

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

*June 2022*

**European Scientific Institute, ESI**

*The content is peer reviewed*

**ESJ Natural/Life/Medical Sciences**

*June 2022 edition vol. 18, No. 21*

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,**  
Szolnok University College, 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

**Tiffany T. Boury,**  
Franciscan University of Steubenville, USA

**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 Foggia, Italy

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

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

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

**Murtaz Kvirkvaia,**  
Grigol Robakidze University, Georgia

**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

**Miriam Agreda Montoro,**  
University of La Rioja, Spain

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

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

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

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

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



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

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

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

**Marija Brajcic,**  
University of Split, Croatia

**Monica Monea,**  
University of Medicine and Pharmacy of 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

**Leila Ghudushauri,**  
Tbilisi State University, Georgia

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

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

**Eyal Lewin,**  
Ariel University, Israel

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

**Ilknur Bayram,**  
Ankara University, Turkey

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

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

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

**Camille Habib,**  
Lebanese University, Lebanon

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

**Gamal Elgezeery,**  
Suez University, Egypt

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

**Denis Pompidou Folefack,**

Centre Africain de Recherche sur Bananiers et Plantains (CARBAP), Cameroon

**Seka Yapi Arsene Thierry,**

Ecole Normale 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 Politécnica de Chimborazo, Ecuador

**T.M.S.P.K. Thennakoon,**

University of Sri Jayewardenepura, Sri Lanka

**Aderewa Amontcha,**

Université d'Abomey-Calavi, Benin

**Khadija Kaid Rassou,**

Centre Régional des Métiers de l'Éducation et de la Formation, Morocco

**Rene Mesias Villacres Borja,**

Universidad Estatal De Bolívar, 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,**  
University of Moulay Ismail, 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 Yemmafou,**  
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 Supérieure des Sciences et Techniques (ESSET), Cameroon

**Benie Aloh J. M. H.,**  
Felix Houphouët-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,**  
University Abdelmalek Saadi, 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,**  
Federal University of Rio de Janeiro, Brazil

**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,**  
Kalbis Institute, 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

**Leonid Nakov,**  
“Ss. Cyril and Methodius University”, Republic of Macedonia

**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

**Manotar Tampubolon,**  
Universitas Kristen, Indonesia

**Giacomo Buoncompagni,**  
LUMSA University of Rome, 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

# Table of Contents:

**Safety of Ionizing Radiation in Selected Conventional X-ray Diagnostic Centres in Calabar and Uyo metropolises, Nigeria.....1**

*Ndubuisi O. Chiaghanam*

*Emmanuel Esien-umo*

*Michael P. Ogolodom*

*Caleb Asuquo*

*Christian Maurice*

*Efe Omita*

*Daniel C. Ugwuanyi*

*Emeka E. Ezugwu*

**Consideraciones sobre la hipótesis de la reacción cruzada heterogénea COVID/dengue, e inmunidad celular contra COVID-19.....10**

*Jao Mateo Karla Cárdenas*

*Adriana Lucia Trejo Albuerne*

**Determination of Optimum Speed of a Knitting Machine by Analyzing the Different Parameters.....22**

*Mohammad Hosain Reza*

*Kamal Hossain*

**Évaluation de la Satisfaction des Femmes ayant reçu une Consultation Périnatale dans Les Formations Sanitaires en République Démocratique du Congo.....31**

*Matabaro Patrick Ntwali*

**Root Length Changes in Orthodontically Displaced Teeth Treated with  
the Corticotomy Approach.....53**

*Irinel Panainte*

*Irina Zetu*

*Cristina Molnar*

*Constantin Budescu-Stanica*

*Ela Oprea*

*Mariana Pacurar*

**Déterminants de la morbidité et de la mortalité dues au choléra à  
Lubumbashi, République Démocratique du Congo : étude cas-témoins  
non appariée.....65**

*Antoine Dimandja Okitandjate*

*Léon Okenge*

*Octavie Lunguya*

*Albert Mwembo*

*Aaron Aruna*

*Luingi Minikulu*

*Jacques-Franck Bitilasi*

*Gisèle Mbuyi*

*Fiston Mbutiwi*

*Felix Mulangu*

*Faustin Chengé*

**Evaluation de l'efficacité d'un bio-fongicide à base de *Lecanicillium lecanii* (Zimmerm) sur les cercosporioses de l'arachide (*Arachis hypogaea* L.) en milieu réel.....93**

*Konate G. Mamadou*

*Dabire Kounbo*

*Sanon Elise*

*Bakiono Benovana*

*Kusiele Somda Andjièrèyir*

*Sankara Philippe*

**Effects of Water Stress on the Agromorphological Parameters of Two New Maize (*Zea mays* L.) Lines (L36 and L71) Obtained from the Variety EV8728.....117**

