient safety during CVP measurement.

These disparities emphasize the potential variations in clinical practice and nursing performance in CVP measurement across different settings and over time. It underscores the importance of ongoing research to understand and address such differences for the continuous improvement of patient care and safety.

This study's findings diverge from those reported by Magder in 2006. Magder's results indicated that most nurses possessed proficient skills and a strong understanding of CVP measurement techniques. In contrast, the current study's findings suggest variations in nurses' performance in CVP measurement.

These disparities underscore the variability in nursing skills and knowledge regarding CVP measurement across different studies and settings. It is crucial to acknowledge and investigate such differences to improve patient care and safety consistently.

### **Conclusion and recommendations**

In conclusion, this study conducted a rigorous assessment of the influence of a comprehensive teaching program on the proficiency of nurses in CVP measurement within the critical care units of Syria. The findings revealed a prevalent deficiency in both the knowledge and performance of nurses in executing the CVP measurement procedure. This deficiency was further compounded by the absence of sufficient training programs, the burden of high patient volumes, time constraints, and various other contributing factors.

The study's results highlight the critical need for targeted interventions aimed at enhancing nurses' competence and performance in CVP measurement. These interventions should encompass the development and implementation of structured educational programs, optimized patient workload management, and effective time management strategies. Additionally, fostering an environment conducive to continuous professional development is imperative to address the identified deficits and improve the overall quality of care.

The study's implications extend beyond its specific setting, serving as a call to action for healthcare institutions worldwide to prioritize the education, training, and well-being of their critical care nursing staff. By doing so, healthcare organizations can ensure that nurses are adequately equipped to

meet the demands of providing high-quality care in critical settings. However, the implementation of the program resulted in notable enhancements in nurses' performance and their adherence to the prescribed guidelines and protocols. The nurses exhibited heightened satisfaction with their improved capabilities and the availability of updated guidance.

Furthermore, the study unveiled noteworthy and diverse improvements in both the knowledge and performance of nurses, with variations influenced by age, qualifications, and years of experience. These improvements materialized subsequent to their active participation in the educational program.

This observation accentuates the necessity for customized support and training initiatives, which can be tailored to address the unique areas of deficiency specific to individual nurses. Such personalized approaches can lead to a holistic enhancement in performance and competence across the nursing workforce, fostering a comprehensive and equitable growth in the quality of patient care.

The study's implications are significant. It is imperative to prioritize efforts aimed at enhancing nurses' knowledge and practices. Additionally, raising awareness among nurses about the importance of quality care and patient safety is crucial. Inadequate knowledge and practices among nurses have far-reaching implications, adversely affecting the quality of care and patient safety. Therefore, it is incumbent upon healthcare institutions to provide the necessary support, educational programs, and training to equip nurses with the skills and knowledge required to deliver the highest quality care and ensure patient safety. (RN Thompson et al., 2007; Sharma, Sarin et al., 2014; Ahmed, 2019).

In relation to nurses' qualifications, the study unveiled a discernible pattern in the quality of care provision. Nurses with master's degrees consistently demonstrated the highest level of performance. Following closely were nurses with bachelor's degrees, and lastly, nurses with diplomas. This observation underscores the pivotal role of educational qualifications in shaping the capacity to deliver high-quality care. It reaffirms the importance of advancing one's education and training in nursing, as it is closely linked to the ability to provide superior care to patients.

In consideration of nurses' age, the study's findings elucidated a clear pattern in performance. Nurses falling within the age groups of 20-24 and 25-29 consistently excelled in their performance, demonstrating commendable outcomes. In contrast, nurses aged over 35 years consistently exhibited less favorable results. These findings underscore the role of age as a factor influencing nursing performance. The data suggests that younger nurses tend to perform more effectively in the context of the studied procedures,

emphasizing the importance of considering age-related dynamics when optimizing the performance of nursing staff.

Furthermore, the study exposed a conspicuous discrepancy in performance among nurses, contingent on their accumulated years of experience. Nurses with less than five years of experience prominently displayed the highest level of performance, closely followed by those with five to ten years of experience. In contrast, nurses with more than ten years of experience consistently exhibited the least favorable performance. These findings illuminate the profound impact of experience on nursing performance. They accentuate the notion that, in the context of the studied procedures, less-experienced nurses tend to excel in their performance, and the expertise gained over more extended periods may not necessarily correlate with superior performance.

These observations underscore the pivotal role of qualifications, age, and experience in shaping nurses' performance. Their profound impact has far-reaching implications for the delivery of high-quality care. Understanding and recognizing these discernible patterns is of paramount importance for healthcare institutions committed to the pursuit of optimal patient care quality. By acknowledging and addressing the nuances associated with qualifications, age, and experience, healthcare institutions can better tailor their strategies and initiatives to maximize nursing performance, thus elevating the overall quality of care provided to patients.

Nursing staff should focus on participating in and attending educational and training programs to improve their knowledge and performance regarding all the necessary skills and procedures needed in the intensive care units. This is aimed at providing high-quality care for critically ill patients and also improving patient safety. By improving these methods and giving much more educational and training support, the quality of care and safety can be improved (Ahmed, 2019; Bayatmanesh Zagheri Tafreshi et al., 2019).

On the other hand, there was a lack of written policies and procedures, a lack of staff training, a lack of leadership for patient safety initiatives, a lack of improving reporting systems, and a lack of resources, knowledge, and practices of the nursing staff (Ahmed, 2019).

In light of the study's findings, several crucial recommendations emerge, serving as imperative guidelines for healthcare organizations:

- **Development of Teaching and Training Programs:** Healthcare organizations should prioritize the creation and implementation of comprehensive teaching and training programs for their nursing staff. These programs are instrumental in ensuring the provision of high-quality care, promoting patient safety, and keeping nurses updated with the latest advancements in healthcare.

- **Utilization of Experienced and Qualified Nurses:** Nursing procedures, especially those critical to patient care and safety, should be entrusted to experienced and highly qualified nurses. This strategic allocation of responsibilities minimizes the occurrence of hazards and enhances the overall quality of patient care.
- **Regular Updates on Safety and Prevention:** To maintain a culture of safety and hazard prevention, healthcare institutions must provide their critical care nurses with regular updates. These updates should encompass the latest insights, protocols, and best practices in patient safety and infection control.
- **Documentation of Serious Complications:** It is imperative that nurses diligently document any serious complications that may arise during patient care. This documentation not only aids in the management of adverse events but also contributes to continuous quality improvement.
- **Development of Policies and Procedures:** Healthcare organizations should commit to the development and implementation of robust policies and procedures related to best practices and infection control within intensive care units. These guidelines are indispensable for maintaining the highest standards of care and ensuring patient safety.

These recommendations collectively represent a strategic roadmap for healthcare organizations, reinforcing their commitment to the provision of high-quality care, the promotion of patient safety, and the continuous improvement of healthcare practices within the critical care setting.

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

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

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

**Human Studies:** This research followed the Ministry of Higher Education, Al-Assad University Hospital, Damascus University, and its Guidelines for Research Ethics Involving Human Subjects. The research was approved by the Institutional Review Damascus University, Syria.

#### **References:**

1. Ahmed, S., et al. (2021). "Impact of Mini Structured Education Program on ICU Nurses Knowledge and Practice Regarding Prevention of Central Venous Line Associated Blood Stream Infection in Alshaab Teaching Hospital-Khartoum City–2020."



2. Ahmed, W. A. M., et al. (2016). "Invasive hemodynamic monitoring at critical care units in Sudan: Assessment of nurses' performance." *Journal of Health Specialties* 4(3): 196.
3. Al-Metyazidy, H. A. and G. A. Younis "The Effect of Safety Guidelines during Different Measuring Techniques on Central Venous Pressure Reading in Mechanically Ventilated Patients."
4. Aloush, S. (2018). "Educating intensive care unit nurses to use central venous catheter infection prevention guidelines: effectiveness of an educational course." *Journal of Research in Nursing* 23(5): 406-413.
5. Atia, G. A. (2020). "Effect of Central Venous Catheter Care Bundle Implementation on Outcomes of Critically Ill Patients." *Evidence-Based Nursing Research* 2(1): 12-12.
6. Bano, S., et al. (2018). "Measurement of the internal jugular vein and common carotid artery diameter ratio by ultrasound to estimate central venous pressure." *Cureus* 10(3).
7. Hill, B. (2018). "Role of central venous pressure (CVP) monitoring in critical care settings." *Nursing standard* 32(23): 41-48.
8. Hill, B. and C. Smith (2021). "Central venous pressure monitoring in critical care settings." *British Journal of Nursing* 30(4): 230-236.
9. Huang, X. L., et al. (2021). "Effects of a mobile phone application for graduate nurses to improve central venous catheter care: A randomized controlled trial." *Journal of Advanced Nursing* 77(5): 2328-2339.
10. Lesmana, H., et al. (2019). "The Effect of Changes in Postural Position Angle Degree on Central Venous Pressure Measurement." *Indonesian Journal of Medicine* 4(3): 192-200.
11. Li, D.-k., et al. (2017). "Association between elevated central venous pressure and outcomes in critically ill patients." *Annals of Intensive Care* 7(1): 1-7.
12. Magder, S. (2007). "Invasive intravascular hemodynamic monitoring: technical issues." *Critical care clinics* 23(3): 401-414.
13. Mansour, H. E. (2019). "Developing Nursing Standards for Maintaining Fluid and Electrolyte Balance for Critically Ill Patients in Intensive Care Units." *Journal of Intensive and critical care* 5(1): 4.
14. O'Dwyer, L. (2011). "How to perform central venous pressure measurement." *The Veterinary Nurse* 2(10): 600-603.
15. Patel, H. (2021). "A study to assess the effectiveness of pamphlet on knowledge regarding central venous pressure care among the staff nurses working in various intensive care units of selected Hospital Mehsana District." *International Journal of Advances in Nursing Management* 9(1): 11-14.



16. Promnoi, C. (2012). "Central Venous Pressure Monitoring: Clinical Practice Guide for Nurses." *Songklanagarind Journal of Nursing* 32(1): 45-52.
17. Roger, C., et al. (2017). "Comparison of different techniques of central venous pressure measurement in mechanically ventilated critically ill patients." *BJA: British Journal of Anaesthesia* 118(2): 223-231.
18. Sannino, M. and G. P. Pisani (2018). "14 Nursing Care in ICU." *Congenital Heart Disease: The Nursing Care Handbook*: 229.
19. Sathish, N., et al. (2016). "Comparison between noninvasive measurement of central venous pressure using near-infrared spectroscopy with an invasive central venous pressure monitoring in cardiac surgical Intensive Care Unit." *Annals of cardiac anesthesia* 19(3): 405.
20. Von Rueden, K. T. (2020). "Bridging the Gap Between Clinical Practice and the AACN Practice Alert on Pulmonary Artery/Central Venous Pressure Monitoring in Adults." *AACN advanced critical care* 31(1): 34-40.

## Indications et Pronostic de l'Utilisation de la Sonde de Foley dans le Déclenchement du Travail d'Accouchement à la Maternité du CHU Kara, Nord Togo en 2023

***Kossi Edem Logbo-Akey***

Gynécologue-obstétricien,

Service de gynécologie-obstétrique du CHU Kara, Togo

***Tina Kétévi***

Gynécologue-obstétricien, Service de gynécologie-obstétrique du CHU

Sylvanius Olympio, Lomé, Togo

***Yendoube Pierre Kambote***

Gynécologue-obstétricien,

Service de gynécologie-obstétrique du CHU Kara, Togo

***Akila Bassowa***

Gynécologue-Obstétricien,

Service de gynécologie-obstétrique du CHU Campus, Lomé, Togo

***Kignomon Bingo M'bortché***

Gynécologue-obstétricien,

Clinique ATBEF, Lomé Togo

***Noe Kibandou Patchidi***

CHU Sylvanius Olympio, Lomé, Togo

***Dede Regina Ajavon***

Gynécologue-obstétricien,

Service de gynécologie-obstétrique du CHU Kara, Togo

***Abdoul Samadou Aboubakari***

Gynécologue-obstétricien,

Service de gynécologie-obstétrique du CHU Kara, Togo

[Doi:10.19044/esj.2023.v19n33p140](https://doi.org/10.19044/esj.2023.v19n33p140)

---

Submitted: 26 July 2023

Accepted: 22 November 2023

Published: 30 November 2023

Copyright 2023 Author(s)

Under Creative Commons CC-BY 4.0

OPEN ACCESS

Cite As:

Logbo-Akey K. E., Kétévi T., Kambote Y.P., Bassowa A., M'bortché K.B., Patchidi N.K., Ajavon D.R. & Aboubakari A.S. (2023). *Indications et Pronostic de l'Utilisation de la Sonde de Foley dans le Déclenchement du Travail d'Accouchement à la Maternité du CHU Kara, Nord Togo en 2023*. European Scientific Journal, ESJ, 19 (33), 140.

<https://doi.org/10.19044/esj.2023.v19n33p140>

## Résumé

Objectifs : déterminer les indications et pronostic de l'utilisation de la sonde de Foley dans le déclenchement de la grossesse à la maternité du CHU Kara, nord Togo en 2023. Méthodologie : il s'agissait d'étude descriptive à recrutement rétrospectif d'une période de 12 mois allant du 01 Juillet 2022 au 31 Juin 2023 à la maternité du CHU Kara. Ont été inclus tous les dossiers des accouchements dans le service suite à la pose de la sonde de Foley durant la période d'étude. Les paramètres étudiés étaient : utilisation de la sonde de Foley, caractéristiques socio-démographiques, indications, pronostic. Résultats : le taux d'utilisation de la sonde de Foley était de 8%. L'âge moyen des gestantes était de 26,9ans, avec des extrêmes de 17ans et 42ans. Elles étaient nullipares (35,5%) et les primipares (22,6%). Les indications étaient dominées par le dépassement de terme et terme prolongé (48,4%) suivis de la prééclampsie (11,3%) et des morts in utéro (9,7%). Le score de Bishop initial était défavorable chez toutes les gestantes. A la chute de sonde, le score de Bishop était favorable dans 77,4% des cas. La sonde seule avait suffi à déclencher le travail dans 31,2% des cas. L'administration d'ocytocine a été nécessaire dans 65,7% des cas pour indure le travail. L'accouchement a été effectué par voie basse dans 74,2 % des cas. Les nouveau-nés avaient un Apgar  $\geq 8$  dans 80,6% des cas. Conclusion : L'apport de la sonde de Foley dans le déclenchement du travail réduit le taux d'accouchement par césarienne, avec un pronostic maternel et fœtal favorable.

---

**Mots-clés:** Déclenchement artificiel du travail, sonde de Foley, CHU Kara

---

## **Indications and Prognosis of Foley Catheter Labour Induction at Kara University Maternity Unit, North Togo in 2023**

***Kossi Edem Logbo-Akey***

Gynécologue-obstétricien,

Service de gynécologie-obstétrique du CHU Kara, Togo

***Tina Kétévi***

Gynécologue-obstétricien, Service de gynécologie-obstétrique du CHU

Sylvanius Olympio, Lomé, Togo

***Yendoube Pierre Kambote***

Gynécologue-obstétricien,

Service de gynécologie-obstétrique du CHU Kara, Togo

***Akila Bassowa***

Gynécologue-Obstétricien,

Service de gynécologie-obstétrique du CHU Campus, Lomé, Togo

***Kignomon Bingo M'bortché***

Gynécologue-obstétricien,

Clinique ATBEF, Lomé Togo

***Noe Kibandou Patchidi***

CHU Sylvanius Olympio, Lomé, Togo

***Dede Regina Ajavon***

Gynécologue-obstétricien,

Service de gynécologie-obstétrique du CHU Kara, Togo

***Abdoul Samadou Aboubakari***

Gynécologue-obstétricien,

Service de gynécologie-obstétrique du CHU Kara, Togo

---

### **Abstract**

**Objectives:** To determine the indications and prognosis Foley catheter use in labour induction. **Methodology:** Retrospective and descriptive study from 01 July 2022 to 31 June 2023 at the Kara University Hospital maternity unit. All deliveries in the department following Foley catheter insertion during the study period were included. **Results:** The rate of Foley catheter use was 8%. The average age of pregnant women was 26.9 years, with extremes of 17 and 42 years. They were nulliparous (35.5%) and primiparous (22.6%). Indications were dominated by overdue and prolonged terms (48.4%), followed by pre-eclampsia (11.3%) and death in utero (9.7%). The initial Bishop score was unfavorable in all pregnant women. When the catheter was dropped, the Bishop score was favorable in 77.4% of cases. The catheter alone

was sufficient to induce labour in 31.2% of cases. Administration of oxytocin was necessary in 65.7% of cases to induce labour. Delivery was vaginal in 74.2% of cases. The newborns had an Apgar  $\geq 8$  in 80.6% of cases. Conclusion: The use of Foley catheter to induce labour reduces the rate of caesarean delivery, with a favourable maternal and foetal prognosis.

---

**Keywords:** Artificial labour induction, Foley catheter, Kara University Hospital

## Introduction

La réduction de la mortalité maternelle et néonatale est une préoccupation majeure de santé publique à travers le monde. A cet effet, le déclenchement artificiel du travail se présente comme une stratégie thérapeutique devant parier aux conséquences fâcheuses de pathologies maternelles et ou fœtales. Il s'agit d'une procédure courante en augmentation dans le monde surtout dans les pays développés avec 20% à 30% de déclenchements selon HWO (2011) ; West et al (2017). Plusieurs moyens sont utilisés, cependant une induction sécurisée du travail d'accouchement reste une préoccupation des équipes de maternité surtout dans nos régions à revenus limités. Les moyens modernes ne sont pas accessibles compte tenu de leur coût élevé Pez et al (2018). La hantise de la rupture utérine dont le risque serait associé aux prostaglandines ou à l'ocytocine, des utérus cicatriciels qui sont d'ailleurs en augmentation selon Sentilhes et al(2013), Tsakiridis et al (2018) ont constitué un obstacle à leur utilisation. Ainsi, face à ces difficultés, le recours à la sonde de Foley qui est une ancienne pratique expérimentée depuis 1967 par Embrey et al (1967) est une alternative pour l'induction du travail d'accouchement. Actuellement, le ballonnet de la sonde de Foley est le dispositif mécanique le plus couramment utilisé pour le déclenchement du travail d'après Gu et al (2015). En outre le taux d'accouchement par voie vaginale secondaire à son utilisation semble meilleure à la sonde à double ballonnet de Cook conçue spécialement pour le déclenchement du travail rapporté par Pennell et al, (2009), Cromi et al (2012). Elle occasionnerait moins de complications maternelles ou fœtales que les prostaglandines E2 selon Jozwiak et al, (2011). En dépit de ces avantages, l'utilisation de la sonde de Foley dans nos milieux nous paraissait une pratique moins courante. A travers ce travail, nous rapportons notre expérience de son utilisation dans le déclenchement du travail d'accouchement. Il s'agirait plus spécifiquement de déterminer la fréquence, identifier les indications et déterminer le pronostic de son utilisation.

## **Méthodologie**

Il s'est agi d'une étude descriptive à recrutement rétrospectif réalisée au service de gynécologie-obstétrique du CHU Kara du 01 Juillet 2022 au 31 Juin 2023. Elle a concerné les accouchements par la voie vaginale ou haute secondaire à la mise en place d'une sonde n° 16 de Foley pour le déclenchement. Après désinfection de la vulve, un spéculum stérile est mis en place, suivie de la désinfection du col utérin et de la paroi vaginale. La sonde de Foley est introduite à l'aide d'une pince languette en intra cervical jusqu'à ce que le ballonnet soit au-delà de l'orifice interne du col. Le ballonnet est alors gonflé avec un volume de sérum physiologique variant de 40cc à 70cc selon la tolérance de la gestante. La sonde est attachée à la cuisse de la gestante puis laissée en place pendant 24heures. Ont été inclus, tous les accouchements par voie basse ou haute durant la période d'étude dans le service, suite à la pose de sonde, et dont le terme est supérieur à 28semaines d'aménorrhée. N'ont pas été prise en compte les parturientes déclenchées à la sonde de Foley et référées vers le service de gynécologie-obstétrique du CHU, celles ayant été déclenchée par une autre méthode, les gestantes ayant rompu les membranes. Une fiche d'enquête préétablie a permis la collecte des données à partir des dossiers obstétricaux, les registres d'admission et d'accouchement.

Les paramètres étudiés étaient l'utilisation de la sonde foley dans le déclenchement, les aspects socio-démographiques, les données cliniques et le pronostic maternel et fœtal. Les données ont été saisies et analysées à partir du logiciel Epi Info version 7.2.2.6 p. Les variables quantitatives ont été exprimées sous forme de moyenne avec leurs écarts-types et les variables qualitatives sous forme de proportion.

## **Résultats**

### **Fréquence**

La sonde de Foley a été utilisée chez 186 femmes enceintes sur un total de 2310 accouchements durant la période de l'étude, soit une fréquence de 8 %.

### **Données sociodémographiques**

L'âge moyen était de  $26,9 \pm 6,1$ ans avec des extrêmes de 17 ans et 42 ans. La tranche d'âge de 25 à 35ans était la plus représentée (54,8%). Les nullipares (35,5%) et les primipares (22,6%) représentaient plus de la moitié des cas. Elles étaient en majorité ménagères (59%) et le niveau de scolarisation bas (62%).

### **Utilisation de la sonde de Foley**

Au moment de l'utilisation de la sonde de Foley, La grossesse était à terme dans 32,3% des cas, et non à terme dans 12,9% des cas. Le terme était

dépassé dans 54,8% des cas. Les principales indications étaient le dépassement et terme prolongé (48,4%), la prééclampsie (11,3%) et les morts in utéro (9,7%) (Tableau I).

**Tableau I.** Indications du déclenchement à la sonde de Foley

<b>Indications</b>	<b>Effectif</b>	<b>Pourcentage</b>
<b>Foeto-annexielles</b>		
Dépassement de terme/terme prolongé	90	48,4
Mort in utéro	18	9,7
Oligo amnios/anamnios	17	9,1
Macrosomie foetale	6	3,2
Retard de croissance intra utérin	11	5,9
Poly malformations	7	3,7
<b>Maternelles</b>		
Prééclampsie	21	11,3
Hypertension artérielle	10	5,4
Diabète	4	2,2
Cirrhose hépatique	2	1,1
Total	186	100,0

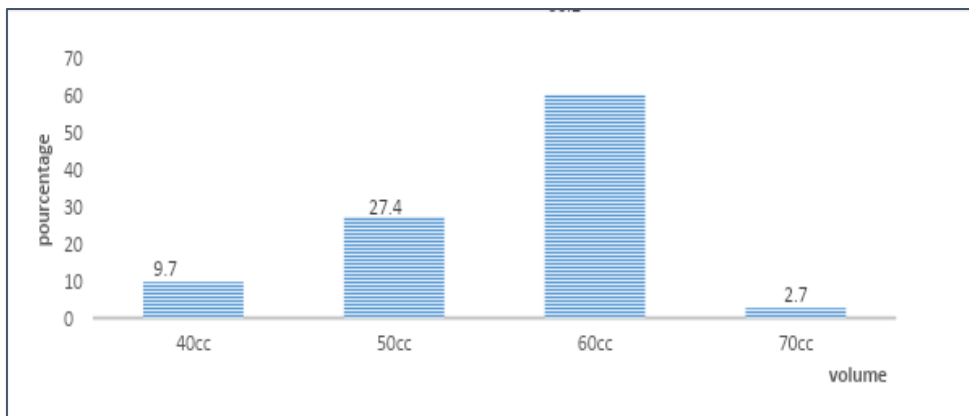
Les score de Bishop a été évalué avant la pose de la sonde et après la chute de la sonde (Tableau II).

**Tableau II.** Répartition des gestantes selon le score de bishop

<b>Score de bishop initial avant la chute</b>	<b>Effectif</b>	<b>Pourcentage</b>
1 - 2	12	6,4
3 - 4	132	71,0
5 - 6	42	22,6
Total	186	100,0
<b>Score de Bishop après chute de la sonde</b>		
< 7	42	22,6
≥ 7	144	77,4
Total	186	100,0

Le gain de score en fin de pose allait de 0 à 5 points avec un gain moyen de  $3,5 \pm 1,3$  points.

Le ballonnet a été gonflé avec une quantité moyenne de  $57,1 \pm 6,4$  cc de sérum physiologique. Sur la figure 1 est représentée la répartition du volume du ballonnet



**Figure 1.** Répartition des gestantes en fonction du volume du ballonnet

## Pronostic

### Pronostic maternel

Le temps moyen de la chute de la sonde était de  $15,1 \pm 7,2$  heures. Dans les 24 heures suivant la mise en place de la sonde de Foley, 75,4% des gestantes étaient rentrées en travail d'accouchement et les 22,6% restantes entre 24 et 48 heures. Le délai moyen au début des contractions utérines après la pose de la sonde était de  $16,8 \pm 9,9$  heures. La sonde seule avait suffi à déclencher le travail dans 31,2% des cas. Cette procédure avait nécessité l'administration complémentaire de l'ocytocine (65,7%) et du misoprostol (3,1%) pour déclencher le travail. L'accouchement a été réalisé par voie basse dans 74,2 % des cas. La césarienne a été faite dans 25,8% des cas, principalement pour asphyxie fœtale (35,7%) et dilatation cervicale stationnaire (25,0%)

Cinq (5) complications ont été enregistrées. Il s'agissait d'un cas de rupture utérine lors d'une épreuve utérine et deux (2) cas d'hémorragie du post partum immédiat par atonie utérine. Aucun cas de chorioamnionite ni de décès maternels n'a été enregistré.

### Pronostic néonatal

En dehors des indications de mort in utéro, 80,6% de nouveau-nés avaient un score d'Apgar  $\geq 8$  à la cinquième minute de vie. Deux décès néonataux ont été enregistrés dans la première semaine de vie, soit un taux de létalité néonatale précoce de 1,07%.

## Discussion

Il s'était agi d'une étude rétrospective et descriptive ayant inclus les accouchements suite à l'utilisation de la sonde de Foley indépendamment des cicatrices utérines, du volume du ballonnet, de l'âge gestationnel ou encore de la parité. Ceci pourrait constituer un biais dans les résultats. Des études ultérieures tenant compte de ces paramètres édifieront plus sur la contribution



réelle de la sonde de Foley. Néanmoins cette étude nous a permis de mettre en exergue les indications et l'issue de son utilisation à la maternité du CHU Kara.

La sonde de Foley était utilisée pour diverses raisons à la maternité du CHU Kara. Le dépassement de terme et terme prolongé (48,4%), la prééclampsie (11,3%) et la mort in utéro (9,7%) constituaient les principales indications. Ces indications ont été retrouvées dans les études de Gonsalves et al., (2016) où le dépassement de terme était de 26,5%, le retard de croissance 27,9%, le diabète gestationnel 17,6%. Le même constat a été fait par Patabendige et al. (2017)

La quantité de liquide utilisée pour gonfler le ballonnet de la sonde était fonction de la tolérance maternelle à la douleur lors du remplissage, sans toutefois dépasser 70cc. Le volume moyen était donc de  $57,1 \pm 6,4$ cc. Le volume du ballonnet agirait plus sur l'amélioration des paramètres cervicaux. Ainsi plus la quantité est importante, plus la consistance et l'ouverture du col seraient meilleures sans pour autant diminuer le taux de césarienne selon Levy et al., (2004), Gu et al., (2015). Concernant la durée de la sonde de Foley, chez toutes les gestantes, elle a été laissée en place pendant 24h. Les auteurs étaient favorables à une durée maximale de maturation cervicale de 12h qui réduirait considérablement le temps entre l'induction et l'accouchement d'après Cromi et al., (2011) ; Gu et al., (2015).

Au retrait ou à la chute de la sonde de Foley, la majorité (77,4%) avait un score de Bishop favorable avec un gain moyen de score de Bishop à  $3,5 \pm 1,3$ . (Rossard et al., 2013) et (Patro-Malysza et al., 2010) retrouvaient respectivement une amélioration moyenne du score de Bishop de 5,38 et 3,56. Dans la majorité des cas (75,4%), le travail débutait dans les 24 heures suivant la pose de la sonde de Foley. La sonde a été suffisante à induire le travail d'accouchement dans 31,2% des cas. L'adjonction de l'ocytocine (65,7%) et du misoprostol (3,1%) a été nécessaire pour induire des contractions utérines efficaces. Les mêmes constats avaient été rapportés par Rossard et al., (2013) dans leur série où dans un tiers des cas, le travail avait débuté spontanément suite à la pose du ballonnet et dans 69% après administration de l'ocytocine. Pour Lamourdedieu et al., (2015) la sonde de Foley avait contribué au déclenchement du travail d'accouchement dans 61,5% des cas, dont 25,6% sous l'effet de la sonde seule. Par son effet mécanique, le ballonnet appuie sur le col par une contre pression de la présentation à travers les membranes, favorisant ainsi son raccourcissement et sa dilatation. Grâce au décollement des membranes qu'elle provoque, la sonde favorise également la libération des prostaglandines endogènes et induit le travail d'accouchement. Elle engendrerait une progression rapide de la phase de la latence et une phase active plutôt lente et ceci indépendamment de la parité (Gu et al., 2015 ; Tuuli et al., 2013). Il est donc judicieux de compléter ou plutôt de renforcer les

contractions utérines par de l'ocytocine ou du misoprostol, comme dans notre étude. Ceci améliore le pronostic du travail en augmentant le taux d'accouchement voie basse, diminuant le taux d'asphyxie périnatale et d'hémorragie du post partum immédiat (Gu et al., 2015 ; Tuuli et al., 2013 ; Lee et al., 2020 ; Kruit et al ; 2022). L'effet bénéfique des corticoïdes a été également rapporté. En effet, le cortisol sécrété par l'axe hypothalamus-hypophyse-surrénale du fœtus en cours de maturation jouerait un rôle important dans le déclenchement du travail d'accouchement Ainsi l'utilisation des corticoïdes notamment la dexaméthasone ou la bethaméthasone pourrait réduire donc la durée entre l'induction du travail et le début de la phase active du travail (Kavanagh et al., 2006 ; Mohaghegh et al., 2021)

L'apport de la sonde de Foley a été bénéfique avec 74,2% d'accouchement par voie basse. Les mêmes constats ont été rapportés par Pez et al., (2018) dans 78%, Rossard et al., (2013) dans 64,1% et Patabendige et al., (2017) 86% d'issue favorable par la voie basse. Comparée au double ballonnet de Cook et aux prostaglandines, elle aurait un taux similaire d'accouchement par voie basse. Vingt-cinq virgule huit pourcent (25,8%) avait échoué et abouti à une césarienne. Les principales indications étaient l'asphyxie périnatale et une stagnation de la dilatation cervicale. Nos résultats sont comparables à ceux de (Lin et al., 2007) et (Khotaba et al., 2001) qui avaient rapporté respectivement 18,7% et 22,3% de césarienne. Des études antérieures ne rapportaient pas de différence significative du taux de césarienne du déclenchement à la sonde de Foley comparé aux prostaglandines E2 et le double ballonnet de Cook (Vaknin et al., 2010 ; Pennell et al, 2009). Au regard de ces observations, et vu le coût élevé du double ballonnet de Cook (55 euros) et des prostaglandines E2 (81 euros) (Pez et al., 2018), il est judicieux pour nos maternités de recourir à la sonde de Foley, facile à poser et dont le cout est abordable afin d'améliorer le pronostic des grossesses.

Trois complications maternelles ont été enregistrées. Il s'agissait d'un cas de rupture utérine lors d'une épreuve utérine et de deux cas d'hémorragie du post partum immédiat par atonie utérine. Aucun cas de chorioamniotite enregistré, ni de décès maternel. Des expériences diverses ont été rapportées par des auteurs. En effet, (Rossard et al., 2013) et (Lamourdedieu et al., 2015) n'avaient pas observé de complications maternelle ou fœtale liée à l'utilisation de la sonde de Foley. Pour d'autres auteurs, la pose de la sonde de Foley serait liée à un risque accru de chorioamniotite (Pez et al., 2018 ; Chen et al., 2015). L'absence de complications infectieuses à type de chorioamniotite dans la présente étude, comme rapporté également par (Lee et al., 2020), serait liée au fait que les deux études étaient réalisées à membranes intactes et que d'ailleurs la rupture des membranes était un critère d'exclusion. Cependant, une amniotomie précoce après le retrait de la sonde de Foley n'aurait pas d'issue défavorable maternelle ou fœtale de la voie basse (Battarbee et al., 2016).

Concernant le pronostic des grossesses ultérieures après déclenchement du travail à la sonde de Foley, les observations étaient partagées sur le risque d'accouchement prématuré. Pour (de Vaan et al., 2021) et (Zafran et al., 2015) ce risque serait faible variant de 0,5% à 3,7% comparé au gel de prostaglandines E2 ou du misoprostol. Par contre, selon (Levine et al., 2014) un déclenchement à la sonde de Foley aurait un fort impact sur la prématurité des grossesses ultérieures de l'ordre de 10%.

En ce qui concerne le pronostic néonatal, 80,6% nouveau-nés avaient un score d'Apgar  $\geq 8$  à la cinquième minute. Ce taux élevé d'une bonne adaptation des nouveau-nés à la vie extra-utérine secondaire à l'utilisation de la sonde de Foley serait le fait d'une stimulation utérine normale et donc moins hypoxémiant au fœtus que les prostaglandines E2 (Pez et al., 2018 ; Vaknin et al., 2010). Même constat fait par (Van Baaren et al., 2013) qui rapportait une diminution du taux d'asphyxie perpartum et donc d'admission en néonatalogie suite à l'utilisation de la sonde de Foley qu'un déclenchement avec les prostaglandines E2.

### **Conclusion**

L'utilisation de la sonde de Foley dans le déclenchement du travail est une pratique courante dans le service de la maternité du CHU-Kara. Les indications dominées par le dépassement de terme, la prééclampsie et la mort in utéro. L'issue du déclenchement est généralement favorable aboutissant le plus souvent à un accouchement voie basse avec un bon pronostic maternel et fœtal

**Contribution des auteurs :** Tous les auteurs ont participé à l'élaboration et la rédaction de cet article.

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

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

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

**Déclaration pour les participants humains :** Cette étude a été approuvée par la direction du centre hospitalier universitaire de Kara. Les principes de la déclaration d'Helsinki ont été respectés.

## References:

1. Battarbee, A.N., Palatnik, A., Peress, D.A., Grobman, W.A. Association of early amniotomy after Foley balloon catheter ripening and duration of nulliparous labor induction. *Obstet. Gynecol.* 2016; 128, 592 -597
2. Chen, W., Xue, J., Gaudet, L., Walker, M., Wen, S.W. Meta-analysis of Foley catheter plus misoprostol versus misoprostol alone for cervical ripening. *Int. J. Gynaecol. Obstet.* 2015; 129 (3) : 193–198
3. Cromi, A., Ghezzi, F., Uccella, S., Agosti, M., Serati, M., Marchitelli, G., Bolis, P. A randomized trial of preinduction cervical ripening: dinoprostone vaginal insert versus double-balloon catheter. *Am J Obstet Gynecol.* 2012; 207: 125: e1–7
4. Cromi, A., Ghezzi, F., Agosti, M., Serati, M., Uccella, S., Arlant, V., Bolis, P. Is transcervical Foley catheter actually slower than prostaglandins in ripening the cervix? A randomized study. *Am J Obstet Gynecol.* 2011; 204: 338: e1–7
5. Embrey, M.P., Mollisson, B.G. The unfavourable cervix and induction of labour using a cervical balloon. *J Obstet Gynaecol Br Commonw.* 1967;74(1):44-48
6. Gonsalves, H., Al-Riyami, N., Al-Dughaiishi, T., Gowri, V., Al-Azri, M., Salahuddin, A. Use of Intracervical Foley Catheter for Induction of Labour in Cases of Previous Caesarean Section Experience of a single tertiary centre in Oman. *Sultan Qaboos University Med J.* November 2016 ; 16 (4) : 445–450
7. Gu, N., Ru, T., Wang, Z., Dai, Y., Zheng, M., Xu, B., Hu Y. Foley Catheter for Induction of Labor at Term: An Open-Label, Randomized Controlled Trial. *PLoS ONE.* 2015; 10(8): e0136856
8. Jozwiak, M., Rengerink, K.O., Benthem, M., van Beek, E., Dijksterhuis, M.G., de Graaf, I.M., et al. Foley catheter versus vaginal prostaglandin E2 gel for induction of labour at term (PROBAAT trial): an open-label, randomised controlled trial. *Lancet.* 2011; 378: 9809: 2095–2103.
9. Kavanagh, J., Kelly, A.J., Thomas, J. Corticosteroids for cervical ripening and induction of labour. *Cochrane Database Syst Rev.* 2006;(2):CD003100.
10. Khotaba, S., Volfson, M., Tarazova, L., Odeh, M., Barenboym, R., Fait, V., Ophir, E., Oettinger, M. Induction of labor in women with previous cesarean section using the double balloon device. *Acta Obstet Gynecol Scand.* nov 2001;80(11):1041-2.
11. Kruit, H., Nupponen, I., Heinonen, S., Rahkonen, L. Comparison of delivery outcomes in low-dose and high-dose oxytocin regimens for induction of labor following cervical ripening with a balloon catheter:

- A retrospective observational cohort study. PLoS ONE. 2022 ; 17(4): e0267400
12. Lamourdedieu, C., Gnisci, A., Marcelli, M., Heckenroth, H., Gamberre, M., Agostini, A. Maturation cervical des utérus unicatriciels à la sonde de Foley: Etude prospective de 41 patientes. *Journal de Gynécologie Obstétrique et Biologie de la Reproduction*. 2015 ; 44 (5) : 426-432
  13. Lee, H.H., Huang, B.S., Cheng, M., Yeh, C.C., Lin, I., Horng, H.C., Huang, H.Y., Lee, W.L., Wang, P.H. Intracervical Foley Catheter Plus Intravaginal Misoprostol vs Intravaginal Misoprostol Alone for Cervical Ripening: A Meta-Analysis *Int. J. Environ. Res. Public Health*. 2020 ; 17(6): 1825
  14. Levine, L.D., Bogner, H.R., Hirshberg, A., Elovitz, M.A., Sammel, M.D., Srinivas, S.K. Term induction of labor and subsequent preterm birth. *Am J Obstet Gynecol* 2014; 210: 354.e1–8.
  15. Levy, R., Kanengiser, B., Furman, B., Ben Arie, A., Brown, D., Hagay, Z.J. A randomized trial comparing a 30- mL and an 80-mL Foley catheter balloon for preinduction cervical ripening. *Obstet Gynecol*. 2004; 191:1632–1636.
  16. Lin, M.G., Reid, K.J., Treaster, M.R., Nuthalapaty, F.S., Ramsey, P.S., Lu, G.C. Transcervical Foley catheter with and without extraamniotic saline infusion for labor induction: a randomized controlled trial. *Obstet Gynecol*. sept 2007;110(3):558-65.
  17. Mohaghegh, Z., Siahkal, S.F., Bahmaei, H., Sharifipour, F., Leyli, E.K., Zahedian, M. The effect of dexamethasone on labor induction: a systematic review. *BMC Pregnancy and Childbirth*. 2021; 21:563
  18. Patabendige1, M., Jayawardane, A. Foley catheter for cervical priming in induction of labour at University Obstetrics Unit, Colombo, Sri Lanka: a clinical audit with a patient satisfaction survey. *BMC Res Notes*. 2017 ; 10:155
  19. Patro-Malysza, J., Marciniak, B., Leszczyńska-Gorzela, B., Bartosiewicz, J., Oleszczuk, J. Effectiveness of intracervical catheter as a labor preinduction method. *Ginekol Pol*. 2010 ; 81(1) : 32- 36
  20. Pennell, C.E., Henderson, J.J., O'Neill, M.J., McCleery, S., Doherty, D.A., Dickinson, J.E. Induction of labour in nulliparous women with an unfavourable cervix: a randomised controlled trial comparing double and single balloon catheters and PGE2 gel. *BJOG*. 2009; 116: 1443–1452
  21. Pez, V., Deruelle, P., Kyheng, M., Boyon, C., Clouqueur, E., Garabedian, C. Méthodes de maturation cervicale et déclenchement du travail : évaluation de la sonde simple ballonnet comparée à la sonde

- double ballonnet et aux prostaglandines. *Gynécologie Obstétrique Fertilité & Sénologie*. July–August 2018 ; 46 (7–8) : 570-574
22. Rossard, L., Arlicot, C., Blasco, H., Potin, J., Denis, C., Mercier, D., Perrotin, F. Maturation cervicale par sonde à ballonnet sur utérus cicatriciel: étude rétrospective sur trois ans. *Journal de Gynécologie Obstétrique et Biologie de la Reproduction*. 2013 ; 42(5) :480-7.
23. Sentilhes, L., Vayssiere, C., Beucher, G., Deneux-Tharoux, C., Deruelle, P., Diemunsch, P., et al. Delivery for women with a previous cesarean: guidelines for clinical practice from the French College of Gynecologists and Obstetricians (CNGOF). *European journal of obstetrics, gynecology, and reproductive biology*. 2013; 170(1):25–32.
24. Tsakiridis, I., Mamopoulos, A., Athanasiadis, A., Dagklis, T. Vaginal Birth After Previous Cesarean Birth: A Comparison of 3 National Guidelines. *Obstetrical & gynecological survey*. 2018; 73(9):537–543
25. Tuuli, M.G., Keegan, M.B., Odibo, A.O., Roehl, K., Macones, G.A., Cahill, A.G. Progress of Labor in Women Induced with Misoprostol versus the Foley Catheter. *J Obstet Gynecol*. 2013 September ; 209(3): 237.e1–237.e7
26. de Vaan, M.D.T., Blel, D., Bloemenkamp, K.W.M., Jozwiak, M., Ten Eikelder, M.L.G., de Leeuw, J.W., Oudijk, M.A., Bakker, J.J.H., Rijnders, R.J.P., Papatsonis, D.N., Woiski M., Mol, B.W., de Heus, R. Induction of labor with Foley catheter and risk of subsequent preterm birth: follow-up study of two randomized controlled trials (PROBAAT-1 and -2). *Ultrasound Obstet Gynecol*. févr 2021; 57 (2) : 292-297.
27. Van Baaren, G.J., Jozwiak, M., Opmeer, B.C., Oude Rengerink, K., Benthem, M., Dijksterhuis, M.G.K., and al. Costeffectiveness of induction of labour at term with a Foley catheter compared to vaginal prostaglandin E2 gel (PROBAAT trial). *BJOG An Int J Obstet Gynaecol*. 2013 ;120 (8) : 987–995
28. Vaknin, Z., Kurzweil, Y., Sherman, D. Foley catheter balloon vs locally applied prostaglandins for cervical ripening and labor induction : a systematic review and metaanalysis. *Am J Obstet Gynecol* 2010 ; 203(5) : 418-429
29. West, H.M., Jozwiak, M., Dodd, J.M. Methods of term labour induction for women with a previous caesarean section. *Cochrane Database Syst Rev*. 2017;6:CD009792
30. WHO. WHO recommendations for induction of labour.2011. [Internet]. [ cité 21 Juin 2023]. Disponible sur <https://www.who.int/publications/i/item/9789241501156>

31. Zafran, N., Garmi, G., Suarez-Easton, S., Nachum, Z., Salim, R. Cervical ripening with the balloon catheter and the risk of subsequent preterm birth. *J Perinatol* 2015; 35: 799–802

**Aspects Épidémiologiques, Cliniques, et Prise en Charge  
Chirurgicale des Fibromyomes Uterins au Service de  
Gynécologie -Obstétrique de l'Hôpital National Ignace Deen-  
chu de Conakry 2022**

***A.F.M. Soumah***

***I. Sylla***

***J.T. Tolno***

***I. Conté***

Service de gynécologie obstétrique de Hôpital National Ignace Deen du  
CHU de Conakry, Guinée

***Bah E.M.***

***M.H. Diallo***

Service de gynécologie obstétrique de Hôpital National Donka du CHU  
de Conakry, Guinée

***A. Diallo***

***I.S. Baldé***

Service de gynécologie obstétrique de Hôpital National Ignace Deen du  
CHU de Conakry, Guinée

***D.W.A. Léo***

***Telly Sy***

Service de gynécologie obstétrique de Hôpital National Donka du CHU  
de Conakry, Guinée

[Doi:10.19044/esj.2023.v19n33p154](https://doi.org/10.19044/esj.2023.v19n33p154)

Submitted: 09 October 2023

Accepted: 14 November 2023

Published: 30 November 2023

Copyright 2023 Author(s)

Under Creative Commons CC-BY 4.0

OPEN ACCESS

*Cite As:*

Soumah AFM, Sylla I, Tolno JT, Conté I, Bah EM, Diallo M.H. Diallo A, Baldé IS, Léo DWA. & Sy T. (2023). *Aspects Épidémiologiques, Cliniques, et Prise en Charge Chirurgicale des Fibromyomes Uterins au Service de Gynécologie -Obstétrique de l'Hôpital National Ignace Deen-chu de Conakry 2022*. European Scientific Journal, ESJ, 19 (33), 154.

<https://doi.org/10.19044/esj.2023.v19n33p154>

**Résumé**

Introduction : L'objectif était d'étudier les aspects épidémiologiques, cliniques, et la prise en charge chirurgicale des fibromyomes utérins au service de gynécologie-obstétrique de l'hôpital national Ignace Deen du CHU de



Conakry en 2022. Méthodologie: Il s'agissait d'une étude descriptive transversale, allant du 1er Mai au 30 octobre 2022 soit une période de six (6) mois. Ont été étudié les variables épidémiologiques, cliniques et la prise en charge. Les données ont été collectées à l'aide de la fiche d'enquête préétablie et prétestée. Le logiciel SPSS version 21 a été utilisé pour l'analyse des données. Résultats : les interventions chirurgicales pour fibromyome utérin ont occupé 55,47% (76/137) des activités chirurgicales pour pathologie gynécologique. L'âge moyen de nos patientes était de 38,38 ±9 ans avec les extrêmes 22 et 70 ans, la tranche d'âge la plus représenté était celle de 31-39 ans avec la proportion de 43,40%. Les nullipares étaient les plus représentées 48,68% (37/76). Il s'agissait des femmes non scolarisées 42,10% (32/76), en foyer 73,30% (56/76), exerçant une profession libérale 40,80% (31/76). Cliniquement, le volume utérin simulant une grossesse de 12- 20 SA était le motif de consultation le plus représenté 72,40% (55/76), puis la ménorragie 28,53% (55/76), la classification de FIGO à l'échographie a été réalisée dans 9,21% (7/76). Utérus polymyomateux était l'indication opératoire la plus rependue 65,79% (50/76), le traitement conservateur (myomectomie) a été dans 64,47% (49/76) des cas, par contre le taux d'hystérectomie n'était pas négligeable 35,52% (27/76) et les complications per opératoires ont été marquées par l'hémorragie (23,15%). Le nombre moyen de noyaux myomateux énucléés était de 7. Il y a une effraction accidentelle de la cavité utérine chez 15 patientes (15,78%). L'anémie était la complication post opératoire immédiate la plus fréquente dans 5,26% (4/76) des cas et la transfusion sanguine a été réalisée chez 43,40% de nos malades. Aucun décès n'a été enregistré. Conclusion : Le traitement conservateur pour la prise en charge du fibromyome utérin constitue une option salutaire pour les femmes en âge de procréer.

---

**Mots-clés:** Fibromyome, Épidémiologie, Traitement chirurgical, Guinée

---

## **Epidemiological, Clinical Aspects, and Surgical Management of Uterine Fibromyomas in the Gynecology-Obstetrics Department of the Ignace Deen National Hospital-Chu of Conakry 2022**

***A.F.M. Soumah***

***I. Sylla***

***J.T. Tolno***

***I. Conté***

Service de gynécologie obstétrique de Hôpital National Ignace Deen du  
CHU de Conakry, Guinée

***Bah E.M.***

***M.H. Diallo***

Service de gynécologie obstétrique de Hôpital National Donka du CHU  
de Conakry, Guinée

***A. Diallo***

***I.S. Baldé***

Service de gynécologie obstétrique de Hôpital National Ignace Deen du  
CHU de Conakry, Guinée

***D.W.A. Léo***

***Telly Sy***

Service de gynécologie obstétrique de Hôpital National Donka du CHU  
de Conakry, Guinée

---

### **Abstract**

**Introduction:** This paper focuses on studying the epidemiological, clinical aspects, and surgical management of uterine fibromyomas in the Gynecology-Obstetrics Department of the Ignace Deen National Hospital of the Conakry University in 2022. **Methodology:** This was a cross-sectional descriptive study, running from May 1 to October 30, 2022, within a period of six (6) months. Epidemiological, clinical, and management variables were studied. The data was collected using the pre-established and pre-tested survey form. SPSS version 21 software was used for data analysis. **Results:** Surgical interventions for uterine fibromyoma occupied 55.47% (76/137) of surgical activities for gynecological pathology. The average age of our patients was 38.38 ±9 years with the extremes of 22 and 70 years. The most represented age group was that of 31-39 years with the proportion of 43.40%. Nulliparous women were the most represented (48.68% (37/76)). These women were not in school (42.10% (32/76)), in households (73.30% (56/76)), and exercising a liberal profession (40.80% (31/76)). Clinically, the uterine volume simulating

a pregnancy of 12-20 weeks was the most represented reason for consultation (72.40% (55/76)), which is followed by menorrhagia (28.53% (55/76)). The FIGO classification at Ultrasound was performed in 9.21% (7/76). Polymyomatous uterus was the most common operative indication (65.79% (50/76)), while conservative treatment (myomectomy) was in 64.47% (49/76) of cases. On the other hand, the rate of hysterectomy was not negligible (35.52% (27/76)) and intraoperative complications were marked by hemorrhage (23.15%). The average number of enucleated myomatous nuclei was 7. There was an accidental break-in of the uterine cavity in 15 patients (15.78%). Anemia was the most frequent immediate postoperative complication in 5.26% (4/76) of cases, and blood transfusion was performed in 43.40% of our patients. No deaths were recorded. Conclusion: Conservative treatment for the management of uterine fibromyoma constitutes a beneficial option for women of childbearing age.

---

**Keywords:** Fibromyoma, Epidemiology, Surgical treatment, Guinea

### Introduction

Les fibromes utérins ou léiomyomes utérins sont des tumeurs bénignes développées aux dépens des fibres musculaires de l'utérus. La prévalence mondiale était comprise entre 4,5 et 68,6%. Il touche 70% de femmes en activité génitale. Cependant seules 25% d'entre elles manifesteront la symptomatologie selon Stewart EA et al. (2017). Le mécanisme intime de formation des fibromes utérins est mal connu, le rôle promoteur des œstrogènes sur la croissance tumorale reste admis. Même si les dosages hormonaux plasmatiques d'œstradiol n'objectivent pas d'hyperoestrogenie vraie chez les femmes porteuses de fibrome utérin, la théorie d'une hyperoestrogenie relative prévaut toujours actuellement d'après le Collège national des gynécologues et obstétriciens français (CNGOF, 2011), et soutenue par l'absence de développement de fibromes utérins après la ménopause. Les facteurs de risque les plus connus associés au fibromyome sont l'âge, l'obésité, les variations ethniques, la nulliparité et l'infertilité selon Wise LA et al. (2016). Généralement bien tolérés ou latents, la variété des formes anatomiques expliquerait le pluralisme des modes d'expression clinique, 50% des fibromes sont asymptomatiques et sont découverts de façon fortuite au cours d'un examen gynécologique systématique, d'une échographie ou d'une technique d'imagerie pelvienne. La prise en charge du fibromyome utérin a varié, cependant le traitement chirurgical demeure l'approche la plus utilisée Monleón J et al. (2018), et qui a bénéficié au cours des dernières années de l'apport des nouvelles techniques endoscopiques et l'embolisation des artères utérines pour pallier des interventions chirurgicales radicales (Hystérectomie). Le fibromyome utérin est la première indication

d'hystérectomie chez les femmes préménopausées selon Nadine BL et al. (2016). Dans notre contexte africain, le retard de consultation lié au manque d'infrastructures et de personnel spécialisé engendrent parfois des phénomènes de compression liés à l'importance du volume du fibrome utérin. Sa prise en charge chirurgicale étant mutilante, doit tenir compte des caractéristiques cliniques du fibromyome utérin (taille, localisation et nombre), sa symptomatologie et surtout le désir obstétrical de la patiente afin d'avoir un résultat optimal. Bien qu'elle soit une pathologie bénigne la plus fréquente, son impact sur la santé de la reproduction reste énorme ainsi que sa répercussion socio-économique. L'objectif de ce travail était d'étudier les aspects épidémiologiques, cliniques et prise en charge chirurgicale des fibromyomes utérins au service de Gynécologie-obstétrique de l'hôpital national Ignace Deen-CHU de Conakry 2022.

### **Population et methode**

Notre étude a eu pour cadre le service de Gynécologie-Obstétrique de l'hôpital National Ignace Deen, du CHU de Conakry, il est situé sur la corniche sud au quartier Kouléwondy dans la commune de Kaloum. C'est une maternité de niveau III de la pyramide sanitaire du pays, qui réalise en moyenne par an 4034 interventions chirurgicales parmi lesquelles 270 interventions gynécologiques et 3764 obstétricales.

Il s'agissait d'une étude descriptive transversale d'une période de six (6) mois allant du 1<sup>er</sup> mai au 30 octobre 2022. Nous avons ciblé toutes les femmes qui ont consulté pour les pathologies gynécologiques, parmi lesquelles nous avons recruté les opérées de fibromyomes utérin.

Nous avons inclus dans l'étude, toutes les patientes ayant été opérées de fibromyome utérin et qui ont accepté de participer à notre étude. N'ont pas été incluses les patientes opérées pour autres pathologies gynécologiques ou celles qui n'ont pas accepté de participer à l'étude. Ont été étudiés les variables se rapportant à l'aspect épidémiologique notamment la fréquence et les catégories socio-professionnelles, clinique associant la circonstance de découverte, paramètres clinique et para cliniques, thérapeutique par indication opératoire, type d'intervention pratiqué.

Les données ont été collectées de façon prospective par l'interview au lit de la patiente par l'examen physique complet, le nombre de noyaux énucléés la prise de la taille et du poids des noyaux myomateux après l'intervention et le dépouillement du registre de compte rendu opératoire à la recherche des particularités comme effraction accidentelle de la cavité endométriale, hémorragie.

Pour la saisie des données, nous avons utilisé l'application KoBoCollect 1.4.3, puis les exportées vers le logiciel SPSS version 21. L'analyse descriptive a consisté à calculer des proportions pour les

variables qualitatives, des moyennes, des médianes et des extrêmes pour les variables quantitatives.

## **Resultats**

### **Fréquence (texte1)**

Au cours de cette étude, nous avons enregistré 76 cas de fibromyome utérin opérés, sur un total de 137 cas de pathologies gynécologiques opérées, soit une fréquence intra hospitalière de 55,47%.

#### **Caractéristiques épidémiologiques (texte2)**

- Dans notre série l'âge a varié de 20 à 55 ans, la Moyenne était de  $38,38 \pm 9,00$  ; avec les extrêmes 22 à 70 ans, la tranche d'âge la plus représentée était celle de 31-39 ans avec la proportion de 43,40%.
- Les nullipares étaient plus représentées (48,70%) que les multipares (22,40%).
- Nous avons rapporté une fréquence plus élevée chez les femmes non scolarisées avec une proportion de 42,10%. Celles ayant un niveau d'étude supérieur n'étaient pas non plus négligeable car leur proportion atteint les 26,30%.
- Les femmes exerçant une profession libérale étaient plus représentées (40,80%), suivi des ménagères (34,20%), les fonctionnaires dans notre série ont constitué 25%.
- Les femmes mariées étaient majoritairement plus nombreuses 73,30%.

### **Antécédent personnel de la femme (texte 3)**

- Les antécédents de fausses couches spontanées (FCS) ont constitué le signe révélateur de certains fibromyomes. Dans notre série, les femmes sans antécédent de FCS ont représenté 67,10%, par contre nous avons relevé la fréquence de 19,70% pour celles qui ont eu un (1) cas de FCS, plus de trois (3) FCS ont représenté 6,60% avec une moyenne de  $0 \pm 1,024$ . Les extrêmes ont varié de 0 à 5 FCS.
- Les antécédents chirurgicaux ont été dominés par la myomectomie 10,52%, appendicectomie 14,47%, la césarienne 6,57%. Dans notre étude, nous avons retrouvé les femmes qui ne présentaient aucun antécédent médical dans 90,90% des cas.

### **Période de vie génitale (texte 4)**

Pour cette étude, le fibromyome utérin a été retrouvé chez 92,10% de nos patientes en pleine activité génitale contre 7,90% chez les femmes ménopausées.

Répartition des patientes selon la réalisation ou non d'examen complémentaires à visée diagnostique (texte 5).

L'échographie selon la classification de FIGO a été réalisée par 7 de nos malades (9,20%), tandis que 69 malades soit 90,60% n'ont pas réalisé cet examen. Pour l'hystérosalpingographie seulement trois de nos malades ont réalisé soit 3,95% et la majorité n'ont pas réalisé dans 96,05%.

Nous avons réalisé la transfusion sanguine chez 43,40% (33/76) de nos malades et plus de la moitié (56,60%) n'ont pas bénéficié la transfusion (texte6).

## Caractéristiques cliniques

**Tableau I.** Répartition des patientes selon les circonstances de découvertes

Motif de consultation	Effectif (76)	Pourcentage (%)
Hémorragie génitale	55	22,91
Ménorragie	29	12,08
Meno-métrorragie	18	7,5
Sensation de masse pelvienne	45	18,75
Douleur abdomino-pelvienne	39	16,25
Désir de grossesse	25	10,41
Asthénie physique/vertige	07	2,91
Constipation	07	2,91
Sensation de masse dans le vagin	05	2,08
Douleur lombaire	03	0,83
Fausse couche spontanée	03	0,83
Trouble mictionnel	03	0,83
Douleur sciatique	01	0,41
Total	240	100%

NB : une seule patiente peut avoir deux ou trois signes fonctionnels (ménorragie, douleur abdomino-pelvienne, sensation de masse pelvienne)

**Tableau II.** Répartition des patientes selon les données de l'examen gynécologique

Données de l'examen Gynécologique	Effectif (76)	Pourcentage (%)
Gros utérus	57	34,13
Hémorragie génitale pathologique	60	35,92
Hémorragie génitale normale	19	11,37
Polype accouché/le col	8	4,79
Exocervicite	16	9,58
Zone acidophile	2	1,19
Masse annexielle	5	2,99
Total	167	100%

NB : certaines patientes possédaient deux ou trois signes (gros uterus, saignement, exo cervicite)

**Tableau III. Prise en charge chirurgicale**

<b>Variables</b>	<b>Effectifs (76)</b>	<b>Pourcentages (%)</b>
<b>Indication de la chirurgie</b>		
Utérus polymyomateux	50	65,79
Fibromyome unique	07	9,21
Fibromyome hémorragique	08	10,50
Fibromyome récidivant	07	9,20
Fibromyome accouché par le col	04	5,30
<b>Type de chirurgie</b>		
Myomectomie	45	59,21
Hystérectomie	27	35,52
Bistournage	04	5,26
<b>Voie d'abord</b>		
Laparotomie	60	78,95
Vaginale	16	21,05
<b>Durée de l'intervention (minutes)</b>		
<30	03	3,90
30-59	18	23,70
60-89	25	32,90
90-119	24	31,60
≥120	06	7,80
Moyenne :79,59± 31,41 ; les extrêmes : 8,00 et 189,00		
<b>Complications per opératoires</b>		
Hémorragie	22	23,15
Efraction de la cavité	15	15,78
Aucune	58	76,32
<b>Noyaux énuclées</b>		
Multiple	42	85,71
Unique	07	14,29
Moyenne :7,14±7,47 ; les extrêmes :1 et40		
<b>Taille des myomes (cm)</b>		
1-5	34	37,80
6-10	34	37,80
11-15	17	18,90
<b>Poids des myomes (g)</b>		
<500	26	53,06
500-1999	20	40,81
≥2000	3	6,12
Moyenne :633,95±776,16 ; Médiane :450 ; les extrêmes : 20 et 4250		
<b>Complications post opératoires</b>		
Anémie	04	5,26
Infection du site opératoire	02	2,63
Aucune	70	92,10

## Discussion

Le manque d'équipement coelioscopique et hystérocopie dans le service ont été la principale limite de cette étude.

## Fréquence

La fréquence de FU dans notre série (texte1), était plus élevée que celle rapportée par Baldé IS et al. (2015) en Guinée rapportant un taux de 42,4%, par rapport à l'ensemble des interventions chirurgicales pour cause gynécologique et Mahbouli S et al. (2001), en Tunisie rapportant un taux de 19,1%. La fréquence élevée dans notre série pourrait s'expliquer par la fermeture de l'hôpital National Donka ce qui fait que tous les cas gynécologiques s'orientaient vers l'unique centre hospitalier du pays. La fréquence du fibromyome utérin est souvent sous-estimée car seul les fibromyomes utérins symptomatiques opérés sont comptabilisés décrit Cramer et Patel (cité par Razafindrabejab, 2002).

Caractéristiques épidémiologiques (texte2), concernant l'âge, plus de 50% de nos patientes avaient été diagnostiquées au cours de la troisième et quatrième décennies de la vie. Ce constat est similaire aux données de la littérature qui notaient l'apparition du FU après la puberté et un pic élevé aux alentours de 40 ans selon Stewart EA et al. (2017).

À propos de la parité, notre résultat était différent de celui de certains auteurs notamment Laghzaoui Boukaidi et al. (2013) en Algérie, qui ont rapporté 45% de nullipares et de multipares, ce constat pourrait s'expliquer par la différence entre les données physio-anatomiques des femmes noires et celles maghrébines. Cependant, la notion rapportée par Ross et al. (1986) disant que le risque relatif d'avoir un fibromyome utérin diminue avec la parité ne fait pas l'unanimité. La fréquence élevée chez les nullipares pourrait s'expliquer par la relation entre l'infertilité et le fibromyome utérin, du fait du climat d'hyperœstrogénie qui peut être à la base de ce phénomène qui a une importance socio-culturelle surtout dans les pays en voie de développement où les sociétés prônent une politique pro nataliste. S'agissant du niveau d'instruction, notre constat n'était pas superposable avec celui de Sy T et al. (2007), en Guinée rapportant un taux de 52,75% chez les femmes scolarisées contre 47,25% chez celles non scolarisées, il n'existe pas de relation prouvée entre la survenue d'un fibromyome utérin et le niveau d'instruction d'une femme. Cependant les femmes instruites auraient plus accès aux soins médicaux que les femmes non instruites, elles ont recours aux contraceptifs et se marient souvent tard, donc elles sont plus exposées aux effets des œstrogènes. Une patiente sur deux exerçait une profession libérale dans notre série, ce constat pourrait s'expliquer par le fait qu'elles constituent l'essentiel de la population féminine en Guinée selon Diallo MDD et al (EDS, 2012).



Sur le plan matrimonial, trois femmes sur quatre étaient mariées, ce constat reflète les croyances socioculturelles et religieuses de la population guinéenne qui privilégie le mariage.

### **Caractéristiques cliniques**

Les circonstances de découvertes (Tableau I), étaient dominées par : les hémorragies génitales (42,49%) et la masse abdomino-pelvienne (18,75%), circonstances souvent intriquées. Les hémorragies étaient représentées essentiellement par les ménorragies (22,91%), ménométrorragie (12,08%). Baldé et al. (2015) en Guinée ont rapporté une fréquence de 47,45% de ménorragies et les ménométrorragies (30,5%), Kofi et al. (2013) en Côte d'Ivoire ont rapporté une fréquence de 52,60% de ménorragie. Ce constat s'expliquerait par le fait que l'endomètre des femmes porteuses de fibromyome témoigne d'une hyperœstrogénie responsable habituellement d'une hyperplasie de l'endomètre qui est source de saignements et une augmentation de la surface qui saigne.

Par contre Dia A et al. (2003), au Sénégal ont rapporté que l'augmentation du volume de l'abdomen était le motif de consultation le plus fréquemment retrouvé (96,4%) des cas. Cette différence par rapport à nos résultats pourrait s'expliquer par la différence de vocation entre les services d'études (chirurgie au Sénégal et Gynéco-obstétrique chez nous). Les patientes présentant une masse abdomino-pelvienne ont plus tendance à recourir aux services de chirurgie qu'à la maternité et inversement pour celles qui présentent des hémorragies génitales.

À propos de l'antécédent personnel de la femme (texte 3), la fausse couche a occupé une place importante et a révélé le myome dans 19,70% des cas alors que sa part a été diversement appréciée dans la littérature entre 12 et 41% selon Marshall LM et al. (1997). Près de 11% de nos patientes avaient eu un antécédent de myomectomie. Dans une série Canadienne en 2007, les auteurs ont rapporté la probabilité cumulée de récurrence de léiomyomes au cours de la période de suivi, soit 11,7% après 1 an, 36,1% après 3 ans, 52,9% à 5 ans, et atteint 84,4% à 8 ans d'après Fuldeore MJ et al. (2017). En revanche le taux de récurrence des fibromyomes dans les études africaines était difficile à évaluer à cause du suivi des patientes.

La quasi-totalité de nos patientes étaient en activité génitale (texte 4). Dans la littérature, il est rapporté que le risque de fibromyome utérin est multiplié par dix chez les femmes sexuellement actives comparées aux ménopausées suite à l'arrêt de la production d'œstrogène à la ménopause selon Marsh E et al. (2018). Cela dénoterait le rôle des hormones stéroïdes gonadiques féminines dans la stimulation de la croissance du fibromyome. Par rapport aux données de l'examen gynécologique (Tableau II). La taille utérine de nos patientes était en moyenne compatible avec une grossesse de 18 SA à

l'examen clinique. Ce résultat était similaire à celui de Okobgo et al. (2011) au Nigéria. Cette grosse taille du fibromyome dans notre étude serait probablement liée à la première consultation tardive des femmes. La prédominance du gros utérus et de l'hémorragie génitale ont été également rapporté dans les études de Sy T et al. (2007), de Razafindrabejab et al. (2002). Les examens complémentaires à visée diagnostique disponibles (texte 5), toutes nos patientes avaient réalisé l'échographie, cependant 10% d'entre elles avaient un compte rendu avec la classification de FIGO. Malcolm G. Munro et al. (2011). ont démontré l'intérêt de cette de classification pour améliorer la communication entre le clinicien et l'agent qui avait réalisé cet examen pour une meilleure prise en charge des patientes Ce taux faible dans notre contexte pourrait s'expliquer par le fait que les prestataires de soins n'ont pas tous adopté ce nouveau système de classification d'où la nécessité d'une formation des prestataires en échographie, quant à l'hystérosalpingographie, sa réalisation était faible dans notre série, Baldé IS et al. (2015). Ont rapporté dans leur série 4% de réalisation de cet examen, ce constat s'expliquerait par le cout de l'examen qui n'était pas à la bourse de tout le monde. L'imagerie par resonance magnétique (IRM) et l'hystérocopie n'ont pas été réalisées dans notre service faute d'équipement. Dia A et al. (2003) au Sénégal, rapportant la réalisation de l'échographie abdomino-pelvienne dans 42,28% des cas et de l'hystérosalpingographie dans 12,14%. Contrairement à Laghzaoui M et al. (2001) au Maroc, rapportant la réalisation de l'échographie abdomino-pelvienne chez 100% des cas dans sa série.

### **Prise en charge chirurgicale**

Les indications opératoires (Tableau III), ont été dominées dans plusieurs études par les gros utérus polomyomateux Baldé IS et al. (2015) en Guinée et de Laghzaoui M et al. (2001) au Maroc. Le service ne disposant pas de la coelioscopie et endoscopie, la laparotomie était la seule voie d'abord utilisée. La myomectomie a été le geste chirurgical le plus fréquent à cause du désir de procréation chez la majorité des patientes. Le même constat a été fait par Baldé IS et al. (2015) en Guinée et Laghzaoui M et al. (2001) au Maroc qui ont rapporté respectivement 71,82%, 60% de myomectomie.

Le diamètre moyen des myomes était de  $10\text{cm}\pm 2$  au cours de cette étude.

Selon Chalal et al. (2013) en Algérie, la plupart des noyaux myomateux énuclées (70,99%) un diamètre  $< 6\text{cm}$ . Ceux dont le diamètre varie entre 6 et 10 cm représentaient 20,28% et seulement 8,73% des myomes avaient un diamètre  $> 10\text{cm}$ . Au cours de son étude sur la chirurgie des fibromes utérins au CHU de Yopougon, Koffi ABD et al. (2013) a enregistré des gros utérus contenant entre 5 et 30 noyaux myomateux de taille variable. D'après Okogbo et al. (2011) au Nigéria, la majorité (79,9%) des patientes

opérées présentaient des léiomyomes multiples de différente taille. Le même constat a été fait par Davis BJ et al. (2009)

Le poids moyen des myomes était de  $633 \pm 776$  g dans notre série.

Au cours de cette étude, l'hystérectomie a été réalisée chez les patientes ménopausées ou en période de préménopause et chez celles qui ne voulaient plus accoucher. La fréquence d'hystérectomie trouvée (35,52%) était similaire à celle rapportée par Dia A et al. (2003) au Sénégal (35,72%). Cette classification de FIGO a permis de constater la prédominance du myome de type 6 (59,20%) et le type 4 (46,90%).

Javier Monléon et al. (2018) en Espagne, ont rapporté la prédominance sur le type 4 (23,4%). Cette classification qui avait pour intérêt d'améliorer la prise en charge des patientes, n'était pas exploitée dans de nombreux pays Africains y compris en Guinée. Son utilisation a été introduite pour les besoins de la présente étude.

En peropératoire, les complications ont été marquées par les hémorragies comme lors des études de Okogbo et al. (2011) au Nigéria et de Koffi ABD et al. (2013) à Abidjan. Certains auteurs : Davitian C et al. (2005) et Nassif J et al. (2009) préconisaient pour limiter ces pertes sanguines et ces transfusions de poser un garrot au niveau de l'isthme utérin pour contrôler l'hémorragie pendant l'extraction des myomes ou de réaliser une ligature des vaisseaux hypogastriques. D'autres complications non négligeables ont été enregistré au cours de cette étude à type d'effraction accidentelle de la cavité endométriale dans 15,78% des cas.

Plusieurs patientes ont été transfusées (43,40%) à cause d'une part du fait que la majorité avait une anémie en préopératoire et d'autre part à cause des complications hémorragiques enregistrées. Cette fréquence était supérieure à celle rapportée par Okogbo et al. (2011) au Nigéria qui était de 12,8%. Une correction de l'anémie avant l'intervention aurait pu permettre de diminuer cette fréquence de transfusion avec les risques immunologiques et infectieux que cela comporte. Aucun décès n'a été enregistré au cours de notre étude.

## **Conclusion**

La fréquence de la pathologie fibromateuse est importante dans la pratique chirurgicale en Guinée. La prise en charge tardive implique souvent des traitements chirurgicaux mutilants et décevant chez la population féminine jeune. La sensibilisation précoce de celles-ci sur l'avenir obstétrical, réduirait les conséquences socio-économiques dramatiques liées à cette affection.

### **Considération éthique**

Déclaration pour les participants humains :

Cette étude a été approuvée par la faculté des sciences et techniques de la santé de l'Université Gamal Abdel Nasser de Conakry et 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. Baldé, IS., Diallo, BS., Conté, I., Baldé, O., Diallo, MH., Diallo, BC., et al. (2015). Les fibromyomes utérins : aspects épidémiologique, clinique, prise en charge chirurgicale et pronostic au CHU de Conakry. *Rev int sc méd*;17(3) :114-117.
2. Chalal, N. & Demmouche, A. (2013). Profil épidémiologique des fibromes utérins dans la région de sidi bel abbes, Algérie. *Pan African Medical Journal*.15(7) :1-8.
3. CNGOF (2011). Collège national des gynécologues et obstétriciens français. *Abrégé de Gynécologie obstétrique* : 2e édition Masson, Paris, 227-228.
4. Davis, BJ., Haneke, KE., Miner, K., Kowalik, A., Barrett, JC., Peddada, S. et al. (2009). The Fibroid Growth Study: Determinants of Therapeutic Intervention. *Journal of women's health*.18(5) :725-31.
5. Davitian, C., Ducarme, G., Rodrigues, AB., Tigaizin, A., Dauphin, H., Benchimol, M. et al. (2005). Myomectomie : prévention de l'hémorragie. *Techniques chirurgicales Gynécologie*. 41 :66.
6. Dia, A., Beye, S.B., Dangou, J.M., Dieng, M. & woto Gaye, C.T. (2003). Les fibromes utérins à la cliniques chirurgicale de Dakar : à propos de 140 cas opérés en deux ans. *Dakar Médical*. 48(2) :72-76.
7. Diallo, MDD. & Bussangu, MF. (2012). *Archive du ministère du plan, institut national de la statistique, Conakry, Guinée : Enquête démographique et de santé (EDS). Guinée, (Calvelton, maryland, USA : iNS et oRC marco)* : 246-247.
8. Fuldeore, MJ. & Soliman, AM. (2017). Patient-reported prevalence and symptomatic burden of uterine fibroids among women in the

- United States: Findings from a cross-sectional survey analysis. *Int J Womens Health.* 9 :403-11
9. Koffi, ABD., Olou, NL., Fomba, M. & Horo, A. (2013). Chirurgie des fibromes utérins : bilan de cinq années d'activité au service de gynécologie du chu de Yopougon (Abidjan). *Revue internationale des sciences médicales d'Abidjan.*15(2) :95-9.
  10. Laghzaoui, M., Boukaidi, S., Bouhya, S., Hermas, S., Bennani, O., Aderdour, M. et al. (2001). Epidémiologie des fibromes utérins (à propos de 690 cas) *Maroc médical.* 23(4) : 266- 270.
  11. Mahbouli, S., Messaoudi, Y., Chandoul, Y., Zayene, H., Messaoudi, F., Basly, M. et al. (2001). Prise en charge des fibromes utérins (à propos de 219 cas, *Tunisie médicale,* 79(10) : 515-520.
  12. Marshall, LM., Spiegel Barbieri, RL., Goldman, MB. & Manson, SE. (1997). état de variation in the incidence of uterine léiomyome among premenopausal women by age and race. *Obstétrique Gynecol.* 90 : 965-973.
  13. Marsh, EE., Al-Hendy, A., Kappus, D., Galitsky, A., Stewart, EA., Kerolous, M.B. et al. (2018). Prevalence, and Treatment of Uterine Fibroids : A Survey of U.S. Women. *J Women's Health.* 27:1359-67.
  14. Monleón, J., Cañete, ML., Caballero, V., Del Campo, M., Doménech, A., Losada, MÁ. et al. (2018). Epidemiology of uterine myomas and clinical practice in Spain. An observational study. *Eur J Obstet Gynecol Reprod Biol.* 226 :59-65.
  15. Munro, MG., Critchley, HOD., Broder, MS. & Fraser, IS. (2011). FIGO classification system (PALM-COEIN) for causes of abnormal uterine bleeding in non gravid women of reproductive age. *Int J Gynecol Obstet.*;113 :3-13.
  16. Nadine, BL., Sidik, DA., Simon, DN., Raïssa, K., Eric, K., Esther, A. et al. (2016). Aspects IRM des fibromes utérins dans le bilan pré embolisation en Côte d'Ivoire. *Journal Africain de l'Imagerie Médicale;*8 :1-6.
  17. Nassif, J., Zacharopoulou, C., Cherif, Y. & Wattiez, A. (2009). Traitement chirurgical des fibromes utérins: évolution des techniques opératoires. *Med Reprod, Gynécologie Endocrinologie.* 11(2) :164-9.
  18. Okogbo, FO., Ezechi, OC., Loto, OM. & Ezeobi, PM. (2011). Uterine Leiomyomata in South Western Nigeria : A clinical study of presentations and management outcome. *Afr Health Sci.*;11(2) :271-7
  19. Razafindrabe, J.A., Rabarijaona, M., Rakotoarisoa, B., Randriamaro, B., Sambany, R., Razafindramboa, H. et al. (2002). Les raisons de l'hystérectomie dans un service de Gynécologie et obstétrique. *Méd Afr Nre ,* 49. (4) : 166-68.

20. Ross, RK., Pike, MC. & Vessey, MP. (1986). Risk factors for uterine fibroids : reduced risk associated with oral contraceptives British medical journal; 293, 359-62.
21. Stewart, EA., Cookson, CL., Gandolfo, RA. & Schulze-Rath, R. (2017). Epidemiology of uterine fibroids : a systematic review, BJOG An Int J Obstet Gynaecol. (124) :1501-12.
22. Sy, T., Diallo, Y., Diallo, A.B., Diallo, F.B., Touré, A., Keita, N. et al. (2007). Fibromyomes utérins : aspect épidémio-clinique et prise en charge chirurgicale à la clinique de Gynécologie obstétrique Ignace Deen du CHU de Conakry. Annales de l'université de Ouagadougou – série d. (vol.005 juin 2007) : 113- 126.
23. Wise, LA. & Laughlin-Tommaso, SK. (2016). Epidemiology of uterine fibroids : From menarche to menopause. Clin Obstet Gynecol;59(1) :1–31

## **Caractérisation Ecologique des Différents Types d'Habitat et Mode de Consommation de Bambous Comme Base de l'Alimentation des Lémuriens : Cas du Parc National Ranomafana**

***Heriniaina Marcellin Andrianotahina***

Doctorant, Ecole Doctorale en Biodiversité et Environnement Tropicaux,  
Université de Toliara, Toliara, Madagascar

***Laurent Raveloson***

Docteur, Chercheur au Pérégrine Fund, Madagascar

***Tahiana Andriaharimalala***

Docteur, Centre National de la Recherche sur l'Environnement (CNRE)

***Félicitée Rejo-Fienena***

Professeur Titulaire, Ecole Doctorale en Biodiversité et Environnement  
Tropicaux, Université de Toliara, Toliara, Madagascar

[Doi:10.19044/esj.2023.v19n33p169](https://doi.org/10.19044/esj.2023.v19n33p169)

---

Submitted: 21 September 2023

Accepted: 16 November 2023

Published: 30 November 2023

Copyright 2023 Author(s)

Under Creative Commons CC-BY 4.0

OPEN ACCESS

*Cite As:*

Andrianotahina H.M., Raveloson L., Andriaharimalala T. & Rejo-Fienena F. (2023). *Caractérisation Ecologique des Différents Types d'Habitat et Mode de Consommation de Bambous Comme Base de l'Alimentation des Lémuriens : Cas du Parc National Ranomafana*. European Scientific Journal, ESJ, 19 (33), 169.

<https://doi.org/10.19044/esj.2023.v19n33p169>

---

### **Résumé**

Cette étude propose une caractérisation écologique approfondie des divers types d'habitats présents dans le Parc National Ranomafana à Madagascar, en mettant particulièrement l'accent sur le rôle des bambous dans l'alimentation des lémuriens. La recherche explore les variations écologiques des habitats, mettant en lumière, les facteurs clés qui influent sur la distribution des bambous et des espèces de lémuriens. Les modes de consommation des bambous par les lémuriens sont analysés, avec une attention particulière portée aux aspects comportementaux et alimentaires. Dans le Parc National de Ranomafana, les forêts de bambous avec ces différentes espèces, occupent une place importante pour la survie de nombreuses espèces de lémuriens qui en



dépendent exclusivement pour alimentation. Cette étude est axée sur les caractéristiques écologiques et mode de consommation des espèces de bambous, espèces alimentaires de lémuriens dans le PN Ranomafana. Elle s'est déroulée entre les mois d'août et octobre 2018 et le mois de janvier 2019, puis entre septembre et octobre 2019 et pendant le mois d'août 2020. Une visite préliminaire a permis de voir les caractéristiques des trois sites étudiés et identifier les espèces de bambou. Une méthode de plot permanent de suivi (PPS) a été adoptée (Ralahy, 2005) Pour les relevés écologiques, le dispositif de Plateau d'une surface de 0,1 ha a été installé à chaque site. Des observations directes ont été effectuées pour étudier les modes de consommations de bambous par les lémuriens. Comme résultats, trois espèces de bambou ont été recensées dont *Cathariostachys madagascariensis*, *Cephalostachyum viguieri* et *Valiha diffusa*. L'espèce *C. viguieri* a été trouvée uniquement à l'intérieur du PN et sa densité relative qui est la plus élevée : environ 2050 individus /ha. L'espèce *Valiha diffusa* présente une abondance relative de 60,20% et 63,98% au niveau du mi-versant à Sahofika (Site 1) et Vohitrarivo (Site 2). Elle est de 60,07% dans le mi-versant pour *C. madagascariensis* et 75,01% dans le haut versant pour *C. viguieri* à Talatakely (Site 3). Le taux de régénération de l'espèce *C. madagascariensis* constitue le moins et plus remarquable, soit respectivement 132,67% et 375,36% à Sahofika et Talatakely. Les jeunes feuilles de *Valiha diffusa* et les jeunes pousses de *C. madagascariensis* sont les parties les plus consommées. Néanmoins, ces deux espèces possèdent un taux de mortalité respectif de 30,6% et 28,4%, dans les sites 1 et 3. En conclusion, l'étude met en évidence l'importance cruciale des bambous dans le régime alimentaire des lémuriens du Parc National Ranomafana, soulignant leur rôle en tant que ressource alimentaire prédominante. Les résultats fournissent des informations essentielles pour la conservation de ces primates, ainsi que des recommandations pour la gestion et la préservation des habitats de bambous. Cette caractérisation écologique approfondie offre une base solide pour comprendre les liens entre les lémuriens, leur habitat et les ressources alimentaires clés, contribuant ainsi aux efforts de conservation de la biodiversité à Madagascar.

---

**Mots-clés:** Caractéristiques écologiques, bambous, mode de consommation, densité relative, Parc Ranomafana, Madagascar

---



## **Ecological Characterization of Different Habitat Types and Bamboo Consumption Patterns Food: The Case of Ranomafana National Parks**

*Heriniaina Marcellin Andrianotahina*

Doctorant, Ecole Doctorale en Biodiversité et Environnement Tropicaux,  
Université de Toliara, Toliara, Madagascar

*Laurent Raveloson*

Docteur, Chercheur au Pérégrine Fund, Madagascar

*Tahiana Andriaharimalala*

Docteur, Centre National de la Recherche sur l'Environnement (CNRE)

*Félicitée Rejo-Fienena*

Professeur Titulaire, Ecole Doctorale en Biodiversité et Environnement  
Tropicaux, Université de Toliara, Toliara, Madagascar

---

### **Abstract**

This study provides a comprehensive ecological characterization of various habitat types within Ranomafana National Park in Madagascar, with a particular focus on the role of bamboo in the diet of lemurs. The research explores ecological variation in habitats, highlighting key factors influencing the distribution of bamboo and lemur species. The consumption patterns of bamboo by lemurs are analyzed, with specific attention to behavioral and dietary aspects. In Ranomafana National Parks, bamboo forests with their different species play a crucial role in the survival of numerous lemur species that depend exclusively on them for sustenance. This study focuses on the ecological characteristics and consumption patterns of bamboo species, which are dietary staples for lemurs in Ranomafana NP. The study took place between August and October 2018 and January 2019, as well as September and October 2019 and August 2020. A preliminary visit allowed for an assessment of the characteristics of the three study sites and the identification of bamboo species. A Permanent Plot Sampling (PPS) method was adopted for an ecological survey, with a 0.1ha plot established at each site. Direct observations were made to study lemur bamboo consumption patterns. The results identified three bamboo species: *Cathariostachy smadagascariensis*, *Cephalostachyum Viguieri*, and *Valiha diffusa*. *Cephalostachyum viguieri* was found exclusively within the NP, with the highest relative density, approximately 2050 individuals/ha. *Valiha diffusa* exhibited a relative abundance of 60.20% and 63.98 on the mid-slope at Sahofika (Site1) and Vohitrarivo (Site2), respectively. It was 60.07% on the mid-slope for *Cathariostachys madagascariensis* and 75.01% on the upper slope for

*Cephalostachyum viguieri* at Talatakely(Site3). The regeneration rate of *Cathariostachys madagascariensis* was the least and most remarkable, at 132.67% and 375.36% in Sohofika and Talatakely, respectively. The young leaves of *Valiha diffusa* and the young shoots of *Cathariostachys madagascariensis* were the most consumed parts. However, both species mortality rates of 30.6% on the mid-slope and 28.4% at Site1 and Site3. In conclusion, the study highlights the crucial impotent of bamboo in the diet of lemurs in Ranomafana National Park, emphasizing its role as a predominant food resource. The result provides essential information for lemur conservation, along with recommendations for the management and preservation of bamboo habitats. This in-depth ecological characterization offers a solid foundation for understanding the connections between lemurs, their habitat, and key food resources, contributing to biodiversity conservation efforts in Madagascar.

---

**Keywords:** Ecological characteristics, bamboo, consumption patterns, relative density, Ranomafana Parks, Madagascar

## Introduction

Madagascar se distingue en tant qu'écorégion unique mondialement reconnue, jouissant d'une biodiversité exceptionnelle, notamment dans ses milieux forestiers. Malgré cette richesse naturelle, l'île subit une pression croissante sur ses écosystèmes, en particulier ses forêts (Vieilledent et al. 2018). En ce qui concerne les bambous, Madagascar se démarque avec une diversité remarquable, abritant 32 espèces endémiques réparties dans 10 genres, surpassant même des pays africains tels que le Nigeria (Bystriakova et al., 2004). La concentration de cette diversité biologique, notamment des bambous, se trouve dans la formation forestière humide de l'Est de l'île (Bystriakova et al., 2004). Les lémuriens bambous, au cœur du Parc National Ranomafana, dépendent principalement des bambous pour leur alimentation (Tan, 2000). Ces forêts de bambous occupent environ 1/8 de la superficie du parc, soit environ 5 000 hectares (ANGAP, 2001). Les bambous représentent entre 80 et 95 % du régime alimentaire des lémuriens de bambous, avec des variations basées sur les préférences et les besoins spécifiques de chaque espèce (Tan, 1999). Les espèces telles que *Hapalemur aureus*, *H. griseus* et *Prolemur simus*, présentes dans le PN Ranomafana, se nourrissent exclusivement de bambous (Tan, 1999 ; Mittermeier et al. 2010 ; Ravaloharimanitra et al., 2010 ; Ravelojaona, 2014). Cependant, les bambous, en plus de servir de source alimentaire, sont également au cœur d'un débat entre la population locale, désireuse d'en exploiter les ressources, et les conservateurs, cherchant à les préserver (Andriamarivololona, 2005). L'identification des espèces de bambous dans la zone d'étude et une

compréhension minimale de leur biologie sont cruciales pour évaluer la durabilité de leur exploitation (Wong, 2000 ; Jones, 2004). De nombreuses études antérieures ont abordé les bambous du Parc National de Ranomafana, mais cette recherche vise à enrichir les connaissances existantes. L'objectif est de caractériser plus précisément les paramètres structurels des peuplements de bambous, qui sont des espèces alimentaires clés pour les lémuriens du parc. De plus, cette étude cherche à détailler les modes de consommation des bambous par les lémuriens, dans le dessein de garantir la préservation adéquate de ces primates tout en favorisant une exploitation durable des ressources forestières du parc national Ranomafana.

## 1. Méthodologie

### *Sites d'étude*

Le Parc National Ranomafana, localisé dans la région du Sud-est de Madagascar, au sein de la région Vatovavy Fitovinany (ancienne province de Fianarantsoa), s'étend entre 47°18' à 47°37' de longitude est et de 21°02' à 22°25' de latitude. Sa position géographique le place à 412 km au sud-est d'Antananarivo, à 65 km au nord-est de Fianarantsoa, et à 139 km à l'ouest de Mananjary, avec les routes nationales N° 25 traversant le parc. Sa superficie totale est de 41 601 ha, divisée en trois parcelles distinctes : parcelle 1 (23 970 ha), parcelle 2 (3 503 ha), et parcelle 3 (14 128 ha) (ANGAP, 2001). La topographie de la zone se caractérise par un relief accidenté, avec des collines à pentes abritées, parfois agrémentées de falaises (Ralahy, 2009). L'altitude varie de 600 à 1 417 m, avec les monts Vohindratiana (1 316 m) et Maharira (1 417 m) constituant les points culminants, situés respectivement dans les parties Sud-Est et Nord du parc (Rakotonirina, 2017). Le climat est de type tropical humide, avec des précipitations et une température moyenne annuelle atteignant respectivement 2 819,6 mm et 18,78°C. Les températures minimales varient de 2 à 3°C, tandis que les maximales atteignent 37°C (PCD, 2008 ; Service météorologique de Ranomafana, 2005-2015). La végétation du parc se compose principalement de forêt dense humide orientale, comprenant des familles telles que les Apocynaceae, Cunoniaceae (*Weinmania sp.*), Monimiaceae (*Tambourissa sp.*), et Sterculiaceae (Koechlin, 1972 ; Nicoll & Langrand, 1987). Les forêts du Parc National de Ranomafana sont constituées de forêts denses humides sempervirentes de basse et de moyennes altitudes. Ces forêts indigènes du haut plateau, du côté ouest du parc, varient en humidité de la forêt ombrophile de petite stature à 1 100 à 1 400 m. Le parc contribue significativement à la régulation du régime hydrologique des bassins versants de la région Nord et Sud-Est de Madagascar (ANGAP, 2001), offrant ainsi des services écosystémiques cruciaux pour les habitants locaux. Le Parc National de Ranomafana abrite une riche diversité faunique, notamment 12 espèces de lémuriens, dont cinq sont menacées d'extinction : *Hapalemur aureus*, *H.*

*griseus*, *Propithecus diadema edwardi*, *Prolemur simus*, et *Varecia varecia variegata* (UICN, 2021). En raison de cette biodiversité exceptionnelle, le parc a été désigné site du patrimoine mondial en péril en 2010 (UNESCO, 2010).

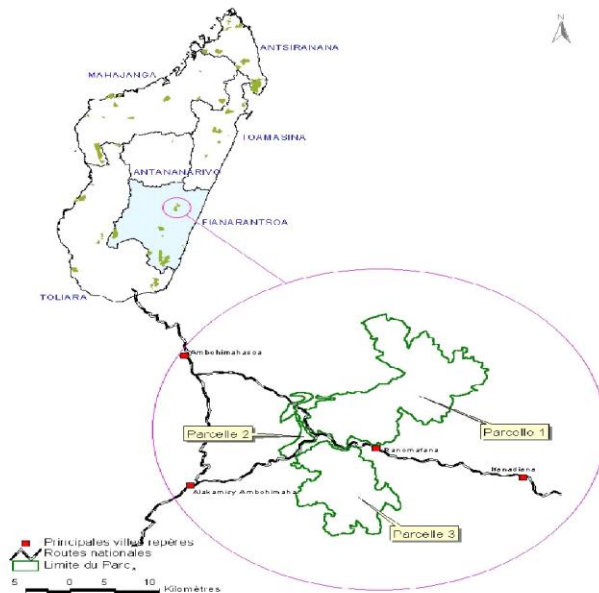
**Choix de sites et espèces étudiés**

Le choix des sites d'études est basé sur la structure d'habitation et le territoire de recherche de nourriture des espèces de lémuriens menacés. Pour la présente étude, trois sites du PN Ranomafana ont été choisis dont les critères de sélection sont les suivants : (1) site au périphérique du Parc, (2) type de végétations caractérisé par la présence de bambous, et (3) territoire des lémuriens consommateurs de bambous dont *Prolemur simus*, *Hapalemur griseus*, *H. aureus*. En effet, trois différents sites ont été sélectionnés (Tableau 1).

**Tableau 1.** Sites d'étude et ses caractéristiques

Sites	Parcelle	Altitude	Caractéristiques de la végétation
Sahofika	II	470 à 530 m	Savoka dominés par des bambous et <i>Ravenala madagascariensis</i>
Vohitrarivo	II	496 à 519 m	
Talatakely	III	1 000 et 1 200 m	Forêt dense humide et stratifiée (Strate sup à 11 m, strate moyenne 6 à 7 m et strate inférieure 5 m)

Dans le cadre de l'analyse des données sur la régénération naturelle de la végétation, ces sites ont été divisés en deux zones : site 1 et site 2 représentent la zone périphérique du Parc et site 3 correspond à la zone à l'intérieur du Parc.



**Figure 1.** Localisation du site d'étude (Source : MNP 2009)

### ***Collecte de données***

La présente étude a été menée dans le PN Ranomafana entre 2018 et 2020. Elle est axée sur la caractérisation écologique des espèces de bambous ainsi que la relation entre la population de bambous et les lémuriens qui les consomment. Ainsi, les investigations ont été effectuées du mois d'août au mois d'octobre 2018 ; le mois de janvier 2019, puis entre le mois septembre et le mois d'octobre 2019 et durant le mois d'août 2020.

Pour faire le relevé écologique, une visite préliminaire a été menée dans les trois sites sélectionnés. Un recensement sommaire des espèces de bambous consommés par les lémuriens de bambous a été fait à partir des enquêtes ouvertes sous forme de discussion auprès des guides locaux. Durant les enquêtes, des guides d'identification ou les photos de ces lémuriens ont été utilisés comme les différentes couleurs et la taille de lémuriens.

L'inventaire de bambous, la méthode de placette a été adoptée. Pour ce faire, un dispositif de placeau d'une surface de 0,1 ha, soit 50 m x 20 m divisé en 10 placettes de 10 m x 10 m a été installé dans chaque site (Rakotonirina, 2017). Chaque extrémité des placettes est marquée par des flags. Ces dispositifs sont placés perpendiculairement au versant, plus précisément suivant le niveau topographique du versant. Ils ont été installés soit sur le mi-versant, soit sur le haut versant ou sur le bas versant, dominé par des rizières. Ainsi, les données suivantes ont été collectées :

- Surface de relever
- Nom vernaculaire de bambou
- Espèce de bambou
- Nombre d'individus
- Diamètre à hauteur de poitrine de chaque individu à l'aide d'un DBH-mètre

La classe de diamètre des individus d'une espèce a été prise en compte afin de calculer l'abondance relative en fonction de la classe de diamètre.

Pour étudier les modes de consommation de bambou par les lémuriens et leurs impacts sur les bambous, on a procédé à une observation directe. Pour ce faire, la trace laissée et la partie végétale consommée par un individu de lémurien ainsi que la classe d'âge d'un individu de bambou ont été enregistrés. Selon Wei-Chih lin (1970), trois critères permettent de déterminer les classes d'âge des bambous : la couleur du chaume, la ramification caractérisée par la présence ou non de feuilles et la présence ou non de poils. Le tableau 2 montre les critères de catégorisation de classe d'âge d'un bambou.