*François Zaouli Néné-bi*

*Louise Turquin*

*Séraphin Kouakou Konan*

*Dogniméton Soro*

*Koutoua Ayolie*

*Clotaire Edja Bléhou*

*Justin Yatty Kouadio*

**Reproductive Performance of *Glossina palpalis gambiensis* (Diptera: Glossinidae) when fed frozen or fresh bovine blood meals.....138**

*Soudah Boma*

*Ernest Wendemanegde Salou*

*Prudenciène Agboho*

*Cene Bila*

*Simon Kabore*

*Abdoul Rahim Sabo*

*Zakaria Bengaly*

*Charles Guiguigbaza Kossigan Dayo*

**Etude de l'effet antidépresseur de la décoction des rhizomes de *Cyperus Articulatus* (Cyperaceae) sur les souris blanches *Mus musculus* Swiss (Muridae).....151**

*Asta Madi*

*Salomon Taah Yamndou*

*E. Ngo Bum*

*E. Talla*

*J. Njapdounke*

*G. Kantchoua*

**Post-flood waste characterization test in the Municipality of Athiémé.....169**

*Sebo Vifan Eric*

**Caractérisation physicochimique des eaux de la nappe phréatique de la vallée de Boghol, commune de Dabaga/Agadez (Niger).....185**

*Maman Bachar Ibrahima Oumarou*

*Mahaman Moustapha Adamou*

*Souley Tchagam Tchagam Agi*

*Mamadou Sarra*

**Evaluation de la Vulnérabilité des Nappes Phréatiques à la Pollution engendrée par la Mauvaise Gestion des boues de Vidange dans la Ville d'Aného au Togo.....208**

*Hèzouwè Poromna*

*Asibi Rosalie Gado*

*Messanh Kangni-Dossou*

*Kissao Gnandi*

*Yaovi Ameyapoh*

**Consommation Des Aphrodisiaques Chez Les adolescents Et Adultes À Kinshasa : Prévalence Et Facteurs Associés.....245**

*Didier Mbombo Ndombe*

*Manuel F. Manun 'Ebo*

*Blandine Ilunga Muleka*

**Caractérisation des parcs de Karité (*Vitellaria paradoxa* Gaertn) des terroirs de Kénioto et Samécouta (Kédougou, Sénégal).....267**

*Massamba Thiam*

*Madior Diouf*

*Ousmane Ndiaye*

*Cheikh Oumar Samb*

*Saliou Ndiaye*



**Reconstitution Paléoenvironnementale des Formations Maastrichtiennes, Cénomaniennes et Albiennes Basée sur les Données Sédimentologiques et Ichnologiques Issues des Carottes du Puits FIM-1X dans le Bassin Sédimentaire Offshore de la Cote d'Ivoire.....292**

*Isaac Fea*

*Able Guiako Jonas*

*Maria Kamagate Djodjo*

*Paul Assalé Fori Yao*

**Valorisation des déchets plastiques en matériaux de construction.....317**

*Cyrille Prosper Ndepete*

*Raoul Zaguy-Guerembo*

*Aime Martinien Deganai Gbongo*

*Luce Marie-Paul Regakouzou*

*Victoire Olivia Ngaissona Namndouta*

*José Kpeou-Kolengue*



ESJ Natural/Life/Medical Sciences

## **Safety of Ionizing Radiation in Selected Conventional X-ray Diagnostic Centres in Calabar and Uyo metropolises, Nigeria**

***Ndubuisi O. Chiaghanam***

***Emmanuel Esien-umo***

Department of Radiography and Radiological Science,  
University of Calabar, Calabar Nigeria

***Michael P. Ogolodom***

Department of Radiography and Radiological Science,  
Nnamdi Azikiwe University, Nnewi Campus, Nigeria

***Caleb Asuquo***

***Christian Maurice***

Department of Radiography and Radiological Science,  
University of Calabar, Calabar Nigeria

***Efe Omita***

Medical Department Nigeria Agip Oil Company Port Harcourt,  
Rivers State, Nigeria

***Daniel C. Ugwuanyi***

***Emeka E. Ezugwu***

Department of Radiography and Radiological Science,  
Nnamdi Azikiwe University, Nnewi Campus, Nigeria

[Doi:10.19044/esj.2022.v18n21p1](https://doi.org/10.19044/esj.2022.v18n21p1)

Submitted: 12 April 2022

Accepted: 18 June 2022

Published: 30 June 2022

Copyright 2022 Author(s)