**Tableau 2.** Critères de catégorisation de classe d'âge d'un bambou source  
(Wei-Chih lin, 1970)

Critères de catégorisation	Caractéristiques	Classe d'âge
Couleur du chaume	Bambou a une couleur vert clair avec un chaume couvert de poudre blanche	Jeune pousse d'un (1) an
	Couleur verte du chaume devient de plus en plus foncée	Jeune pousse de deux (2) ans
	Chaume devient jaune	Jeune pousse de trois (3) ans
	Chaume est de couleur jaune foncé	Adulte de trois (3) à quatre (4) ans
Type de ramification	Ramifications bien feuillies	Jeune pousse d'un (1) an
	Certaines feuilles se détachent mais les rares feuilles restantes continuent à pousser	Jeune de deux (2) ans
	Il ne reste que très peu de feuilles sur les ramifications	Jeune de trois (3) ans
	Ramifications continuent à repousser	Adulte de 4 ans
Présence ou non de poils	Bambous couverts de poils	Jeune d'un (1) à deux (2) ans
	Bambous ne possèdent pas de poils	Jeune de plus de deux (2) ans

L'étude sur les modes de consommation de bambou a été basée sur la détermination de la répartition de parties végétales de bambou recensé et consommé par les lémuriens. Pendant la période d'hivers ces animaux se nourrissent de chaume de la partie molle tandis durant la période de repoussent ils mangent des jeunes pousses, bourgeon et feuille. Ainsi, le bas versant (BV), le mi- versant (MV) et le haut versant (HV) ont été examinés pour les analyses topographiques.

### **Analyse de données**

Les différents paramètres suivants ont été calculés :

- La densité relative des espèces
- L'abondance relative en fonction de la topographie,
- L'abondance relative en fonction du diamètre des individus de bambous,
- Le taux de régénération et
- L'Indice Spécifique de Régénération

Le tableau 3 récapitule les formules relatives à ces différents paramètres.

**Tableau 3.** Formule de différents paramètres analysés

Paramètres	Equation
Densité (Ind/ha)	$D = N/S$
Abondance relative (%)	$Ar = (Ni/N) \times 100 \%$
Taux de régénération (%)	$TR = (Nr/Ns) \times 100\%$
Indice Spécifique de Régénération (%)	$ISR = (n/ns) \times 100\%$

N : effectif d'individus d'une même espèce, S : surface de relever,  
Ni : nombre de tiges de l'espèce i, N : nombre total de la tige dans la surface de relevée

Nr : effectif total des jeunes plants (individus ayant une circonférence < 10 cm), Ns : effectif total du peuplement (individus  $\geq 10$  cm) (Poupon, 1989).

n : effectif des jeunes plants, ns : effectif total des jeunes plants dénombrés (individus ayant une circonférence < 10 cm) (Akpo & Grouzis, 1996).

Suivant la valeur du taux de régénération, trois cas sont possibles (Rothe, 1964) :

- Si le taux de régénération est inférieur à 100 %, l'espèce a des difficultés de régénération
- Si le taux de régénération est compris entre 100 et 1000 %, la régénération est bonne ; et
- Si le taux de régénération est supérieur à 1000 %, la régénération est très bonne.

Le test de corrélation de Pearson a été utilisé pour voir le degré des relations entre l'effectif des individus de chaque espèce de bambous et la surface de relevé.

## 2. Résultats et Discussion

### 2.1. Résultats

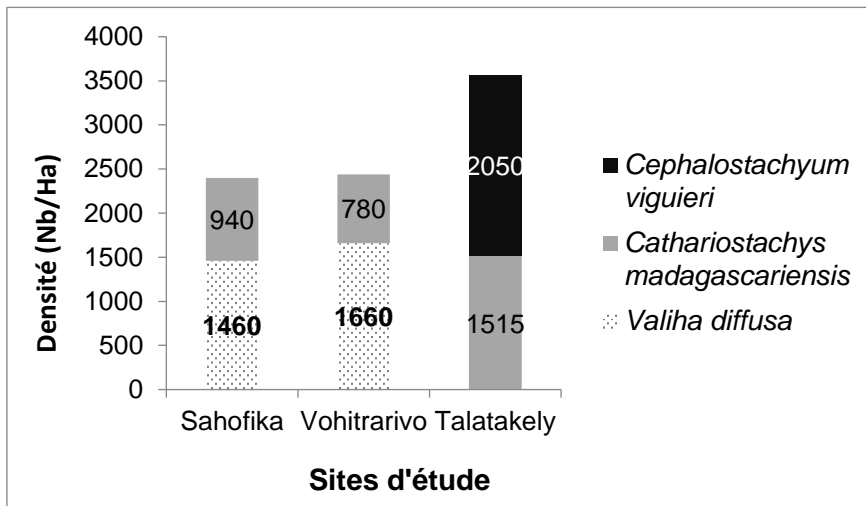
#### *Bilan d'inventaire*

Un total de trois espèces de bambous a été inventorié à savoir *Cathariostachys madagascariensis*, *Cephalostachyum viguieri* et *Valiha diffusa*. La première espèce est commune aux trois sites d'étude Sahofika (S1), Vohitrarivo (S2) et Talatakely (S3). La deuxième espèce n'a été trouvée que dans le site 3 et la dernière espèce a été inventoriée dans le site 1 et le site 2. Sur une surface de relevé de 0,4 à 0,6 ha, en moyenne, l'effectif des individus de ces espèces est de 721 (SD = 206, N = 6) dont les minimum et maximum enregistrés concernent respectivement les espèces *Cathariostachys madagascariensis* (n = 468) et *Valiha diffusa* (n = 996), tous dans le site 2. L'effectif des individus de chaque espèce de bambous ne dépend pas de la surface de relevé. (r = 0,03 ; df = 4 ; p = 0,95).



### ***Densité des espèces de bambous dans chaque site de relevé***

Durant la présente étude, la densité des espèces de bambous varie d'un site à un autre, allant de 780 à 2050 ind/ha. La densité la moins importante concerne l'espèce végétale *Cathariostachys madagascariensis* à Vohitrarivo contrairement à l'espèce *Cephalostachyum viguieri* à Talatakely. Par la suite, la densité de l'espèce *Valiha diffusa* est toujours élevée dans les sites Sahofika et Vohitrarivo (Figure 2).



**Figure 2.** Densité des espèces de bambous dans les trois sites d'étude

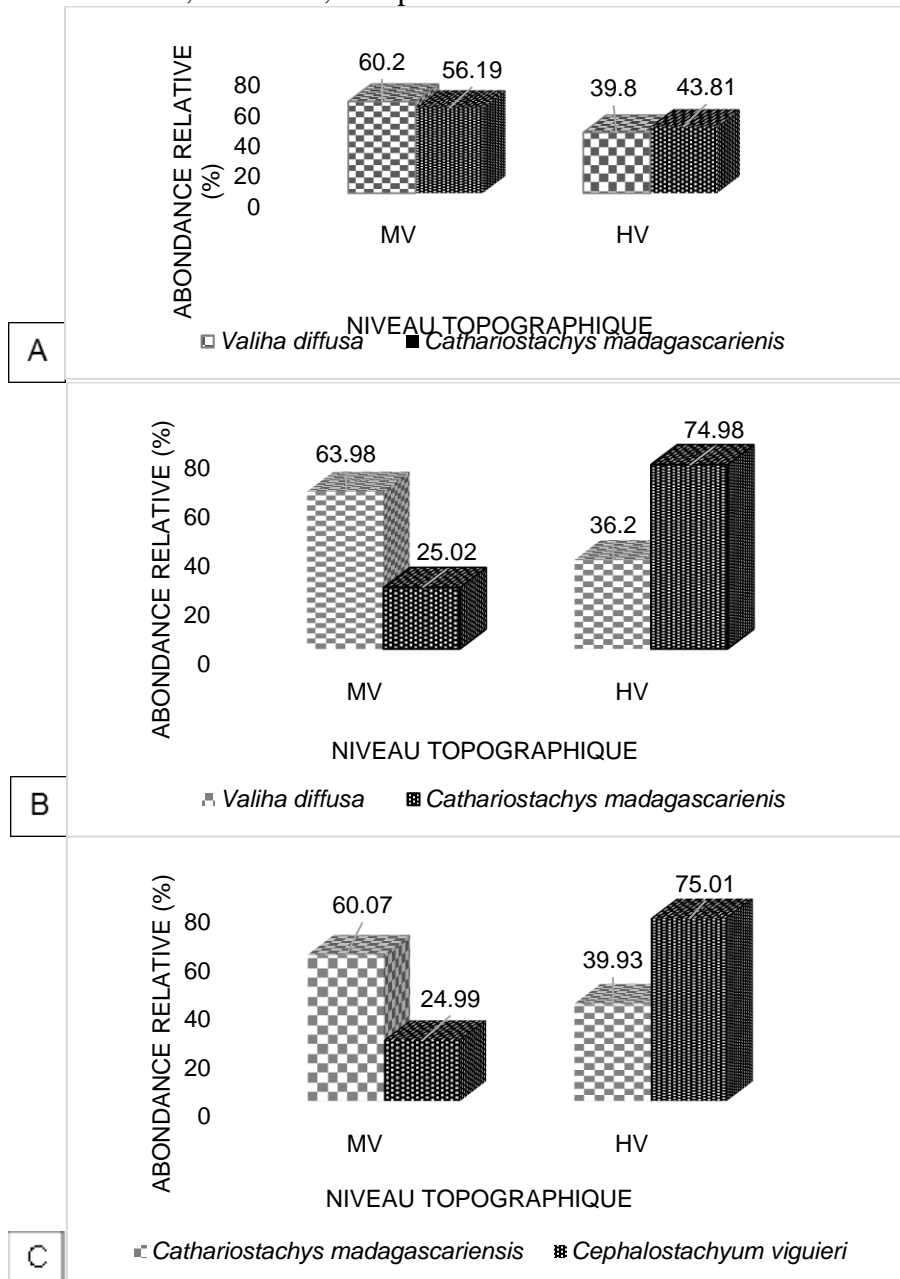
### ***Abondance relative en fonction de la topographie***

La figure 3 ci-dessous donne l'abondance relative des espèces de bambous en fonction de la topographie. Ainsi, dans le site 1, cette abondance varie de 39,8 à 60,2%. Les deux espèces *Valiha diffusa* et *Cathariostachys madagascariensis* de ce site ont une abondance relative de l'ordre supérieur à 50% dans le mi-versant ou MV (Figure 3-A). Dans le site 2, les deux espèces de bambous *Valiha diffusa* et *Cathariostachys madagascariensis* se rencontrent dans le mi-versant et haut versant mais le taux d'abondance est relativement différent (Figure 3-B). Par ailleurs, ces deux espèces présentent respectivement une abondance relative de 63,98% et 74,98% dans le MV. Ces espèces fréquentent davantage les zones plus ou moins humides dans les deux premiers sites. Dans le site 3, les deux espèces de bambous *Cathariostachys madagascariensis* et *Cephalostachyum viguieri* ont un taux d'abondance dépassant les 50% dans le mi-versant et haut versant, soit respectivement 60,07% et 75,02% (Figure 3-C). Ces deux espèces paraissent peu abondantes en haut versant.

Dans la zone d'étude, les topographies ont un effet significatif sur la différence d'abondance relative des espèces de bambous. L'effet est plus remarquable pour les espèces *Cathariostachys madagascariensis* et



*Cephalostachyum viguieri*, respectivement dans les sites 2 et 3. L'abondance relative respective de ces deux espèces est de 74,98% et 75,01% dans le haut versant contre 25,02% et 24,99% pour le mi-versant.



**Figure 3.** (A) : Abondance relative selon le niveau topographique dans le site 1, (B) : Abondance relative selon le niveau topographique dans le site 2, (C) Abondance relative selon le niveau topographique dans le site 3

### **Abondance relative des bambous par classe de diamètre**

D'après l'analyse de données, la classe de diamètre détermine l'abondance relative de chaque espèce à chaque site d'étude. Les individus des espèces de bambous consommées par les lémuriens ont un diamètre compris entre 1 et 8 cm dans les deux premiers sites. Dans le troisième site, le diamètre des individus de l'espèce *Cephalostachyum viguieri* varie de 0,5 à 2 cm et celui de l'espèce *Cathariostachys madagascariensis* mesure entre 2 et 8 cm.

Les espèces *Valiha diffusa* et *Cathariostachys madagascariensis* ayant un diamètre compris entre 4 et 6 cm caractérisent l'abondance relative la plus élevée dans le site Sahofika (S1). Dans le site de Vohitrarivo (S2), la classe de diamètre est de 4 à 6 cm pour l'espèce *Valiha diffusa* et entre 2 et 4 cm pour l'espèce *Cathariostachys madagascariensis* sont les plus élevées. Les trois dernières classes qui regroupent les individus dont le diamètre est entre 2 et 8 cm représentent plus de 90 % des bambous inventoriés. Ce qui permet de dire que les espèces de bambous consommés par les lémuriens sont dominées par une formation végétale de diamètre moyen et élevé dans ces deux sites du PN de Ranomafana.

Dans le site de Talatakely (site 3), les espèces respectives *Cephalostachyum viguieri* et *Cathariostachys madagascariensis* se caractérisent par une abondance relative plus importante de 49,25% et 82,76%. Ces deux valeurs appartiennent respectivement à la classe de diamètre [0,5 - 1[cm et [6 - 8[cm. Ces classes sont suivies par les individus de diamètre [1 - 1,5[cm et [4 - 6[cm, représentés respectivement par 30,25% et 15,03% des individus. En effet, les bambous les plus abondants de ce site se caractérisent par un diamètre plus petit et plus gros, pour ces deux espèces respectives. La variation de chaque abondance relative suivant la classe de diamètre est récapitulée dans les tableaux 4 et 5

**Tableau 4.** Récapitulation des données sur l'abondance relative (%) en fonction de la classe de diamètre dans les sites 1 et 2

Site	Espèces	Classe de diamètre (cm)			
		[1-2[	[2-4[	[4-6[	[6-8[
1	<i>Valiha diffusa</i>	0,8	14,03	45,42	39,75
	<i>Cathariostachys madagascariensis</i>	2,04	34,03	46,01	17,92
2	<i>Valiha diffusa</i>	2,18	44,25	47,48	6,09
	<i>Cathariostachys madagascariensis</i>	0,04	75,21	20,5	4,25

En comparant des moyennes diamètre des espèces de chaque site, on a adopté le test student (Welch Two Sample t-test) pour la *valiha diffusa* de site 1 et site 2 on a une valeur de  $t=3.2029$ ,  $df=1869$ , avec  $p$ -value inférieur au seuil de signification.

Pour le *catharyostachys madagascariensis* de Site 1 et Site2 on a une valeur (Welch two Sample t-test) de  $t=35.595$ ,  $df=1031$  et p-value inférieur au seuil de signification.

Pour le *catharyostachys madagascariensis* de Site 1 et Site3 on a une valeur (Welch two Sample t-test) de  $t=6.2765$ ,  $df=1088$  et p-value  $=4.993^e-10$  avec un intervalle de confiance de  $-0.474$  et  $-0.248$ .

Pour le *catharyostachys madagascariensis* de Site 2 et Site3 on a une valeur (Welch two Sample t-test) de  $t=-46.7145$ ,  $df=995.65$  et p-value inférieur au seuil de signification avec un intervalle de confiance de  $-2.645$  et  $-2.432$ .

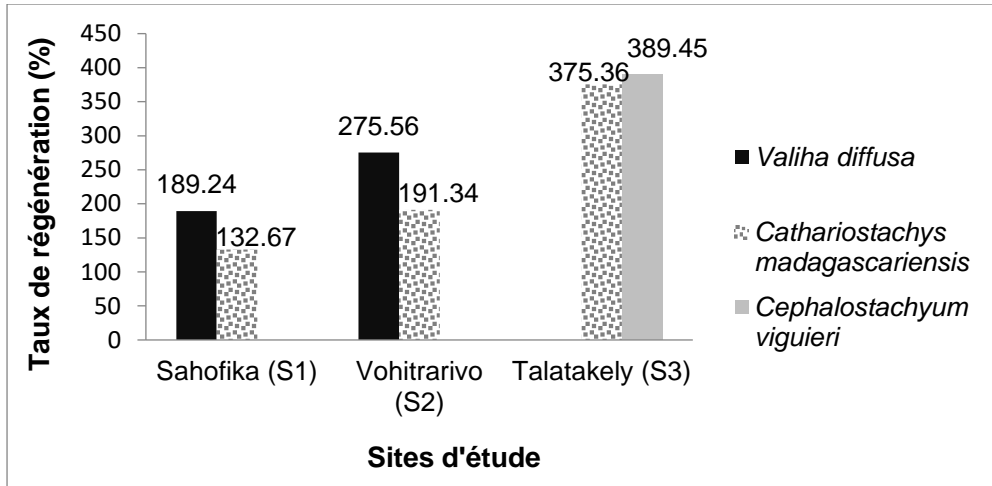
**Tableau 5.** Récapitulation des données sur l'abondance relative (%) en fonction de la classe de diamètre dans le site 3

Espèce	Classe de diamètre (cm)	Abondance relative (%)
<i>Cephalostachyum viguieri</i>	[0,5-1[	49,25
	[1-1,5[	30,25
	[1,5-2[	20,5
<i>Cathariostachys madagascariensis</i>	[2-4[	2,21
	[4-6[	15,03
	[6-8[	82,76

### Régénération des bambous

Les observations faites durant les relevés écologiques ont montré qu'il existe deux types de régénération chez les espèces de bambous étudiés : la régénération par multiplication végétative et la régénération par reproduction sexuée. Pour le premier type, la régénération est assurée par les bourgeons émis par leurs rhizomes souterrains ou par ramification des branches. Pour le second type, les graines des bambous sont tombées au sol après leurs floraisons et elles germent pour donner une nouvelle pousse.

Dans les trois sites, le taux de régénération de chaque espèce est compris entre 100% et 1000% (Figure 4, soit de 132,67 à 389,45%. Ce qui signifie que la régénération est bonne pour l'ensemble du site, selon la classification de Rothe (1964). Toutefois, il faut noter que les espèces de bambous dans le site 1 présentent un taux de régénération entre 100% et 200%. Il s'agit des espèces *Valiha diffusa* et *Cathariostachys madagascariensis*. Dans le site 2, ce taux augmente davantage pour les mêmes espèces, soit entre 190% et 300 %. Enfin, dans le site 3, pour les deux espèces *Cephalostachyum viguieri* et *Cathariostachys madagascariensis*, ce taux avoisine les 400%. La régénération de chaque espèce se diffère ainsi d'un site à un autre, qu'il s'agit de la même espèce ou de deux espèces différentes. Cette différence de régénération est plus remarquable pour les espèces de bambous rencontrées à Talatakely.



**Figure 4.** Taux de régénération de chaque espèce dans les trois sites d'étude

La capacité de régénération des différentes espèces de bambous a été obtenue par le calcul de l'indice spécifique de régénération (ISR) pour les deux sites à la périphérie et l'unique site à l'intérieur du Parc (Tableau 6. Ainsi, l'espèce *Cathariostachys madagascariensis* à l'intérieur du Parc possède le meilleur potentiel de régénération avec un indice spécifique de régénération de 67,05%. Dans les deux sites à la périphérie du Parc, l'ISR de cette espèce vient après celui de l'espèce *Valiha diffusa* qui est le plus élevé. En effet, ces deux espèces d'indices spécifiques de régénérations élevés peuvent avoir une croissance rapide et facile, même si elles sont consommées par les lémuriens bambous.

**Tableau 6.** Indice spécifique de régénération (ISR) en %

Espèces	Zone	
	Périphérie du parc (Sahofika et Vohitrarivo)	Intérieur du Parc (Talatakely)
<i>Valiha diffusa</i>	35,26%	0
<i>Cathariostachys madagascariensis</i>	34,15%	67,05%
<i>Cephalostachyum viguieri</i>	30,59%	32,95%

### Test de différenciation entre les différents sites (kruskal-Wallis rank sum test)

Kruskal-Wallis test  $X^2=666.73$ ,  $df=2$ ,  $p\text{-value}<2.2e16$

Il y a une différence significative entre les différents sites.

En comparant les deux sites S2 et S3(ZP et ZI) on a abordé un test binomial et on prend comme succès le nombre d' dans le site 2

Par comparaison des différents sites, il y a une différence significative très remarquable (Kruskal-Wallis test  $X^2=666.73$ ,  $ddl=2$ ,  $p\text{-value}<0,05$ ). La

présence et l'absence des espèces varient en fonction du Changement des zones (ZP et ZI)

Pour mieux spécifier la différence, on a adopté un test basé sur la probabilité d'observation de l'expérience de Bernoulli pour les deux sites S2 et S3 qui représentent respectivement des zones (ZP et ZI)

La différence entre la probabilité d'observer d'une espèce de *Cathariostachys madagascariensis* dans le site S1 et S2 est significativement différente de la probabilité d'observer de ces espèces de ZP ou ZI (exact binomial test number trials = 1074, p-value = 2.8442<sup>e</sup>05, probability of success = 0.4357542).

### ***Mode de consommation des bambous par les lémuriers***

Il est à noter que dans les deux sites de la zone périphérique du Parc (Sahofika ou S1) et Vohitrarivo ou S2), il y existe trois espèces de lémuriers dont deux d'entre eux se nourrissent de bambous à savoir *Prolemur simus* et *Hapalemur aureus*. Dans le site localisé à l'intérieur du Parc (Talatakely ou S3), les trois espèces de lémur bambou dont *Hapalemur aureus*, *H. griseus* et *Prolemur simus* sont rencontrées. Ces animaux vivent dépendamment des bambous car ces derniers constituent la base de ces aliments.

Quatre parties végétales différentes sur les bambous sont consommées par les individus de lémuriers tels que feuilles, pousses, pétioles et chaumes. Les trois premières parties susmentionnées sont mangées au stade jeune par les trois espèces de lémuriers de bambous. Pour les chaumes, ce sont seulement les espèces *Hapalemur griseus* et *Prolemur simus* qui en consomment. Les jeunes organes sont mangés pendant la saison de pluies, des cas observés dans les trois sites d'étude.

Dans chaque site, une espèce végétale est toujours largement consommée que les autres par les lémuriers : *Valiha diffusa* pour les deux premiers sites (1 et 2) dont les jeunes feuilles constituent 60,5% de leur régime dans le site 1 et 40,23% dans le site 2. Et *Cathariostachys madagascariensis* dans le site 3 dont les jeunes pousses représentent 34,9% des régimes alimentaires des lémuriers bambous dans le site 1, 32,4% dans le site 2 et 35,4% dans le site 3. En outre, durant la période où toutes les feuilles tombent, les individus se nourrissent des chaumes durs. Ce mode de consommation est très remarqué dans le site 2 où les nombres des lémuriers bambous sont très importants. Les chaumes consommés par les lémuriers peuvent atteindre jusqu'à 3 m de longueur pour ces deux espèces de bambous. En revanche, durant la période sèche où les jeunes organes diminuent, les lémuriers commencent à consommer les chaumes durs de *Cathariostachys madagascariensis*. Ceci a été observé dans le site 3. La longueur des chaumes consommés par ces lémuriers peut varier de 1 à 5 m.

Un total de 512 individus de bambous a été observé. Ils présentent des signes de nourrissage par les trois espèces de lémuriens concernés (Tableau 7). Les signes les plus nombreux ont été observés sur des individus de *Valiha diffusa* du site 1, soit 59,76% de la totalité enregistrée. Ce taux est suivi par celui observé sur la même espèce dans le site 2, soit 17% de l'effectif des signes ont été observées.

**Tableau 7.** Nombre de bambous sujets d'observations de signes de nourrissage

Sites	Espèces	Nombre des bambous sujets des signes de nourrissages	Pourcentage (%)
S1	<i>Valiha diffusa</i>	306	59,77
	<i>Cathariostachys madagascariensis</i>	43	8,4
S2	<i>Valiha diffusa</i>	87	17
	<i>Cathariostachys madagascariensis</i>	28	5,46
S3	<i>Cephalostachyum viguieri</i>	0	0
	<i>Cathariostachys madagascariensis</i>	48	9,37
Total		512	100

Durant les observations, la consommation des individus de l'espèce *Valiha diffusa* et *Cathariostachys madagascariensis* par les lémuriens de bambous peuvent entraîner le ralentissement ou l'arrêt de la croissance et la mort d'un individu. Ainsi, pour l'espèce *Valiha diffusa*, chez les jeunes pousses, lorsque la longueur de la partie consommée sur le chaume dépasse la moitié de sa longueur totale ou la longueur totale consommée est inférieure à 2 m, la consommation de ces lémuriens peut entraîner la mort de ces bambous. Aussi, chez les individus de bambous adultes, leur consommation peut arrêter leurs croissances. Pour cette étude, le nombre des bambous morts par coupure due à la consommation de chaume représente 7% des individus recensés dans les deux sites. Ce qui indique que la consommation d'espèces de bambous par ces lémuriens n'a pas des conséquences néfastes sur les bambous.

Pour l'espèce *Cathariostachys madagascariensis*, la coupure jusqu'à une longueur supérieure ou égale à 5 m est fatale pour tous les individus et peut entraîner la mort. Cela représente seulement 3% des bambous inventoriés.

Dans les deux sites de la zone périphérique, *Valiha diffusa* présente un nombre élevé de bambous mort par rapport à son espèce associée *Cathariostachys madagascariensis* (Tableau 8). Ces pieds morts peuvent être dus à la vieillesse mais beaucoup sont à cause de leur consommation par les lémuriens. Par contre à l'intérieur du parc, *Cathariostachys madagascariensis* présente un nombre élevé de pieds mort. Pour le cas du *Cephalostachyum viguieri*, aucun individu mort n'est enregistré durant les inventaires.

**Tableau 8.** Nombre de pieds de bambou mort de chaque espèce

Sites	Espèces	Nombre des bambous mort	Pourcentage (%)	Surface (ha)
S1	<i>Valiha diffusa</i>	56	30,6%	0,6
	<i>Cathariostachys madagascariensis</i>	17	9,3%	0,6
S2	<i>Valiha diffusa</i>	48	26,22%	0,6
	<i>Cathariostachys madagascariensis</i>	10	5,47%	0,6
S3	<i>Cephalostachyum viguieri</i>	0		0,4
	<i>Cathariostachys madagascariensis</i>	52	28,41%	0,4

## 2.2. Discussion

La série d'expéditions faite dans les trois sites du PN Ranomafana a permis de déterminer trois espèces de bambous qui sont utilisés par les lémuriens de bambous comme source d'alimentation. Ce sont : *Valiha diffusa*, *Cephalostachyum viguieri* et *Cathariostachys madagascariensis*. Ces trois espèces figurent parmi les neuf espèces de bambou lignifié qui ont été recensées dans le corridor Ranomafana - Pic d'Ivohibe dont *Arundinaria ambositrensis* (Tan, 2000 ; Dransfield 2003), *A. perrieri* (Lin, 1967), *Cathariostachys madagascariensis* (Dransfield, 1998 ; Tan 2000, Dransfield 2003), *Cephalostachyum viguieri* (Tan, 2000), *C. perrieri* (Tan, 2000), *Hickelia madagascariensis* (Dransfield, 1994) ; *Nastus elongatus* (Tan, 2000 ; Dransfield 2003), *N. perrieri* (Lin, 1967) et *Valiha diffusa* (Dransfield, 2003). D'ailleurs, la forêt de Vohitrarivo dominée par l'invasion de bambou : *Valiha diffusa* (Vologasy), qui est une source d'alimentation potentielle pour *P. simus* (Ravelojaona, 2014), figure parmi les sites d'étude. Par la suite, les deux espèces végétales *Cephalostachyum viguieri* et *Cathariostachys madagascariensis* sont incluses dans la liste des quatre espèces recensées dans le Parc National Andringitra par Rakotoarivelo (2012). Ce Parc National abrite également les trois espèces, dont : *Hapalemur griseus*, *Hapalemur aureus* et *Prolemur simus* qui sont considérées comme des espèces consommatrices des espèces végétales se trouvant dans la zone d'étude. Il semble évident que ces deux espèces végétales assurent la viabilité de ces lémuriens. Selon Wright et al. (1987), ces trois espèces de lémuriens vivent ensemble dans la forêt humide de l'Est de Madagascar, dans des endroits où se trouvent des bambous.

Les résultats sur l'abondance relative en fonction de la topographie suggèrent que l'espèce *Valiha diffusa* s'adapte plus au mi-versant et moins dans le haut versant. Ce fait peut être lié au sujet du taux d'humidité. Outre, elle s'adapte bien dans toute position topographique, allant du bas jusqu'au haut versant avec une pente un peu faible (inférieure à 15%). Cette espèce ne



demande pas une humidité permanente, elle pousse en abondance dans la plupart des cas sur des endroits à sol peu riche en humus (2-5 cm), à texture variable de limon argileux à Limon argilo-sablonneux, et à structure particulaire ou grumeleuse (Biodev, 2009).

La répartition des espèces dépend du facteur « humidité » qui reste un des éléments indispensables à la survie de tout être vivant. L'humidité de la zone d'étude fait que la régénération naturelle de la forêt de bambou et la germination y sont très facile Rakotoarivelo (2012). Pour la présente recherche, le taux de régénération élevé de l'espèce *Cephalostachyum viguieri* confirme le rapport d'ANGAP (2001) dans la zone d'étude. De plus, cette espèce pousse naturellement, c'est-à-dire sans l'intervention humaine (Biodev, 2009). Aussi, ce résultat rejoint celui de Rakotoarivelo (2012) à Andringitra. Ceci semble lié aux faits que les bambous s'acclimatent bien dans tous les types de sols sauf ceux qui sont marécageux, les eaux stagnantes et les sols trop acides (Ramanakavana & Rakitriniaina, 2004). D'après cette étude, les deux espèces *Valiha diffusa* (30,6%) et *Cathariostachys madagascariensis* (28,41%) présentent un taux de mortalité élevé. La seconde espèce a un taux de mortalité assez élevé dans le PN Andringitra (Rakotoarivelo, 2012). Deux raisons peuvent l'expliquer dont la vieillesse et la consommation par les lémuriens bambous. De son côté, Rakotoarivelo (2012) a avancé que cette espèce fait partie des bambous qui peuvent supporter les effets du changement climatique. La combinaison de ce dernier avec les actions anthropiques représente un grave danger pour les ressources naturelles, car selon des études faites ces dernières années, la biodiversité de Madagascar risque de subir également les effets du changement climatique (Thomasson & Thomasson, 1991).

## Conclusion

Cette étude a enrichi notre compréhension des caractéristiques écologiques des espèces de bambous, considérées comme fondamentales dans l'alimentation des lémuriens, à travers trois sites distincts du Parc National Ranomafana. L'accent a été mis sur le mode de consommation de ces bambous par les lémuriens, mettant en lumière leurs implications. Les résultats révèlent que trois espèces de lémuriens, *Hapalemur aureus*, *H. griseus* et *P. simus*, tirent leur alimentation des forêts de bambous du PN Ranomafana, principalement *Valiha diffusa* et l'espèce associée *Cathariostachys madagascariensis* en périphérie, tandis que *Cephalostachyum viguieri* et *C. madagascariensis* sont présentes à l'intérieur du PN. Les données recueillies, bien que présentant des similitudes avec les informations antérieures sur les bambous, ont révélé des particularités propres à renforcer les connaissances sur la forêt de bambous à Madagascar, en particulier dans le PN Ranomafana. Une densité significative a été observée pour les espèces *Valiha diffusa* et



*Cathariostachys madagascariensis* au cours de cette étude, probablement en raison de facteurs écologiques tels que les conditions hydriques, le degré d'inclinaison, la variation d'altitude, la luminosité et la température, qui déterminent une distribution étendue dans la zone d'étude (périphérie et intérieur du parc). Les jeunes feuilles et pousses de ces deux espèces de bambous ont été identifiées comme les parties végétales les plus consommées, confirmant le régime folivore des lémuriens dépendant étroitement de ces espèces. Cette dépendance souligne la vulnérabilité potentielle des lémuriens, étant donné les perturbations anthropiques actuelles affectant les espèces alimentaires. En conséquence, des recommandations pertinentes émergent, notamment le renforcement de l'éducation environnementale dès le plus jeune âge et une plus grande implication de la population locale dans la conservation des bambous.

### **Remerciements**

Nous tenons à remercier les divers bailleurs de fonds qui travaillent étroitement avec Madagascar National Parks à Ranomafana. Nos remerciements s'adressent aux personnels de l'Association Helpsimus pour leurs contributions dans la collecte et l'analyse des données. Nous sommes reconnaissants envers l'Ecole Doctorale en Biodiversité et Environnement Tropicaux de l'Université de Toliara qui nous a octroyé l'autorisation de recherche pour la collecte de données sur terrain. Nous formulons également nos sincères gratitude à Professeur REJO-FIENENA Félicitée pour ses suggestions et ses critiques enrichissantes qui ont amplement amélioré le manuscrit.

### **Études animales**

Aucun capture d'animaux ni une étude spécifique des lémuriens n'a été réalisée durant cette recherche. Cette étude a été réalisée par la conation et sous l'autorisation de Madagascar National Parks Ranomafana.

**Conflits d'intérêts** : Aucun conflit d'intérêts ne se produit entre les co-auteurs pendant cette recherche.

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

**Déclaration de financement** : Aucun financement n'a été obtenu durant cette recherche. Cette étude a été réalisée par la conation et sous l'autorisation de Madagascar National Parks Ranomafana.

## References:

1. Akpo, L. E & Grouzis, M. 1996. Influence du couvert sur la régénération de quelques espèces ligneuses sahéliennes (Nord-Sénégal, Afrique occidentale). *Webbia* 50 (2) : 247-263.
2. Andriamarivololona M. M. 2005. Evaluation de la ressource « bambou » en vue de son utilisation durable - Cas de Vohiparara et d'Ambalavero dans le corridor forestier Ranomafana-Pic d'Ivohibe Mémoire de Diplôme d'Etude Approfondie Sciences Agronomiques Option Foresterie-Environnement-Développement. Université d'Antananarivo. 62p
3. ANGAP, 2001. *Plan de gestion de la conservation du parc national Ranomafana*. 68p.
4. ANGAP. 2002. Situation des activités du Parc National Ranomafana. Prospectus.
5. Biodev, 2009. *Etude de filière Bambou*. Rapport final. Ministère de l'Environnement et des Forêts. Juin 2009. 179p.
6. Bystriakova, N., Kapos, V., & Lysenko, L. 2004. Bamboo biodiversity. UNEP-WCM/INBAR. 88p.
7. Dransfield, S. 1994 the genus *Hickelia* (Gramineae-Bambusoideae). *Kew Bulletin* 49, pp. 429-443.
8. Dransfield, S. 1998. *Valiha* and *Cathariostachys*, two new bamboo genera (Gramineae-Bambusoideae) from Madagascar. *Kew Bulletin* 53, pp. 373-397.
9. Dransfield, S. 2003. Poaceae, Bambuseae, Bamboos. In *The Natural History of Madagascar* (ed. S. M. Goodman & J. P. Benstead). Chicago, USA: Chicago University Press. 175p
10. Jones, J. P. G. 2004. *The sustainability of crayfish harvesting in Ranomafana National Park, Madagascar*. Cambridge University, UK : PhD, St John's College. 150p.
11. Koechlin, J. 1972. Flora and vegetation of Madagascar. pp. 145-190, in: G. Richard-Vindard & R. Battistini (Eds). *Biogeography and ecology in Madagascar*. Junk, The Hague. pp. 145-190.
12. Langrand, O. & Wilme, L. 1997. Effects of forest fragmentation on extinction patterns of the endemic avifauna on the Central High Plateau of Madagascar. pp. 280-302, in: S.M. Goodman & B.D. Patterson (Eds). *Natural Change and Human Impact in Madagascar*. Smithsonian Institution Press, Washington, D.C. 145p.
13. Lin, W. 1967 the species and distribution of bamboos in the Republic of Malagasy (Madagascar), East Africa. Taipei, Taiwan : China. Taiwan Forestry Institute. 215p
14. Lourenco & Goodman. S. M. 2000. *Diversité et endémisme à Madagascar*. Société de biogéographie. Paris ; FRANCE. 379p.

15. Mittermeier, R.A., Robles Gil, P., Hoffmann, M., Pilgrim, J., Brooks, T., Mittermeier, C.G., Lamoreux, J., & da Fonseca, G.A.B., eds. 2004. Hotspots revised, pp. 391. CEMEX.
16. Mittermeier, A. R.; Edward, E. L. JR.; Richardson, M.; Schwitzer, C.; Langrand, O.; Rylands, A. B.; Hawkins, F.; Rajaobelina, S.; Ratsimbazafy, J.; Mackinnon, J. 2010. Lemurs of Madagascar, third edition. Conservation International, Washington D. C.
17. Poupon, H. 1980. Structure et dynamique de la strate ligneuse d'une steppe sahélienne au nord du Sénégal. ORSTOM éd. (Etudes & Thèses), Paris : 307p.
18. Rakotonirina, S. 2017. Valorisation des bambous dans la zone périphérique du PNR. Écologie et conservation de la biodiversité. Rapport final. ISTE Université de Fianarantsoa. 80p
19. Ralahy, F. O. 2009. Contribution à l'étude écologique et la viabilité de la forêt de bambou consommée par « *Hapalemur* sp. ». Mémoire de Licence en conservation et valorisation de la Biodiversité ISTE Université de Fianarantsoa.69p.
20. Razafimamonjy, D. 1987. Contribution à l'étude de la dynamique du savoka dans la région de Ranomafana. Mémoire de D.E.A. Ecologie Végétale Université d'Antananarivo.145p.
21. Rakotoarivelo, J. N. 2012. Etude des espèces de bambous, espèces alimentaires des espèces de lémuriens du genre *Hapalemur* et *Prolemur* dans le Parc National d'Andringitra. Mémoire de fin d'études en vue de l'obtention du Diplôme d'Etudes Approfondies(DEA). Formation Doctorale en Biodiversité et Environnement Tropicaux, Option : Biologie Végétale. Université de Toliara. 75p.
22. Ramanankavana, A. S. & Rakitriniaina, M., 2004. *Valorisation et exploitation de la filière Bambou*, fokontany MIANDRITSARA C/R Ambatofinandrahana, 58p.
23. Ravaloharimanitra, M. ; Ratolojanahary, T. ; Rafalimandimby, J. ; Rajaonson, A. ; Rakotonirina, L. ; Rasolofoharivelo, T.; Ndriamiary, J.N.; Andriambololona, J.; Nasoavina, C.; Fanomezantsoa, P.; Rakotoarisoa, J.C.; Youssouf; Ratsimbazafy, J.; Dolch, R.; King, T. 2011. Gathering local knowledge in Madagascar results in a major increase in the known range and number of sites for critically endangered greater bamboo lemurs (*Prolemur simus*). *International Journal of Primatology*, 32 : 776-792.
24. Ravelojaona, R. F. O. 2014. Etude préliminaire de l'écologie du *Prolemur simus* dans la forêt de Bambou de Vohitrarivo et Vohimarina. Ifanadiana-Ranomafana. Mémoire en vue de l'obtention

- du CAPEN. Ecole Normale Supérieure. Université d'Antananarivo.93p.
25. Rothe, P. L. 1964. Régénération naturelle en forêt tropicale : Le *Dipterocarpusdyeri* (Dau) sur le versant cambodgien du golfe du Siam. *Bois et Forêt des Tropiques*, 8, 386-397.
  26. Tan, C. L. 1999. Group Composition, Home Range Size, and Diet of Three Sympatric Bamboo lemur species (genus *Hapalemur*) in Ranomafana National Park, Madagascar. *International Journal of Primatology*, 20(4) :547-566.
  27. Tan, C. L. 2000. Behavior and ecology of three sympatric bamboo lemur species (genus *Hapalemur*) in Ranomafana National Parc, Madagascar. UMI dissertations services, PhD thesis in Anthropology, State University of New York at Stony Brook.
  28. Thomasson, M. & Thomasson, G. 1991. *Essai sur la flore du Sud-Ouest Malgache, originalité, affinités et origines*. Bulletin du Muséum National d'Histoire Naturelle, Paris, 4è série, section B, Adansonia n° 1-2, 13 : 71-89.
  29. Vieilledent, G., Grinand, C., Rakotomalala, F. A., Ranaivosoa, R., Rakotoarijaona, J.-R., Allnutte, T. F., & Achard, F. 2018. Combining global tree cover loss data with historical national forest cover maps to look at six decades of deforestation and forest fragmentation in Madagascar. *Biological Conservation*, 222 : 189-197.
  30. Wei-Chih lin, 1970. *Culture du bambou à Madagascar*, Centre de Formation pour l'Artisanat du Bambou Sino-Malagasy. 22p.
  31. Wong, J. L. G. 2000. The biometrics of non-timber forest product resource assessment. A review of current methodology.210 : 189-190.
  32. Wright, P., Meier, B., Albinac, R. & Peyrieras, A. 1987. A new species of *Hapalemur* (Primates) from south East Madagascar. *Folia Primatol*, 48, 211-215.
  33. <https://whc.unesco.org/fr/activites/508>. Promouvoir le Patrimoine Mondial à Madagascar. Visité le 07 Janvier 2022.
  34. UICN. 2021. <https://www.iucnredlist.org/species/9672/115564398>. Red list threatened. 2021-3. Visité le 07 Janvier 2022.
  35. UNESCO. 2010. Les forêts humides de l'Atsinanana (Madagascar) inscrites sur la Liste du patrimoine mondial en péril. Disponible sur <https://whc.unesco.org/fr/actualites/639>. Visité le 07 Janvier 2022.

## **Contribution du Scanner à L'exploration des Pathologies Abdominales à Bangui**

***Oumarou Youssouf***

Centre Hospitalier Universitaire Communautaire de Bangui Service de  
Médecine Interne, Central African Republic

***Kouandongui Bangué Sougrou Franky***

***Mobima Timothée***

***Wango Ndoizine Bruno Chrysostome***

Centre national d'imageries médicales

[Doi:10.19044/esj.2023.v19n33p191](https://doi.org/10.19044/esj.2023.v19n33p191)

Submitted: 25 September 2023

Accepted: 18 November 2023

Published: 30 November 2023

Copyright 2023 Author(s)

Under Creative Commons CC-BY 4.0

OPEN ACCESS

*Cite As:*

Oumarou Y., Kouandongui Bangué S.F., Mobima T. & Wango Ndoizine B.C. (2023). *Contribution du Scanner à L'exploration des Pathologies Abdominales à Bangui*. European Scientific Journal, ESJ, 19 (33), 191. <https://doi.org/10.19044/esj.2023.v19n33p191>

### **Résumé**

Introduction : les patients présentant des symptômes digestifs sont soumis à des examens complémentaires d'imagerie médicale dont le scanner. En Centrafrique, le plateau technique était rudimentaire avant l'installation du scanner en 2021. Cette étude est la première du genre. L'objectif général était de contribuer à la prise en charge des pathologies abdominales pour atteindre cet objectif nous avons : déterminer la fréquence du scanner abdominal, identifier le profil socio démographique des patients, répertorier les prescripteurs, identifier les indications du scanner, identifier les principales pathologies retrouvées. Matériels et méthode : nous avons réalisé une étude transversale descriptive et analytique, du 1er Mars 2021 au 28 Février 2022, incluant tous patients bénéficiaires d'un scanner abdominal. Résultats : pendant la période d'étude, 97 dossiers étaient retenus. La Tomodensitométrie (TDM) abdominale représentait 14,75% des TDM réalisées. Le sex-ratio (M/F) est de 1,62. L'âge moyen était de 52, 25 ans. La tranche d'âge majoritaire était celle des 60 – 90 ans (27,84%). Les fonctionnaires étaient les plus représentés (49,48%). Il ressortait de cette étude que 83,51% des prescripteurs étaient médecins spécialistes, 38,14% des indications étaient les

douleurs abdominales et 34,02% des patients venaient du service d'hépatogastroentérologie. Les fonctionnaires du secteur public et du secteur privé étaient majoritaires avec respectivement 26,80% et 22,68%. Les pathologies prédominantes étaient les tumeurs (82,47%). Tous les patients provenaient de Bangui la capitale. Conclusion : le scanner a amélioré la prise en charge des pathologies abdominales en Centrafrique. Des pathologies diversifiées sont trouvées. Presque tous les patients proviennent de Bangui. Le centre est encore unique et ne fonctionnent que le jour.

---

**Mots-clés:** Bangui, pathologies abdominales, tomodensitométrie

---

## **Contribution of Scanner to the Exploration of Abdominal Pathologies in Bangui**

*Oumarou Youssouf*

Centre Hospitalier Universitaire Communautaire de Bangui Service de  
Médecine Interne, Central African Republic

*Kouandongui Bangue Sougrou Franky*

*Mobima Timothée*

*Wango Ndoizine Bruno Chrysostome*

Centre national d'imageries médicales

---

### **Abstract**

Introduction: patients with digestive symptoms undergo additional medical imaging examinations including CT scan. In the Central African Republic, the technical platform was rudimentary before the installation of the scanner in 2021. This study is the first of its kind. The general objective was to contribute to the management of abdominal pathologies to achieve this objective we had: determine the frequency of abdominal CT, identify the socio-demographic profile of patients, list prescribers, identify indications for CT, identify the main pathologies found. Materials and method: we carried out a descriptive and analytical cross-sectional study, from March 1, 2021 to February 28, 2022, including all patients receiving an abdominal CT scan. Results: during the study period, 97 files were retained. Abdominal computed tomography (CT) represented 14.75% of CT scans performed. The sex ratio (M/F) is 1.62. The average age was 52.25. The majority age group was 60 – 90 years old (27.84%). Civil servants were the most represented (49.48%). It emerged from this study that 83.51% of prescribers were specialist doctors, 38.14% of indications were abdominal pain and 34.02% of patients following the service of hepato-gastroenterology. Public sector and private sector civil

servants were in the majority with 26.80% and 22.68% respectively. The predominant pathologies were tumors (82.47%). All patients came from Bangui the capital. Conclusion: CT has improved the management of abdominal pathologies in the Central African Republic. Diverse pathologies are found. Almost all patients come from Bangui. The center is still unique and only operates during the day.

---

**Keywords:** Bangui, abdominal pathologies, computed tomography

## **Introduction**

La tomodensitométrie (TDM) est définie comme l'examen radiologique utilisant le tomodensitomètre ou le scanner à rayons x qui permet d'obtenir sous forme d'image numérique des coupes très fines des organes examinés (dictionnaire Larousse médicale, 2006). Elle a aujourd'hui profondément influencé tant la recherche médicale que la pratique clinique en termes de diagnostic, de traitement et de suivi des pathologies (Lafay et al, 2018).

En 2000 aux Etats unis Rosen avait observé 60% de modification de la démarche thérapeutique décidée sur la clinique, après la réalisation d'un scanner abdominal. Cette même étude avait observé une réduction de 23,08% des hospitalisations grâce à la réalisation d'un scanner abdominal (Rosen et al, 2000).

En France, le nombre d'examens scanographiques ne cesse d'augmenter chaque année (Bk3renner et al, 2012). En 2011, Genève et Pircacchio ont montré que le scanner avait permis de modifier la prise en charge thérapeutique des patients dans 27% des cas (Genève et al., 2011). La TDM s'est alors imposée comme méthode de référence pour l'exploration abdominale (Aouam et al, 2013). En Centrafrique, le parc radiologique était rudimentaire, constitué principalement de la radiographie standard et de l'échographie. Cela rendait difficile la pratique de la médecine moderne (Kouandongui et al, 2019).

Les patients subissaient de préjudices : retard de diagnostic ou diagnostic non posé, traitement et suivi difficile, chirurgies surabondantes, évacuations sanitaires dans les pays étrangers avec des coûts démesurés.

Aujourd'hui le plateau technique de l'imagerie médicale centrafricaine a été renforcé par un scanner multi détecteurs apportant de grands espoirs pour les médecins et les praticiens. C'est dans ce contexte que nous avons proposé de mener cette étude dont L'objectif général était d'apprécier la contribution du scanner abdominal dans le diagnostic des pathologies digestives.



## Méthodologie

L'étude s'était déroulée au Centre national d'Imagerie Médicale de Bangui (CNIMB). Il s'agissait d'une étude transversale descriptive et analytique qui s'était déroulée sur une période de 12 mois allant de 1<sup>er</sup> mars 2012 au 28 février 2022. La population d'étude était constituée de tous patients ayant réalisé un examen de Tomodensitométrie (TDM) au CNIMB, pendant la période d'étude. Etaient inclus tout dossier complet d'examen de Tomodensitométrie explorant l'abdomen (scanner abdominal, scanner abdominopelvien, scanner thoracoabdominopelvien et un uro-scanner). N'étaient pas inclus tout dossier de patient n'explorant pas l'abdomen, tout dossier en dehors de la période d'étude tout dossier de scanner abdominal incomplet. La taille de l'échantillon était déterminée par le nombre de dossiers répondant aux critères d'inclusion. Des fiches d'enquêtes pré établies, des fiches individuelles et des comptes rendus des examens des scanner étaient utilisés pour recueillir les données. Les données ont été saisies et analysées sur les logiciels Epi info version 7 et Excel 2007. L'étude s'effectuait avec le respect de la confidentialité, le respect du secret professionnel et le décanat de la faculté de médecine qui joue le rôle du comité d'éthique à donner son autorisation.

## Résultats

### Fréquence et aspects sociodémographiques

Durant la période d'étude, 698 examens scénographiques ont été réalisés dont 103 scanners abdominaux soit 14,75%, quatre-vingt-dix-sept (97) dossiers de patients étaient retenus soit 94,17% des scanners abdominaux, dont 60 hommes et 37 femmes avec un sexe ratio de 1,62. L'âge moyen des patients était de  $52,25 \pm 21,73$  ans avec des extrêmes allant de 9 et 76 ans. La tranche d'âge la plus représentée était celle de 60 – 69 ans avec 27,84%. Presque tous les patients provenaient de Bangui la Capitale (86,60%).

### La Profession

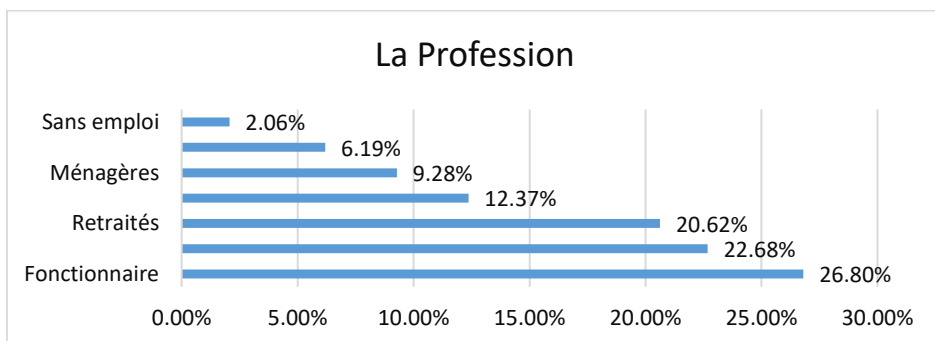


Figure 1. Répartition des patients selon la profession



Toutes les couches socio professionnelles étaient représentées. Les fonctionnaires du secteur public et du secteur privé étaient majoritaires avec respectivement 26,80% et 22,68%.

### Les médecins prescripteurs

**Tableau 1.** Répartition des patients en fonction des médecins prescripteurs de TDM abdominale

<b>Prescripteur</b>	<b>Effectif (N=97)</b>	<b>Pourcentage</b>
Médecins spécialistes	81	83,51%
Médecins généralistes	14	14,43%
Etudes en médecine	2	2,06%
Les paramédicaux	0	0
<b>Total</b>	<b>97</b>	<b>100%</b>

Les médecins spécialistes étaient les principaux prescripteurs d'examens tomodensitométriques abdominales avec 83,51%. Les paramédicaux n'ont prescrit aucun examen de scanner abdominal.

### Les renseignements cliniques

**Tableau 2.** Répartition des patients selon les renseignements cliniques

<b>Renseignement Clinique</b>	<b>Effectif</b>	<b>Pourcentage</b>
Douleurs abdominales	37	38,14%
Lésions Vues à l'échographie	30	30,93%
Altération de l'état général	13	13,40%
Hépatomégalie	11	11,34%
Masse abdominale	11	11,34%
Ictère	9	9,28%
Ascite	7	7,22%
Bilan de tumeur	5	5,15%
Splénomégalie	4	4,12%
Etude de pancréas	3	3,09%
Bilan de santé	3	3,09%
Bilan de traumatisme	2	2,06%
Non précisés	2	2,06%

Les douleurs abdominales et les lésions vues à l'échographie (et qui ont besoin d'une étude plus fine au scanner) étaient les principales indications du scanner abdominale avec respectivement 38,14% et 30,93%

## Les pathologies retrouvées

**Tableau 3.** Répartition des patients selon les pathologies retrouvées (N=97).

Pathologies	Effectifs (N=97)	Pourcentage
Tumeurs abdominales d'allure	65	67 %
Tumeurs d'allure bénigne	17	17,55 %
Hépatopathies cirrhogènes	6	6,18 %
Lithiases	5	5,15 %
Tuberculoses péritonéales	4	4,12 %

Les pathologies tumorales représentaient 84,55 %.

## Les pathologies infectieuses

**Tableau 4.** Répartition des pathologies infectieuses

Pathologie	Effectif (N=11)	Pourcentage
Tuberculoses péritonéales	4	36,37 %
Hépatites chroniques	2	18,18 %
Abcès du foie	1	9,09 %
Abcès du muscle iléo cæcal	1	9,09 %
Pancréatite chronique	1	9,09 %
Maladie de Crohn	1	9,09 %
Appendicite	1	9,09 %
<b>Total</b>	<b>11</b>	<b>100 %</b>

La tuberculose péritonéale, représentait 36,37 %.

## Les pathologies en fonction de la provenance

**Tableau 5.** Répartition des pathologies en fonction de provenance.

Provenance	Bangui	Hors Bangui	Total
<b>Les pathologies retrouvées</b>			
Tumeurs d'allure maligne	51	14	65
Tumeurs d'allure Bénigne	14	3	17
Infections	9	2	11
Pathologies métaboliques	5	3	8
Hépatopathies cirrhotiques	6	0	6
Autres	5	0	5
Pathologies malformatives	2	1	3

La majorité des patients provenaient de Bangui.

## **Discussion**

### **Fréquence et aspects sociodémographiques**

Durant la période d'étude quatre-vingt-dix-sept (97) dossiers de patients étaient retenus soit 94,17% des scanners abdominaux. Cette proportion était faible par rapport à celle de Touré en Côte d'Ivoire, qui avait retrouvé 200 TDM abdominales (Touré et al, 2020). Cette différence pourrait s'expliquer par le fait que notre centre est récent donc n'est pas encore suffisamment connu de tous. La moyenne d'âge était de  $52,25 \pm 21,73$ . La tranche d'âge de 60 – 69 ans (27,84%) était proche de ceux obtenus par Biwolé au Cameroun, qui avait dans sa série une moyenne d'âge de  $50,22 \pm 14$  ans et une tranche d'âge majoritaire de 61 – 70 ans (28,04%) (Biwole et al, 2020). En 2020 en Centrafrique, Police avait trouvé un âge moyen de  $50 \pm 16$  ans (Police et al, 2020). En 2016 en Guinée, Diallo avait retrouvé une population moins jeune que la nôtre, avec un âge moyen de 60,29 ans, et les extrêmes de 31 et 90 ans (Diallo et al, 2016). Biwolé travaillait sur les pathologies pancréatiques qui se manifestent en moyenne chez les adultes jeunes au tour de 35 ans. Diallo quant à lui travaillait sur les cancers de l'estomac dont l'un des facteurs favorisants est l'âge. Ces résultats étaient contraires avec ceux de plusieurs auteurs à travers les publications africaines qui avaient une population jeune, conforme avec la pyramide d'âge des populations africaines qui est caractérisée par son extrême jeunesse (UNECA, 2022). Le sexe masculin était majoritaire avec 61,86% pour un sexe ratio de 1,62. Ce résultat était comparable avec ceux de la littérature. En Côte d'Ivoire, une supériorité masculine avec un sexe ratio de 1,41 (Touré et al, 2020). Au Sénégal on a noté une prépondérance masculine et un sexe ratio de 2,13 (Diop et al, 2021). Au Sénégal, 64% de femmes pour un sexe ratio de 1,77 (Deme et al, 2020). Les fonctionnaires du public et du privé étaient les plus représentés avec respectivement 26,80% et 22,68%. Ceci traduit que le scanner reste un examen coûteux et n'est accessible qu'à une catégorie de la population ayant un pouvoir d'achat supérieur. La grande majorité de nos patients (86,60%) provenait de Bangui. L'insuffisance d'information sur le scanner en province, le niveau de vie de la population, les problèmes liés à la sécurité et aux transports pourraient expliquer cette constatation.

### **Les renseignements cliniques**

Les douleurs abdominales et l'étude plus fine des lésions vues à l'échographie avaient constitué les principales indications de la TDM abdominale, respectivement avec 38,14% et 30,93%. En (2020) au Sénégal (Deme et al, 2020), avait retrouvé la douleur abdominale comme indication au scanner abdominal, chez tous ses patients. de même qu'en (2020) les « Kystes Biliaires compliqués : à propos de 5 cas observés au Burkina Faso », avait observé que tous leurs patients présentaient des douleurs abdominales

(Doamba et al, 2020). La douleur constitue et demeure le maître symptôme des pathologies abdominales. Et le scanner apporte plus de solution dans la prise en charge des pathologies abdominales en complément de la radiographie de l'abdomen sans préparation et de l'échographie.

### **Les Pathologies retrouvées**

Les résultats pathologiques étaient dominés par les tumeurs abdominales d'allure maligne (67%) et bénigne (17,55%). Ce résultat étaient opposés à celui obtenu par (Touré et al, 2020), qui avaient retrouvé en majorité les pathologies biliaires (44,55%). Au Togo (Kassegne et al. 2015) avait trouvé dans sa série, en majorité les péritonites généralisées (41,01%). Au Bénin (Gbessi et al, 2015) avait observé que les appendicites dominaient sa population d'étude avec 31,95%. Dans notre série les crcinomes hépatocellulaires représentaient (23,07%), cette constatation était inférieure à celle observée par (Police et al, 2020). Le CHC est une prolifération anarchique et autonome des cellules du foie avec anomalie du Chromosome. Il est le plus fréquent des tumeurs malignes primitives du foie (90 – 95%). C'est le 6<sup>ème</sup> cancer au monde et la 4<sup>ème</sup> cause de mortalité néoplasique après les cancers du poumon, les cancers du côlon – rectum et les cancers de l'estomac. C'est une affection grave car moins de 3% des patients ont une survie à 5 ans (Thésaurus national de cancérologie digestive, 2023). Il survient dans la quasi – totalité des cas chez un patient atteint de maladie chronique du foie, le plus souvent au stade de cirrhose (Mobima et al. 2015 ; kouandongui et al, 2019).

Les néoformations du pancréas représentaient 9,23% des tumeurs d'allure maligne. Cette constatation était proche de celle observée par (Kpossou et al, 2019) qui avait trouvé 9,5% des tumeurs d'allure maligne. Les tumeurs d'allure bénigne étaient dominées par les kystes du rein (35,29%) et les kystes biliaires (35,29%). La tuberculose péritonéale prédominait parmi les pathologies infectieuses (36,37%). Ce résultat est inférieur à celui obtenu par (Bradai et al, 2021), 71% mais sur un effectif total de 14 patients soit (n=10/14).

### **Conclusion**

L'étude réalisée sur le scanner abdominale a permis de contribuer à la prise en charge des pathologies abdominales dans notre pays. Le sexe ratio était de 1,61 en faveur des hommes. La majorité des bénéficiaires provenait de Bangui. Toutes les couches socioprofessionnelles étaient représentées et dominées par les fonctionnaires. Les pathologies diagnostiquées au scanner abdominal sont multiples et variées en Centrafrique, parmi lesquelles prédominent les tumeurs. Cependant, son utilisation optimale dans notre pays est confrontée à son accessibilité financière. Une réflexion par les autorités sur

l'accessibilité de cet examen à toute la population est nécessaire et primordiale.

### **Approbation éthique**

#### **Déclaration pour les droits de l'homme:**

Participants : Cette étude a été approuvée par le décanat de la faculté de médecine jouant le rôle du comité d'éthique et les principes de la Déclaration d'Helsinki ont été suivis.

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

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

**Déclaration de financement :** les auteurs n'ont reçu aucun financement pour cette recherche

### **References:**

1. Aouam, A., Ben Brahim, H., Toumi, A., Loussaief, C., Ben Romdhane, F. & Chakroum, M. (2013). Abcès du psoas : approche thérapeutique au service des maladies infectieuses au CHU F. Bourguiba Monastir. Journée nationale d'infectiologie. Tunisie; 6 P.
2. Brenner, DJ. & Hall, EJ. (2012). Cancer Risks from CT Scans Now We Have Data, What Next Radiology. National library of medicine. 2012 ; 265 : 330 – 31.
3. Biwolé-Sida, M., Menouna-Nama, A., Ongolo-Zongo, P., Gonsu-Fotsing, J., Tagni-Zukam, & Nko Amvene, S. (2016). Apport de la tomodensitométrie dans le diagnostic de la pathologie pancréatique au Cameroun. Journal Africain d'Hépatogastroentérologie; 10 : 53-7.
4. Bradai, S., Khsiba, A., Nasr, S., Mahmoudi, M., Ben Mohamed, A., Medhioub, M. et al. (2021). La tuberculose péritonéale et iléo-caecale : à propos de 140. La Revue de Médecine Interne ; 42 (2) : 178-80.
5. Bradai, S., Khsiba, A., Nasr, S., Mahmoudi, M., Ben Mohamed, A., Medhioub, M. et al. (2021). La tuberculose péritonéale et iléo-caecale : à propos de 140. La Revue de Médecine Interne ; 42 (2) : 178-80.
6. Deme, H., Akpo, LG., Badji, N., Benmansour, W., Niang, FG., Diop, AD. et al. (2020). Apport de l'imagerie dans la prise en charge des douleurs abdominales aiguës non traumatiques au centre hospitalier régional de kaolack. Mali médical; 35 (3) : 15-22.
7. Diallo, AD., Diallo, AT., Camara, AK., Balde, OT., Barry, AO. & Diallo, AD. (2016). Les cancers de l'estomac : épidémiologie, prise en charge et pronostic dans le service de chirurgie viscérale de l'hôpital

- national Donka Centre Hospitalier Universitaire de Conakry. *Révue africaine de chirurgie et spécialité*; 2 (9) : 37-41.
8. Dictionnaire Larousse Médicale (2006). 4<sup>ème</sup> éd. France.
  9. Diop, PS., Ba, PA., Ka, I., Ndoye, JM. & Fall, B. (2011). Prise en charge diagnostique des abdomens aigus non traumatique au service des urgences de l'hôpital général de grand-Yoff : à propos de 504 cas. *Bulletin Medical Owendo* 2011; 13(37): 42-46;
  10. Doamba, RN., Ndzana, BCD., Yaméogo, LC., Sanon, AF., Windsouri, M., Ouangré, E. et Col. (2020). kystes biliaire Complicqués : à propos de cinq cas observés au Burkina Faso. *Revue internationale des Sciences Médicales d'Abidjan.*; 22 (1) : 61-6.
  11. Gbessi, DG., Dossou, FM., Ezin, EFM., Hadonou, A., Imorou-Souaibou, Y., Lawani, I. et Col. (2015). Prise en charge des urgences chirurgicales abdominales à l'hôpital de zone de Comè au Bénin à propos de 169 cas. *RAMUR Tome 20 -N°2-2015*; 20 (20) : 50-6.
  12. Genève, C. & Pirracchio, R. (2011). Place de l'imagerie dans les douleurs abdominales aiguës du sujet âgé. Conférence : Urgences abdominales de la personne âgée. France; 517 – 30.
  13. Kassegne, I., Sewa, EV., Alassani, F., Kanassoua, KK., Adabra, K. & Tchanai, B. (2015). Prise en charge des urgences chirurgicales abdominales au Centre Hospitalier Régional de Dapong. *La revue africaine d'anesthésiologie et de médecine d'urgence* :. Togo 2015 ; 20 (2) : 31-4.
  14. Kouandongui, F., Bidan, E., Ouaimon, M., & Mobima, T. (2019). Etat de la radiologie dans les CHU de Bangui et de Bimbo. *European Scientific journal* ; 15 (6) : 1-9.
  15. Kouandongui, BSF., Kobelembi, A., Djabanga, C., Bidantapiade, CE., Ouimon, M. & Mobima, T. (2019). Ultrasonography diagnosis of hepatocellular carcinoma in Bangui. *Journal Africaine d'imagerie Médicale*; 11 (1) : 255-60.
  16. Kpoussou, AR., Gbessi, DG., Houéhanou, F., Gnangnon, R., Boukari, MMB., Vigno, RK. et Col. *Cancer du pancréas au Centre National Hospitalier Universitaire de Cotonou : Aspects*
  17. Lafay, M., Chenevier-Gobeaux, C., Paslaru, L., Lefèvre, G., Leveau, M. & Gast, C. (2018). intérêt du scanner abdominopelvien chez les patients âgés de plus de 75 ans consultant aux urgences pour douleurs abdominales. *Annales françaises de médecine d'urgence* 2018 ; 8 : 152-158.
  18. Mobima, T., Kouandongui, BF., Koffi-Mensa, STS. & Guintizia, JF. (2015). Apport de l'imagerie médicale dans les urgences chirurgicales thoraco abdominales à Bangui. *Annales de l'Université de Bangui : série D*; 1 (2) : 23 – 6.

19. Police, MM., Service, G., Boua-Akélélo, NP., N'guilé, D., Elowa, B., Mobima, T. et al. (2020). The epidemiological, clinical, biological and morphological characteristics of primitive liver cancer in Bangui. *Journal of gastroenterology. CAR* 2020 ; 10 : 97-105.
20. Rosen, MP., Sands, DZ., Longmaid, III HE., Reynolds, KF., Wagner, M. & Raptopoulos, V. (2000). Impact of Abdominal CT on the Management of patients Presenting to the Emergency department with Acute Abdominal Pain. *AJR*; 174 : 1391-96.
21. Touré, A., N'dja, AP., Gnaoule, DT., Zouzou, AE., Le, DA., Fatto, NE. & Gbazi, GC. (2020). Apport fu scanner dans le diagnostic étiologique des urgences abdominales non traumatiques au Centre Hospitalier et Universitaire de Yopougon. *La revue africaine d'anesthésiologie et de médecine d'urgence. Cote d'Ivoire* 2020 ; 25 (1) : 48-54.
22. UNECA (2016). Profil démographique de l'afrique. Disponible sur :
23. [https://www.uneca.org/sites/default/files/publicationFiles/demographic\\_profile\\_fre\\_rev19may.pdf](https://www.uneca.org/sites/default/files/publicationFiles/demographic_profile_fre_rev19may.pdf). consulter en Janvier 2022.

## Prédétermination des Crues de L'oued Inaouène à L'Aide des Méthodes Statistiques, Maroc Septentrional

*Hamouch Chakir*

*Chaaouan Jamal*

Laboratoire Espace, Histoire, Dynamiques et Développement Durable  
Université Sidi Mohamed Ben Abdellah, Maroc

[Doi:10.19044/esj.2023.v19n33p202](https://doi.org/10.19044/esj.2023.v19n33p202)

Submitted: 11 August 2023

Accepted: 23 November 2023

Published: 30 November 2023

Copyright 2023 Author(s)

Under Creative Commons CC-BY 4.0

OPEN ACCESS

*Cite As:*

Chakir H. & Jamal C. (2023). *Prédétermination des Crues de L'oued Inaouène à L'Aide des Méthodes Statistiques, Maroc Septentrional*. European Scientific Journal, ESJ, 19 (33), 202. <https://doi.org/10.19044/esj.2023.v19n33p202>

### Résumé

À l'instar des cours d'eau de la rive du Sud de la Méditerranée, l'oued Inaouène est soumis aux épisodes exceptionnels de pluies qui engendrent des crues plus ou moins dévastatrices. La séparation des crues des hautes eaux ordinaires est loin d'être évidente pour un régime méditerranéen en raison de la difficulté de tracer un seuillage pour des débits extrêmement variant dans le temps et dans l'espace. Le recours aux méthodes statistiques probabilistes a permis de pallier ce problème et d'estimer en conséquence les crues d'Inaouène pour différentes périodes de retour. La méthode statistique de GUMBEL a donné de meilleures estimations des crues fréquentes et habituelles, alors que la méthode GRADEX a bien permis de prédire les crues de fréquence rare à très rare dont l'effet est inestimable pour l'environnement et l'économie.

**Mots-clés:** Oued inaouène, crue, Gumbel, GRADEX, climat, Statistique



## **Prediction of Floods in the Inaouène River Using Statistical Methods in Northern Morocco**

*Hamouch Chakir*

*Chaaouan Jamal*

Laboratoire Espace, Histoire, Dynamiques et Développement Durable  
Université Sidi Mohamed Ben Abdellah, Maroc

---

### **Abstract**

Like the rivers on the southern Mediterranean shore, the Oued Inaouène experiences exceptional rainfall episodes that lead to more or less devastating floods. Distinguishing between flood peaks and regular high-water levels is far from straightforward for a Mediterranean regime due to the challenge of establishing thresholds for flow rates that vary significantly in time and space. Using probabilistic statistical methods has helped overcome this issue, enabling the estimation of Inaouène's floods for different return periods. The statistical method of Gumbel provided better estimates for frequent and common floods, while the GRADEX method accurately predicted rare to very rare floods, which have immeasurable effects on the environment and the economy.

---

**Keywords:** Inaouene valley, flood, Gumbel, GRADEX, Climate, Statistic

### **1. Introduction**

D'une superficie de 3710 km<sup>2</sup>, au nord du Maroc, le bassin de l'oued Inaouène constitue l'un des principaux bassins-versants formant la haute vallée du Sebou. L'emplacement du bassin d'Inaouène est assez typique car son relief est formé à la fois par les affleurements de la chaîne rifaine et du Moyen-atlas. Le climat est de type méditerranéen semi-aride à subhumide. Les précipitations montrent une répartition temporelle avec une succession d'années sèches et d'années humides El Garouani et Tribak (2006). En réponse aux caractéristiques du climat semi-aride, le régime de l'oued Inaouène montre des variations saisonnières avec une période de crues et une période d'étiages El Garouani et Tribak (2006). Ce type de climat régnant sur le bassin est caractérisé par une grande variabilité pluviométrique rendant imprévisible les périodes de crues. Les cumuls pluviométriques exceptionnels que reçoit le bassin d'Inaouène pendant certaines périodes de l'année, accroissent les volumes d'eau en transit de manière extraordinaire et favorisent l'apparition des crues susceptibles de submerger, dans certains cas, le lit majeur de la plaine alluviale.

Selon les données climatiques de l'agence du bassin hydraulique du Sebou, le bassin d'Inaouène reçoit des précipitations moyennes annuelles variant entre 360 mm et environ 1100 mm. La moyenne de la lame d'eau précipitée est de l'ordre de 584 mm/m<sup>2</sup>, l'équivalent de 58,4 millions m<sup>3</sup> d'eau en an. Néanmoins, les pluies ne tombent pas de façon proportionnelle dans l'ensemble du bassin en raison de l'hétérogénéité orographique. Dans les parties montagnardes élevées, les précipitations reçues sont importantes, le cas pour le massif de Tazekka et à Bab Boudir où le total annuel est supérieur à 700 mm, voire à 900 mm et dans les montagnes de Tainaste au Prérif, entre 800 et 900 mm. En revanche, dans la basse vallée d'Inaouène les précipitations sont très faibles, inférieures à 500 mm.

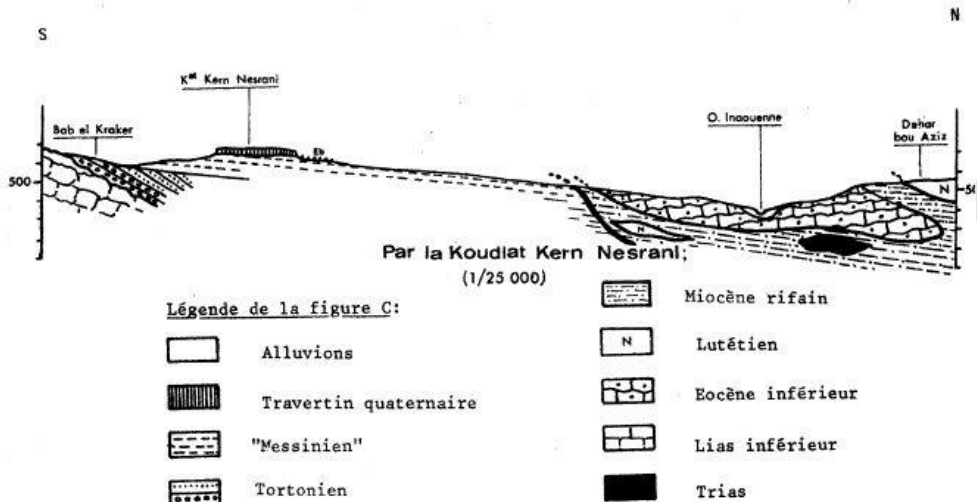
La topographie du bassin est caractérisée par la dominance d'un relief accidenté, généralement collinaire, au nord, et montagnard, au sud du bassin. D'après les indices de pente utilisés, le système de pente du bassin d'Inaouène paraît généralement raid. L'accidenté du relief et la brutalité du système de pentes favorisent la transmission des eaux vers l'embouchure en entraînant des crues synchroniques et conséquentes à cause de l'effet de chasse d'eau.

La végétation est un facteur variable selon les saisons climatiques. Trois interventions majeures du couvert végétal sur le plan hydrologique : l'infiltration, l'interception et la transpiration. Généralement, la végétation est considérée comme facteur régulateur de l'écoulement fluvial car elle contribue à retenir l'eau pendant la phase humide et donc à la reconstitution des réserves hydriques qui soutiennent les cours d'eau pendant la phase d'étiage. Selon les cartes végétales de Direction Régionale des Eaux et Forêts, le taux de recouvrement forestier est un peu faible pour le bassin d'Inaouène (16 %). Cette surface est répartie essentiellement sur le Moyen-atlas et certaines zones dans le Prérif (Tainaste, Bab Mrouj,...) et elle est composée par les quercus (chênes) et les landes et aussi par les forêts artificielles (reboisement).

Géologiquement, le bassin d'Inaouène se situe à la jonction de trois grands domaines structuraux qui, du nord au sud, sont : le complexe pré-rifain méridional, le sillon Sud-rifain et le Moyen Atlas septentrional. Plusieurs formations se rencontrent au sein du complexe pré-rifain, les plus anciennes sont les formations triasiques, des marnes rouges associées à d'importantes masses de gypse blanc à rougeâtre.

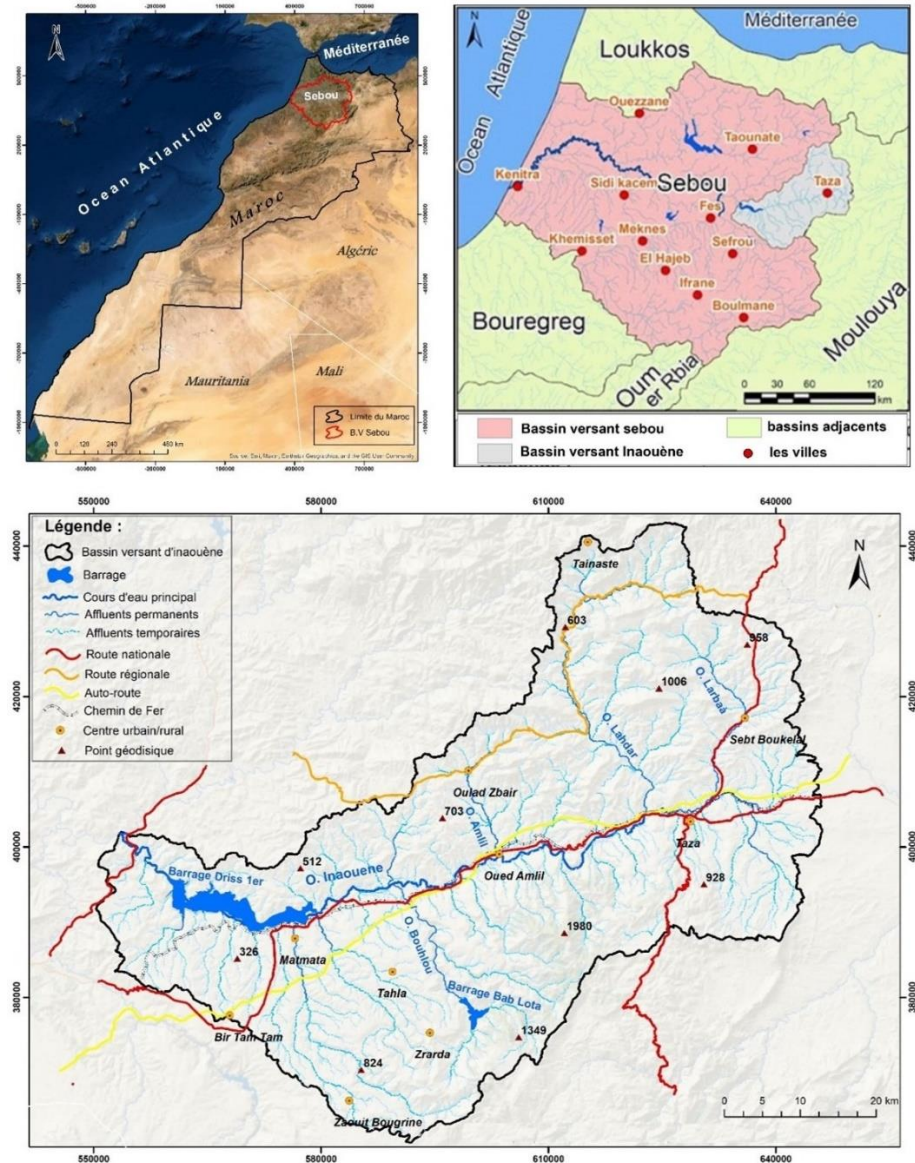
Plus loin à l'extrémité Nord-est du bassin à Tainaste, des affleurements calcaires et dolomitiques du lias et crétacé supérieurs forment un relief rocheux appelé les *Sofs*, et qui constituent le contact avec le Rif Méridional. Ensuite, il y a les marnes blanches à silex de l'Éocène qui affleurent sous forme de klippes visibles au NW de Taza. Finalement il y a l'Oligocène, peu représenté, qui est formé de grès en gros bancs brun-roux Robillard (1978). Le détroit Sud-rifain comporte essentiellement des marnes miocènes discordances sur les structures moyen-atlasiques, au sud, et surmonté par le

Complexe pré-rifain, au nord (Leblanc, 1971, *in* Bouchta,1983). Le sillon renferme aussi des formations quaternaires (dépôts fluviaux de l'Oued Inaouène), qui s'organisent dans des terrasses fluviales.



**Figura 1.** Coupe géologique dans le sillon sud-rifain (d'après Robillard, 1978)

Le Moyen-atlas est caractérisé par une structure diversifiée rassemblant à la fois les reliefs plissés, les structures sub-tabulaires et enfin par le massif primaire de Tazekka formé essentiellement par des schistes, des quartzites et des grès. Dans le côté du Moyen-atlas où l'ensemble structural plissé s'affronte avec la cause moyen-atlasique subtabulaire Robillard (1978), les formations liasiques constituent la majorité du terrain. Elles sont composées de marno-calcaires du Lias supérieur et de calcaires et dolomies dans le Lias Moyen et inférieur.



**Figure 2.** Localisation géographique du bassin-versant d’Inaouène

La crue se réfère à une élévation soudaine et transitoire du niveau d'eau dans un cours d'eau, résultant de précipitations abondantes, de la fonte des neiges ou d'autres facteurs hydrologiques, entraînant un débordement des berges du cours d'eau Goudie, A. (2013).

Les crues diffèrent des hautes eaux ordinaires par leur volume ainsi que par leur caractère bref et extrême. Toutefois, leur détermination effective reste loin d’être évidente en raison de la difficulté d’assigner des seuils hydrologiques plus adaptés qui permettent de séparer les crues des hautes eaux

ordinaires. Cependant, les méthodes statistiques probabilistes restent les approches les plus communément utilisées pour pallier ce problème de seuillage et définir des crues probables plus ou moins expressives de l'événement en soi-même.

## 2. Méthodologie

Afin d'estimer et de caractériser les crues de l'oued Inaouène, des méthodes statistiques prédictives sont convoquées, qui consistent à étudier les événements « hydrologiques » passés afin de déduire les probabilités d'apparition tout en mettant en œuvre un modèle fréquentiel sur leur comportement. Pour ce faire, deux méthodes ont été retenues, sachant que l'une complète l'autre, à savoir l'ajustement statistique par la loi de Gumbel et la méthode de GRADEX.

**Tableau 1.** Caractéristiques de la station hydrométrique de Bab Marzouka

Longitude	Latitude	Altitude (m <sup>2</sup> )	Surface contrôlée (km <sup>2</sup> )
400922	615490	350	1510

La loi de Gumbel, également connue sous le nom de distribution de type I de Gumbel, est une loi de probabilité utilisée pour modéliser les valeurs extrêmes. Elle a été formulée par Emil Julius Gumbel, un mathématicien allemand, dans les années 1950. Sa fonction de répartition  $F(x)$  s'exprime de la manière suivante :

$$F(x) = \exp(-\exp(-\frac{x-a}{b})) \quad (\text{Eq. 1})$$

Avec la variable réduite suivante :  $u = \frac{x-a}{b}$

Avec  $a$  et  $b$  qui sont des paramètres du modèle de Gumbel. L'estimation des paramètres  $a$  et  $b$  de l'ajustement peut se faire graphiquement (ajustement à l'œil ou à l'aide d'une régression statistique), ou selon une approche mathématique comme la méthode des moments qui consiste à évaluer les moments des échantillons avec les moments théoriques de la loi. Par la méthode des moments, les paramètres  $a$  et  $b$  sont calculés d'après les formules:

Avec

$$\begin{cases} \hat{b} = \frac{\sqrt{6}}{\pi} \hat{\sigma} \\ \hat{a} = \hat{\mu} - \hat{b}\gamma. \end{cases} \text{ avec } \gamma = 0.5772 \text{ (constante d'Euler).}$$

(Eq.2)

$\sigma$  : écart-type des valeurs composant l'échantillon.

$\mu$  : moyenne de l'échantillon.

Dès lors, il est possible d'estimer les débits dont la représentation graphique est une droite d'équation :

$$\hat{Q} = \hat{a} + \hat{b} \cdot u \quad (\text{Eq. 3})$$

Avec :  $u$  : variable réduite

(Gumbel).

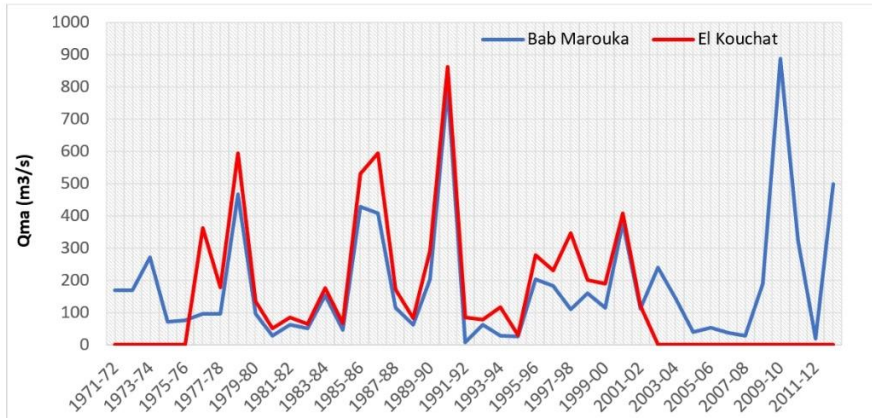
À l'inverse de la méthode de Gumbel que l'on a appliquée uniquement sur les débits, le GRADEX (Gradient d'une Distribution Exponentielle) est une méthode assez complète car elle sert des données pluviométriques lors de l'estimation des crues, mais elle est spécifiquement conçue pour les crues de fréquence rare à très rare. Elle comprend un certain nombre d'étapes:

- ajustement des précipitations maximales journalières annuelles selon une distribution de Gumbel ;
- ajustement des débits moyens journaliers maximaux annuels selon une distribution de Gumbel. Ceci est après le fait d'avoir transformé les  $[m^3/s]$  en  $[mm/24h]$  ;
- déterminer les débits moyens maximaux de temps de retour T5 et 100 ans en appliquant la méthode du GRADEX et en utilisant le débit décennal comme point pivot.

### 3. Résultats et discussion

Les basses et les très basses eaux sont la particularité hydrologique la plus observée et constatée dans le régime d'Inaouène durant toute l'année. Néanmoins, les crues restent des phénomènes assez impressionnants dans le régime. Cependant, on peut observer un certain nombre de crues qui peuvent faire plus de 100 fois un module annuel.

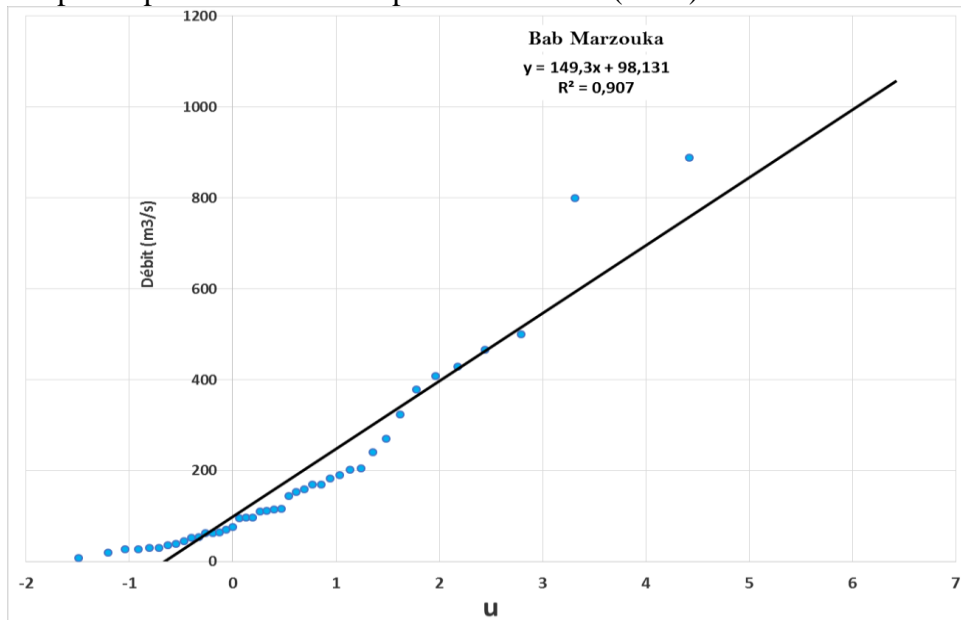




**Figura 3.** Variations interannuelles des débits maximums annuels de l’oued Inaouène

### 3.1. Estimation par la loi de Gumbel

À première vue du résultat d’ajustement de Gumbel, il apparaît que les débits maximums de crues des deux stations hydrologiques d’Inaouène s’ajustent adéquatement avec la droite de Gumbel, à l’exception de certaines valeurs extrêmes au niveau de Bab Marzouka où l’on observe un écartement des points pour les valeurs de plus de 800 m<sup>3</sup>/s ( $u > 3$ ).



**Figura 4.** Droite d’ajustement des débits maximums à la loi de Gumbel

Cette droite de Gumbel permet ensuite d’estimer les valeurs des crues pour différentes phases de retour (Tableau 2). Une crue de fréquence de retour  $T$  a pour fréquence d’apparition  $F = 1-1/T$ . Ainsi, les crues estimées varient entre 322 et 785 m<sup>3</sup>/s pour des fréquences allant de 5 à 100 ans.

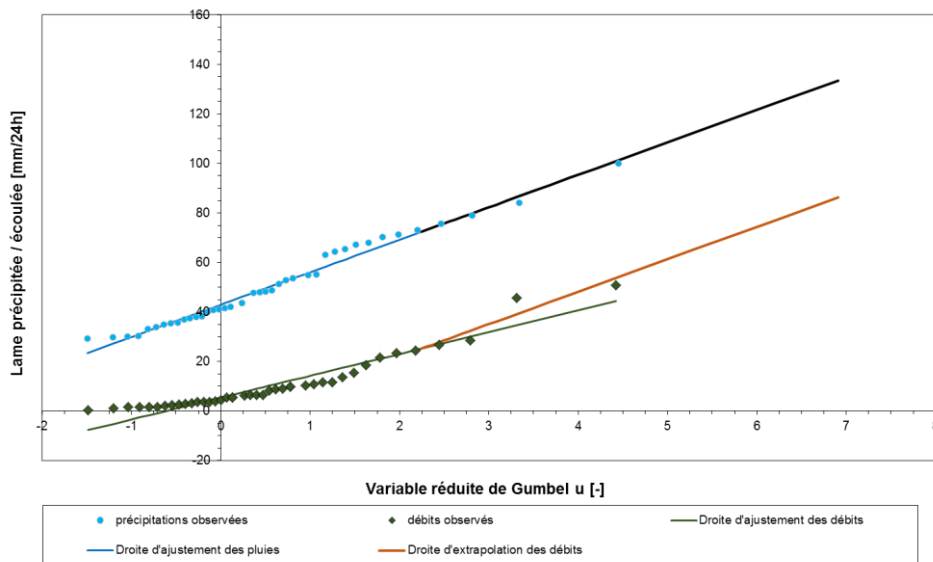
**Tableau 2.** Crues probables de l’oued Inaouène estimées par la méthode de Gumbel

Quantiles	Période de retour	Probabilité au non-dépassement	Variable u de Gumbel	Débit (m <sup>3</sup> /s)
Crue quinquennale	5	0,8	1,5	322
Crue décennale	10	0,9	2,3	434
Crue cinquantenaire	50	0,98	3,9	680
Crue centennale	100	0,99	4,6	785

### 3.2 Estimation par la méthode de GRADEX

Comme pour les débits, les précipitations maximales annuelles ont été directement ajustées à la loi de Gumbel, loi des valeurs extrêmes. La station pluviométrique utilisée est celle de Taza avec

Une durée d’observation de 42 ans. L’ajustement des précipitations maximales journalières (série de 43 ans) selon la loi de Gumbel semble très pertinent, d’où l’on observe une distribution très proche des pluies observées autour de la droite d’ajustement. Grâce à la pente (b) de cette droite, on peut tracer ultérieurement la droite de GRADEX afin d’extraire les débits de pointe des crues rares.



**Figura 5.** Droites d’ajustement des débits et d’extrapolation des débits de la station de Bab Marzouka

L’application de la méthode de GRADEX sur les débits maximaux journaliers annuels a permis d’estimer les débits de pointe des crues rares et très rares de l’oued Inaouène. Quatre périodes de retour ont été retenues afin d’en déduire les crues, respectivement les crues de T50, T100, T500 et T1000. Pour ces périodes de retour, les crues d’Inaouène à Bab Marzouka jouent entre 819 et 1508 m<sup>3</sup>/s.



**Tableau 3.** Crues probables de l'oued Inaouène estimées par la méthode de GRADEX

<i>T [ans]</i>	<i>F(x) Hazen [-]</i>	<i>Variable u de Gumbel [-]</i>	<i>QT estimés ( [mm/24]</i>	<i>QT estimés [m<sup>3</sup>/s]</i>
50	0,980	3,90	46,9	819
100	0,99	4,60	56,0	979
500	0,998	6,21	77,2	1349
1000	0,999	6,91	86,3	1508

Les seules limites que l'on peut signaler sur l'utilisation de la méthode de GRADEX restent dans les données pluviométriques. En effet, faute de manque des données pluviométriques journalières sur l'ensemble du bassin, on s'est contenté de l'utilisation des seules observations de la station de Taza (560 m), alors que les zones montagnardes très élevées pourraient recevoir des quantités beaucoup supérieures.

### **Conclusion**

L'utilisation de la méthode statistique et l'ajustement par la loi de Gumbel a permis de déterminer des crues de périodes retour allant de cinq ans jusqu'aux crues de fréquence centennale. Pourtant, la fiabilité de cette méthode s'arrête à des crues de temps de retour égal ou inférieur à la période totale d'observation. Au-delà de cette marge, l'utilisation de la méthode de GRADEX est fortement recommandée, en raison de sa capacité de prédéterminer des crues de fréquence très rare, allant jusqu'à 1000 ans, parce qu'elle permet de pallier le problème de l'extrapolation des débits au-delà du domaine d'observation en s'appuyant sur des données pluviométriques et hydrologiques. En effet, les crues rares estimées par la méthode statistique sont médiocres, et en réalité, on les voit se reproduire chaque année, à l'inverse de la méthode de GRADEX dont les débits estimés sont véritablement exceptionnels.

**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. Aoulmi, Y. (2022). Modélisation pluie-débit et débits de crues en milieu semi-aride par différentes méthodes statistiques et modèles

- hydrologiques. Étude de cas. Thèse de doctorat. Université Larbi Ben M'Hidi. Oum-El-Bouaghi. 163p.
2. Assani, A.A. (2004). Comparaison de la variabilité inter-annuelle des débits en fonction de régimes hydrologiques artificialisés dans un complexe de barrages sur la rivière Saint-Maurice (Québec, Canada). Bulletin de la société géographique de Liège, n°44, pp. 87-96.
  3. Assani, A.A. & Tardif, A. (2004). Classification, caractérisation et facteurs de variabilité spatiale des régimes hydrologiques naturels au Québec (Canada), Approche éco-géographique. Revue des sciences de l'eau, pp. 247-266.
  4. Aznarul, I. & Biplab, S. (2020). Analysing flood history and simulating the nature of future floods using Gumbel method and Log-Pearson Type III: the case of the Mayurakshi River Basin, India. Aliah University, Kolkata, West Bengal, India. Bulletin of Geography. Physical Geography Series, No. 19 (2020): 43–69 <http://dx.doi.org/10.2478/bgeo-2020-0009>
  5. Laayan, B. (2013). Détermination des crues de projet, modélisation hydraulique et gestion du risque d'inondation dans le bassin versant de l'oued larbaâ. Cas de la ville de taza (maroc), thèse de doctorat, universite sidi mohamed ben abdallah, faculte des sciences dhar el mahrez, fes 197p.
  6. Baiddah, A. et al. (2012). Typologie des crues en zone montagneuse, océanique et semi-aride, le cas du bassin versant du Ksob (Haut Atlas occidental, Maroc). Larhyss Journal, n°11, pp. 79-96.
  7. Dubreuil, P. (1974). Initiation à l'analyse hydrologique. Édit MASSON, 214p.
  8. El Bardai, R., Targuisti, K. & Aluni, K. (2014). Caractérisation hydrodynamique des sources karstiques : cas de la source de Ras El Maa (Rif Septentrional, Maroc). Revue des sciences de l'eau / Journal of Water Science, 27 (2), 139–153. <https://doi.org/10.7202/1025564ar>
  9. El garouani, A. & Tribak, A. (2006). Relation entre hydrologie et climat dans le bassin versant de l'oued Inaouène, IAHS Publ. 308 : 436-441.\
  10. Fevzi, O. & Tamer, B. (2017). Prediction of Flood Frequency Factor for Gumbel Distribution Using Regression and GEP Model. King Fahd University of Petroleum & Minerals. Arab J Sci Eng (2017) 42:3895–3906. DOI 10.1007/s13369-017-2507-1.
  11. Gartet, A. (1994). Morphogenèse et Hydrologie dans le bassin versant de l'Oued Lebène : Rif méridional et Préfif central et oriental, Maroc. Thèse de Doctorat, Université d'Aix-Marseille I, 337 p.

12. Gischer, L., Hallot, E. et al. (2012). Analyse des debits en période de tarissement : essai d'une typologie régionale appliquée à des rivières du bassin de la Meuse (Belgique). BSGLG, 59,2012,59-80, pp. 22.
13. Goudie, A. (2013). The Human Impact on the Natural Environment: Past, Present, and Future (7th Edition). Wiley-Blackwell.
14. Gumbel, E.J. (1954). "Statistical theory of extreme values and some practical applications: A series of lectures". National Bureau of Standards Applied Mathematics Series, 33.
15. Lambert, R. (1975). Été, étiage et tarissement des cours d'eau dans le bassin garonnais. In: Revue Géographique de l'Est, tome 15, n°1-2, Janvier-juin 1975. Modalités de l'écoulement et étiages fluviaux en milieux tempérés. doi : <https://doi.org/10.3406/rgest.1975.1315>
16. Lang, C. (2007). Étiages et tarissements : vers quelles modélisations ? L'approche conceptuelle et l'analyse statistique en réponse à la diversité spatiale des écoulements en étiage des cours d'eau de l'Est français. Thèse Doctorat, Université de Metz, 287p.
17. Leblanc, M. (1971). Le bassin versant de l'Inaouène (Haut Atlas central et Moyen Atlas, Maroc). Étude géologique et morphologique. Bulletin de l'Association de géographes français, 403, 73-84.
18. Msatef, K. (2015). Étude hydrologique du bassin versant de l'Oued Ouergha, Nord du Maroc. Mémoire MASTER, Faculté des sciences et techniques Fès, 100 p.
19. Obda, K. (2007). Etiages : indigences extrêmes menaçant la pérennité et les écosystèmes des oueds méditerranéens. Support d'UE Risques Hydrologiques. Faculté des Lettres et des Sciences Humaines Saïs, pp. 190-247.
20. Picouet, C., Hingray, B. & Musy, A. Hydrothèque : Recueil d'exercices en Hydrologie. École Polytechnique Fédérale de Lausanne. <http://hydrologie-2.org/>
21. Uni, A. & Machrani, A.P. S. (2023). Frequency Analysis Of Deli River Flood Distribution Plan Using The Gumbel Probability Distribution Method. Universitas Islam Negeri Sumatera Utara. Volume 8, Number 3, July 2023 DOI : <https://doi.org/10.33395/sinkron.v8i3.12543>
22. Robillard, D. (1978). Etude structural du Moyen-Atlas Septentrional (région de Taza). Thèse de doctorat. Université des Sciences et Techniques de Lille. 178p.
23. Tony, R et al. (2017). Leçons tirées du cyclone Pam au Vanuatu (Mélanésie) : aléas côtiers, crues éclairs et Dommages. Paul Valéry University, Montpellier 3 & LAGAM Laboratory. Géomorphologie : relief, processus, env ronnement vol. 23 -n° 4 | 2017. DOI : 10.4000/geomorphologie.11842

## **Evaluation de L'Efficacite Antimicrobienne des Gels Hydroalcooliques Vendus sur les Marches et Grandes Surfaces de la Ville de Daloa (Centre-Ouest, Cote d'Ivoire)**

***Zebre Arthur Constant***

Assistant, Enseignant-Chercheur, Laboratoire d'Agrovalorisation,  
Département de Biochimie-Microbiologie, UFR Agroforesterie,  
Université Jean Lorougnon Guédé-Daloa, Côte d'Ivoire

***Tiekoura Konan Bertin***

Chargé de Recherche, Centre National de Référence des Antibiotiques,  
Institut Pasteur Côte d'Ivoire

***Coulibaly Bakary***

Maître de Conférences, Enseignant-Chercheur, Laboratoire  
d'Agrovalorisation, Département de Biochimie-Microbiologie, UFR  
Agroforesterie, Université Jean Lorougnon Guédé-Daloa, Côte d'Ivoire

***Zangre Hélène***

Etudiante, Laboratoire d'Agrovalorisation, Département de Biochimie-  
Microbiologie, UFR Agroforesterie, Université Jean Lorougnon Guédé-  
Daloa, Côte d'Ivoire

***Konate Ibrahim***

Professeur Titulaire, Enseignant-Chercheur, Laboratoire d'Agrovalorisation,  
Département de Biochimie-Microbiologie, UFR Agroforesterie,  
Université Jean Lorougnon Guédé-Daloa, Côte d'Ivoire

[Doi:10.19044/esj.2023.v19n33p214](https://doi.org/10.19044/esj.2023.v19n33p214)

Submitted: 14 November 2022

Accepted: 28 November 2023

Published: 30 November 2023

Copyright 2023 Author(s)

Under Creative Commons CC-BY 4.0

OPEN ACCESS

*Cite As:*

Zebre A.C., Tiekoura K.B., Coulibaly B., Zangre H. & Konate I. (2023). *Evaluation de L'Efficacite Antimicrobienne des Gels Hydroalcooliques Vendus sur les Marches et Grandes Surfaces de la Ville de Daloa (Centre-Ouest, Cote d'Ivoire)* European Scientific Journal, ESJ, 19 (33), 214. <https://doi.org/10.19044/esj.2023.v19n33p214>

### **Resume**

La problématique de l'hygiène des mains et la transmission manu portée des microorganismes est une question d'actualité. L'utilisation des gels hydroalcoolique reste l'une des mesures pratiques face à la difficulté d'accès à l'eau potable pour le lavage des mains. Elle s'est accrue avec l'apparition de

la Covid-19. Cette maladie a favorisé la prolifération de gels hydroalcooliques (GHA) sur l'ensemble des marchés de Côte d'Ivoire. La ville de Daloa a enregistré aussi une diversité de gels hydroalcooliques sur ses marchés. L'objectif de ce travail était d'évaluer l'effet antimicrobien de cinq marques de gels hydroalcooliques appréciés et vendus sur les marchés et grandes surfaces (supermarchés) de la ville de Daloa. Tout d'abord une enquête sociodémographique a été menée afin de savoir le niveau de connaissance et de l'utilisation des gels hydroalcooliques dans la ville de Daloa. Concernant l'activité antibactérienne, un total de 30 GHA (15 GHA prélevés sur les marchés et 15 autres dans les supermarchés) à raison de 3 GHA par marques. Les souches microbiennes suivantes : *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Klebsiella pneumoniae* et *Candida albicans* ont été utilisées pour le test de l'activité antibactérienne. Les résultats obtenus indiquent que les GHA sont connus par 96% de la population interrogée et ces derniers l'utilisent régulièrement. Ces personnes sont en majorité des adultes de plus de 30 ans et ayant au moins un niveau d'étude du primaire. Quant à l'activité antibactérienne, elle a relevé que l'efficacité varie d'un gel à un autre au volume de 80  $\mu$ L et 100  $\mu$ L. Au volume de 80  $\mu$ L, seul le gel GHA5, présente une meilleure activité antimicrobienne sur 60% des souches testées. Les diamètres d'inhibition sont respectivement de 16 mm, 10 mm et 11 mm sur les souches *E. coli*, *K.pneumoniae* et *C.albicans* avec les GHA5 issu du marché. Quand à celui provenant du supermarché, les diamètres d'inhibition sont respectivement 20 mm, 17 mm et 15 mm sur *E. coli*, *K.pneumoniae* et *C.albicans*. Avec le volume de 100  $\mu$ L, seule la souche *E. coli* reste sensible au GHA5 issus du marché et supermarché avec des diamètres d'inhibition respectifs de 20 mm et 17 mm. Au volume de 100  $\mu$ L la souche de *C. albicans* est insensible à tous les GHA quel que soit leur lieu de provenance.

---

**Mot-cles:** Gel Hydroalcoolique, efficacité, antimicrobien, Daloa, enquête sociodémographique

---

## **Assessment of the Antimicrobial Effectiveness of Hydroalcoholic Gels Sold on the Markets and Large Surfaces of the City of Daloa (Center-West, Ivory Coast)**

***Zebre Arthur Constant***

Assistant, Enseignant-Chercheur, Laboratoire d'Agrovalorisation,  
Département de Biochimie-Microbiologie, UFR Agroforesterie,  
Université Jean Lorougnon Guédé-Daloa, Côte d'Ivoire

***Tiekoura Konan Bertin***

Chargé de Recherche, Centre National de Référence des Antibiotiques,  
Institut Pasteur Côte d'Ivoire

***Coulibaly Bakary***

Maître de Conférences, Enseignant-Chercheur, Laboratoire  
d'Agrovalorisation, Département de Biochimie-Microbiologie, UFR  
Agroforesterie, Université Jean Lorougnon Guédé-Daloa, Côte d'Ivoire

***Zangre Hélène***

Etudiante, Laboratoire d'Agrovalorisation, Département de Biochimie-  
Microbiologie, UFR Agroforesterie, Université Jean Lorougnon Guédé-  
Daloa, Côte d'Ivoire

***Konate Ibrahim***

Professeur Titulaire, Enseignant-Chercheur, Laboratoire d'Agrovalorisation,  
Département de Biochimie-Microbiologie, UFR Agroforesterie,  
Université Jean Lorougnon Guédé-Daloa, Côte d'Ivoire

---

### **Abstract**

Hand hygiene and the manual transmission of pathogenic microorganisms represent a major health problem. The use of hydroalcoholic gels (HAG) remains one of the practical measures when soap and clean water are not available for hand washing. They were widely used during the pandemic caused by Covid-19. This outbreak has increased the sale of HAGs on all markets in Côte d'Ivoire. The city of Daloa has also noticed the appearance of HAGs of different brands on its markets. The objective of this work was to evaluate the antimicrobial effect of HAGs of five different brands appreciated by the population and sold in markets and large commercial centers (supermarkets) in the city of Daloa. In a first step, a socio-demographic survey was conducted to find out to which extent HAGs are known to the population of Daloa and whether they are widely used. The people who responded to our questions were mostly adults over the age of 30 with at least a primary education. It appeared that HAGs are known to 96% of the population and they use them regularly. In a second step we tested the

antibacterial activity of a total of 30 HAGs, with 15 HAGs taken at popular markets and 15 others at large commercial centers (supermarkets) in the city of Daloa. In fact, three HAGs from each of the five different brands were tested for their antiseptic effect on five different microbial species: *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Klebsiella pneumoniae* and *Candida albicans*. We applied volumes of 80 and 100  $\mu\text{L}$  of each HAG on plates and observed significant differences of their antiseptic effects (size of the diameter of inhibition). When used at 80  $\mu\text{L}$ , only HAG5 exhibited a significant antimicrobial effect on three of the tested microorganisms. With HAG5 obtained at the popular market, the diameters of inhibition were 16 mm, 10 mm and 11 mm for *E. coli*, *K. pneumoniae* and *C. albicans*, respectively. With HAG5 coming from the supermarket, the diameters of inhibition were slightly larger with 20 mm, 17 mm and 15 mm for *E. coli*, *K. pneumoniae* and *C. albicans*, respectively. When 100  $\mu\text{L}$  of HAG5 were used, it had an effect only on *E. coli*. The one from the market caused a 20 mm diameter of inhibition, the one from the supermarket 17 mm. When 100  $\mu\text{L}$  of the various HAG's from market and supermarket were used, none of them had an antimicrobial effect on *C. albicans*.

---

**Keywords:** Hydroalcoholic Gel, efficacy, antimicrobial, socio-demographic survey, Daloa

## Introduction

Les mains constituent le principal moyen de transmission des micro-organismes responsables d'infections nosocomiales (Simon, 2004). Elles portent facilement de nombreux pathogènes et non pathogènes (Marra & Edmond, 2012). De nombreuses études ont mis en exergue le rôle des mains dans la transmission des infections (Bossou & Bada, 2013; Kissira, 2014). Dans le secteur de la santé, la mauvaise hygiène des mains constitue une cause majeure de taux élevé de morbidité (Pittet, 1995; Boyce, 2011). Ainsi une bonne pratique de l'hygiène des mains permet de prévenir les infections et les contaminations microbiennes (Bengaly, 2011). En plus, parmi les mesures destinées à les prévenir, l'hygiène des mains demeure le meilleur moyen de prévention des maladies (Oké *et al.*, 2013). Mais l'observance de cette mesure est encore insuffisante par méconnaissance de son intérêt (Simon, 2004 ; Jaffar et Pittet, 2013). Pour prévenir la transmission manu portée dans tous les secteurs d'activité, l'OMS recommande le lavage des mains à l'eau et au savon et l'utilisation de solution hydroalcoolique en cas de manque d'eau et de savon (Meadows & Le Saux, 2004; Muleba *et al.*, 2022). L'utilisation de solution hydroalcoolique a été très recommandée lors de la pandémie de grippe A (H1N1) de 2009 car son utilisation permettait de limiter la transmission du virus dans la population (Larson *et al.*, 2012). Ainsi cette pratique reste à ce



jour l'une des recommandations phares dans la lutte contre la propagation de la Covid-19. En effet, ce virus très contagieux se transmet non seulement par les aérosols mais également par les mains (Rundle *et al.*, 2020). Il est apparu en décembre 2019 dans la province de Huwan en Chine. La pandémie de la maladie à Coronavirus (Covid-19) a pratiquement touché tous les pays du monde (Wang *et al.*, 2020). L'une des mesures barrière recommandé par l'OMS est le lavage des mains à l'eau et au savon ou avec une solution hydroalcoolique (Gammon & Hunt, 2020). La Côte d'Ivoire à l'instar des autres pays du monde a été touchée par cette pandémie. Mais face à la difficulté d'accès à l'eau potable (Diabagaté *et al.*, 2016), elle a également opté pour l'utilisation de gels hydroalcooliques (GHA) qui reste l'un des principaux gestes barrières édictés (Golin *et al.*, 2020 ; Villa & Russo, 2021). De ce fait, il est apparu une prolifération de marques de gels hydroalcooliques de fabrication artisanale ou industrielle (Villa & Russo, 2021) sur tous les marchés de la Côte d'Ivoire notamment dans la ville de Daloa (Anonyme 1, 2020). La qualité et l'efficacité de ces produits reste donc à vérifier. La présente étude a pour objectif général d'évaluer l'efficacité antimicrobienne des gels hydroalcooliques vendus sur les marchés et grandes surfaces de Daloa.

Les objectifs spécifiques qui en découlent ont consisté à :

- réaliser une enquête afin de savoir le niveau de connaissance et de l'utilisation des gels hydroalcooliques dans la ville de Daloa;
- évaluer l'activité antimicrobienne sur les souches microbiennes suivantes : *E.coli*, *S. aureus*, *P. aeruginosa*, *K. pneumoniae* et *C. albicans*;
- Comparer l'efficacité des gels hydroalcooliques vendus sur les marchés et les grandes surfaces de Daloa.

## **Matériel et Méthodes**

### **Présentation de la zone d'étude**

Cette étude a été réalisée dans la ville de Daloa. Cette ville est située au Centre-Ouest de la Côte d'Ivoire. Ces coordonnées GPS sont les suivantes : longitudes 6°24 et 6°29 Ouest et les latitudes 6°50 et 6°55 nord (figure 1). Elle est le chef-lieu de la région du haut Sassandra et distante de 141km de Yamoussoukro, la capitale politique et 383km d'Abidjan, la capitale économique. Elle couvre une superficie de 17,761 km<sup>2</sup> avec une population estimée à 705 378 habitants (Anonyme 2, 2022).



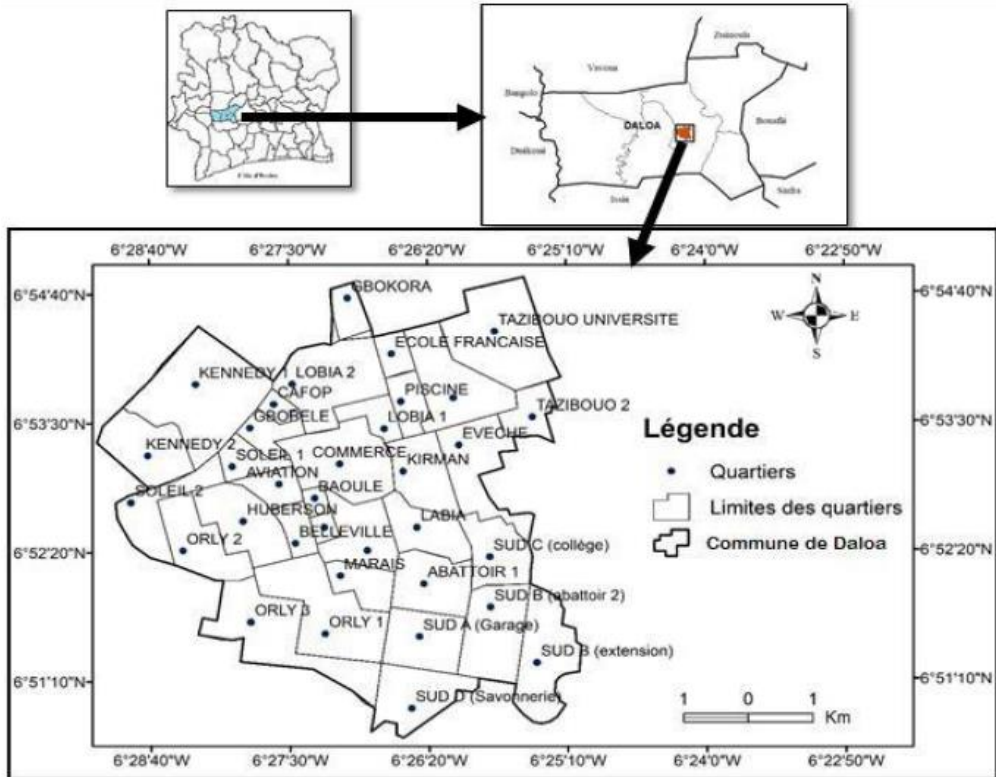


Figure 1. Localisation de la ville de Daloa (Kouassi, 2021)

## Matériel biologique

Le matériel biologique utilisé pour cette étude est constitué de souches microbiennes de la bio-collection du Centre Nationale de Référence des Antibiotique de l'Institut Pasteur (Abidjan, Côte d'Ivoire). Il est composé de souches bactériennes isolées de produits biologiques humains et ayant un phénotype particulier. Ce sont: *E. coli* résistant aux céphalosporines de troisième génération (C3G®), *K. pneumoniae* productrice de bêta-lactamase à spectre élargi (BLSE), *P. aeruginosa* résistant à la Ceftazidime et *S. aureus* résistant à la méticilline (Méti®). Une souche de *C. albicans* sauvage a été également utilisée au cours de cette étude.

## Méthodes

### Enquête sur le niveau de connaissance et l'utilisation des GHA

Une pré-enquête a d'abord été réalisée durant un (1) mois (du 1<sup>er</sup> au 30 Avril 2021). Elle avait pour but de recueillir des informations sur les différents types de GHA vendus à Daloa. Les différentes informations obtenues ont permis d'établir les fiches d'enquêtes. La pré-enquête a consisté à une visite des différents marchés et supermarchés de plusieurs quartiers de la ville de Daloa. L'enquête quant à elle a été réalisée sur deux (2) mois de Mai 2021 à

Juin 2021. Les quartiers suivants : Lobia, Tazibo, Soleil, Eveché ont été sélectionnés. Ces quartiers ont été choisis essentiellement pour leur accès facile et leur peuplement. L'enquête a été réalisée de façon aléatoire dans les rues, les marchés, à domicile et sur le lieu de travail. Au cours de cette enquête des hommes et des femmes âgées de 18 ans et plus ont été interrogés. Au total 300 personnes ont été interrogées. Les grandes lignes de la fiche de l'enquête concernaient les informations sur le niveau de connaissance des gels hydroalcooliques, l'utilisation de ces gels hydroalcooliques, la préférence de marque des gels, les critères de choix dans l'achat des gels et la fréquence d'utilisation. Les répondants aux questionnaires sont des deux sexes, de tous les niveaux d'étude et de toutes les couches sociales.

### **Echantillonnage**

Pour effectuer l'échantillonnage, les résultats de l'enquête concernant les marques de gels préférées par les populations ont été utilisés. Ainsi les cinq (5) marques de GHA préférés et présents dans tous les sites de prélèvement identifiés ont été choisis. Chaque marque a été codifiée avec les numéros de 1 à 5. Ainsi nous avons GHA1, GHA2, GHA3, GHA4 et GHA5. Au total trente (30) GHA ont été collectés dont 15 gels prélevés sur l'ensemble des marchés des quartiers : Lobia, Orly et Soleil et 15 autres gels issus des supermarchés du quartier Commerce. Il faut noter que trois (3) GHA par marque de produit ont été prélevés. Les gels hydroalcooliques ont été collectés par achat et mis dans deux glacières différentes (une glacière pour les gels des marchés et l'autre pour ceux des supermarchés). Une fois au laboratoire les différents gels ont été codifiés comme suit : l'initial du lieu de prélèvement (M pour Marché ou S pour Supermarché), GHA et le numéro de chaque marque. Ainsi, est codifié : MGH1, MGH2, MGH3, MGH4 et MGH5 pour les gels du marché et SGH1, SGH2, SGH3, SGH4 et SGH5 pour ceux du supermarché.

### **Détermination de l'activité antimicrobienne**

La technique de diffusion en milieu gélosé de Mueller-Hinton a été utilisée (Bssaibis *et al.*, 2009). Les différents milieux de cultures ont été préparés selon les recommandations du fabricant.

### **Préparation de l'inoculum bactérien et fongique**

La préparation des inocula s'est faite selon la méthode décrite par Sanogo *et al* (2016). Les microorganismes ont été d'abord isolés sur la gélose nutritive par la méthode des stries afin d'obtenir des colonies. Ensuite deux ou trois colonies jeunes ont été émulsifiées dans 2 mL de solution NaCl 80%. Le mélange a été ensuite ajusté à une opacité de 0,5 Mc Farland. Une suspension de 100 µL de bactérie a été prélevée. Cette suspension a été délayée dans 10

mL d'eau physiologique (NaCl 0,85%) constituant ainsi l'inoculum bactérien estimé à  $10^6$  bactéries/mL.

### **Test de sensibilité**

#### **Détermination des zones d'inhibition**

La technique par diffusion en milieu gélosé dans des cupules (puits) et la méthode de macro-dilution en milieu liquide ont été utilisées pour réaliser les tests (Dosso & Faye-Ketté, 2000 ; Koné *et al.*, 2004). Des boîtes de Pétri contenant de la gélose Muller-Hinton (GMH) ont été ensemencées par écouvillonnage avec l'inoculum préparé. Les boîtes de Pétri ensemencées sont laissées auprès du bec-Bunsen jusqu'à ce que la surface de la gélose soit sèche. Ensuite des cupules d'environ 6 mm de diamètre ont été creusées dans la gélose en fonçant le gros bout d'une pipette Pasteur stérile. Les cupules sont ensuite remplies avec 80  $\mu$ L ou 100  $\mu$ L de GHA. Les boîtes de Pétri ont été incubées à 37°C ou à 30°C pendant 24 h ou 72 h selon les germes. Ensuite les diamètres d'inhibition ont été déterminés par mesure à l'aide d'une règle ou d'un pied à coulisse. L'appréciation de l'efficacité des GHA a été faite selon le critère de (Ponce *et al.*, 2003). Ainsi, une substance est dite inefficace si le diamètre d'inhibition est inférieur à 8 mm. Elle est dite efficace si le diamètre est compris entre 9 et 14 mm. Par contre, elle est jugée très efficace lorsque le diamètre est compris entre 15 et 19 mm puis extrêmement efficace si le diamètre est supérieur à 20 mm.

#### **Comparaison de l'efficacité des gels vendus sur les marchés et supermarchés avec 80 $\mu$ L et 100 $\mu$ L**

Une fois les différents diamètres d'inhibition mesurés, les valeurs sont mises dans différents tableaux EXCEL 2016. Pour chaque volume uniquement les critères efficaces et inefficaces ont été pris en compte. Le nombre de fois qu'apparaît « efficace » ou « inefficace » est noté. Une somme est ensuite effectuée et rapporté au nombre total d'analyse pour avoir le pourcentage.

#### **Analyses statistiques des données**

Tous les essais ont été effectués en triplicat et les valeurs numériques obtenues ont été exprimées par la moyenne arithmétique affectée de l'écart type correspondant. Le logiciel STATISTICA 7. 1 a été utilisé pour ces analyses. Des analyses de variance (ANOVA) basées sur des tests multiples de DUNCAN avec un niveau de signification de 5% ont été réalisées afin de comparer les variables mesurées sur les différents gels hydroalcooliques c'est-à-dire les caractéristiques des gels selon leur origine et entre les souches microbiennes. Les graphiques ont été réalisés à l'aide du tableur EXCEL 2016.

## **Résultats et Discussion**

### **Profil socio démographique des personnes enquêtées**

Le tableau I ci-dessous présente les résultats du profil sociodémographique des personnes enquêtées. Ces résultats indiquent que la majeure partie (96%) des personnes interrogées connaît et utilise les gels hydroalcooliques contre 4%. Cette dernière est constituée en majorité d'adultes. Ces derniers sont en majorité analphabètes.

Ce faible taux de 4% s'expliquerait par le fait que Daloa est une ville universitaire avec de nombreux établissements secondaires et supérieurs. Elle est l'une des régions où le taux d'alphabétisation est le plus élevé en Côte d'Ivoire environ 26,3% (Yéo, 2014). En effet, la scolarisation est un processus qui permet d'acquérir des connaissances et un savoir sur l'importance de l'hygiène en fait partie (Simar et Jourdan, 2010).

En ce qui concerne le mode d'utilisation des GHA, environ 17% (16.66%) des personnes interrogées l'utilisent une fois par jour, idem pour ceux qui l'utilisent deux fois par jours, 27.33% l'utilisent trois fois par jours et 36.66% l'utilisent autant de fois. Les gels sont utilisés par toutes les tranches d'âge dont en grande majorité la population adulte de plus de 30 ans (36,66%). Le niveau d'instruction des personnes interrogées est de 26,33% pour le niveau primaire, 32% pour le niveau secondaire et 21.66% pour le niveau supérieur. L'utilisation du GHA se fait en moyenne plus de 3 fois par jour. Les populations respectent en effet les recommandations de l'OMS qui préconisent l'utilisation chaque fois que cela est nécessaire (Boyce & Pittet, 2002). En effet le lavage des mains réduit la quantité de germes pathogènes et de produits toxiques (Hadaway, 2020).

**Tableau I.** Caractéristique des populations enquêtées et leur mode d'utilisation des gels

Variable	Effectif	Pourcentage
<b>Sexe</b>		
Masculin	187	62,33%
Féminin	113	37,66%
<b>Age</b>		
<20 ans	89	29,66%
20 à 30 ans	101	33,66%
30 ans	110	36,66%
<b>Niveau d'instruction</b>		
Jamais scolarisée	60	20%
Primaire	79	26,33%
Secondaire	96	32%
Supérieur	65	21,66%
<b>Connaissance des gels</b>		
Oui	288	96,00%
Non	12	4,00%
<b>Mode d'utilisation</b>		
Une fois par jour	50	16,66%
Deux fois par jour	50	16,66%
Trois fois par jour	82	27,33%
Autant de fois	110	36,66%
Aucune fois	0	0%

### Marques de GHA les plus rencontrés et les plus utilisés

A Daloa, les solutions hydroalcooliques sont vendues sous forme de gels aussi bien sur les marchés et les supermarchés. Une pluralité de gel est vendue. Au total sept (7) marques de GHA sont les plus rencontrés (Tableau II) dont cinq sont les plus vendus c'est-à-dire préférée par la population. La marque GH5 est la plus utilisées (33,33%) suivi de GH4 (23,33%). Le gel le moins utilisé est le GH7 (2,33%).

**Tableau II .** Marque des gels hydroalcooliques recensés

Marque du gel recensé	Utilisateurs (Effectifs)	Pourcentage
GH1	60	20%
GH2	24	8,01%
GH3	30	10,00%
GH4	70	23,33%
GH5	100	33,33%
GH6	9	3,00%
GH7	7	2,33%
TOTAL	300	100%

### Critères de choix des GHA

Le critère de choix le plus important pour l'achat du GHA est le prix du gel (35,66%) suivie de la disponibilité (31,66 %) et du parfum (17.66%) (Tableau III). Ces résultats sont en accord avec ceux de Lemoine (2001), qui selon lui, le prix d'un article relativement accessible à la bourse du consommateur est celui qui est le plus acheté.

**Tableau III.** Critère de choix des gels hydroalcooliques

Critère de choix	Effectif	Pourcentage
Parfum	53	17.66%
% d'alcool	45	15%
Prix	107	35,66
Disponibilité	95	31,66%

### Evaluation de l'activité antimicrobienne des GHA sur la croissance *in vitro* des souches microbiennes

Afin de s'assurer que ces GHA vendus sur les marchés et grandes surfaces ont un effet antimicrobien, un test antimicrobien a été effectué sur des souches cliniques tels *E. coli*, *S. aureus*, *P. aeruginosa*, *K. pneumoniae* et *C. albicans*. Les volumes de 80 µL et 100 µL des gels hydroalcooliques ont été utilisés pour le test d'inhibition.

### Diamètre d'inhibition induit par 80 µL de GHA

Les résultats obtenus et présentés dans le tableau IV montrent que les gels vendus sur les marchés et supermarchés ont un effet antimicrobien qui varie d'une souche microbienne à une autre.

Concernant les gels vendus sur le marché, GH2 et GH5 montrent une forte inhibition avec des diamètres de 20 mm et 16 mm respectivement sur *S. aureus* et *E. coli*. Le gel GH3 du marché est inefficace sur l'ensemble des souches. Il est à noter aussi que presque tous les gels vendus au marché n'ont pas d'effet sur la souche *C. albicans*, à l'exception du gel GH5 qui montre une efficacité avec un diamètre de 11mm. Pour ce qui est de ces gels vendus au supermarché, les marques GH2 et GH5 gardent toujours leur effet inhibiteur sur la croissance de la souche *E. coli* mais avec un diamètre d'inhibition un peu plus large. Ils passent respectivement d'un diamètre de 9 mm et 16 mm respectivement à 27 mm et 20 mm. Le gel GH3 supermarché reste quand à lui toujours inefficace sur l'ensemble des souches. Seul le GH5 supermarché a montré une efficacité Sur *C. albicans* contrairement aux autres souches avec un diamètre de 15 mm.

**Tableau IV.** Moyenne des diamètres d'inhibition des gels (80 µL) sur les différentes souches microbiennes

Souches microbiennes	Gels hydroalcooliques (80 µL)									
	Marchés					Supermarchés				
	GH1	GH2	GH3	GH4	GH5	GH1	GH2	GH3	GH4	GH5
<i>E. coli</i>	07±1,00 <sup>ab</sup>	9±1,00 <sup>b</sup>	0±0,06 <sup>c</sup>	4±1,00 <sup>d</sup>	16±1,00 <sup>e</sup>	08±1,00 <sup>ab</sup>	27±3,00 <sup>f</sup>	0±0,01 <sup>c</sup>	8±2,64 <sup>ad</sup>	20±2,00 <sup>e</sup>
<i>P. aeruginosa</i>	01±0,06 <sup>a</sup>	01±0,04 <sup>a</sup>	01±0,02 <sup>a</sup>	08±2,00 <sup>c</sup>	01±0,02 <sup>a</sup>	01±0,02 <sup>a</sup>	01±0,01 <sup>a</sup>	09±0,01 <sup>a</sup>	08±1,00 <sup>b</sup>	0±0,02 <sup>a</sup>
<i>S. aureus</i>	8±1,00 <sup>d</sup>	20±1,00 <sup>g</sup>	0±0,02 <sup>a</sup>	10±1,00 <sup>e</sup>	06±1,00 <sup>c</sup>	07±1,00 <sup>cd</sup>	14±2,00 <sup>f</sup>	0±0,02 <sup>a</sup>	04±1,00 <sup>b</sup>	04±1,00 <sup>b</sup>
<i>K. pneumoniae</i>	09±1,00 <sup>cd</sup>	01±0,02 <sup>a</sup>	01±0,02 <sup>a</sup>	01±0,01 <sup>a</sup>	10±1,00 <sup>d</sup>	08±1,00 <sup>bc</sup>	12±2,00 <sup>e</sup>	0±0,02 <sup>a</sup>	0±0,01 <sup>a</sup>	17±1,00 <sup>b</sup>
<i>C. albicans</i>	01±0,06 <sup>a</sup>	01±0,04 <sup>a</sup>	01±0,02 <sup>a</sup>	01±0,02 <sup>a</sup>	11±2,64 <sup>b</sup>	01±0,01 <sup>a</sup>	01±0,02 <sup>a</sup>	01±0,01 <sup>a</sup>	01±0,01 <sup>a</sup>	15±1,00 <sup>c</sup>

Essais : n=3 ; les moyennes ±écart-type, affectées de lettre minuscules différentes sur la même ligne pour chaque échantillon sont significativement différentes selon le test de Duncan. Le test statistique montre qu'il n'y a pas de différence significative entre les gels du marché et ce du supermarché mais montre bien une différence entre les gels et leur effet d'activité bactérien et fongique sur les souches.

### **Diamètre d'inhibition induit par 100µL des gels hydroalcooliques**

Les diamètres d'inhibition induit par 100 µL de GHA sont présentés dans le tableau V. Il ressort que le gel GH3 marché reste toujours inefficace sur toutes les souches. L'ensemble des gels vendus au marché et au supermarché sont inefficaces sur la souche de *C. albicans*. La souche de *S. aureus* est la plus sensible à tous les gels vendus au supermarché.

**Tableau V.** Moyenne des diamètres d'inhibition avec 100 µL du GHA sur les différentes souches microbiennes

Souches microbiennes	Gels hydroalcooliques (100 µL)									
	Marchés					Supermarchés				
	GH1	GH2	GH3	GH4	GH5	GH1	GH2	GH3	GH4	GH5
<i>E. coli</i>	01±0,01 <sup>a</sup>	3±1,00 <sup>d</sup>	01±0,02 <sup>a</sup>	07±1,00 <sup>b</sup>	20±1,00 <sup>e</sup>	01±0,02 <sup>a</sup>	16±1,00 <sup>C</sup>	01±0,10 <sup>a</sup>	08±3,00 <sup>b</sup>	17±1,00 <sup>c</sup>
<i>P. aeruginosa</i>	07±1,00 <sup>d</sup>	06±1,00 <sup>b</sup>	01±0,06 <sup>a</sup>	9±1,00 <sup>b</sup>	0±0,06 <sup>a</sup>	18±2,00 <sup>e</sup>	10±1,00 <sup>b</sup>	11±0,06 <sup>a</sup>	10±1,00 <sup>c</sup>	10±0,06 <sup>a</sup>
<i>S. aureus</i>	10±1,00 <sup>d</sup>	9±0,02 <sup>a</sup>	01±0,02 <sup>a</sup>	01±0,02 <sup>a</sup>	8±1,00 <sup>b</sup>	8±1,00 <sup>b</sup>	10±0,02 <sup>a</sup>	10±0,02 <sup>a</sup>	9±0,01 <sup>a</sup>	10±1,00 <sup>c</sup>
<i>K. pneumoniae</i>	15±1,00 <sup>b</sup>	18±1,00 <sup>e</sup>	01±0,02 <sup>c</sup>	15±1,00 <sup>b</sup>	00±1,00 <sup>a</sup>	12±2,00 <sup>d</sup>	10±1,00 <sup>a</sup>	01±0,02 <sup>c</sup>	15±1,00 <sup>b</sup>	10±1,00 <sup>a</sup>
<i>C. albicans</i>	01±0,02 <sup>a</sup>	02±1,00 <sup>b</sup>	02±0,01 <sup>a</sup>	01±1,00 <sup>b</sup>	02±2,64 <sup>b</sup>	01±0,02 <sup>a</sup>	01±1,00 <sup>c</sup>	01±0,04 <sup>a</sup>	01±2,64 <sup>d</sup>	01±1,73 <sup>c</sup>

Une efficacité variable d'une souche à une autre des gels a été observée quel que soit le volume de GHA testé. A un volume de 80  $\mu\text{L}$ , le gel GH5 garde son efficacité sur les souches *E. coli*, *K. pneumoniae* et *C. albicans*. La souche de *P. aeruginosa* reste insensible à presque l'ensemble des gels provenant du marché (80%) et à 60% au ceux du supermarché. Mais lorsque le volume augmente à 100  $\mu\text{L}$  la souche est seulement sensible aux gels provenant du supermarché. Les diamètres d'inhibition vont de 10 mm à 18 mm. La souche de *C. albicans* quant à elle est résistante à tous les gels à ce volume mais à 80  $\mu\text{L}$ , elle reste sensible seulement au gel GH5.

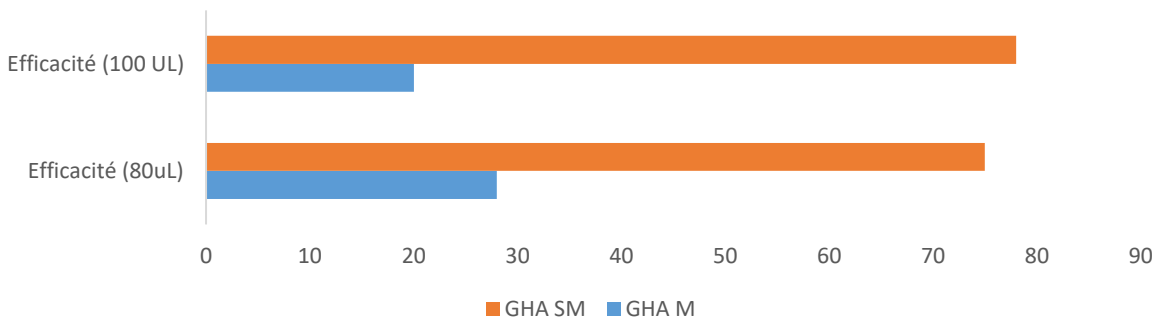
Les diamètres d'inhibition sont les suivant 11 mm et 15 mm respectivement pour les GHA provenant du Marché et Supermarché. Les mêmes observations ont été faite par Muleba *et al* (2022), L'efficacité des GHA varie d'une espèce bactérienne à une. Cette variété d'efficacité d'un gel à un autre dépend selon Liu *et al* (2010) de plusieurs facteurs comme le type, la concentration et le volume de l'alcool utilisé. Les alcools ont une action désinfectante sur les bactéries. Ils provoquent la dénaturation des protéines, la rupture des membranes tissulaires et la dissolution de plusieurs lipides (Oké *et al.*, 2013). Ces résultats suggèrent que certains désinfectants ou décontaminant pour les mains peuvent ne pas être efficaces contre toutes les bactéries (Muleba *et al.*, 2022)

### **Comparaison de l'efficacité des gels vendus sur les marchés et supermarchés avec 80 $\mu\text{L}$ et 100 $\mu\text{L}$**

La figure 1 ci-dessous présente la comparaison des pourcentages d'efficacité des GHA du marché et ceux du supermarché sur l'ensemble des 5 souches microbiennes aux volumes de 80  $\mu\text{L}$  et 100  $\mu\text{L}$ . Les résultats obtenus montrent que les GHA vendus au supermarché ont une efficacité 2 à 3 fois supérieure respectivement aux volumes de 80  $\mu\text{L}$  et 100  $\mu\text{L}$ .

Dans l'ensemble, la comparaison de l'efficacité des gels au volume de 80  $\mu\text{L}$  et 100  $\mu\text{L}$  a montré que les gels vendus au supermarché sont plus de 80 % efficace sur au moins une souche testée. Cette différence d'efficacité pourrait s'expliquer par la dégradation de la qualité des gels vendus au marché suite au mauvais conditionnement. Cela pourrait être dû aussi à la diminution de la concentration de ces solutions en alcool suite à l'évaporation liée à l'exposition à la chaleur. En effet une augmentation de la température conduit à une dénaturation des principes actifs (Oké *et al.*, 2013). Cette différence d'efficacité n'est pas surprenante, des différences dans le niveau d'efficacité des désinfectants pour les mains sur les marchés ont été rapportées précédemment dans les études de Ochwoto, et al (2017) et Otokunefor & Princewill (2017).





**Figure 1.** Comparaison de la qualité des GHA vendus sur le marché et supermarché

## Conclusion

Au terme de cette étude, il ressort que les GHA vendus sur les marchés et supermarché ont une efficacité variable d'une souche bactérienne et selon le volume testé. Ils sont dans leur majorité non fongicides car la souche *C. albicans* reste insensible au différents volumes testés. Le GHA5 qui est le plus apprécié par la population reste efficace sur la majorité des souches microbiennes et fongique au volume de 80 et 100  $\mu$ L. Dans l'ensemble les gels vendus au supermarché ont une meilleure efficacité par rapport aux gels vendus aux marchés. De cette étude nous retenons qu'évaluer l'efficacité des désinfectants pour les mains contre les agents pathogènes courants avant leur commercialisation est d'une importance vitale.

**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 été approuvée par l'Université Jean Lorougnon Guédé de Daloa Cote d'Ivoire et les principes de la déclaration d'Helsinki ont été respectés. Ces résultats ont été tirés d'un mémoire de Master II qui a été soutenue publiquement devant un jury dans ladite université.

## References:

1. Anonyme 1. (2020). Communiqué du ministère du commerce et l'industrie de la république de Côte d'Ivoire.1p
2. Anonyme 2. (2022). Résultats définitif du recensement générale de la population et de l'habitat 2021.Ministère du Développement et du Plan de la République de Côte d'Ivoire. 1p
3. Bengaly, L. (2011). Implantation et évaluation d'un programme de promotion d'hygiène des mains dans un hôpital national du Mali. Thèse de doctorat. Université de Genève, suisse, 393p.
4. Bossou, C., & Bada, C. (2013). Etude comparative des bactéries isolées des clenches internes et externes des portes hospitalières à l'HOMEL. Rapport de fin de formation pour l'obtention de la Licence Professionnelle. Département de Génie Biologique, Ecole Supérieure Le Faucon, Bénin, 35p.
5. Boyce, J. M. 2011.Measuring healthcare worker hand hygiene activity: current practices and emerging technologies. *Infect Control Hosp Epidemiol*, 32: 1016-28.
6. Boyce, J. M., & Pittet, D. (2002). Healthcare Infection Control Practices Advisory Committee; HICPAC/SHEA/APIC/IDSA Hand Hygiene Task Force. Guideline for Hand Hygiene in Health-Care Settings. Recommendations of the Healthcare Infection Control Practices Advisory Committee and the HICPAC/SHEA/APIC/IDSA Hand Hygiene Task Force. *Am. J. Infect. Control*, 20 : 1-46
7. Bssaibis, F., Gmira, N. &Meziane, M. (2009). Activité antibactérienne de *Dittrichiaviscoa* (L.) W. Greuter. *Rev. Microbiol. Ind. San et Environn*, 3 (1): 44-45
8. Diabagaté, A., Koana G.H.K., & Koffi A. (2016). Stratégies d'approvisionnement en eau potable dans l'agglomération d'Abidjan (Côte d'Ivoire). *Geo-Eco-Trop*. 4 : 345-360.
9. Dosso, M., & Faye-kette H. (2000). Contrôle de qualité de l'antibiogramme en pratique Courante: Expérience du laboratoire de bactériologie de l'Institut Pasteur de Côte d'Ivoire. *Bactériolo int*, n° special: P53
10. Gammon, J., & Hunt, J. (2020). COVID-19 and hand hygiene: the vital importance of hand drying. *British Journal of Nursing*. 29 (17): 1003-1006.
11. Golin, A.P., Choi, D., Ghahary, A. (2020). Hand sanitisers: A review of ingredients, mechanisms of action, modes of delivery, and efficacy against coronaviruses. *Am. J. Infect. Control*, 48 : 1062–1067
12. Hadaway, A. (2020). Handwashing: Clean Hands Save Lives. *J. Consum. Health Internet*, 24: 43-49

13. Jaffar, A. & Pittet, D. (2013). Improving Hand Hygiene Compliance in Healthcare Settings Using Behavior Change Theories: *Reflections. Teaching and Learning in Medicine*. 25 (4):374-382
14. Koné, W. M., Kamanzi, A. K., Terreaux, C., Hostettmann, K., Traore, D., & Dosso, M. (2004). Traditional medicine in North Côte d'Ivoire: screening of 50 medicinal plants for antibacterial activity. *Journal of Ethnopharmacology*, 93: 43-49
15. Kouassi, K. C. (2021). Caractérisation nutritive des plantes aromatiques du Département de Daloa (Région du Haut-Sassandra, Côte d'Ivoire) Mémoire de Master de Biotechnologie et Biosécurité Alimentaire (Option Biotechnologie Agroalimentaire). UFR Agroforesterie, Université Jean Lorougnon Guédé, Daloa, Côte d'Ivoire, 82 p.
16. Kissira, I. (2014). Infections nosocomiales : évaluation de risques dans les services de la Néonatalogie, la CUGO et de la Pédiatrie du CNHU de Cotonou. Rapport de fin de formation pour l'obtention de la Licence Professionnelle. Département de Génie de Biologie Humaine, Ecole Polytechnique d'Abomey-Calavi, Bénin 54p.
17. Larson, E. L., Cohen B. M., & Baxter K. A. 2012. Analysis of alcohol-based hand sanitizer delivery systems: Efficacy of foam, gel, and wipes against influenza A (H1N1) virus on hands. *Am J Infect Control*, 40 (9):806-809
18. Lemoine, J. F. (2001). Contextes d'achat et critères de choix : acheter pour soi ou pour les autres. *Décisions marketing*, 22 : 25-31
19. Liu, P., Yuen, Y., Hsiao, H. M., Jaykus L. A., & Moe, C. (2010). Effectiveness of liquid soap and hand sanitizer against Norwalk virus on contaminated hands. *Applied Environmental Microbiology*, 76 (2): 394-399.
20. Marra, A. R., & Edmond, M. B. (2012). Hand Hygiene: State-of-the-Art Review With Emphasis on New Technologies and Mechanisms of Surveillance. *Curr Infect Dis Rep*, 14(6):585-91.
21. Meadows, E., & Le Saux, N. (2004). A systematic review of the effectiveness of antimicrobial rinse-free hand sanitizers for prevention of illness-related absenteeism in elementary school children. *BMC Public Health* 1; 4:50
22. Muleba, L., Van Wyk, R., Pienaar, J., Ratshikhopha, E., & Singh T. (2022). Assessment of Anti-Bacterial Effectiveness of Hand Sanitizers Commonly Used in South Africa. *Int J Environ Res Public Health*, 19(15):2-10.
23. Ochwoto, M., Muita, L., Talaam, K., Wanjala, C., Ogeto, F., Wachira, F., Osman, S., Kimotho, J., & Ndegwa, L. (2017). Anti-bacterial

- efficacy of alcoholic hand rubs in the Kenyan market, 2015. *Antimicrob. Resist. Infect. Control*, 6 (17) : 2-6
24. Oké, M.A., Bello, A.B., Odebisi, M.B., Ahmed El-Imam A.M., & Kazeem, M.O. (2013) Evaluation of antibacterial efficacy of some alcohol-based hand sanitizers sold in Ilorin (North-central Nigeria). *Ife Journal of Science*. 15 (1): 185-188
25. Otokunfor, K., & Princewill, I.(2017). Evaluation of anti-bacterial activity of hand sanitisers- An *in vitro* study. *J. Appl. Sci. Environ. Manag.*, 21 :1276–1280.
26. Pittet, D. (1995). Les infections nosocomiales. *Méd et Hyg*, 53 : 1687-9
27. Ponce, A., G, Fritz, R., Del Vallec, & Rouras I. (2003). Antimicrobial activity of essential oils on the native microflora of organic Swiss chard. *Society of Food Science and Technology*, 36(7): 679-684
28. Rundle, C. W., Presley, C. L., Militello, M., Barber, C., Powell, D. L., Jacob, S. E & Dunnick, C. A. (2020). Hand hygiene during COVID-19: Recommendations from the American Contact Dermatitis Society. *Journal of the American Academy of Dermatology*, 83 (6): 1730-1737.
29. Sanogo, Y., Guessennd, N. K., Tra bi, H. F., Kouadio N. J., Konan F. K, M., Bamba, M., Danho N., Bakayoko A., Yao K. & Dosso, M. (2016). Evaluation *in vitro* de l'activité des écorces de tige de *Anogeissus leiocarpus* (DC) Guill. et Perr. (Combretaceae) sur des bactéries responsables de maladies courantes en Afrique et criblage phytochimique, *Int. J. Biol. Chem. Sci.* 10 (3): 1139-1152
30. Simar, C & Jourdan, D. (2010). *Revue des sciences de l'éducation*, 36 (3) : 739-760
31. Simon, A.C. (2004). Hand hygiene, the crusade of the infection control specialist alcohol-based handrub: the solution. *International Journal of Clinical and Laboratory Medicine*, 59 (4): 189-19
32. Villa, C., & Russo E. (2021). Hydrogels in Hand Sanitizers. *Materials*. 14 (7) : 1-2
33. Yéo, S. (2014). Analyse de l'offre d'alphabétisation des adultes en Côte d'Ivoire. *Revue Universitaire des Sciences de l'Éducation*, N°1 : 115-142
34. Wang, H. J., Yue, X., & Chen, X. C. 2020. Review and Prospect of Pathological Features of Corona Virus Disease. *Journal of forensic medicine*, 36 (1): 16-20

# **Origine et Processus de Minéralisation des Eaux Souterraines dans la Partie Sud du Marais Poitevin (Nouvelle-Aquitaine-France) et de Son Substratum Carbonaté de l'Oxfordien Supérieur**

*Anongba Braphond Rodrigue Vincent Benjamin*

*Tohouri Privat*

École Normale Supérieure (ENS),  
Département des Sciences et Technologiques, Section des Sciences de la Vie  
et de la Terre. Abidjan, Côte d'Ivoire

*Soro Sandona Issa*

Institut National Polytechnique Félix Houphouët-Boigny (INPHB),  
École Doctorale Polytechnique (EDP), Unité Mixte de Recherche et  
d'Innovation Génie Civil, Géosciences et Sciences Géographiques

*Adja Miessan Germain*

École Normale Supérieure (ENS),  
Département des Sciences et Technologiques, Section des Sciences de la Vie  
et de la Terre, Abidjan, Côte d'Ivoire

[Doi:10.19044/esj.2023.v19n33p231](https://doi.org/10.19044/esj.2023.v19n33p231)

Submitted: 30 August 2023  
Accepted: 28 November 2023  
Published: 30 November 2023

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

*Cite As:*

Anongba Braphond R.V.B., Tohouri P., Soro S.I. & Adja M.G. (2023). *Origine et Processus de Minéralisation des Eaux Souterraines dans la Partie Sud du Marais Poitevin (Nouvelle-Aquitaine-France) et de Son Substratum Carbonaté de l'Oxfordien Supérieur*. European Scientific Journal, ESJ, 19 (33), 231. <https://doi.org/10.19044/esj.2023.v19n33p231>

## **Résumé**

Le Marais Poitevin est un territoire exploité à des fins économiques. Les activités anthropiques dans cette zone humide mettent en péril l'équilibre qui préside à la recharge naturelle et à leur qualité. L'un des problèmes à résoudre avant d'envisager des solutions de préservation et de sauvegarde de ce territoire est de connaître l'origine et de comprendre le processus de minéralisation des eaux du marais. Pour atteindre ces objectifs, les diagrammes de Piper et de Schöller-Berkaloff couplés à une approche statistique (Analyse en composantes principales) ainsi qu'à la corrélation entre

les éléments chimiques ont mis en évidence un phénomène complexe d'eaux bicarbonatées et de mer avec des teneurs atteignant 74%. Les eaux analysées sont proches de la neutralité dans le Marais Poitevin avec un pH moyen de 7,2. Cette étude montre que ces eaux souterraines se singularisent par une grande diversité de leurs faciès en fonction de la position géographique qu'elles occupent. Les eaux localisées à l'Ouest de la zone d'étude sont essentiellement chlorurées sodiques alors que celles localisées à l'Est présentent des faciès qui vont de chlorurés sodiques à bicarbonatés calciques en passant par les faciès bicarbonatés sodiques et sulfatés sodiques.

Ainsi, deux origines quant à la minéralisation des eaux du Marais Poitevin ont été mises en évidence. Une minéralisation d'origine marine liée à une contamination des eaux du Marais Poitevin par de l'eau de mer, et une autre liée à la dissolution des minéraux carbonatés des formations encaissantes.

---

**Mots-clés:** Marais Poitevin, Zone humide, hydrochimie, Analyse en composantes principales (ACP), Diagramme de Piper, Diagramme de Schöeller-Berkaloff

---

## **Origin and Salinization Process of Groundwaters in Poitevin Marsh (New-Aquitaine-France) and Its Underlying Upper Oxfordian Carbonate Bedrock**

*Anongba Braphond Rodrigue Vincent Benjamin  
Tohourri Privat*

École Normale Supérieure (ENS),  
Département des Sciences et Technologiques, Section des Sciences de la Vie  
et de la Terre. Abidjan, Côte d'Ivoire

*Soro Sandona Issa*

Institut National Polytechnique Félix Houphouët-Boigny (INPHB),  
École Doctorale Polytechnique (EDP), Unité Mixte de Recherche et  
d'Innovation Génie Civil, Géosciences et Sciences Géographiques

*Adja Miessan Germain*

École Normale Supérieure (ENS),  
Département des Sciences et Technologiques, Section des Sciences de la Vie  
et de la Terre, Abidjan, Côte d'Ivoire

---

### **Abstract**

The Poitevin marsh, a territory exploited for economic purposes, is threatened by human activities. One of the problems to be solved before considering solutions for preservation and safeguarding of this territory is to know the origin and to understand the mineralization process of the Poitevin marsh groundwaters. To achieve these objectives, Piper and Schöller-Berkaloff diagrams coupled with a statistical approach (Principal Component Analysis) as well as the correlation between chemical elements highlighted a complex phenomenon of mixing bicarbonate and saline waters with contents reaching 74%. The results show that the waters are close to neutral with an average pH of 7.2. This study carried out on the Poitevin marsh groundwaters has made it possible to show that these waters are distinguished by a great diversity of facies depending on their geographical positions. Waters located to the west of the study area are essentially sodium-chloride type while those located to the East have facies ranging from sodium-chloride type to calcium-bicarbonate type, passing through sodium bicarbonate type and sodium sulfate type. So, two origins of the Poitevin marsh waters mineralization have been highlighted. Mineralization of marine origin linked to the contamination of Poitevin marsh groundwaters by sea water, and another linked to the dissolution of carbonate minerals from surrounding rocks.

---

**Keywords:** Poitevin marsh, wetland, hydrochemistry, principal component analysis (PCA), Piper diagram, Schöeller-Berkaloff diagram

## **1. Introduction**

### **1.1. Contexte et justification**

Les zones humides sont des écosystèmes productifs qui jouent un rôle dans le maintien de nombreux cycles naturels et soutiennent un large éventail de biodiversité. Ils régulent la quantité d'eau, contribuent à limiter les crues et participent à la rétention de substances polluantes. Toutefois, ces milieux humides attirent les populations à cause de leur localisation (côtière, en fond de vallée). De ce fait, ces endroits sont devenus l'un des écosystèmes mondiaux les plus touchés et les plus menacés par les activités humaines (Guetté et al, 2018, Guetté, 2018). Dans la plupart des pays où il existe des zones humides, l'un des facteurs limitant des activités humaines est la quantité d'eau douce disponible. En conséquence, dans ces milieux ou à leur périphérie, les nappes d'eau souterraines connaissent pour certaines d'entre elles, une surexploitation qui entraîne des déséquilibres environnementaux majeurs accentués ces dernières années par une évolution climatique défavorable. Comme toute zone humide, le Marais Poitevin connaît une explosion de sa démographie pendant la période estivale, qui s'accompagne par une surexploitation de ses ressources liée à l'accroissement des activités anthropiques telles que les activités agricoles, économiques et touristiques. Il a ainsi vu disparaître une grande partie de sa zone inondable avec des nappes souterraines qui ont été classées en nappes intensément exploitées par l'Agence de l'Eau Loire Bretagne qui est une agence gouvernementale française. Les prélèvements d'eau dans ce milieu sont tellement intenses que cela provoque des ruptures d'écoulement des cours d'eau dans le marais (Safège, 2001).

Malgré cette dégradation générale, le Marais Poitevin demeure un espace écologique d'intérêt national et fait l'objet d'études pour en comprendre son fonctionnement (Braphond et al, 2023 ; Vincent et al, 2022 ; Anongba, 2007 ; Bernard, 2006).

La partie sud du Marais Poitevin, objet de cette étude, est méconnue du point de vue de la chimie des eaux souterraines. En effet, l'état actuel des connaissances met en évidence des lacunes de connaissances sur l'hydrochimie des eaux souterraines des formations du Quaternaire et de l'Oxfordien supérieur aussi bien à l'intérieur du marais qu'en amont. Les études qui ont été réalisées sur cette partie du marais l'ont essentiellement été d'une part, sur les transferts hydriques entre les formations du quaternaire et celles de l'Oxfordien supérieur (Braphond et al, 2023), et d'autre part sur la caractérisation des sols (Vincent et al, 2022 ; Bernard, 2006 ; Garnier, 1975 ; Ducloux et Nijs, 1972 ; Dupuis, 1969). Il s'avère donc nécessaire de mener



des études sur la chimie des eaux souterraines de la partie sud du marais afin de compléter les études existantes sur son fonctionnement et contribuer à la mise en place d'outils pour favoriser une gestion durable et efficace de cette zone humide.

Cette étude a donc pour objectif de connaître, la nature hydrogéochimique des eaux du Marais Poitevin et de déterminer l'origine de leurs minéralisations.

## **1.2. Présentation de la zone d'étude**

Le Marais Poitevin est le marais le plus vaste de la façade atlantique française, la deuxième zone humide la plus importante de France après la Camargue et la cinquième zone humide d'Europe avec une superficie de 964 km<sup>2</sup> (Anongba, 2007). Il s'étend sur deux régions qui sont les Pays de la Loire et le Poitou-Charentes. Cette dernière fait désormais partie d'un nouveau territoire administratif appelé la Nouvelle-Aquitaine créé lors de la réforme territoriale de 2015 et entrée en vigueur le 1<sup>er</sup> janvier 2016. Le Marais Poitevin s'étend sur trois départements (Vendée, Charente Maritime et Deux-Sèvres). Ce territoire qui regroupe 82 communes est très fortement peuplé avec une population estimée à 161 000 habitants recensés lors de la campagne de l'Institut National de la Statistique et des études économiques (INSEE, 2015). Le processus d'évolution naturelle et les aménagements hydro-agricoles ont progressivement transformé cette vaste zone humide. Ces aménagements permettent donc de distinguer sur ce territoire trois grandes zones. La première est la façade littorale qui est sous l'influence marine et où se rencontrent des vasières tidales et les prés salés de la baie de l'Aiguillon. La seconde est une zone centrale, le marais desséché, protégée des marées d'équinoxe par des digues de mer et des cours d'eau par des digues qui bordent les principaux cours d'eau. Elle est à l'abri de toute inondation et est généralement vouée à la céréaliculture ou laissée en prairie naturelle. La troisième est une zone d'épandage des crues hivernales non protégée des inondations. Cette zone appelée le marais mouillé s'étend sur la périphérie et borde les rivières.

Le Marais Poitevin se présente comme une dépression s'inscrivant entre deux plaines du substratum carbonaté traduisant la structure isoclinale des formations jurassiques de la bordure septentrionale du bassin d'Aquitaine (Dupuis et al. 1965 ; Camuzard 2000). Ancien Golfe des Pictons, ce marais s'étend de Niort à l'océan Atlantique, sur une longueur d'environ 70 km. La zone retenue pour cette étude est la partie sud du Marais Poitevin localisée sur les départements de la Charente Maritime et des Deux Sèvres. Elle est située à proximité du détroit du Poitou, en bordure nord du bassin d'Aquitaine et s'étend de Bessines à l'extrême Est jusqu'à Charron à l'Ouest (Figure 1). Elle englobe au total 27 communes dont 16 appartiennent au département de la Charente Maritime et 11 à celui des Deux Sèvres. Elle a une superficie totale

estimée à 550 km<sup>2</sup>. Le climat est de type océanique avec une pluviométrie moyenne annuelle de 770 mm à 840 mm. La topographie du marais Poitevin est très homogène avec des îlots d'altitudes variant entre 10 et 20 m. Ce sont soit des soubassements calcaro-marneux qui ont échappé au nivellement lors des phases successives d'érosion qui ont jalonné l'histoire du marais, soit des cailloux ou des graviers quaternaires reposant sur des bancs calcaires (Welsch, 1916). Au plan géologique et hydrogéologique, la zone d'étude est constituée de deux grandes formations géologiques qui sont les formations Calcaires et Marno-calcaires d'âge Jurassique sur lesquelles reposent les formations du Quaternaire encore connu sous le vocable de « Bri » (Mazeau, 1979). Ces deux entités géologiques permettent de différencier plusieurs aquifères dans la zone d'étude dont deux font l'objet de cette étude : l'aquifère des formations du Quaternaire connues sous le vocable de « Bri » et celui de l'Oxfordien supérieur (calcaire). Les formations de l'Oxfordien supérieur qui affleurent en amont du marais se retrouvent sous couverture des formations du quaternaires dans le marais.

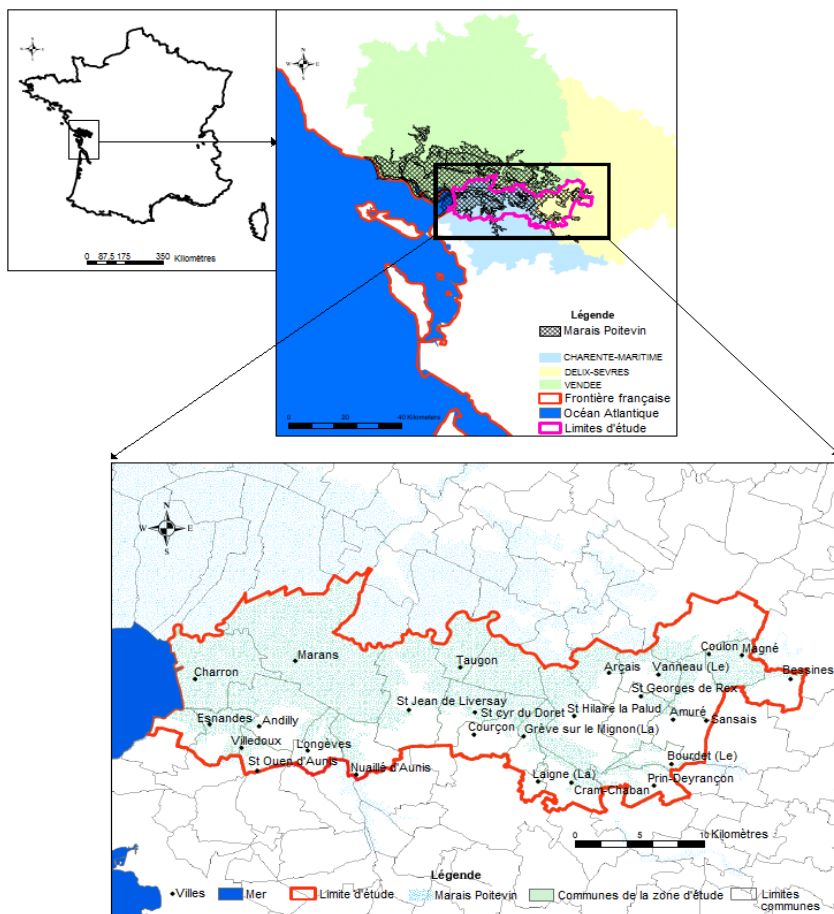
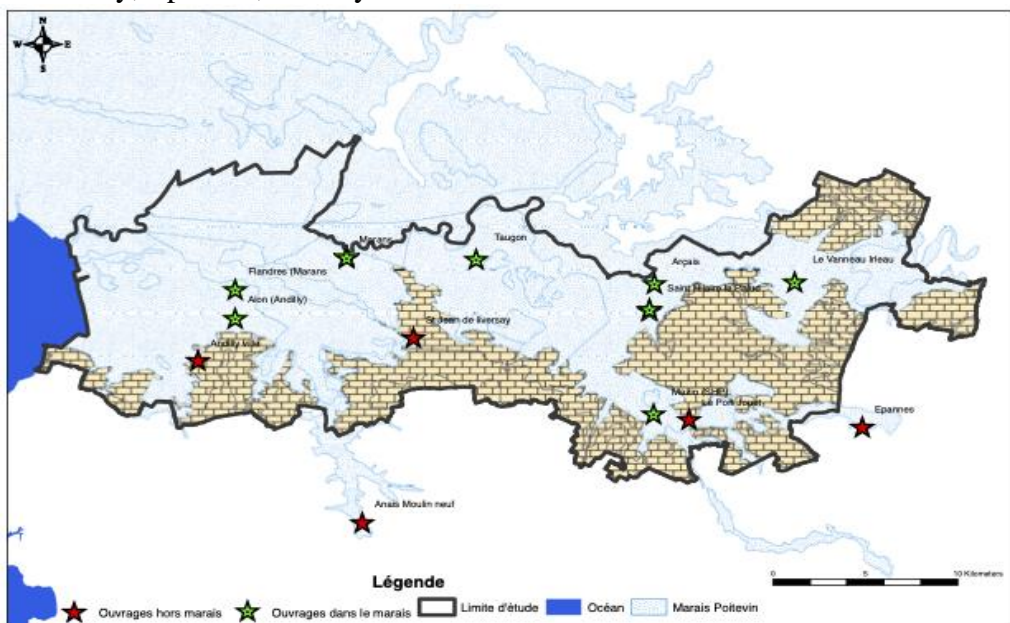


Figure 1. Localisation géographique de la zone d'étude (Vincent et al, 2022)

## 2. Méthodologie

### 2.1. Implantation des forages et des sondages à la tarière

La campagne d'échantillonnage des eaux souterraines du Marais Poitevin a nécessité la mise en place d'ouvrages au nombre de 19 (figure 2). Ils ont été réalisés à l'aide de foreuse à la tarière munie de vis sans fin, mises bout à bout à l'aide de clavettes, jusqu'à la profondeur souhaitée. 4 de ces ouvrages (Marans F1, Marans F4, SHP F1 et SHP F4) captent les eaux de l'Oxfordien supérieur sous couverture quaternaire. Parmi ces 4 ouvrages, Marans F1 était à sec le jour de l'échantillonnage. 10 de ces ouvrages (SHP F2, SHP F3, Marans F2, Marans F3, Andilly Alon, Marans Flandre, Arçais, Le Vanneau, Mazin et Taugon) captent les eaux des formations du Quaternaire dans le marais Poitevin. Les résultats obtenus sur les eaux de Marans F2 et de Marans F3 étant identiques certainement à cause de la faible distance entre ces deux ouvrages, 3,65 m, ces derniers ont été notés « Marans F2-3 ». Parmi les ouvrages localisés dans le Marais Poitevin, 8 sont disposés sur deux sites expérimentaux dont l'un se trouve à Marans à l'Ouest de la zone d'étude, et l'autre à Saint Hilaire la Palud, à l'est de la zone d'étude. Sur chaque site expérimental, 2 ouvrages captent les eaux de l'aquifère de l'Oxfordien supérieur sous la couverture quaternaire et les 2 autres captent les eaux de l'aquifère du Quaternaire. Quant aux eaux de l'Oxfordien supérieur située en amont du Marais Poitevin, elles sont captées par 5 ouvrages qui sont des puits d'exploitants agricoles localisés dans les communes de Port-Jouet, St Jean de Liversay, Épannes, Andilly ville et Anais Moulin neuf.



**Figure 2.** Carte de localisation montrant les points d'échantillonnage des eaux souterraines situées à l'intérieur et en amont du Marais Poitevin (Braphond et al, 2023)

## 2.2. Échantillonnage et mesure des paramètres physicochimiques

Pour la réalisation des analyses chimiques, une campagne d'échantillonnage a été réalisée en février 2007. 17 échantillons ont été collectés au cours de cette campagne à l'aide d'une pompe portative électrique immergée de 2 pouces reliée à un convertisseur de fréquence et alimentée par un groupe électrogène de 4 kVa. Les échantillonnages des eaux souterraines ont été réalisés après pompage préalable sur chaque site ayant permis la vidange d'au moins trois fois la colonne d'eau de l'ouvrage, afin de s'assurer que les eaux prélevées sont représentatives de l'eau souterraine environnante. Les prélèvements ont été réalisés à l'aide d'un tube préleveur en polyéthylène. Un échantillon d'eau de mer a été prélevé au port de la Rochelle à l'écart de toute pollution liée à l'activité navale et deux échantillons d'eau de pluie ont été prélevés au Bourdet en Vendée. Les échantillons d'eau de pluie ont été prélevés dans un seau en plastique mis en place pendant la nuit et récupéré le matin avant le lever du soleil afin de minimiser l'effet de l'évaporation. Les bouteilles devant servir à recueillir les eaux échantillonnées ont été rincées plusieurs fois par celles-ci. Les eaux prélevées pour l'analyse des ions majeurs et mineurs ont été conservées dans des récipients en polypropylène complètement remplis et bouchés hermétiquement. Les récipients devant servir aux dosages des cations ont été acidifiés à l'acide nitrique supra pur à un pH inférieur à 2. Ceux non acidifiés ont été réservés aux eaux devant servir aux dosages des anions. Les échantillons ont été filtrés sur site avec des filtres de membrane millipore de diamètre 0,22  $\mu\text{m}$  et 0,45  $\mu\text{m}$ . Les récipients ainsi préparés ont été étiquetés et conservés dans des glacières à basse température ( $2^{\circ}\text{C} < T < 8^{\circ}\text{C}$ ), puis expédié par transport pour analyse.

Les paramètres physico-chimiques à savoir la conductivité électrique, la température, le pH, le potentiel d'oxydoréduction, l'oxygène dissous, les solides totaux dissous (TDS) et l'alcalinité ont été déterminés sur site. La conductivité électrique, le pH et la température ont été mesurés avec un appareil de mesure à microprocesseur WTW pH/Cond 340 i normalisé à  $25^{\circ}\text{C}$ . Le WTW pH/Cond 340 i a été régulièrement calibré à l'aide de deux tampons standards à pH 4 et 7. La plage de mesure pour la conductivité électrique va de 0 à 50000 mS/cm avec une résolution de 1 mS/cm. La plage de mesure de la température va de  $-5,0$  à  $+105^{\circ}\text{C}$  avec une résolution de  $1^{\circ}\text{C}$ . Celle du pH va de  $-2,00$  à  $+19,99$  upH avec une résolution de 0,01 upH. La plage de mesure du potentiel d'oxydoréduction va de  $-1999$  à  $+1999$  mV avec une résolution de 1mV. Celle de l'oxygène dissous va de 0 à 19,9 mg/L avec une résolution de 0,2 mg/L. quant aux solides totaux dissous, la plage de mesure va de 0 à 65 g/L avec une précision de 1g/L.

Toutes les analyses ont été réalisées au laboratoire d'hydrogéologie de l'Université d'Avignon. La composition en anions des eaux souterraines du Marais Poitevin a été déterminée par chromatographie ionique (CI) sur un

Dionex ICS 1000 avec une précision de  $\pm 5\%$ . Les analyses de cations ont été réalisées par absorption atomique sur un Varian SpectrAA-640 avec une précision  $< \pm 10\%$ .

### 2.3. Évaluation de la qualité des analyses effectuées

Avant de discuter les résultats de toute analyse chimique, il convient d'évaluer la fiabilité des dosages effectués. La méthode utilisée est appelée balance ionique ( $\varepsilon$ ). Elle est exprimée sous la forme d'un écart relatif par la formule

$$\varepsilon = \frac{\sum^+ \text{Cations} - \sum^- \text{Anions}}{\sum^+ \text{Cations} + \sum^- \text{Anions}} \times 100 \quad (1)$$

Cette marge de déséquilibre doit être interprétée comme un biais induit lors de l'analyse. En règle générale, les résultats d'analyses sont appréciés selon la classification ci-après.

$-1\% < \varepsilon < +1\%$	Fiabilité des résultats d'analyses
$-5\% \text{ et } -1\% < \varepsilon < +1\% \text{ et } +5\%$	Fiabilité des résultats d'analyses
$-10\% \text{ et } -5\% < \varepsilon < +5\% \text{ et } +10\%$	Fiabilité des résultats d'analyses médiocre
$\varepsilon < -10\% \text{ ou } \varepsilon > +10\%$	Fiabilité des résultats d'analyses douteuse

D'après cette classification, l'écart admis est estimé classiquement à  $-5\% < \varepsilon < +5\%$ . La balance ionique a donc été systématiquement appliquée à tous les résultats d'analyses de cette étude.

### 2.4. Étude du faciès hydrochimique des eaux souterraines

Les faciès hydrochimiques sont couramment utilisés en hydrogéologie pour la description de la composition des eaux naturelles. Les représentations graphiques utilisées dans ce travail sont les diagrammes de Piper (Piper 1944) et de Schöeller-Berkaloff (Shöeller, 1962).

Le logiciel utilisé dans cette étude pour la représentation de ces diagrammes est la version 8.1 du programme informatique « DIAGRAMMES » du laboratoire d'hydrogéologie de l'Université d'Avignon (Simler, 2023)

### 2.5. Méthode d'analyse statistique

Les méthodes d'analyses statistiques sont couramment utilisées pour étudier et classifier différents processus hydrogéochimiques à l'origine de la minéralisation des eaux souterraines. Dans le cadre de cette étude, la méthode statistique retenue est l'analyse en composantes principales (ACP). L'étude

ACP de ce travail a été réalisée à l'aide de la version 10 du logiciel STATISTICA de l'éditeur StatSoft France. L'objectif est de mettre en évidence les ressemblances chimiques entre les différentes eaux et/ou les différents pôles d'acquisition de la minéralisation et les variables qui les gouvernent.

## 2.6. Corrélation entre différents éléments chimiques

Le chlorure est un ion qu'on peut qualifier de conserver dans les eaux des aquifères carbonatés. En effet cet ion n'est pas affecté par les échanges qui peuvent se produire entre une eau souterraine et sa matrice carbonatée à cause de sa charge négative (Giraud *et al*, 2000).

Cette méthode basée sur la relation entre les chlorures et d'autres éléments chimiques des eaux souterraines prélevées a été utilisée dans ce travail. La disposition des différents points par rapport à la ligne de mélange eau douce, eau de mer peuvent être de grande utilité pour l'identification d'autres phénomènes qui sont annexés au processus de mélange.

## 2.7. Estimation des teneurs en eaux de mer dans les échantillons d'eau

Dans cette étude, il a été décidé le calcul, à partir des concentrations en chlorure et en bromure (éléments supposés conservés dans un aquifère calcaire ; Tellam, 1995; Fidelibus *et al*, 1992; Giraud *et al*, 2000; El Achleb *et al*, 2001; Mook, 2001), des proportions éventuelles d'eau de mer dans les eaux souterraines étudiées.

D'après Barbecot, 1999 et Marjoua, 1995, pour les teneurs en chlorure et bromure, il est possible d'écrire, ce qui suit, en  $\text{mg.L}^{-1}$ :

$$rA_{\text{échantillon}} = [(1 - X) rA_{\text{pluie}}] + X rA_{\text{mer}} \quad (2)$$

avec  $rA$  : teneur en chlorure ou en bromure

La proportion marine  $X$  dans le mélange sera donc :

$$X = \frac{rA_{\text{échantillon}} - rA_{\text{pluie}}}{rA_{\text{mer}} - rA_{\text{pluie}}} \quad (3)$$

Les pôles eau de mer, eau de pluie utilisés dans cette étude sont ceux représentés par les échantillons d'eau de mer et de pluie récupérés au cours de la campagne de février 2007.

## 3. Résultats

### 3.1. Eaux souterraines du Quaternaire dans le Marais Poitevin

La température moyenne des eaux des formations du Quaternaire dans le Marais Poitevin est de  $13,2^{\circ}\text{C}$  ( $n = 7$  ;  $\sigma = 0,9$  ;  $\sigma/m = 12\%$ ) (tableau 1).



Ces eaux souterraines ont un pH neutre avec une moyenne de 7,2 ( $n=9$  ;  $\sigma=0,4$  ;  $\sigma/m=6\%$ ). Elles sont modérément à fortement minéralisées ( $m=8063 \text{ mS.cm}^{-1}$  ;  $n=9$  ;  $\sigma=11640$  ;  $\sigma/m=144\%$ ) avec des valeurs très hétérogènes qui varient entre  $910 \text{ mS.cm}^{-1}$  et  $37100 \text{ mS.cm}^{-1}$ . Les valeurs d'oxygène dissous présentent un coefficient de variation de l'ordre de 71%, et varient entre  $1 \text{ mg.L}^{-1}$  à Saint Hilaire la Palud et  $11,2 \text{ mg.L}^{-1}$  à Arçais et à Taugon. Le potentiel d'oxydo-réduction, avec un coefficient de variation de 858 % est également très hétérogène. Les valeurs mesurées oscillent entre  $-169 \text{ mV}$  et  $218 \text{ mV}$  ( $n=9$  ;  $\sigma=137$ ). Quant aux éléments totaux dissous (TDS), Les valeurs obtenues sont comprises entre  $0,6 \text{ g.L}^{-1}$  et  $22 \text{ g.L}^{-1}$ .

Les teneurs en bicarbonates mesurées dans les échantillons des eaux du Quaternaire varient de  $349 \text{ mg.L}^{-1}$  dans les eaux de Taugon à  $2155 \text{ mg.L}^{-1}$  dans celles du site expérimental de Marans (tableau 1). Les teneurs en chlorures des eaux échantillonnées sont comprises entre  $36 \text{ mg.L}^{-1}$  (Taugon) et  $12624 \text{ mg.L}^{-1}$  (site expérimental de Marans). Les teneurs en sulfates des eaux échantillonnées vont de  $6,7 \text{ mg.L}^{-1}$  à Le Vanneau à  $1408 \text{ mg.L}^{-1}$  sur le site expérimental de Saint Hilaire la Palud. Les teneurs en nitrate des sites expérimentaux sont inférieures au seuil de détection ; ce qui souligne les faibles valeurs de ce composé dans ce milieu. Toutefois, on en rencontre dans les autres ouvrages captant les eaux des formations du quaternaire dans le Marais Poitevin avec des valeurs qui vont de  $0,9 \text{ mg.L}^{-1}$  à Mazin à  $165 \text{ mg.L}^{-1}$  à Andilly Alon. De façon générale, du fait de la relative bonne protection des ouvrages situés dans la zone du marais, les teneurs en nitrates rencontrées dans les eaux de ces ouvrages n'excèdent pas  $45 \text{ mg.L}^{-1}$  sauf à Andilly Alon ( $165 \text{ mg.L}^{-1}$ ). Cette forte teneur est probablement liée à une possible contamination des eaux de cet ouvrage par l'exploitation agricole localisée à proximité.

Le seul ouvrage du Quaternaire présentant une faible teneur en calcium se situe à Le Vanneau ( $34,13 \text{ mg.L}^{-1}$ ). Par contre, les teneurs rencontrées dans les eaux des autres ouvrages du Quaternaire fluctuent entre  $103,70 \text{ mg.L}^{-1}$  à Marans Flandres et  $423,80 \text{ mg.L}^{-1}$  à Saint Hilaire la Palud. Les teneurs en magnésium des eaux des formations du Quaternaire sont comprises entre  $18,4 \text{ mg.L}^{-1}$  à Taugon et  $879 \text{ mg.L}^{-1}$  sur le site expérimental de Marans. Contrairement au calcium et au magnésium, les teneurs en sodium obtenues dans les eaux des formations du Quaternaire sont très élevées. Elles sont de  $26 \text{ mg.L}^{-1}$  dans les eaux des formations quaternaires de Mazin et  $6630 \text{ mg.L}^{-1}$  dans celles des formations quaternaires du site expérimental de Marans. Enfin, Les teneurs en potassium sont assez variables, elles oscillent entre  $43 \text{ mg.L}^{-1}$  à Saint Hilaire la Palud et  $238 \text{ mg.L}^{-1}$  sur le site expérimental de Marans.

### **3.2. Eaux souterraines de l'Oxfordien supérieur dans le Marais Poitevin**

Dans les formations de l'Oxfordien supérieur confinées sous le Quaternaire, la température moyenne enregistrée est de l'ordre de 14,2 °C ( $n = 3$  ;  $\sigma = 0,4$  ;  $\sigma/m = 3$  %) (tableau 1). La conductivité électrique de ces eaux montre de très fortes valeurs allant de 22500 mS.cm<sup>-1</sup> à Saint Hilaire la Palud à 36100 mS.cm<sup>-1</sup> à Marans. Ces eaux sont légèrement acides avec des valeurs de pH qui oscillent entre 6,7 et 6,93 ( $m = 6,80$  ;  $\sigma = 0,09$  ;  $n = 3$  ;  $\sigma/m = 1$  %). Les valeurs d'oxygène dissous sont homogènes et vont de 2,7 mg.L<sup>-1</sup> à Marans à 4,9 mg.L<sup>-1</sup> à Saint Hilaire la Palud. Les valeurs du potentiel d'oxydo-réduction sont comprises entre -351 et 138 mV ( $n = 3$  ;  $\sigma = 203$  ;  $\sigma/m = 256$  %). Les éléments totaux dissous (TDS) ont des teneurs qui sont comprises entre 2,94 g.L<sup>-1</sup> et 14 g.L<sup>-1</sup>.

Les teneurs en bicarbonates sont assez élevées et varient entre 497,8 mg.L<sup>-1</sup> à Saint Hilaire la Palud et 1007,7 mg.L<sup>-1</sup> à Marans. Les eaux de cet aquifère ont de très fortes teneurs en chlorures avec des valeurs comprises entre 7508 mg.L<sup>-1</sup> et 12588 mg.L<sup>-1</sup>. Celles en sulfates vont de 352,7 mg.L<sup>-1</sup> à 665,3 mg.L<sup>-1</sup>. Les nitrates sont en dessous du seuil de détection ce qui souligne la relative bonne protection des eaux de cet aquifère quant aux pollutions liées aux activités anthropiques.

Le calcium a des teneurs qui fluctuent entre 530,30 mg.L<sup>-1</sup> et 677 mg.L<sup>-1</sup>. Quant au magnésium, ses teneurs sont plus élevées avec des valeurs qui vont de 1105,4 mg.L<sup>-1</sup> à Saint Hilaire la Palud à 1129 mg.L<sup>-1</sup> à Marans. Le sodium est très présent dans les eaux de cet aquifère avec des valeurs assez élevées. Les teneurs sont comprises entre 2387 mg.L<sup>-1</sup> et 5710 mg.L<sup>-1</sup>. Les teneurs en potassium les plus élevées se rencontrent à Marans avec une valeur de 150,90 mg.L<sup>-1</sup>.

### **3.3. Eaux souterraines de l'Oxfordien supérieur en amont du Marais Poitevin**

Contrairement aux formations du Quaternaire, les paramètres physico-chimiques mesurés dans les formations calcaires de l'Oxfordien supérieur situées en dehors du marais sont assez homogènes (tableau 1). En effet excepté l'oxygène dissous, tous les paramètres présentent un coefficient de variation inférieur à 50%. La moyenne des températures de ces eaux est de 14,2°C ( $n = 5$  ;  $\sigma = 0,4$  ;  $\sigma/m = 2$  %). Les valeurs de conductivité électrique sont assez faibles en comparaison avec celles rencontrées dans le Marais Poitevin. Elles vont de 731 mS.cm<sup>-1</sup> à 937 mS.cm<sup>-1</sup> avec une moyenne de 805 mS.cm<sup>-1</sup> ( $n = 5$  ;  $\sigma = 75$  ;  $\sigma/m = 9$  %). Les valeurs d'oxygène dissous oscillent entre 1 mg.L<sup>-1</sup> à Port-Jouët et 10 mg.L<sup>-1</sup> à Anais Moulin Neuf. Le potentiel d'oxydo-réduction est homogène et varie de 80 mV à Port-Jouët à 138 mV à Anais Moulin Neuf ( $n = 9$  ;  $\sigma = 54,3$  ;  $\sigma/m = 37$  %). Les valeurs en éléments totaux



dissous (TDS) sont également homogènes avec des teneurs qui sont comprises entre  $0,47 \text{ g.L}^{-1}$  et  $0,6 \text{ g.L}^{-1}$ .

Les teneurs en bicarbonates mesurées sur ces eaux varient de  $317 \text{ mg.L}^{-1}$  dans celles d'Épannes à  $386 \text{ mg.L}^{-1}$  dans celles de Saint Jean-de-Liversay. Les teneurs en chlorures sont comprises entre  $24 \text{ mg.L}^{-1}$  (Port-Jouët) et  $43 \text{ mg.L}^{-1}$  (Saint Jean-de-Liversay). Les teneurs en sulfates varient de  $22 \text{ mg.L}^{-1}$  à Épannes à  $41 \text{ mg.L}^{-1}$  Andilly Ville. Contrairement aux eaux rencontrées dans le Marais Poitevin, celles en dehors du marais présentent des concentrations assez élevées en nitrates avec des valeurs qui vont de  $39 \text{ mg.L}^{-1}$  à Port-Jouët à  $80 \text{ mg.L}^{-1}$  à Saint Jean-de-Liversay. Cette présence traduit une pollution liée à des activités anthropiques.

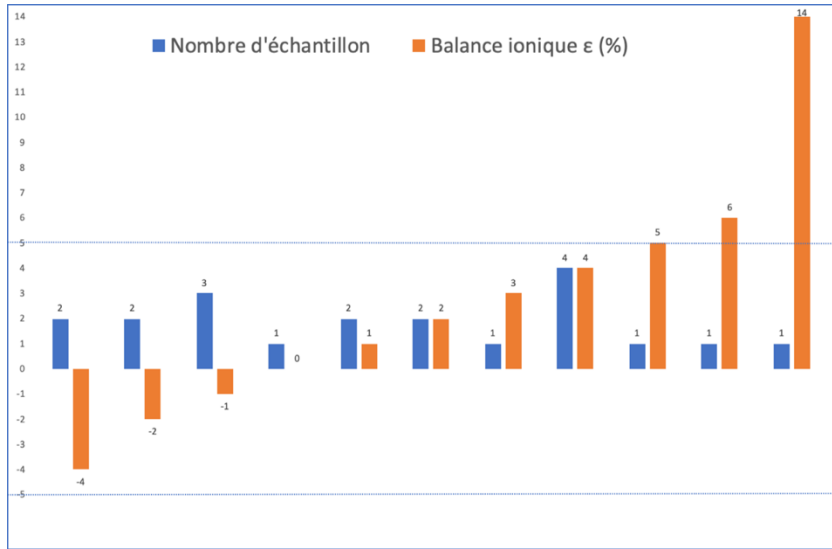
Les teneurs en calcium fluctuent entre  $127 \text{ mg.L}^{-1}$  à Andilly ville et  $156 \text{ mg.L}^{-1}$  à Saint Jean-de-Liversay. Celles en magnésium sont comprises entre  $4 \text{ mg.L}^{-1}$  à Épannes et  $26 \text{ mg.L}^{-1}$  à Anais Moulin Neuf. Les valeurs de sodium rencontrées dans ces eaux s'échelonnent de  $10 \text{ mg.L}^{-1}$  à Port-Jouët à  $23 \text{ mg.L}^{-1}$  à Saint Jean-de-Liversay. Les teneurs en potassium les plus élevées se rencontrent dans les eaux de Andilly Ville avec une valeur de  $42 \text{ mg.L}^{-1}$

**Tableau 1.** Résultats des mesures des paramètres physico-chimiques et des analyses des teneurs en éléments chimiques des eaux souterraines du Marais Poitevin, des eaux souterraines situées en amont du Marais Poitevin, de l'eau de mer et de l'eau de pluie

Forage	T°C	$\chi$ 25°C mS/cm	pH	Eh mV	O <sub>2</sub> mg/L	TDS g/L	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> mg/L	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> mg/L	F <sup>-</sup> mg/L	Cl <sup>-</sup> mg/L	Br mg/L	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> mg/L	Ca <sub>2</sub> <sup>+</sup> mg/L	Sr <sub>2</sub> <sup>+</sup> mg/L	Mg <sub>2</sub> <sup>+</sup> mg/L	Na <sup>+</sup> mg/L	K <sup>+</sup> mg/L
<b>Eaux Souterraines de l'aquifère du Quaternaire dans le Marais Poitevin</b>																	
Andilly Alon	13.7	1189	6.94	218	6.5	0.8	49	434.3	0.1	59.1	0.4	165	189	0.5	19.5	28.8	48.37
Taugon	9.8	910	7.75	162	11.2	0.6	135.9	348.9	0.7	35.7	0.2	11.4	135.1	0.6	18.4	50	5.25
Mazin	10.8	1680	6.82	48	2.2	1.1	277.9	754	0.2	59.6	0.7	0.9	372.4	0.7	20.1	26.2	8.65
Le Vanneau	14.2	1289	7.43	-111	4.7	0.9	6.7	666.1	1.5	96.1	0.6	<	34.1	2.5	53.1	150.6	24.53
Arçais	12.5	2370	6.99	30	11.2	1.7	122.8	756.4	0.2	328.4	1.6	45.1	177.9	0.5	50.3	264.6	21.17
Marans	12.2	10780	7.46	-155	4.3	8	295.2	790.6	0.9	3039.5	13.2	13.3	103.7	0.9	181.1	1724	86.20
Flandres	14.5	37100	6.76	-169	1.6	22	609.3	21545	2.1	12623.5	54.4	<	208	26.3	879	6630	238
Marans F2-3	12.6	5850	6.81	-41	1	3.9	1408.7	763.7	0.5	841.2	4	<	423.8	3	170.1	743.1	43
SHP F3	12.5	11400	7.71	171	5.2	7.93	804.5	678.3	<	2985	13.9	<	236	2.9	158.4	1983	101.6
SHP F2																	
<b>Eaux Souterraines de l'aquifère de l'Oxfordien supérieur sous couverture Quaternaire dans le Marais Poitevin</b>																	
Marans F1	14.5	30000	6.79	138	3.1	14	665.3	536.8	3.9	10318.5	45.7	<	677	78.8	1113	4189	125
Marans F4	14.5	36100	6.70	-351	2.7	2.94	352.7	1007.7	4.5	12588	55.3	<	530.3	122	1129	5710	150.9
SHP F4	13.7	22500	6.93	-25	4.9	5.38	585.5	497.8	4.3	7508.6	32.8	<	616.5	120	1105	2387	82.3
<b>Eaux Souterraines de l'aquifère de l'Oxfordien supérieur en dehors du Marais Poitevin</b>																	
Port Jouet	13.9	735	6.90	80	1.1	0.48	24.19	320	0.2	24.31	0.07	38.54	141	0.74	6.13	10.34	2.14
Epannes	13.6	731	6.92	214	6.1	0.47	22.20	317	0.06	28.41	0.11	69.39	147.9	0.39	4.07	10.84	2.26
St Jean de Liversay	14.5	937	6.92	90	7.9	0.6	39.24	386	0.16	42.92	0.14	80.34	156.2	0.40	5.97	23.32	19.68
Andilly Ville	14.8	811	6.93	197	4.6	0.55	40.83	359	0.12	31.89	0.13	55.62	127.1	0.23	6.60	20.04	41.63
Anais Moilin Neuf	14.2	809	6.96	138	10	0.53	36.19	376	0.38	34.68	0.12	49.78	<sup>129</sup> 5	2.26	26.8	14.14	1.96
<b>Eau de pluie</b>																	
Actuelle	9.7	150	7.25	n.m	n.m	n.m	1.7	n.a	<	5	0	0.6	1	<	0.4	2.3	0.21
<b>Cours d'eau</b>																	
Canal	n.m	1090	7.61	n.m	n.m	n.m	132	395	0.2	76.9	0.4	27.4	170	0.6	17.8	53.4	n.a
<b>Eau de mer</b>																	
Récente	9	49500	8	n.m	n.m	n.m	2773	166	<	17489	72	<	363	4	1195	9358	402.2

n.m : non mesuré ; n.a : non analysé ; < : en dessous du seuil de détection

T : température ; □ ou Cond : conductivité électrique ; pH : potentiel d'hydrogène ; Eh : potentiel d'oxydo-réduction ; O<sub>2</sub> : oxygène dissous ; TDS : solides totaux dissous ; SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> : sulfates ; HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> : bicarbonates ; F<sup>-</sup> : fluorures ; Cl<sup>-</sup> : chlorures ; Br<sup>-</sup> : bromures ; NO<sub>3</sub><sup>-</sup> : nitrates ; Ca<sub>2</sub><sup>+</sup> : calcium ; Sr<sub>2</sub><sup>+</sup> : strontium ; Mg<sub>2</sub><sup>+</sup> : magnésium ; Na<sup>+</sup> : sodium ; K<sup>+</sup> : potassium.

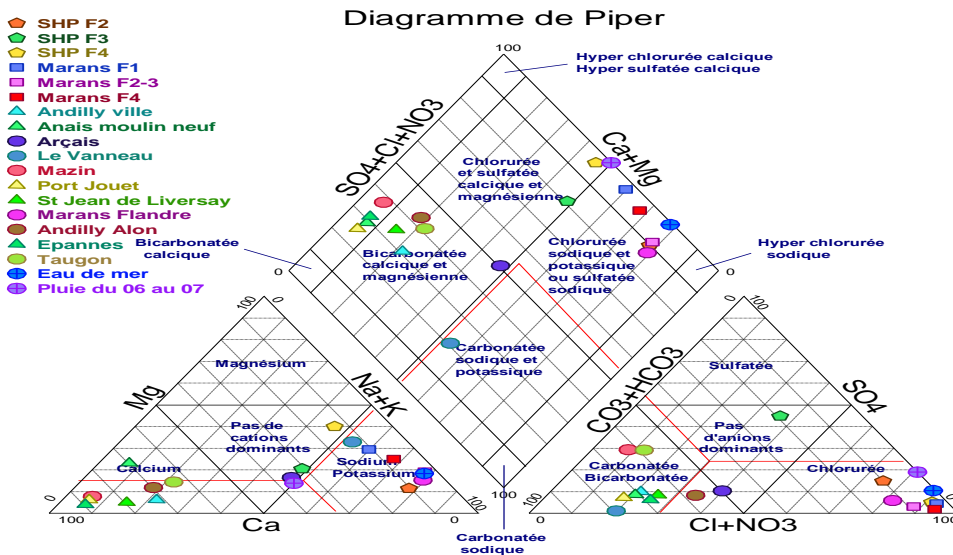


**Figure 3.** Évaluation de la fiabilité des résultats d'analyses chimiques des échantillons des eaux souterraines du Marais Poitevin, des eaux souterraines situées en amont du Marais Poitevin, de l'eau de pluie et de l'eau de mer par la balance ionique

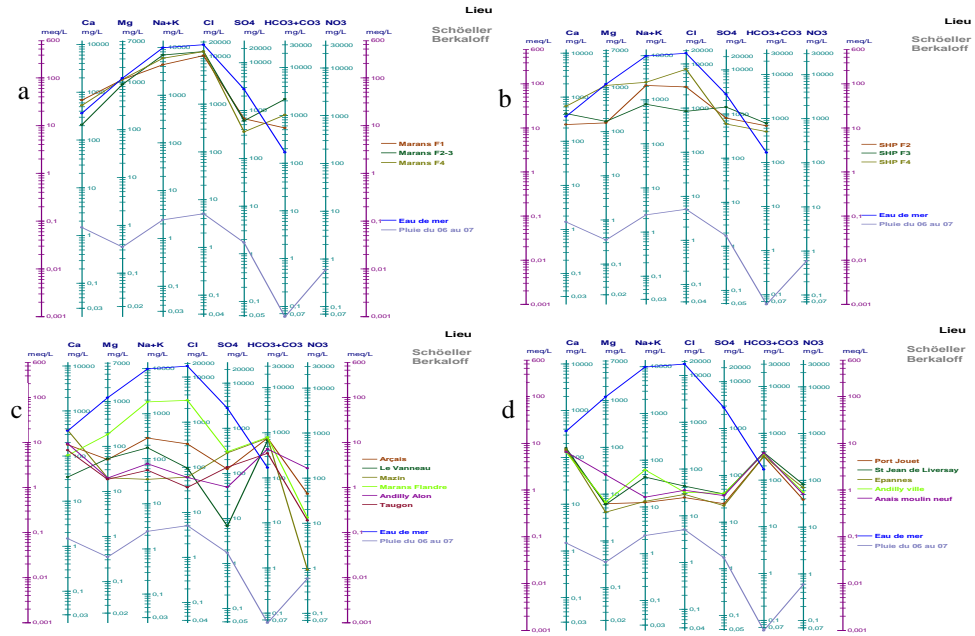
### 3.5. Faciès et origine de la minéralisation des eaux souterraines de la zone d'étude

- Diagrammes de Piper et de Schöller-Berkaloff

Les résultats de la représentation graphique des eaux analysées par le diagramme de Piper et de Schöeller - Berkaloff sont présentés figure 4 et 5.



**Figure 4.** Représentation sur le diagramme de Piper des résultats des analyses des eaux souterraines du Marais Poitevin, des eaux souterraines situées en amont du Marais Poitevin, de l'eau de mer et de l'eau de pluie.



**Figure 5.** Représentation sur le diagramme de Schöeller-Berkaloff des résultats d'analyses des eaux souterraines du site expérimental de Marans dans le Marais Poitevin (a), du site expérimental de Saint Hilaire la Palud dans le Marais Poitevin (b), du Quaternaire hors sites expérimentaux dans le Marais Poitevin (c), de l'Oxfordien supérieur localisé en amont du Marais Poitevin (d), de l'eau de mer et de l'eau de pluie.

Les eaux prélevées sur le site expérimental de Marans présentent le même faciès hydrochimique qui est chloruré sodique. Ce faciès est également celui de l'eau de mer et de l'eau de pluie (figures 4 et figure 5a). Sur le diagramme de Schöeller-Berkaloff (figure 5a), l'allure quasiment similaire des segments de droites reliant les teneurs en ions majeurs des eaux laisse penser que celles-ci semblent subir la même influence ou le même processus de minéralisation. L'allure des segments de droites reliant les ions majeurs de ces eaux sont quasiment identiques à celle de l'eau de mer et de l'eau de pluie. De plus, les teneurs en ions majeurs de ces eaux sont proches de celles de l'eau de mer ce qui suggère une origine marine de ces eaux. Les eaux prélevées sur le site expérimental de SHP ont, des faciès hydrochimiques différents (figures 4 et figure 5b). Sur le diagramme de Schöeller-Berkaloff (figure 5b), les segments de droites reliant les ions majeurs ne présentent pas la même allure et se recoupent ce qui évoque un processus d'acquisition de ces ions qui est différent. Ainsi, les eaux de l'ouvrage SHP F2 qui capte les formations du Quaternaire présentent un faciès chloruré sodique. A l'inverse, les eaux prélevées dans le forage SHP F3 qui capte le même aquifère que le forage SHP F2 présentent un faciès qui est plutôt sulfaté sodique avec toutefois une teneur assez importante en chlorure. Les eaux échantillonnées dans l'ouvrage SHP F4

qui capte les formations de l'Oxfordien supérieur confinées sous le Quaternaire dans le Marais Poitevin sont de nature chlorurée sodique. Les eaux prélevées dans les ouvrages du Quaternaire en dehors des sites expérimentaux présentent des faciès hydrochimiques différents (figures 4 et figure 5c). Sur le diagramme de Schöeller-Berkaloff (figure 5c), les segments de droites reliant les ions majeurs se recoupent et n'ont pas la même allure, ce qui permet de conclure à un processus d'acquisition des ions qui est différent. Ainsi, les eaux prélevées à Mazin, Andilly Alon et Taugon sont bicarbonatées calciques, celles prélevées à Arçais et à Le Vanneau sont bicarbonatées sodiques et celles échantillonnées à Marans Flandre sont chlorurées sodiques. Toutefois, les segments de droites qui relient les ions majeurs des eaux souterraines de l'ouvrage de Marans Flandre semblent parallèles à celles de l'eau de mer ce qui permet également de supposer, que ces dernières ont une origine marine. Enfin, les eaux prélevées dans les formations calcaires de l'Oxfordien supérieur en dehors du Marais Poitevin présentent un faciès hydrochimique unique qui est bicarbonaté calcique ((figures 4 et figure 5d). Sur le diagramme de Schöeller-Berkaloff (figure 5d), l'allure plus ou moins similaire des segments de droites reliant les ions majeurs de ces eaux laisse penser à un processus identique d'acquisition de la minéralisation. Ces eaux sont assez homogènes avec quelques légères différences au niveau de la composition chimique.

- Utilisation de l'analyse en Composante principale (ACP).

Quinze variables à savoir, les paramètres physico-chimiques (T, pH, alcalinité, conductivité, Eh, TDS, oxygène dissous), les ions majeurs (Cl<sup>-</sup>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, Ca<sup>2+</sup>) et le bromure (Br<sup>-</sup>) ont été prises en compte ainsi que dix-neuf individus représentés par les eaux échantillonnées. Les coefficients de corrélation entre les éléments sont reportés dans le tableau 2

**Tableau 2.** Corrélation entre les quinze variables

	T	pH	Cond	O <sub>2</sub>	Eh	TDS	Alc	Na <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Br <sup>-</sup>
T	1														
pH	-0,670	1													
Cond	-0,033	0,143	1												
O <sub>2</sub>	0,142	0,050	-0,453	1											
Eh	-0,050	0,100	-0,504	0,404	1										
TDS	0,299	-0,205	0,532	-0,242	-0,303	1									
Alc	0,343	-0,332	0,400	-0,136	-0,556	<b>0,784</b>	1								
Na <sup>+</sup>	-0,101	0,228	<b>0,986</b>	-0,464	-0,488	0,495	0,395	1							
Ca <sup>2+</sup>	0,139	-0,290	0,616	-0,271	-0,215	0,330	0,161	0,502	1						
K <sup>+</sup>	-0,180	0,366	<b>0,927</b>	-0,450	-0,369	0,416	0,315	<b>0,966</b>	0,387	1					
Mg <sup>2+</sup>	0,074	-0,007	<b>0,947</b>	-0,397	-0,481	0,500	0,317	<b>0,884</b>	<b>0,771</b>	<b>0,785</b>	1				
Cl <sup>-</sup>	-0,036	0,144	<b>0,998</b>	-0,449	-0,496	0,509	0,375	<b>0,986</b>	0,602	<b>0,925</b>	<b>0,948</b>	1			
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	-0,412	0,457	<b>0,705</b>	-0,462	-0,173	0,152	0,028	<b>0,744</b>	0,449	<b>0,822</b>	0,591	0,690	1		
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	0,317	-0,246	-0,438	0,427	0,534	-0,344	-0,260	-0,416	-0,328	-0,317	-0,439	-0,423	-0,385	1	
Br <sup>-</sup>	-0,017	0,123	<b>0,998</b>	-0,447	-0,503	0,527	0,390	<b>0,981</b>	0,618	<b>0,914</b>	<b>0,954</b>	<b>0,999</b>	0,674	-0,430	1

Les valeurs propres qui expriment la variance de chacun des facteurs sont présentées dans le Tableau 3. Le tableau 4 qui permet de définir chacun des trois axes par rapport aux 15 variables est présenté ci-après.

**Tableau 3.** Pourcentages exprimés par les axes principaux

	Axe 1	Axe 2	Axe 3
Valeur propre	7,92	2,58	1,34
% de variance exprimée	<b>52,78</b>	<b>17,17</b>	<b>8,9</b>
% de variance exprimée cumulée	52,78	<b>69,95</b>	78,85

L'axe 1 exprime à lui seul 53 % de la variance totale (tableau 3). Il est très important par rapport aux autres. Le plan factoriel (1-2) exprime 70 % de la variance totale du nuage de points. En dessous de cette valeur, il est considéré qu'un nombre important d'informations reste caché (Biémi, 1992). Ainsi, toute représentation des données dans ce plan rendra compte de l'essentiel de la structure et ce de façon satisfaisante.

**Tableau 4.** Corrélation entre les axes factoriels et les variables

Identifiants	Variables	Axe 1	Axe 2	Axe 3
1	<b>T</b>	-0,068	<b>0,832</b>	0,302
2	<b>pH</b>	0,135	<b>-0,850</b>	-0,167
3	<b>cond</b>	<b>0,985</b>	-0,009	0,123
4	<b>O<sub>2</sub></b>	-0,539	0,066	0,275
5	<b>Eh</b>	-0,565	-0,262	0,546
6	<b>TDS</b>	0,575	0,530	-0,196
7	<b>Alc</b>	0,454	0,646	-0,393
8	<b>Na<sup>+</sup></b>	<b>0,970</b>	-0,092	0,078
9	<b>Ca<sup>2+</sup></b>	0,629	0,213	0,390
10	<b>K<sup>+</sup></b>	<b>0,910</b>	-0,236	0,113
11	<b>Mg<sup>2+</sup></b>	<b>0,930</b>	0,101	0,228
12	<b>Cl<sup>-</sup></b>	<b>0,978</b>	-0,020	0,139
13	<b>SO<sub>4</sub><sup>2-</sup></b>	<b>0,734</b>	-0,502	0,123
14	<b>NO<sub>3</sub><sup>-</sup></b>	-0,543	0,135	0,599
15	<b>Br<sup>-</sup></b>	<b>0,979</b>	0,007	0,136

Le facteur 1 exprimant 53 % de la variance est défini par la conductivité électrique (0,985), les ions bromure (0,979), chlorure (0,978), sodium (0,970), magnésium (0,930), potassium (0,910), sulfate (0,734) et à un degré moindre, le calcium (0,629) et le TDS (0,575) (tableau 4). Le potentiel d'oxydoréduction (-0,565), l'ion nitrate (-0,543) et l'oxygène dissous (-0,539) sont faiblement corrélés à l'axe factoriel 1 en opposition avec les variables liées à cet axe. Cette opposition traduit une évolution inverse du potentiel d'oxydoréduction, de l'ion nitrate et de l'oxygène dissous par rapport à la conductivité et aux différents ions mentionnés ci-dessus. L'axe 1 est étroitement corrélé à la conductivité électrique, aux ions bromure, chlorure, sodium, magnésium, potassium, sulfate et calcium, éléments définissant la

minéralisation des eaux souterraines du Marais Poitevin. Les affinités entre ces éléments mises en évidence par les coefficients de corrélation (tableau 2) permettent de conclure à une origine commune de ces ions ou ont en commun un phénomène naturel identique. Les teneurs en bromures corrélées avec celles des chlorures (0,999) sont vraisemblablement liées à une origine marine ce qui confirme les résultats déduits de l'étude des diagrammes de Schöeller-Berkaloff. L'origine marine de ces eaux est confortée par la corrélation entre le sodium et le chlorure (0,986) d'une part et le sodium et le bromure (0,981) d'autre part. De même, de fortes corrélations existent entre le bromure et le potassium (0,914), le bromure et le magnésium (0,954), le chlorure et le potassium (0,925), le chlorure et le magnésium (0,948), le sodium et le potassium (0,966), le sodium et le magnésium (0,884). Toutes ces affinités confortent l'idée que ces eaux sont d'origine marine. Toutefois, la corrélation entre le calcium et le magnésium (0,771) montre que la dissolution des carbonates est un processus non négligeable dans la minéralisation des eaux souterraines du Marais Poitevin.

L'axe 2 et l'axe 3 expriment respectivement 17 % et 9 % de la variance. L'axe 2 est essentiellement déterminé par la température (0,832) et à un degré moindre par l'alcalinité (0,646) et le TDS (0,530). Toutefois, l'axe 2 est aussi corrélé au pH en opposition avec les variables liées à cet axe (-0,850). Cette opposition traduit une évolution inverse du pH par rapport à la température, à l'alcalinité et au TDS. Cet axe exprime la minéralisation par interaction entre les eaux souterraines et la roche encaissante due à un long temps de séjour des eaux dans les aquifères. L'axe 3 est quant à lui déterminé par les nitrates (0,599), traceurs de l'influence de l'activité anthropique et par le potentiel d'oxydoréduction (0,546). Les nitrates sont par ailleurs liés au potentiel d'oxydoréduction (0,534) ce qui laisse apparaître que la production de nitrates est également liée à l'existence de conditions aérobies donc de milieu oxydant. La faible corrélation entre le nitrate et les autres ions signifie que cet élément a une origine différente des autres éléments, probablement liée à une pollution anthropique par apports d'eaux superficielles, ou subit une dénitrification en milieu réducteur.

Dans l'espace des individus, la représentation graphique de ces derniers dans les plans factoriels (1-2) et (1-3) (figures 6b, 6d) suggère 2 pôles de minéralisation des eaux souterraines du Marais Poitevin qui sont les interactions eaux - roches encaissantes et les apports marins.

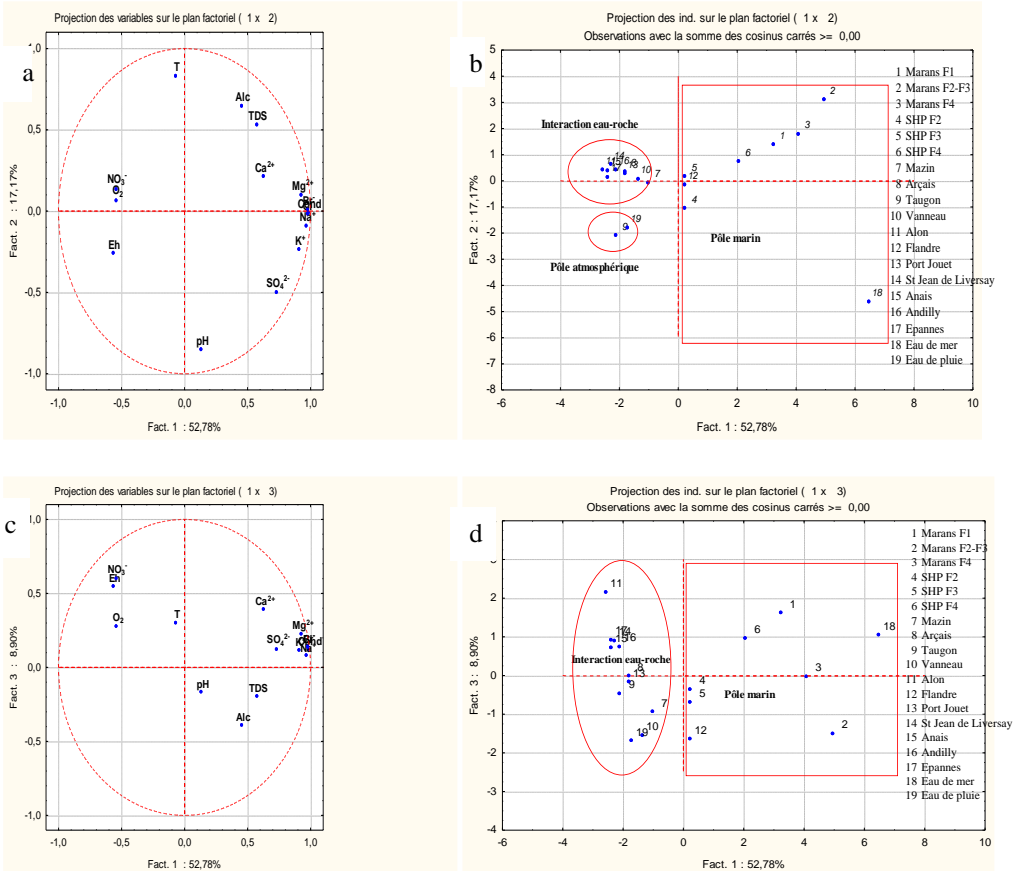
Les eaux souterraines du Marais Poitevin où domine l'influence marine sont celles à forte minéralisation. Parmi celles-ci, on distingue les eaux souterraines des sites expérimentaux de Marans et de SHP ainsi que celles de Marans Flandre. Ce sont des eaux à forte conductivité électrique et qui présentent toutes un faciès chloruré sodique à l'exception des eaux souterraines de l'ouvrage SHP F2 qui en plus d'une forte concentration en ion chlorure



possèdent aussi une teneur élevée en sulfates. Il faut tout de même noter que les eaux souterraines de Marans Flandre et celles du Quaternaire du site expérimental de SHP sont proches du pôle interaction eau - roches encaissantes ce qui met en évidence l'apport non négligeable de ce pôle dans la minéralisation de ces eaux (figure 6b). Les eaux souterraines du Marais Poitevin où domine le pôle de minéralisation interaction eau – roches encaissantes sont celles à minéralisation moyenne à faible. On retrouve parmi ces eaux souterraines, celles de Mazin, Arçais, Le Vanneau, Andilly Alon, Port Jouet, Saint Jean de Liversay, Anais, Andilly ville, Epannes et Taugon. Ces eaux souterraines sont toutes bicarbonatées calciques sauf celles de Le Vanneau et d'Arçais qui sont bicarbonatées sodiques. Contrairement aux eaux souterraines prélevées à Mazin et Andilly Alon, qui sont les eaux du Quaternaire, dans lesquelles les bicarbonates et le calcium sont devenus majoritaires grâce aux interactions eau – roches encaissantes, celles d'Arçais et de Le Vanneau ont gardé une teneur plus élevée en sodium avec cependant des ions bicarbonates qui sont devenus majoritaires. Les eaux souterraines de Taugon (figure 6b) présentent une particularité. En effet ce sont les seules eaux qui ont des caractéristiques proches de celles de l'eau de pluie malgré un faciès bicarbonaté calcique. Ces eaux sont donc alimentées par les précipitations actuelles. L'eau de pluie est chloruré sodique. La prédominance de ce faciès dans cette eau montre l'influence des embruns marins sur les eaux de pluie de la région ce qui est justifié par la proximité de l'océan Atlantique.

Cette approche statistique met en évidence deux origines majeures quant à la minéralisation des eaux souterraines du Marais Poitevin. Une minéralisation liée à l'eau de mer et une autre liée à l'interaction entre les eaux souterraines et la roche encaissante. Elle insiste surtout sur la forte corrélation existante entre les divers indicateurs d'une minéralisation d'origine marine des eaux souterraines étudiées.





**Figure 6.** Analyse en composantes principales des eaux souterraines du Marais Poitevin, des eaux souterraines situées en amont du Marais Poitevin, de l'eau de mer et de l'eau de pluie dans le plan factoriel 1-2 (a et b) et le plan factoriel 1-3 (c et d)

- Utilisation de la corrélation entre les concentrations des éléments chimiques et les chlorures.  
 Pour l'analyse des résultats, les eaux souterraines ont été regroupées en fonction des conclusions de l'étude ACP.
- **Les eaux souterraines du Marais Poitevin où domine la minéralisation du pôle marin.**

Ce sont les eaux souterraines prélevées sur les sites expérimentaux de Marans, de SHP et de Marans Flandre. Les teneurs en bromures de ces eaux s'alignent sur la droite de mélange eau douce - eau de mer, ce qui confirme l'origine marine de ces eaux (figure 7 a). D'autre part, on observe un enrichissement de ces eaux en calcium sauf pour les eaux quaternaires du site expérimental de Marans (figure 7 e), mais aussi en magnésium (figure 7 d), tandis que les teneurs en sodium (figure 7 b) et en potassium (figure 7 f) diminuent. L'enrichissement en calcium et magnésium pourrait s'expliquer par

l'arrivée d'eau douce ayant circulé au travers des roches carbonatées (calcaires et/ou dolomitiques). En revanche, la pauvreté relative en calcium des eaux du Quaternaire à Marans pourrait s'expliquer par une arrivée d'eau douce plus faible que celle envisagée à SHP, à Marans Flandre et dans les formations de l'Oxfordien du site expérimental de Marans ; ce qui expliquerait également la salinité plus forte de ces eaux. L'hypothèse d'un phénomène d'évaporation à partir d'une eau moyennement minéralisée ne semble pas pouvoir être retenue pour expliquer les observations ci-dessus car, l'application d'un facteur de concentration (déterminé à partir des concentrations en sodium) à une telle eau ne permet pas d'obtenir les teneurs en calcium et magnésium des eaux les plus minéralisées. L'appauvrissement en sulfates de ces eaux sauf celles échantillonnées dans les formations du Quaternaire à Marans, pourrait s'expliquer par les conditions d'oxydoréduction de ces milieux (Ladouche et Weng, 2005), responsables de la réduction des sulfates en sulfures en milieu anaérobie. A l'inverse, des conditions plus oxydantes pour les eaux du Quaternaire du site expérimental de Marans ne semblent pas avoir conduit à une telle réduction, mais avoir au contraire pu oxyder la pyrite mise en évidence lors de l'analyse minéralogique des sédiments issus de ce site (Vincent *et al*, 2022). On ne peut pas exclure des phénomènes liés à la dégradation de la matière organique présente dans le milieu (Giraud *et al*, 2000).

- ***Les eaux souterraines du Marais Poitevin où domine la minéralisation du pôle interactions eau - formations encaissantes***

Parmi ces eaux souterraines, on retrouve celles échantillonnées à la fois dans les sondages recoupant les formations du Quaternaire à Andilly Alon, Arçais, Le Vanneau et Mazin, et celles collectées dans les ouvrages localisés au droit des formations calcaires de l'Oxfordien supérieur situées en amont du Marais Poitevin à Andilly ville, Anais moulin neuf, Port-Jouët, Saint Jean-de-Liversay et Épannes.

Pour les eaux souterraines des formations du Quaternaire, on observe que la diminution des teneurs en chlorure s'accompagne de la diminution des teneurs en bromure (figure 7 a). Toutefois, si la composition des eaux souterraines d'Arçais s'aligne sur la droite de mélange eau douce - eau de mer, on note en revanche que toutes les autres eaux souterraines présentent un enrichissement en bromure. Dans le cas d'Andilly Alon, le sondage se trouvant dans une ferme agricole, on ne peut exclure que l'augmentation en bromure soit liée à une pollution anthropique, attestée par la forte présence de nitrates. Enfin, en ce qui concerne l'enrichissement en bromure des eaux de Le Vanneau et de Mazin, qui sont associées aux horizons tourbeux du marais mouillé, il est probablement lié à la décomposition de la matière organique, comme l'a montré Barbecot, 1999.

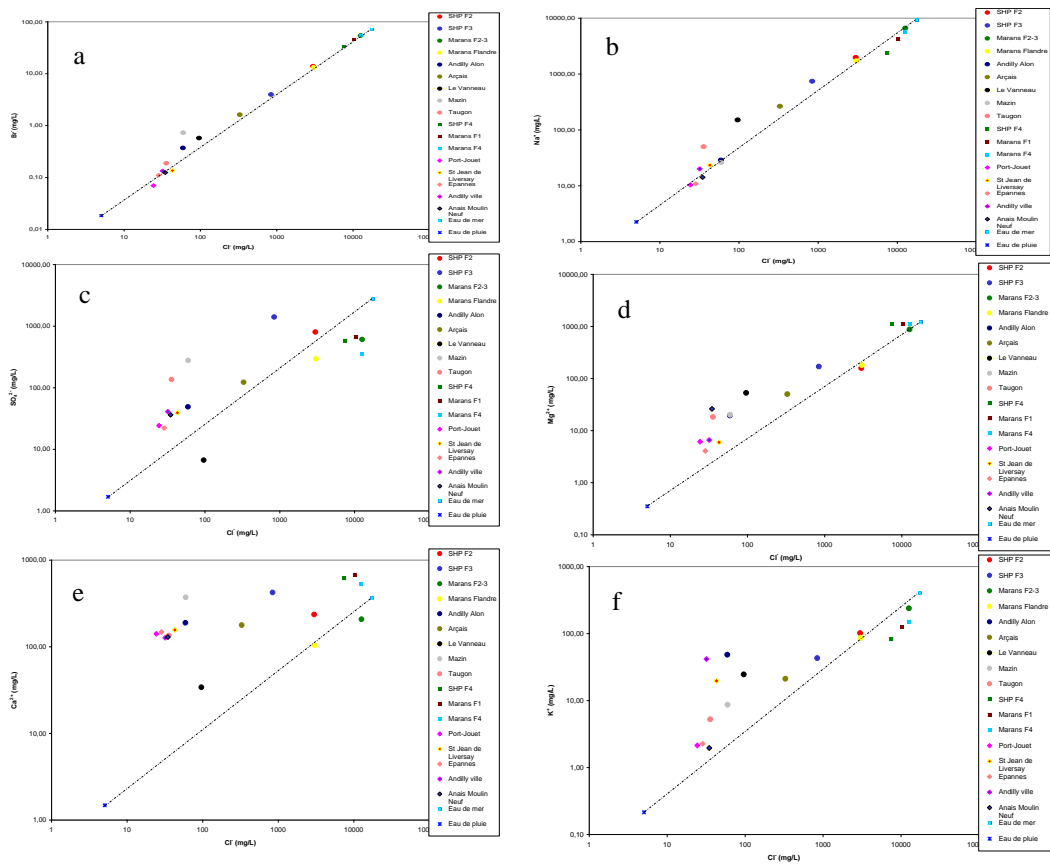
Dans les formations calcaires de l'Oxfordien supérieur hors marais,

aucun enrichissement significatif en bromures n'est notable, ce qui pourrait marquer l'origine météorique de ces eaux.

Pour l'ensemble des eaux souterraines de ce groupe, on observe un enrichissement en calcium (figure 7 e), potassium (figure 7 f), magnésium (figure 7 d) et sulfates (figure 7 c), tandis que les teneurs en sodium restent quasiment constantes (figure 7 b). Seules les eaux souterraines de Le Vanneau font exception à ce comportement général puisque l'on y observe plutôt un appauvrissement en sulfates et en sodium (figure 7 b). Comme dans le cas des eaux souterraines où domine la minéralisation à caractère marin (formations quaternaires du marais et leur substratum de l'Oxfordien supérieur), les enrichissements observés en calcium et magnésium dans les eaux de ce groupe peuvent être liés à un apport d'eau douce ayant transité dans les formations carbonatées. L'enrichissement de ces eaux en potassium par rapport à la droite de mélange eau douce - eau de mer, lorsque l'on tend vers le pôle eau douce, s'explique probablement par le fait que les eaux douces entrant ont percolés dans des terrains carbonatés et argilo-carbonatés de l'Oxfordien supérieur qui contiennent des minéraux potassiques, tels que le microcline et l'illite mis en évidence par les analyses minéralogiques des sédiments du Marais Poitevin réalisés par Vincent *et al*, 2022. Ces terrains sont susceptibles de libérer en solution une partie de leur potassium. En ce qui concerne les teneurs en sodium des eaux souterraines de Le vanneau, il apparaît qu'une partie trouve son origine dans un apport d'eau de mer (teneur en chlorure d'environ 96 mg.L<sup>-1</sup>) tandis que la différence est explicable par des arrivées d'eau bicarbonatées ayant lessivé des terrains contenant des feldspaths calco-alcalins, tel que l'albite très présent dans les sédiments du Marais Poitevin (Vincent *et al*, 2022). L'enrichissement en sulfates des eaux souterraines situées dans la partie marais de ce groupe pourrait s'expliquer par l'oxydation de la pyrite très fréquemment rencontrée lors des analyses minéralogiques des sédiments du marais (Vincent *et al*, 2022). Quant à l'enrichissement en sulfates des eaux souterraines des ouvrages localisés sur les coteaux calcaires situés en amont du Marais Poitevin, cet apport de sulfates pourrait être lié à une contamination d'origine agricole (Fidelibus *et al*, 1992; Tahiri, 1996). Les eaux souterraines de Le Vanneau présentent un appauvrissement en sulfates qui peut être du aux conditions réductrices. Les eaux souterraines de l'ouvrage de Taugon sont enrichies en tous les éléments chimiques par rapport à la droite de mélange eau douce - eau de mer. Ce comportement peut rendre compte de l'organisation particulière des terrains à cet endroit. En effet, il s'agit d'une ancienne île calcaire totalement entourée par les formations quaternaires de remplissage. Il existe donc localement un système perméable délimité par des formations imperméables. Par conséquent, les eaux météoriques peuvent pénétrer en profondeur en percolant à travers les bancs calcaires et marno-calcaires formant cette île. Ceci expliquerait la richesse des eaux prélevées en calcium,

magnésium et potassium. Le sodium, les bromures et les sulfates pouvant quant à eux trouver leur source dans les eaux plus salées des formations quaternaires environnantes. Sans exclure qu'une fraction des bromures et des sulfates soit respectivement liée à la décomposition de la matière organique et à la réduction de la pyrite.

L'étude de la corrélation entre l'ion chlorure et les autres éléments chimiques a mis en évidence l'existence d'interaction entre la matrice des roches carbonatées et les eaux souterraines étudiées. Le remplissage sédimentaire du Marais Poitevin est essentiellement constitué de matériaux carbonatés d'origine marine (Vincent *et al.*, 2022). De ce fait, c'est la chimie des carbonates qui gouverne l'essentiel des échanges entre les eaux souterraines et les aquifères de la zone d'étude.



**Figure 7.** Relation entre Br<sup>-</sup>, Na<sup>+</sup>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, Mg<sup>2+</sup>, Ca<sup>2+</sup>, K<sup>+</sup>, et Cl<sup>-</sup> des eaux souterraines situées dans le Marais Poitevin et celles situées en amont du Marais Poitevin

- Estimation de la proportion d'eau de mer dans les eaux souterraines de la zone d'étude

Dans le Tableau 5, sont présentés les résultats des proportions éventuelles d'eau de mer dans les eaux souterraines du Marais Poitevin. Les résultats mettent en évidence des valeurs de proportion éventuelle et hypothétique d'eau de mer très élevées dans les eaux souterraines de l'Oxfordien supérieur des sites expérimentaux (valeurs comprises entre 44 et 74 %). De même, les contributions d'eau de mer sont importantes dans les formations quaternaires du site expérimental de Marans (74 %). Une proportion non négligeable d'eau de mer est aussi constatée dans l'ouvrage SHP F2 de Saint Hilaire la Palud ainsi que dans celui de Marans Flandre (18 %). Ainsi, les eaux souterraines du Marais Poitevin présentant un apport important d'eau de mer sont toutes de nature chloruré sodique. Il s'agit des eaux souterraines échantillonnées à Marans F1, Marans F2-3, Marans F4, SHP F4, SHP F2 et Marans Flandre. A contrario, toutes les eaux souterraines analysées qui présentent de faibles proportions d'eau de mer ont un faciès différent du chloruré sodique. Elles sont bicarbonatées calciques avec des teneurs en eau de mer qui varient entre 0 et 1% (Mazin, Andilly Alon, et Taugon), pour ces eaux, seules dominant les interactions eau - roches encaissantes. Elles sont bicarbonatées sodiques avec des teneurs en eau de mer qui vont de 1 à 2% (Arçais et Le Vanneau), pour celles-ci, il existe une faible influence de l'eau de mer matérialisée par l'ion sodium. Elles sont sulfatées sodiques avec teneurs en eau de mer pouvant atteindre les 5% (SHP F3), dans ce cas, il existe également une faible influence d'eau de mer représentée par le sodium et une influence de la dégradation de la matière organique représentée par l'ion sulfate. Les eaux souterraines échantillonnées dans les formations calcaires en dehors du Marais Poitevin présentent des teneurs nulles en eau de mer. Dans ces eaux, seules dominant les interactions eau – roches encaissantes.

**Tableau 5.** Teneurs en eau de mer éventuelle dans les eaux souterraines du Marais Poitevin et dans les eaux souterraines situées en amont du Marais Poitevin

Aquifère	Forage	Cl <sup>-</sup>		Br <sup>-</sup>		Valeurs moyennes	
		Proportion eau de mer (%)	Proportion eau de pluie (%)	Proportion eau de mer (%)	Proportion eau de pluie (%)	Proportion eau de mer (%)	Proportion eau de pluie (%)
Quaternaire	SHP F2	17	83	19	81	<b>18</b>	82
	SHP F3	5	95	6	94	5	95
	Marans F2-3	72	28	76	24	<b>74</b>	26
	Marans Flandre	17	83	18	82	<b>18</b>	82
	Andilly Alon	0	100	0	100	0	100
	Arçais	2	98	2	98	2	98
	Le Vanneau	1	99	1	99	1	99
	Mazin	0	100	1	99	1	99
	Taugon	0	100	0	100	0	100
Oxfordien supérieur sous couverture quaternaire	SHP F4	43	57	46	54	<b>44</b>	56
	Marans F1	59	41	64	36	<b>61</b>	39
	Marans F4	72	28	77	23	<b>74</b>	26
Oxfordien supérieur hors couverture quaternaire	Port Jouet	0	100	0	100	0	100
	St Jean de Liversay	0	100	0	100	0	100
	Épannes	0	100	0	100	0	100
	Andilly ville	0	100	0	100	0	100
	Anais moulin neuf	0	100	0	100	0	100
	Eau de mer	100	0	100	0	100	0
	Eau de pluie	0	100	0	100	0	100

#### 4. Discussion

Les analyses d'eau en éléments chimiques réalisées sur les prélèvements montrent un phénomène complexe de mélange d'eaux bicarbonatées et salines. Ces résultats confirment ceux obtenus par Salin (1969) et Hantzpergue (1988) sur les eaux souterraines du Marais Poitevin. Ainsi, les eaux prélevées dans le Marais Poitevin présentent pour la majorité des faciès hydrochimiques essentiellement chlorurés sodiques dû à la présence d'eau de mer piégée dans les sédiments du marais. De l'eau de mer piégée

dans des sédiments similaires à ceux rencontrés dans le Marais Poitevin a également été mise en évidence par Ladouche et Weng, 2005 et Giraud et al, 2000 dans le Marais de Rocheford. Cette eau de mer, piégée dans les sédiments, a par la suite évoluée à certains endroits du fait des recharges successives dues aux précipitations et aux différents apports d'eau ayant transitée dans des formations carbonatées contenant des minéraux potassiques (microcline, illite) et sulfatés (pyrite) (Vincent et al, 2022). Cette évolution est matérialisée par le passage du faciès chloruré sodique aux faciès bicarbonatés calciques en passant par les faciès bicarbonatés sodiques et sulfatés sodiques. Les endroits du marais où cette évolution est observée sont ceux dont les conditions hydrodynamiques sont favorables avec des perméabilités plus élevées (Braphond et al, 2023) et probablement des recharges actuelles. A l'inverse, les endroits du Marais Poitevin où cette évolution n'est pas observée sont ceux présentant des conditions hydrodynamiques défavorables avec des perméabilités assez faibles et une mauvaise recharge par les précipitations. Ces faibles perméabilités ont été mises en évidence par les travaux de Braphond et al, 2023 ainsi que ceux de Barbecot, 1999 et de Roy, 1987. Les fortes proportions d'eau de mer (44 à 74 %) dans les eaux souterraines des formations de l'Oxfordien supérieur sous couverture quaternaire révèlent de très mauvaises conditions hydrodynamiques dans cette entité du marais. Les eaux souterraines d'Andilly Alon et de Taugon sont faiblement chargées en ions dissous (teneur en eau de mer nulle). De plus, les paramètres physico-chimiques (conductivité électrique) sont très proches de ceux des eaux échantillonnées dans les formations de l'Oxfordien supérieur situées en amont du marais. Cela permet d'émettre l'hypothèse selon laquelle ces points pourraient être alimentés par la nappe de l'Oxfordien supérieur localisée en amont du marais. Aussi, il est possible de penser que les apports des eaux souterraines de l'Oxfordien supérieur situé en amont du marais sont probablement localisés préférentiellement en bordure et/ou à l'intérieur du marais au contact marais/formations de l'Oxfordien supérieur (notamment au niveau des îlots calcaires, cas de Taugon).

Dans ce contexte, il apparaît que les eaux souterraines des formations du quaternaire dans le Marais Poitevin soient peu réalimentées en eau douce depuis la surface. Font tout de même exception à cette règle les îles et leur voisinage immédiat composés de matériaux plus perméables (Anongba, 2007). Quant aux eaux souterraines des formations de l'Oxfordien supérieur sous couverture quaternaire dans le marais, il n'y a aucun échange entre ces eaux et celles circulant en surface dans le Marais Poitevin. Ce qui explique que ces dernières ont conservé un faciès proche de celui de l'eau de mer qui est le faciès d'origine de la minéralisation des eaux sur ce territoire. Les différents faciès des eaux souterraines et leurs localisations géographiques dans les formations quaternaires du Marais Poitevin permettent de supposer

que les eaux souterraines du Marais Poitevin ne constituent pas une nappe continue mais des nappes discontinues ou « pseudo nappes » juxtaposées, probablement de faible extension à cause de la faible perméabilité des formations du quaternaire. Ces résultats sont conformes à ceux obtenus par plusieurs auteurs dont Calligée (1995) et Tournade (1993) qui qualifient ces nappes de « nappes d'imbibition en sol très argileux » ou « pseudo nappes à surface piézométrique irrégulière ».

## **Conclusion**

Au vu des études présentées ci-dessus (faciès des eaux, ACP, corrélation entre éléments chimiques et calcul des proportions de l'eau de mer dans les eaux souterraines du Marais Poitevin), il apparaît que la minéralisation des eaux souterraines dans le Marais Poitevin s'est effectuée de façon différente selon la position géographique. Ainsi,

- la minéralisation des eaux souterraines des formations calcaires de l'Oxfordien supérieur localisées en amont du Marais Poitevin est le résultat d'un seul processus qui est l'interaction entre les eaux souterraines et les formations calcaires encaissantes d'où leur faciès bicarbonaté calcique. Ce processus est gouverné par la dissolution des minéraux carbonatés.
- A l'inverse, l'acquisition de la minéralisation des eaux souterraines dans le Marais Poitevin s'est déroulée en deux étapes. La première étape est l'acquisition du faciès chloruré sodique issue d'une contamination d'origine marine. Par la suite, à certains endroits du marais, ce faciès a évolué d'une part sous l'effet de conditions hydrodynamiques favorables ayant provoqué l'évacuation des eaux marines et d'autre part sous l'effet de la dissolution des minéraux carbonatés des formations encaissantes. Cette évolution est parfaitement mise en évidence par les différents faciès des eaux souterraines observés dans le marais qui par endroit sont encore chlorurés sodiques (faciès d'origine) et à d'autres endroits sont sulfatés sodiques, bicarbonatés sodiques et bicarbonatés calciques. Ce dernier faciès est le faciès ultime qui montre la disparition totale de l'influence marine.

**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. Anongba B. (2007). Identification du système hydrogéologique des formations quaternaires et callovo-oxfordiennes du Marais Poitevin par approche couplée minéralogique, hydrodynamique et géochimique. Thèse de Doctorat de l'Université de Poitiers (France), 319 p.
2. Barbecot F. (1999) : Approche géochimique des mécanismes de salinisation des aquifères côtiers – Chronologies  $^{14}\text{C}$  –  $^{226}\text{Ra}$ . Thèse de doctorat. Université Paris – Sud. 261p.
3. Bernard M. (2006) : Étude des comportements des sols de marais : évolution minéralogique, structurale et hydromécanique. (Marais de Rochefort et Marais Poitevin). Thèse de doctorat. Université de Poitiers. 309 p.
4. Biémi J. (1992 : Contribution à l'étude géologique, hydrogéologique et par télédétection des bassins versants subsahéliens du socle précambrien d'Afrique de l'Ouest : Hydrostructurale, hydrodynamique, hydrochimie et isotopie des aquifères discontinus de sillons et aires granitiques de la Haute Marahoué (Côte d'Ivoire). Thèse de Doctorat d'État ès Sciences Naturelles. Université d'Abidjan, 480 p.
5. Braphond Rodrigue Vincent Benjamin Anongba, Djémin Jacques Édoukou, Privat Tohouiri, and Adja Miessan Germain. (2023): "Contribution to the knowledge of water transfers between the Quaternary and Upper Oxfordian (limestone) aquifers of the southern part of the Poitevin marsh (Poitou-Charentes, France)," *International Journal of Innovation and Scientific Research*, vol. 65, no. 1, pp. 15–29.
6. Camuzard J.P. (2000) : Les sols marqueurs de la dynamique des systèmes géomorphologiques continentaux. Thèse de doctorat de l'Université de Caen. Volume I pp 53-129.
7. Calligée., 1995 : Plaine et marais du sud Vendée et de l'Ouest des Deux-Sèvres : étude globale pour la gestion de la ressource en eau souterraine-le Marais. 59p
8. Ducloux J et Nijs R., (1972) : Contribution à l'étude géologique et géomorphologique du Marais Poitevin, Bull. de la Soc. Belge de Géologie, de Paléontologie et d'Hydrologie, 9. t.81, fasc. 3-4, pp. 227-249.
10. Dupuis J., (1969) : Le climat et l'économie de l'eau dans les sols de marais mouillés. Étude pédologique du Marais Poitevin, tome II, 144p.
11. Dupuis J., Dutreuil J.P., et Jambu P. (1965) : Observation sur quelques sols récents du littoral poitevin. Sc. Du sol, n°2, Pp. 173-188
12. El Achleb A., Mania J., Mudry J., 2001 : Processus de salinisation des

- eaux souterraines dans le bassin Sahel - Doukkala (Maroc occidental). First international conference on Saltwater Intrusion and Coastal Aquifers Monitoring, Modeling, and Management. Essaouira, Morocco, April 23 - 25. 12p.
13. Fidelibus M.D., Giminez E., Morell I. et Tulipiano L., 1992: Salinisation Processes in the Castellon Plain Aquifer (Spain). Proceedings 12<sup>th</sup> Salt Water Intrusion Meeting. Barcelona, Spain.
  14. Garnier D., (1975) : Contribution à l'étude de la pédogenèse récente : les sols sur argile à scrobiculaire du Marais Poitevin. Thèse de doctorat. Université de Poitiers. 91p
  15. Giraud F., Lachassagne P., Ladouche B., Weng P., Pinault J.L., Chevallier C. (2000) : Étude hydrologique et hydrogéologique du marais de Rochefort. BRGM/RP-50247-16. FR, 121p.
  17. Guetté A., Robin M., Godet L., (2018) Historical anthropization of a wetland: steady encroachment by building and roads versus back and forth trends in habitat composition and demography. *Applied Geography*, 92: 41-49
  18. Guetté A., 2018. Contribution à l'analyse multiscalaire de l'anthropisation et de la naturalité en géographie de la conservation. Thèse de doctorat, Université de Bretagne Loire, 245p.
  19. Hantzpergue P., 1988: Notice de la carte géologique de la feuille de Marans au 1/50 000, Orléans. Xp.
  20. Ladouche B., et Weng P. (2005): Hydrochemical assessment of the Rochefort marsh: role of surface and groundwater in the hydrological functioning of the Wetland. *Journal of hydrology* 314. Pp 22-42.
  21. Marjoua A., 1995 : Approche géochimique et modélisation hydrodynamique de l'aquifère de la Chaouia côtière (Maroc). Origines de la salinisation des eaux. Thèse de doctorat. Université Paris VI. 102 p.
  22. Mazeau M., 1979: Contribution à l'étude géologique et hydrogéologique du Jurassique supérieur entre Courçon et Saint Jean D'Angély. Thèse de Doctorat. Université de Bordeaux I. xp.
  23. Mook W.G., 2001: Environmental Isotopes in the hydrological cycle. Principles and applications. IHP-V Technical Documents in Hydrology, N° 39. UNESCO - IAEA 257p.
  24. Piper A.M., 1944: A graphic procedure in the geochemical interpretation of water-analyses. *Eos, Transactions American Geophysical Union*, n° 25, pp. 914-928.
  25. Roy C., 1987 : Contribution à l'étude hydrogéologique de la plaine jurassique du Sud de la Vendée. Thèse doct. 3e cycle, Nantes 1987, 248 p., 99 fig., 22 tabl., 14 annexes.

26. Safège ingénieurs conseils (2001). Rapport étude hydrogéologique de la nappe intensément exploitée de l'Aunis, 228p
27. Salin R., 1969 : Contribution à l'étude du climat et de l'économie de l'eau dans les sols du Marais Poitevin (marais mouillé). Thèse 3<sup>o</sup> cycle, pédologie. Université de Poitiers 144 p.
28. Schöeller H., 1962 : Les Eaux Souterraines, Hydrogeologie dynamique et chimique. Recherche, exploitation et évaluation des ressources. Masson et Cie, Éditions, Paris. 642 p.
29. Simler R., 2023 : Logiciel DIAGRAMMES. Laboratoire d'Hydrogéologie de l'Université d'Avignon. URL: <http://www.lha.univ-avignon.fr/LHA-Logiciels.htm>
30. Tahiri A., 1996 : Contribution à la connaissance de l'hydrogéochimie de la nappe de Témara (sud de Rabat), Maroc. Thèse de Dip. Et. Sup. Univ. Abdelmalek Essadi, Tetouan Maroc. 122p.
31. Tellam J.H., 1995: Hydrochemistry of saline groundwaters of the lower Mersey Basin Permo-Triassic sandstone aquifer, UK. *Journal of hydrology*. 165 : 45-48.
32. Tournade F., 1993 : Les prairies naturelles humides communales du Marais Poitevin. Thèse de doctorat de l'université de Rennes. 217p.
33. Vincent Benjamin, A. B. R., Germain, A. M., & Jacques, D. E. (2022). Contribution à la Caractérisation des Sédiments Superficiels Quaternaires de la Partie Sud du Marais Poitevin (Poitou Charentes-France). *European Scientific Journal*, *ESJ*, 18(40), 211. <https://doi.org/10.19044/esj.2022.v18n40p211>
34. Welsch J. (1916) : Le Marais Poitevin. *Annales de Géographie.*, tome XXV. Pp326- 346.

## **Etude Comparative des Effets des Feux de Brousse dans les Parcs Nationaux de Mikea et de Zombitse-Vohibasia a Madagascar**

***Insoime Mohamed Sidi***

Domaines des Sciences et Technologies,  
Mention Sciences de la vie, Université de Toliara, Madagascar

***Rejo Fienena Félicitée***

Ecole Doctorale « Biodiversité et Environnements Tropicaux »  
Université de Toliara, Madagascar, UFR de Biodiversité et Environnement,  
Laboratoire de Biologie Végétale, Madagascar

[Doi:10.19044/esj.2023.v19n33p262](https://doi.org/10.19044/esj.2023.v19n33p262)

---

Submitted: 28 September 2023

Accepted: 05 November 2023

Published: 30 November 2023

Copyright 2023 Author(s)

Under Creative Commons CC-BY 4.0

OPEN ACCESS

*Cite As:*

Insoime M.S. & Rejo Fienena F. (2023). *Etude Comparative des Effets des Feux de Brousse dans les Parcs Nationaux de Mikea et de Zombitse-Vohibasia a Madagascar*. European Scientific Journal, ESJ, 19 (33), 262. <https://doi.org/10.19044/esj.2023.v19n33p262>

---

### **Résumé**

A Madagascar, les feux de brousse sont un phénomène récurrent, et provoquent des effets néfastes au niveau environnemental et social. Dans ce contexte, une étude comparative a été effectuée dans le Parc National de Mikea et celui de Zombitse-Vohibasia. Cette étude vise à déterminer l'évolution de la richesse floristique sous l'action des feux de brousse. L'évolution des dégâts des feux de brousse dans ces sites a aussi été étudiée. Ce travail a aussi consisté à relever les différentes pratiques des feux de brousse avec leur degré d'utilisation. L'objectif général de cette étude est de déterminer les effets des feux de brousse dans ces aires protégées. De façon spécifique, il s'agit d'analyser et de quantifier la fréquence des incendies de brousse, de mesurer leur impact sur la biodiversité. L'étude a utilisé une méthodologie multifacettes pour comparer les feux de brousse dans les deux zones d'étude. Les principales méthodes utilisées comprenaient la collecte de données des historiques sur les feux de végétation, les précipitations et la végétation ont été recueillies pour les deux régions. Pour l'analyse floristique, la méthode de Gentry (1993) a été utilisée. Elle a permis d'analyser la richesse floristique des

deux zones d'études pour le Parc National de Mikea et celui de Zombitse-Vohibasia. Des entretiens et des observations sur le terrain ont été aussi menées pour comprendre l'évolution des dégâts des feux de brousse et les différentes pratiques des feux de brousse et leur degré d'utilisation dans ces sites d'études. Des analyses statistiques ont été réalisées pour comparer les caractéristiques des feux de brousse, y compris leur fréquence, leur intensité et leur impact sur la biodiversité. Les résultats de l'étude ont révélé plusieurs différences notables entre les feux de brousse dans le Parc National de Mikea et le Parc National de Zombitse-Vohibasia: les feux de brousse étaient plus fréquents dans le Parc National de Zombitse-Vohibasia en raison de pratiques agricoles et de pâturage intensives. Par contre, au niveau de l'impact sur la biodiversité, les feux de brousse dans le Parc National de Mikea avaient un impact plus grave sur la biodiversité en raison de la richesse floristique de cette région en espèces endémiques. L'origine des feux sont principalement souvent déclenchés par des activités humaines. Cette étude révèle des variations significatives dans les caractéristiques des feux de brousse entre le Parc National de Mikea et le Parc National de Zombitse-Vohibatia à Madagascar. Pour réduire les impacts négatifs des feux de brousse, il est recommandé d'impliquer les communautés locales dans la gestion des feux en fournissant des encadrements et des ressources pour des pratiques de gestion durable.

---

**Mots-clés:** Feux de brousse, Parc National de Mikea, parc National de Zombitse-Vohibatia, Madagascar

---

## **Comparative Study of the Effects of Bushfires in the National Parks of Mikea and Zombitse-Vohibasia in Madagascar**

*Insoime Mohamed Sidi*

Domaines des Sciences et Technologies,  
Mention Sciences de la vie, Université de Toliara, Madagascar

*Rejo Fienena Félicitée*

Ecole Doctorale « Biodiversité et Environnements Tropicaux »  
Université de Toliara, Madagascar, UFR de Biodiversité et Environnement,  
Laboratoire de Biologie Végétale, Madagascar

---

### **Abstract**

In Madagascar, bushfires are a recurring phenomenon, causing adverse environmental and social effects. In this context, a comparative study was conducted in Mikea National Park and Zombitse-Vohibasia National Park. This study aims to determine the evolution of floristic richness under the influence of bushfires. The study also investigated the extent of bushfire

damage in these sites. The research also involved documenting different bushfire practices and their usage levels. The overall objective of this study is to determine the effects of bushfires in these protected areas. Specifically, it involves analyzing and quantifying the frequency of bushfires and measuring their impact on biodiversity. The study utilized a multifaceted methodology to compare bushfires in the two study areas. Key methods included collecting data on historical vegetation fires, precipitation, and vegetation for both regions. Gentry's method (1993) was used for floristic analysis, allowing the analysis of floristic richness in Mikea National Park and Zombitse-Vohibasia National Park. Interviews and field observations were also conducted to understand the evolution of bushfire damage and different bushfire practices and their levels of usage in these study sites. Statistical analyses were performed to compare the characteristics of bushfires, including their frequency, intensity, and impact on biodiversity. The study's results revealed several notable differences between bushfires in Mikea National Park and Zombitse-Vohibasia National Park. Bushfires were more frequent in Zombitse-Vohibasia National Park due to intensive agricultural and grazing practices. However, in terms of their impact on biodiversity, bushfires in Mikea National Park had a more severe impact due to the floristic richness of the region with endemic species. The origin of the fires is often linked to human activities. This study highlights significant variations in the characteristics of bushfires between Mikea National Park and Zombitse-Vohibasia National Park in Madagascar. To reduce the negative impacts of bushfires, it is recommended to involve local communities in fire management by providing guidance and resources for sustainable management practices.

---

**Keywords:** Bushfires, Mikea National Park, Zombitse-Vohibatia National Park, Madagascar

## Introduction

Madagascar est situé entre l'océan Indien et le canal de Mozambique avec une superficie de 587 000 km<sup>2</sup>, une longueur d'environ 1 600 km et une largeur de 600 km. L'île est connue pour sa biodiversité unique, sa culture riche, et ses paysages variés, allant des plages tropicales aux montagnes et aux plateaux. L'île de Madagascar est mondialement réputée pour sa grande richesse en biodiversité, abritant environ 5% de la biodiversité mondiale, MEEF (2016). En 2010, la superficie couverte de forêts naturelles est évaluée à 9,2 millions d'hectare, ONE et *al.* (2013). Située en zone tropicale, elle présente une diversité climatique liée à sa situation géographique et à son relief montagneux. Les premiers explorateurs décrivaient Madagascar comme une terre exceptionnellement diversifiée, résultant de 100 millions d'années d'isolement géologique, de climats variés, de sols différents, et de paysages

variés. La position de Madagascar près du tropique du Capricorne influence son climat, sa flore et sa faune. L'île abrite de nombreuses espèces de plantes et d'animaux endémiques qui ne se trouvent nulle part ailleurs dans le monde. Cela en fait donc un lieu à des intérêts divers pour la recherche scientifique et l'écotourisme.

Dans les pays tropicaux, le feu est un phénomène inévitable et fait partie intégrante des pratiques agricoles et d'aménagement des savanes, André & Müller (2008). Dans l'ensemble, l'utilisation du feu est étroitement liée aux pratiques agricoles et aux stratégies de renouvellement des pâturages pour l'élevage des zébus, comme le souligne Alvarado (2012). L'abattis-brûlis, en particulier dans le cadre de la culture itinérante, demeure la principale cause de modification du paysage, de perte de la forêt primaire et de dégradation du sol, comme indiqué dans les études d'Oxby & Boerboom (1985), Gade (1996) et Marcus (2001). Malgré les conséquences néfastes attribuées à cette pratique, les agriculteurs riverains de la forêt continuent de l'utiliser, comme le met en évidence Ravoavy & Messerli (2001).

Plusieurs actions ont été entreprises pour faire face au fléau des feux de brousse à Madagascar. Parmi ces mesures, peuvent-être citées :

1. **Campagnes de sensibilisation et d'éducation** : Des campagnes ont été menées pour informer la population des dangers des feux de brousse et des méthodes de prévention.
2. **Surveillance et intervention rapide** : Des équipes de surveillance et d'intervention ont été mises en place pour réagir rapidement en cas de feux de brousse et les maîtriser.
3. **Gestion communautaire** : Des programmes de gestion communautaire des feux de brousse ont été instaurés pour impliquer les populations locales dans la prévention et la gestion de ces incendies.
4. **Recherche et surveillance** : La recherche scientifique est en cours pour mieux comprendre les causes et les impacts des feux de brousse, contribuant ainsi à l'élaboration de stratégies plus efficaces.

Les feux de brousse sont un phénomène récurrent à Madagascar, avec des implications environnementales et sociales significatives. Dans ce contexte, une étude comparative a été effectuée afin de comparer leurs effets dans deux aires protégées de Madagascar. Il s'agit du Parc National de Mikea et le Parc National de Zombitse-Vohibasia.

### **Description de la zone d'étude**

L'étude a été conduite dans les Parcs Nationaux de Mikea et de Zombitse-Vohibasia. Le Parc National de Mikea est situé dans la Région Sud-ouest de Madagascar entre le district de Toliara II et Morombe s'étend sur 120



km de long du Nord au Sud. Il est localisé au Nord de la ville de Toliara, dans la partie Sud-ouest de Madagascar (figure 1). Il est limité par la rivière Manombo et le fleuve Mangoky. Ses coordonnées géographiques sont 22°30'Est et 43°22'Sud. Il a une superficie de 184630 hectares.

Le Parc National de Zombitse-Vohibasia est situé dans le district de Sakaraha est rattaché à la région Atsimo-Andrefana, au Sud-ouest de Madagascar à 135 km au Nord-Est de Toliara. Ses coordonnées géographiques sont 22°45' et 22°49 de latitude Sud et 44°37' et 44°45' de longitude Est. Il a une superficie de 36308 hectares (Figure 1). Le District de Sakaraha s'étend le long d'une vallée, étant délimité à l'Est par le massif de l'Isalo et au Nord-ouest par le plateau d'Analavelona.

La population autochtone de la zone des Mikea est principalement constituée des Masikoro, qui sont des agriculteurs. En revanche, dans la zone de Sakaraha, la population autochtone est principalement composée des Bara, également appelés "Tompon-Tany" ou maîtres de la terre, comme décrit par Rejo-Fienena (1995). Ces populations ont traditionnellement pratiqué l'élevage extensif de zébus.

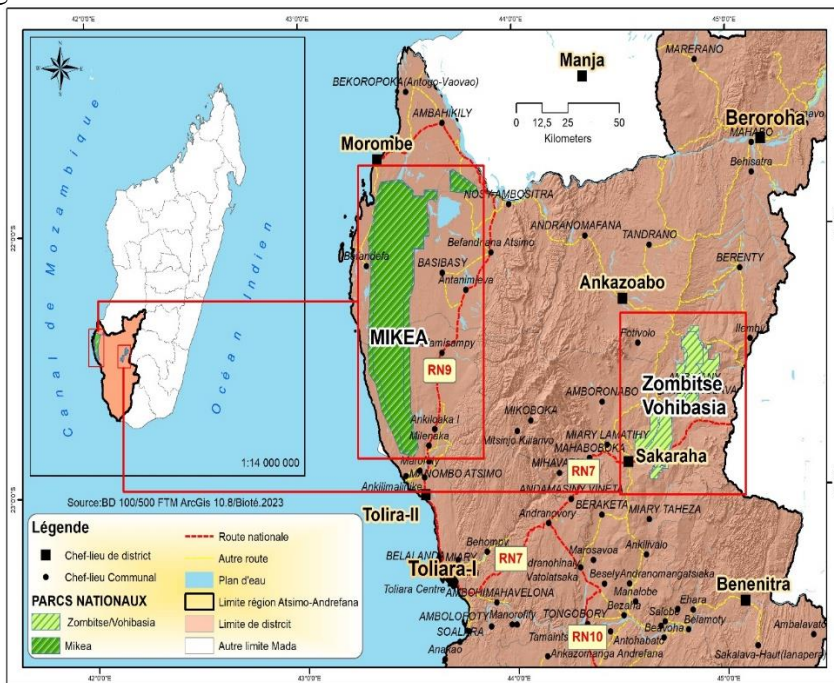


Figure 1. Localisation géographique du Parc National de Mikea et de celui Zombitse-Vohibasia, Région Atsimo-Andrefana (Source, BD 100/500 FTM, 2023)

Le Parc National de Mikea, abrite un milieu biotique diversifié et unique en raison de sa flore et de sa faune endémique qui se sont adaptées aux conditions spécifiques de cette région aride. Sa végétation est caractérisée par une variété d'espèces végétales adaptées à la sécheresse comme *Adansonia sp.*,



*Euphorbia sp., Aloe sp., Dyspis decarryi, Pachypodium sp. et Alluaudia procera.* Cette zone est soumise à un climat tropical sec. Le relief est composé de plaines, des collines et des plateaux. Les principaux cours d'eau sont la Manombo et le Mangoky.

Le relief du Parc National de Zombitse-Vohibasia est caractérisé par des montagnes, des vallées et des plateaux. Sa végétation comprend à la fois des zones de forêt et des zones de savane. Les principaux cours d'eau sont le Fiherenana et la Taheza

## **Méthodologie**

Le travail a été effectué dans le Parc National de Mikea et celui de Zombitse-Vohibasia. Les effets des feux de brousse dans ces sites ont été évalués par la richesse floristique. Aussi, les différentes pratiques des feux de brousse et leur degré d'utilisation ont été analysés. Enfin, l'évolution des dégâts des feux de brousse a été étudiée sur une période précise.

## **Méthode d'étude de l'influence des feux de brousse sur la richesse floristique**

Pour l'analyse de la richesse floristique, la méthode de Gentry (1993) a été adoptée. Cette méthode consiste à évaluer de manière quantitative et qualitative la diversité floristique dans la zone d'étude. Le processus consiste à tracer une ligne droite de 50 mètres à partir d'un point de référence en utilisant un mètre ruban. Ensuite, de part et d'autre du mètre ruban, des segments de 1 mètre ont également été tracés, créant ainsi une parcelle de 100 mètres carrés (50 mètres de long sur 2 mètres de large). À l'intérieur de chaque transect, les arbres et les arbustes atteignant ou dépassant la hauteur de la poitrine (selon la personne qui mesure les arbres et arbustes) ont été recensés. De plus, d'autres types de végétation, tels que les lianes et autres plantes, présents dans les transects, ont également été enregistrés, Gentry (1993). Pour chaque individu végétal identifié, des informations telles que le nom vernaculaire, le nom scientifique (genre et espèce), ainsi que la famille botanique ont été consignées. Elle a permis d'analyser la richesse floristique des deux zones sites d'études.

Dans les deux types de formations, à savoir la formation forestière et la formation savanicole, trois points d'échantillonnage ont été établis dans chaque zone d'étude à partir des observations directes et des enquêtes effectuées avec la population locale. Ces points d'échantillonnage ont été réalisés dans deux sites différents : le site de la formation forestière et le site de la formation savanicole. Cependant chaque site on a relevé d'une part au sein de parcelle brûlée une fois et deux fois et d'autre part la parcelle témoin. En revanche, chaque site on a relevé 9 parcelles dans les deux zones étudiées. Sur ce, la méthode de Gentry (1993) a été utilisée pour avoir une surface de

100 mètres carrés (50 mètres de long sur 2 mètres de large). Ces méthodes ont permis de recueillir des informations précises sur les paramètres étudiés tels que : l'évolution de la richesse floristique de la formation forestière du Parc National de Zombitse-Vohibasia et celui de Mikea après le passage des feux de brousse, l'évolution de la richesse floristique de la formation savanicole du Parc National de Zombitse-Vohibasia et celui de Mikea après le passage des feux de brousse, éclairant ainsi l'impact des feux de brousse dans la zone d'étude.

### **Méthode d'étude des différentes pratiques des feux de brousse et leur degré d'utilisation**

La méthode de déclenchement des incendies a été effectuée au moyen d'entretiens semi-structurés et des observations directes effectués sur terrain menés avec des membres des communautés locales de lutte contre les feux de brousse. Les personnes enquêtées sont les suivantes : les agriculteurs, les pasteurs, les charbonniers, les chasseurs et les récolteurs de miel. En effet, 100 personnes ont été enquêtés dans les deux sites d'études, 50 personnes pour la zone de Mikea et 50 personnes pour la zone de Zombitse-Vohibasia. On a choisi ces personnes car leurs activités sont liées directement aux feux de brousse. Ces entretiens visaient à comprendre les pratiques et les croyances associées aux incendies de brousse. La fréquence des incendies a été déterminée en analysant des données historiques, y compris des archives locales et des témoignages relatifs aux incendies antérieurs. Par cette démarche, les différentes pratiques ont été relevés avec leur degré d'utilisations dans chaque site d'étude.

### **Méthode d'étude de l'évolution des dégâts des feux de brousse.**

L'évolution des dégâts des feux de brousse a été évaluée à partir des surfaces brûlées sur les différents sites étudiés. Les dégâts ont été évalués sur un période de quatre ans de 2018 à 2021. Les données obtenues sur les surfaces brûlées dans les deux sites étudiés sont la base de données des feux de brousse de Madagascar National Parks (MNP) de Mikea et celle de Zombitse-Vohibasia (2018-2021). Pour cela, des observations directes, des entretiens, des recherches bibliographiques ont été réalisés

Pour évaluer les pressions liées aux feux dans chaque zone, des entretiens et des observations directes ont été menés sur le terrain. Les entretiens ont impliqué trois catégories de personnes : les autorités administratives, les autorités locales et les comités locaux tels que : les Comités Locaux du Parc (CLP), des Vondron'Olonana Ifotony (VOI), des Komitin'Ala sy ny Tontolo Iainana (KASTI) et autres.

L'observation directe a été axée sur la structure de la végétation et la présence d'empreintes laissées par le passage des feux, la chasse ou la coupe

de bois, conformément à Raselimanana et *al.* (2012). Les données collectées lors des entretiens et des inventaires floristiques ont ensuite été saisies et traitées à l'aide du logiciel Microsoft Excel. Cette étape a permis de regrouper et d'analyser les informations recueillies, facilitant ainsi l'évaluation des impacts des perturbations, y compris les feux de brousse, sur la végétation et l'environnement dans les zones d'étude.

### Analyse statistiques des données

Cette analyse a porté sur l'étude de la richesse floristique. Ainsi, des analyses statistiques ont été réalisées pour comparer les données relevées après le passage du feu de brousse. L'hypothèse formulée est la suivante :

**H<sub>0</sub>** : Le passage du feu n'a aucune influence sur la richesse floristique dans les zones d'étude, en se basant sur le nombre d'individus.

**H<sub>1</sub>** : Le passage du feu a une influence sur la diversité floristique dans les zones d'étude, en se basant sur le nombre d'individus

Pour justifier l'acceptation de l'hypothèse nulle (H<sub>0</sub>), le seuil de risque  $\alpha$  a été fixé à 5% ou l'intervalle de confiance de 95% a été considéré, conformément à la méthodologie de Fowler et *al.* (1998). Si la valeur de p, qui est la probabilité associée à un test statistique, est inférieure ou égale à 0,05 ( $p \leq 0,05$ ), cela signifie que la différence observée est statistiquement significative. Dans ce cas, l'hypothèse nulle H<sub>0</sub> est rejetée, et l'hypothèse alternative (H<sub>1</sub>) est acceptée.

### Résultats

#### Effet des feux de brousse sur la richesse floristique

#### *Evolution de la richesse floristique des formations forestières après le passage des feux de brousse*

**Tableau 1.** Evolution de la richesse floristique de la formation forestière de Sakaraha après le passage des feux de brousse

Point d'Échantillonnage	Familles	Genres	Espèces	Individus
Témoin	20	29	30	309
Brûlé 1 fois	16	21	22	187
Brûlé 2 fois	13	15	17	114

Selon le tableau 1, au niveau de point d'échantillonnage témoin, 20 familles, 29 genres et 30 espèces sur 309 individus ont été répertoriés. Au niveau de point d'échantillonnage brûlé 1 fois, il y a eu 16 familles, 21 genres et 22 espèces sur 187 individus. Pour le point d'échantillonnage à fréquence brûlée 2 fois, on a que 13 familles, 15 genres et 17 espèces sur 114 individus.

**Tableau 2.** Evolution de la richesse floristique de la formation forestière des Mikea après le passage des feux de brousse

Point d'échantillonnage	Familles	Genres	Espèces	Individus
Témoin	23	43	50	467
Brûlé 1 fois	27	42	49	237
Brûlé 2 fois	9	15	15	146

D'après le tableau 2, dans le point d'échantillonnage témoin, 467 individus dénombrés, appartiennent à 23 familles, 43 genres et 50 espèces. Le point d'échantillonnage brûlé 1 fois, 27 familles, 42 genres et 49 espèces sur 237 individus ont été comptés. Tandis qu'au niveau de point à fréquence brûlée 2 fois, 9 familles, 15 genres et 15 espèces sur 146 individus ont été listés.

*Evolution de la richesse floristique des formations savaniques après le passage des feux de brousse*

**Tableau 3.** Evolution de la richesse floristique de la formation savanique de Sakaraha

Point d'échantillonnage	Familles	Genres	Espèces	Individus
Témoin	10	13	13	121
Brûlé 1 fois	7	8	8	87
Brûlé 2 fois	7	7	7	82

Le tableau 3 montre l'évolution de la richesse floristique de la formation savanique de Sakaraha. Dans le point d'échantillonnage témoin, on a 10 familles, 13 genres et 13 espèces sur 121 individus, et le point d'échantillonnage brûlé 1 fois, il y a 7 familles, 8 genres et 8 espèces sur 87 individus. Au niveau de point à fréquence brûlée 2 fois, 7 familles, 7 genres et 7 espèces sur 82 individus ont été recensés.

**Tableau 4.** Evolution de la richesse floristique de la formation savanique des Mikea

Point d'échantillonnage	Familles	Genres	Espèces	Individus
Témoin	11	15	15	208
Brûlé 1 fois	10	12	12	127
Brûlé 2 fois	5	7	7	48

Le tableau 4 indique l'évolution de la richesse floristique de la formation savanique des Mikea. Dans le point d'échantillonnage témoin, 208 individus sont recensés et regroupés dans 11 familles, 15 genres et 15 espèces. Pour le point d'échantillonnage brûlé une fois, 10 familles, 12 genres et 12 espèces sur 127 individus ont été listés. Pour le point d'échantillonnage à

fréquence brûlé deux fois, 5 familles, 7 genres et 7 espèces sur 48 individus sont recensés

### Test Statistique

Le résultat du test de  $\chi^2$  (chi-carré) indique que la valeur de probabilité (P calculée) est très faible, c'est-à-dire  $P < 0,0001$ . Étant donné que cette valeur de probabilité est inférieure au seuil de signification  $\alpha$  fixé à 0,05, le test est considéré comme statistiquement significatif.

**Tableau 5.** Test d'indépendance entre les lignes et les colonnes ( $\text{Khi}^2$ )

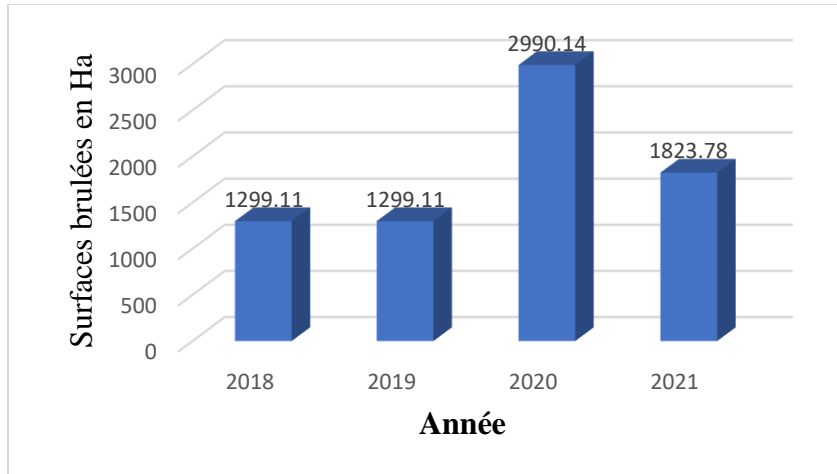
$\text{Khi}^2$ (Valeur observée)	33,9445
$\text{Khi}^2$ (Valeur critique)	12,5916
DDL	6
P-value	< 0,0001
Alpha	0,05

En conséquence, l'hypothèse nulle ( $H_0$ ) est rejetée, et l'hypothèse alternative ( $H_1$ ) est acceptée. Cela signifie qu'il y a une influence significative du passage du feu sur la diversité floristique dans les zones d'étude, en se basant sur le nombre d'individus ou d'espèces. En d'autres termes, le feu de brousse a un impact statistiquement significatif sur la diversité floristique dans ces zones. Une différence significative a été constatée dans les deux zones d'études.

### Evolution des dégâts des feux de brousse

#### *Dans le Parc National de Zombitse-Vohibasia*

La figure 2 montre les données relatives aux surfaces brûlées dans le Parc National de Zombitse-Vohibasia à Madagascar, pour les années 2018 à 2021, ainsi que la crise sanitaire due au coronavirus en 2020. La considération de ces paramètres permet de mener une évaluation complète des différentes pressions dans chaque zone d'étude, y compris les pressions exercées par les feux de brousse. Quant à la variation des surfaces brûlées, elle peut être suivie et analysée sur une période donnée pour comprendre les tendances et les fluctuations.

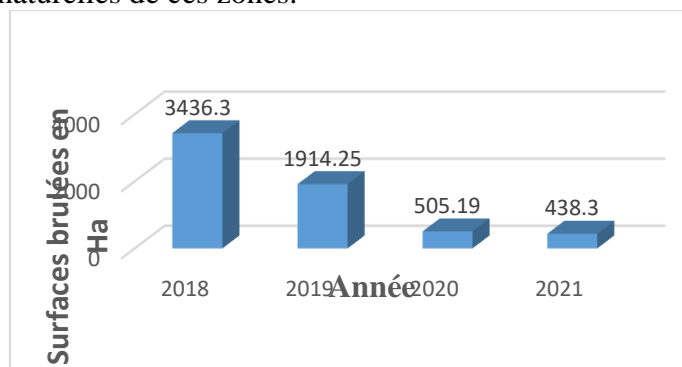


**Figure 2.** Variation annuelle des Surfaces brûlées dans le Parc National de Zombitse-Vohibasia (2018-2021), Source : Madagascar National Parks du Parc National de Zombitse-Vohibasia (2021)

### Dans le Parc National de Mikea

Cette analyse de la variation annuelle des surfaces brûlées dans le Parc National de Mikea est essentielle pour comprendre les tendances et les fluctuations des feux de brousse dans cette zone particulière. Elle peut également aider à évaluer l'efficacité des mesures de gestion et de prévention des incendies mises en place.

Ces données sur les surfaces brûlées dans les parcs nationaux sont précieuses pour surveiller et protéger les écosystèmes, la biodiversité et les ressources naturelles de ces zones.

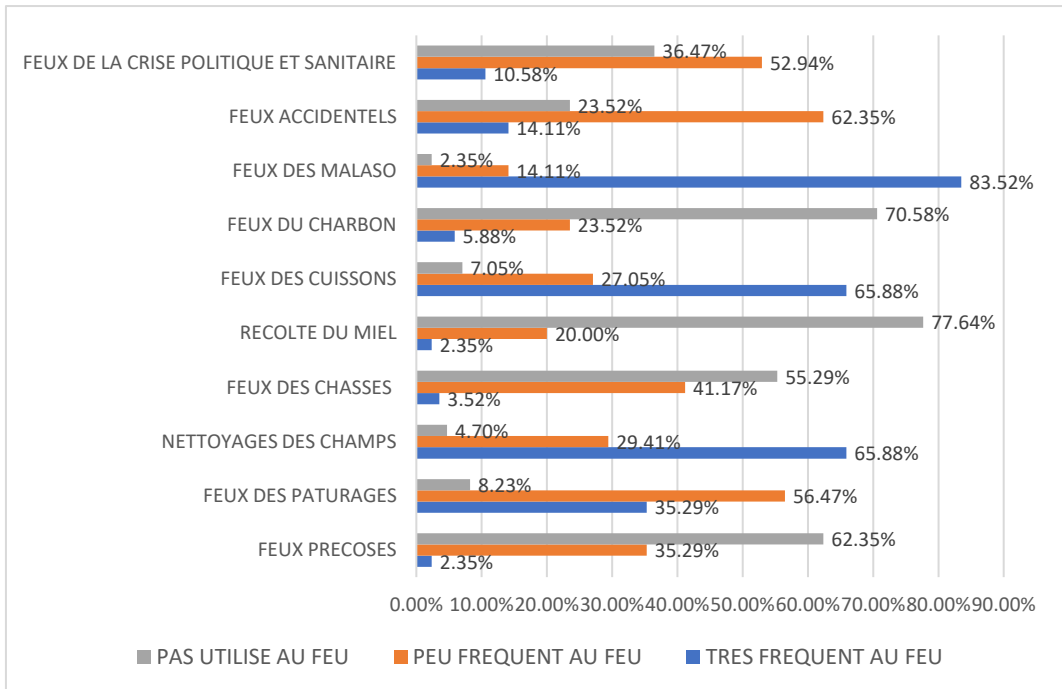


**Figure 3.** Variation annuelle des Surfaces brûlées, Parc National de Mikea (2018-2021)  
Source : Madagascar National Parks du Parc National de Mikea (2021)

La Figure 3 montre clairement les variations annuelles des surfaces brûlées dans le Parc National de Mikea sur une période de quatre ans, de 2018 à 2021. Sur ce, en 2018, le parc a connu la plus grande quantité de surfaces brûlées parmi les quatre années examinées. En 2019, bien que la quantité de

surfaces brûlées ait diminué par rapport à 2018, elle est toujours significativement élevée. L'année 2021 se distingue des autres années en tant que période de la plus faible quantité de surfaces brûlées dans le parc au cours de la période étudiée.

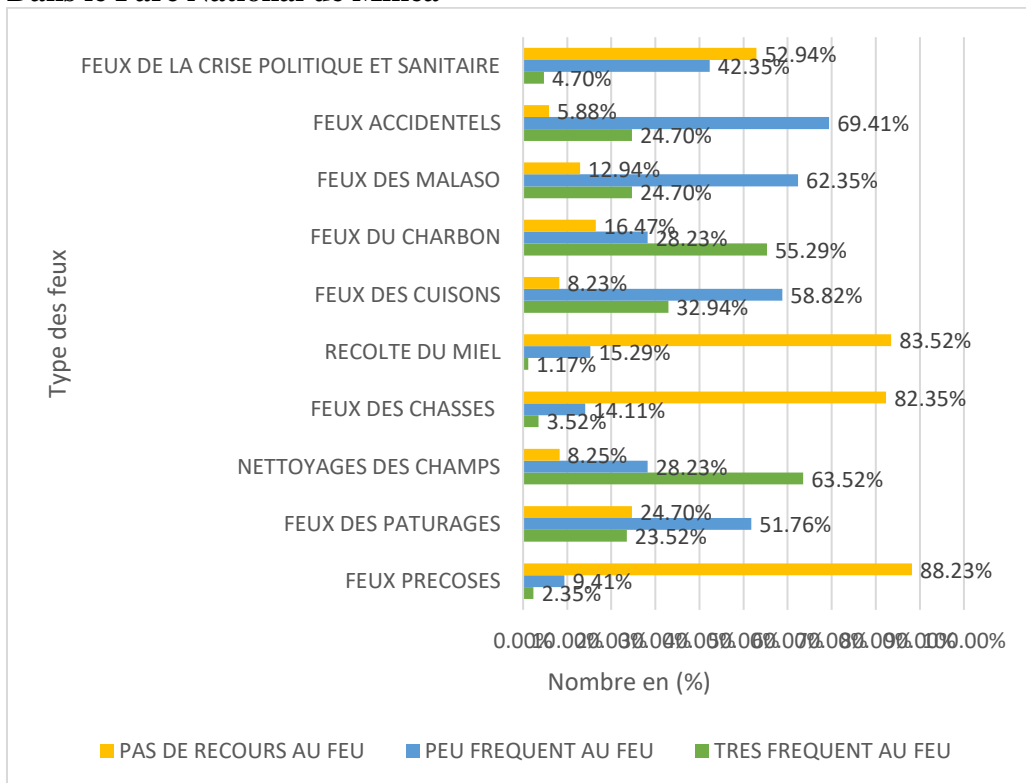
**Pratiques des feux de brousse et et leur degre d'Utilisation**  
*Le degré d'utilisation du feu selon les types d'activités*  
 Dans le Parc National de Zombitse-Vohibasia



**Figure 4.** Degré d'utilisation du feu dans la zone de Sakaraha selon les activités

La Figure 4 présente le degré d'utilisation du feu dans la zone de Sakaraha en fonction des différentes activités. En effet, le type d'activité le plus fréquent impliquant l'utilisation du feu dans la zone de Sakaraha est le "feu des Malaso" (bandits de grand chemin). Ensuite, viennent les activités de "feu de cuisson" et "nettoyage des champs de culture" qui sont également courantes. L'utilisation du feu pour le "pâturage" ainsi que les "crises politiques et sanitaires" est encore moins fréquente. En revanche, des activités telles que la "récolte du miel," le "feu de charbon de bois," le "feu précoce," et la "chasse" sont pratiquées de manière beaucoup moins fréquente, voire presque pas du tout, dans cette zone.

### Dans le Parc National de Mikea



**Figure 5.** Degré d'utilisation du feu dans la zone des Mikea selon les activités

La Figure 5 présente le degré d'utilisation du feu dans la zone des Mikea en fonction des différentes activités. Suivant ces résultats de l'enquête, on peut traduire que :

L'activité la plus courante impliquant l'utilisation du feu dans la zone des Mikea est le "feu de nettoyage des champs de culture". Ensuite la production de "charbon de bois" en dehors du Parc National de Mikea. Les feux laissés par les "malaso" (voleurs de bœufs pour couvrir leur fuite) et les "feux de pâturage" des éleveurs de bœufs sont moins courants. Le "feu précoce" est pratiqué lors de la "récolte du miel" et lors des "feux issus des chasses aux gibiers." Il peut également être associé à des "revendications de certains citoyens en relation à une crise politique". Cette dernière pratique soit rare dans la zone forestière des Mikea.

Cette analyse des différentes activités liées à l'utilisation du feu dans la zone des Mikea offre des informations d'utilisation du feu dans la zone des Mikea selon les activités sur les pratiques locales et les facteurs qui peuvent contribuer aux feux de brousse dans cette région. Elle permet de comprendre quelles activités sont les plus répandues et comment elles peuvent influencer les feux de brousse.



Les feux de brousse entre la forêt des Mikea et la zone savanicole de Sakaraha à Madagascar soulèvent des questions importantes concernant la préservation des écosystèmes fragiles et résilients de la région. La forêt des Mikea, en tant qu'écosystème fragile, est particulièrement vulnérable aux incendies de végétation. Cette forêt abrite une diversité biologique unique et est essentielle pour la conservation de nombreuses espèces végétales et animales endémiques. Les incendies de végétation peuvent avoir des conséquences dévastatrices sur la forêt des Mikea. Ils détruisent la végétation, perturbent les habitats naturels et peuvent entraîner la perte irréversible d'espèces précieuses. D'un autre côté, la zone savanicole de Sakaraha est caractérisée par un écosystème résilient. Les savanes sont mieux adaptées pour survivre aux incendies en raison de leur végétation adaptée au feu. Cependant, cela ne signifie pas que les incendies n'ont aucun impact sur cet écosystème. Les feux fréquents peuvent perturber l'équilibre écologique. Il est impératif d'adopter des mesures de prévention des incendies et de gestion durable des terres pour protéger ces écosystèmes fragiles et résilients. Cela peut inclure l'éducation des communautés locales sur les pratiques agricoles durables, la surveillance accrue des activités humaines susceptibles de déclencher des incendies, et la mise en place de politiques de conservation et de restauration des écosystèmes.

## **Discussion**

À Madagascar, l'usage du feu est très répandu et varié. Il est employé dans les activités agro-pastorales pour maintenir les zones de pâturages, la culture sur brûlis, nettoyer les terrains de culture après la récolte ou pour produire du charbon, comme le souligne Kull (2002c). Le feu est également utilisé comme une forme de manifestation sociale pour revendiquer la propriété de la terre, exprimer des désaccords politiques ou même commettre des actes criminels. Parfois, les incendies résultent simplement de l'inattention humaine. Les causes et les origines des feux à Madagascar sont variées, mais dans la plupart des cas, ils sont le résultat de perturbations délibérées et souvent mal contrôlées, principalement attribuables à la population locale. L'étude de Rakotonirina (2020), montre que les causes utilitaires de feu dans la région Atsimo-Andrefana, district d'Ankazoabo sont : l'agriculture itinérante et la culture sur brûlis (*tavy*) pour dégager le terrain, fertiliser le sol et obtenir une meilleure récolte ; les feux pastoraux pour la régénération des pâturages ou pour la lutte contre les parasites épizootiques ; la chasse pour débusquer le gibier ; les feux de production pour produire de charbon de bois dans la forêt naturelle ; les feux coutumières car la cendre des feux de brousse peut servir à certaines cérémonies rituelles ; les feux criminelles, ce sont des feux mis volontairement en vue de nuire. Les contrebandiers en font parfois

l'usage, sous forme de feux dissuasifs, pour échapper aux différentes barrières douanières communautaires.

D'après, Ouedraogo (2019), l'origine des feux de brousse selon la population riveraine de Tiogo et du Nazinon sont : des feux volontaires allumés par les bucherons pour avoir plus de bois morts (ouverture du passage pour le ramassage du bois) ; par les éleveurs, désherbage pour diminuer le risque de perte du bétail (petits ruminants), régénération des repousses ; par les chasseurs/braconniers pour l'ouverture de champ de vision, rabattage de gibiers, préparation des aires de chasse future ; par les agriculteurs, feux de nettoyage des champs, feux précoces aux entours des champs pour protéger les récoltes et des feux accidentels : feux mal éteints allumés en brousse pour certains besoins (cuisines) par les éleveurs ; feux allumés pour enfumer certains animaux et mal éteints par les chasseurs/braconniers ; feux pour faire fuir les abeilles non maîtrisé ou mal éteint par les récolteurs de miel ; un mégot de cigarette mal éteint jeté au sol par les fumeurs ; feux nécessaires pour brûler les tiges mais souvent mal éteints par les femmes fabriquant du savon traditionnel.

En ce qui concerne la biodiversité floristique, des études précédentes ont été cruciales pour éclairer nos résultats. Dans la zone forestière de Sakaraha, 38 espèces appartenant à 35 genres et 22 familles ont été recensées, tandis que dans la zone forestière des Mikea, 67 espèces appartenant à 57 genres et 29 familles ont été identifiées. Dans la formation savanicole, 16 espèces appartenant à 11 familles et 14 genres ont été répertoriées dans la zone de Sakaraha, tandis que dans la formation savanicole des Mikea, 15 espèces appartenant à 11 familles et 15 genres ont été identifiées. Il est intéressant de noter que la zone des Mikea présente une plus grande richesse en espèces floristiques que celle de Sakaraha dans la formation forestière. En revanche, dans la formation savanicole des deux zones, la différence en termes d'espèces floristiques est moins marquée. Par ailleurs, Rakotozanany (2017), a recensé 36 espèces appartenant à 17 familles et 34 genres pour quatre sites d'étude déjà traversés par le feu dans la nouvelle Aire protégée d'Antrema (Région Boeny).

Cependant, nos résultats mettent en évidence que l'action du feu de brousse a un impact significatif sur la richesse spécifique de ces deux zones. Conformément aux conclusions précédentes d'Afolayan (1978) et Louppe et *al.* (1995), nos données indiquent que les sites les moins touchés par les incendies présentent une plus grande diversité floristique. Ce lien entre les incendies et la biodiversité est d'autant plus préoccupant lorsque l'on considère l'étendue des surfaces brûlées. Au cours des quatre dernières années (2018-2021), 6294,04 hectares ont été brûlés dans la zone des Mikea (PN Mikea), tandis que 7412,14 hectares ont été touchés dans la zone de Sakaraha (PN de Zombtse-Vohibasia). Ces chiffres soulignent l'ampleur de l'impact des

incendies de végétation dans ces régions. Selon Rakotoarijaona (2004) estime que les superficies brûlées à Madagascar sont de 650 000 ha par an. Quant à l'étude de PGM-E (2008), ont démontré que les Districts de Toliara II et de Sakaraha sont les deux premiers districts « Rouges » en termes de feux, avec un maximum de points de feux détectés s'élevant à : 1500 points en 2006 pour Toliara II et 1510 points en 2007 pour Sakaraha.

En somme, l'usage du feu à Madagascar présente une multitude de facettes, et ses conséquences sur la biodiversité et l'environnement sont indéniables. Les études antérieures et les données recueillies ici montrent que la préservation de ces écosystèmes vulnérables est essentielle, et cela nécessite des actions coordonnées pour sensibiliser les communautés locales, mettre en place des mesures de prévention des incendies et promouvoir des pratiques agricoles durables. La collaboration entre le gouvernement, les organisations environnementales et les populations locales est cruciale pour relever ce défi complexe et préserver ces régions uniques.

## **Conclusion**

Cette étude révèle des variations significatives dans les caractéristiques des feux de brousse entre le Parc National de Mikea et le Parc National de Zombitse-Vohibatia à Madagascar. En effet, la zone des Mikea présente une plus grande richesse en espèces floristiques que celle de Sakaraha dans la formation forestière. Cependant, il y a moins de différence en termes d'espèces floristiques dans la formation savanicole des deux zones. Les résultats montrent que l'impact du feu sur la richesse spécifique diminue avec l'action du feu. Cela suggère que les incendies de brousse ont un impact négatif sur la diversité des espèces floristiques dans ces zones. La synthèse sur les pratiques de feux de brousse dans les zones étudiées, révèle l'existence de plusieurs causes de mises à feu liées aux domaines d'usage liées aux activités des populations locales. Les données sur les surfaces brûlées dans les parcs nationaux sont précieuses pour surveiller et protéger les écosystèmes, la biodiversité et les ressources naturelles de ces zones. Les incendies de brousse demeurent un défi majeur dans la région du Sud-ouest de l'île, ayant un impact négatif sur la richesse floristique, en particulier dans la zone savanicole de Sakaraha. Ainsi, les feux de brousse demeurent un problème sérieux à Madagascar, en particulier dans la région du Sud-ouest de l'île.

En recommandation, à l'issue de cette étude sur les feux de brousse, un suivi écologique avec des recherches-actions pourraient être envisager pour renforcer la gestion des feux dans le parc National de Mikea et celui de Zombitsy-Vohibasia de Sakaraha. Il est essentiel de sensibiliser le public à l'importance de la préservation de ces écosystèmes uniques et de promouvoir la collaboration entre le gouvernement, les organisations environnementales et les communautés locales pour garantir leur préservation à long terme.

## Remerciements

Nous tenons à exprimer nos vifs remerciements et notre profonde gratitude à notre encadreur, Professeur Titulaire REJO-FIENENA Félicité, ainsi qu'à la Direction de la MNP, celle de la DREDD et aux populations locales dans les deux zones d'étude « La Forêt des Mikea et le District de Sakaraha » qui ont contribué à la réalisation de ce travail de recherche. Mes remerciements s'adressent également aux Responsables de l'Ecole Doctorale « Biodiversité et Environnements Tropicaux » de l'Université de Toliara pour l'appui pédagogique.

**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. Afolayan, T.A. (1978). The effect of fire on the végétation in Kanji Lake National Parks, Nigeria. *Oikos*. Copenhagen, 31 : 376 – 382.
2. Alvarado, S.T. (2012). Evaluation du rôle des feux de brousse sur la composition, la structure, la phénologie, et la résistance de la végétation des bois de tapia (*Uapaca bojeri*) du massif d'Ibity, Nouvelle Aire Protégée, en vue de sa gestion durable. *Sciences agricoles*. Université d'Avignon, Antananarivo, 200 p.
3. André, D. & Müller A. (2008). Le Ferlo des feux de brousse ou l'expérience du PAPP en matière de lutte contre les feux de brousse. PAPP, St. Louis, Sénégal, 29 p.
4. Basse, E. (1934). Les groupements végétaux du Sud-Ouest de Madagascar. *Annales des Sciences Naturelle, Botanique*, série, 10: 93–225.
5. Du puy, D.J., & Moat, J. (1996). A refined classification of the primary vegetation of Madagascar based on the underlying geology: using GIS to map its distribution and to assess its conservation status. In : *Biogéographie de Madagascar*. ORSTOM, Paris, France, pp. 205–218.
6. Fowler, J., Cohen, L., & Jarvis, P. (1998). *Practical statistics for field biology*. Second edition. John Wiley & Sons Ltd. Chichester, 272 P.
7. Gade, DW. (1996). « Deforestation and its effects in highland Madagascar ». *Mountain Research and Development*, 16(2): 101-116.

8. Gentry, A.H. (1993). Diversity and floristic composition of lowland tropical forest in Africa and south America. IN gold blatt, P.L. ed, biological relationships between Africa and South America. Yale University Press. New Haven.
9. Kull, C.A. (2000). Deforestation, erosion, and fire: degradation myths in the environmental history of Madagascar. *Environment and History*, 6: 423–450.
10. Kull, C.A. (2002c). Empowering pyromaniacs in Madagascar : Ideology and legitimacy in community-based natural resource management. *Development and Change*, 33 : 57–78.
11. Louppe, D., N’kolo, O., & Coulibaly, A. (1995). Effet des feux de brousse sur la végétation. *In : Bois et Forêts des Tropiques*, 245 : 59-74.
12. Marcus, R.R. (2001). « Seeing the forest for the trees: integrated conservation and development projects and local perceptions of conservation in Madagascar ». *Human Ecology*, 29(4): 381-397.
13. Ministère de l’Environnement, de l’Ecologie et des Forêts (2016). Programme environnemental pour le développement durable, Document de référence pour les liens entre le développement durable et les dimensions environnementales, Madagascar, 77 p.
14. Madagascar National Parks (2021). Basse de données des feux
15. Office National pour l’Environnement, Direction Générale des Forêts, FTM, Madagascar National Parks & Conservation International (2013). Evolution de la couverture de forêts naturelles à Madagascar, 2005- 2010. Antananarivo, 48 p.
16. Ouedraogo, Y. (2019) : Dynamique spatio-temporelle des feux de brousse dans les forêts d’intervention du Programme d’Investissement Forestier (PIF) et proposition de plan de gestion participative : cas des forêts classées de Tiogo et du Nazinon. Mémoire de fin de cycle présente en vue de l’obtention du diplôme d’inspecteur des eaux et forêts de l’Université de BURKINA FASO, 94 p.
17. Oxby, C., & Boerboom, J.H.A. (1985). « Alternatives and improvements to shifting cultivation on the east coast of Madagascar ». *Changes in shifting cultivation in Africa*, 50(1) : 109-139.
18. Programme Germano Malgache – Environnement (2008). Stratégie de gestion intégrée des feux dans la Région « Atsimo-Andrefana », 78 P.
19. Rakotoarijaona, P. J. R. (2004). Système d’informations, aide à la décision et lutte contre les feux de brousse. Office National pour l’Environnement (ONE). 8 p.
20. Rakotonirina, N. (2020). Perception des feux de brousse dans le district d’Ankazoabo, région Atsimo-Andrefana. Mémoire de fin d’étude pour

- l'obtention du diplôme de D.E.A., Faculté des sciences, mention Biologie Végétale, Université de Toliara, 51 P.
21. Rakotozanany, A. R. (2017). Suivi spatial des feux à partir de l'image Modis dans la nouvelle Aire protégée d'Antrema (Région Boeny). Mémoire de fin d'étude pour l'obtention du diplôme de Master, Domaine sciences et technologies mention biologie et écologie végétales, Université d'Antananarivo, 78 P.
  22. Raselimanana, A., Raherilalao, M.J., Rasoarimalala, V., Gardner, J., Schoeman, M.C., & Goodman, S.M. (2012). Un premier aperçu de la faune de vertébrés du bush épineux de Salary-Bekodoy à l'Ouest du Parc National de Mikea, Madagascar. *Malagasy Nature*, Volume 6, 23 P.
  23. Ravoavy, L.N., & Messerli, P. (2001). La culture sans brûlis, une possibilité d'alternative au Tavy ? Résultats des essais effectués dans la région de Beforona-Côte Est, in S. Razanaka, M. Grouzis, P. Milleville, B. Moizo, & C. Aubry (eds.), *Sociétés paysannes, transitions agraires et dynamiques écologiques dans le Sud-ouest de Madagascar*. Antananarivo : Actes de l'atelier CNRE/IRD, 8-10/1999 : 293-304.
  24. Rejo-Fienena, F. (1995). Etude phytosociologie de la végétation de la région de Tuléar Madagascar et gestion des ressources végétales par les populations locales (cas du PK 32). Thèse de doctorat du MNHN. 144p