Under Creative Commons BY-NC-ND

4.0 OPEN ACCESS

*Cite As:*

Chiaghanam N.O., Esien-umo E., Ogolodom M.P., Asuquo C., Maurice C., Omita E., Ugwuanyi D.C. & Ezugwu E.E. (2022). *Safety of Ionizing Radiation in Selected Conventional X-ray Diagnostic Centres in Calabar and Uyo metropolises, Nigeria*. European Scientific Journal, ESJ, 18 (21), 1. <https://doi.org/10.19044/esj.2022.v18n21p1>

### **Abstract**

Background: Humans are inevitably exposed to background radiation in work and public environments. The aim of this work is to assess the effectiveness of the secondary barriers in conventional x-ray diagnostic centers in Calabar and Uyo metropolises. This is by determining the weekly and annual effective dose in their respective uncontrolled areas and comparing them with the international recommendations. Materials and

**Methods:** This cross-sectional study was conducted in three x-ray diagnostic centers in Calabar, represented as C1, C2, and C3 respectively, and in four x-ray diagnostic centers in Uyo, represented as U1, U2, U3, and U4 respectively. Background radiation was measured using Radex 1212 A-A battery-powered survey meter, at a distance of 2.5 meters away from the x-ray units. Radiation measurement was taken at three different spots, and the recorded data were analyzed. **Results:** The mean calculated effective dose per week in mSv/week for each diagnostic center was given as  $0.130 \pm 0.0068$  mSv/week. Also, the mean calculated effective dose per year in mSv/year for each center was given as  $0.66 \pm 0.35$  mSv/year. These values are below the National Commission on Radiation Protection (NCRP) recommendations of 0.02 mSv/week and 1 mSv/year respectively. From the results, the mean calculated chance of developing cancer was  $2.33 \times 10^{-3}$  % which was lower than the NCRP recommendation for continuous public exposure of  $5.5 \times 10^{-3}$  %. **Conclusion:** It could be concluded that the integrity of the shielding designs and their dimensions assessed are safe.

---

**Keywords:** Safety, Radiation, Dose, Annual, Shielding

## Introduction

Environmental safety is an essential area of health and safety practices, which include practices, policies, and procedures that ensure the safety and wellbeing of anyone in the immediate area. This can include safety in terms of proper waste disposal, containment and storage of potentially toxic chemicals, proper design of radiation facility, and much more (Spokane Environmental Solution, 2017). Though environmental safety certainly makes a demand of business in terms of cost of compliance, the reality is that doing so is imperative. There are regulatory consequences of non-compliance and negligence, liabilities in civil suits as well as potential moral hazards in not obeying environmental safety practices. Some of the worst man-made disasters were caused by inadequate environmental safety measures and lawsuits are filed all the time by injured workers, residents near industrial operations, and by regulatory authorities when companies fail to observe proper environmental safety. Hence, businesses and organizations have an interest in doing so to avoid liabilities as well as other obligations (Spokane Environmental Solution, 2017).

Radiation has always been part of our natural environment, originating from space, the sun, and naturally radioactive substances in the ground and in our own bodies (Chiaghanamm *et al.*, 2019; Archibong and Chiaghanamm, 2020). We have developed ways of producing radiation and making use of radiation properties in research, healthcare, and industry. X-rays are electromagnetic radiation of the extremely short wavelength and

high frequency with wavelengths ranging from about  $10^{-8}$  to  $10^{-12}$  meter and corresponding frequencies from about  $10^{16}$  to  $10^{20}$  Hz. X-rays are forms of ionizing radiation produced by accelerating or de-accelerating charged particles. Examples include a beam of electrons striking a metal plate in an x-ray tube and a circulating beam of electrons in a synchrotron particles accelerator or storage rig (Suraj, 2012).

Ionizing radiations are used in diverse modern applications. It is used in the diagnosis of disease, preserving food materials, purification of materials, and identification of components or compounds. These ionizing radiations enter the living tissues and can destroy living cells, chromosomal aberrations, and carcinogenic effects. Ionizing radiation can randomly cause damage to all cellular components and induces a variety of DNA defects. So x-rays are utilized in well-preventive and protective conditions (Ahmed, 2008).

The last two decades have witnessed a technological revolution in diagnostic and therapeutic medical imaging. However, minimizing the risk of radiation exposure is still a challenge. According to a 2010 US Food and Drug Administration (FDA) white paper ‘per capita exposure to ionizing radiation (from all sources) increased from 3.6mSv (milli sievert) in 1980 to 6.25mSv in 2006’. During this time, the contributions that were attributable to medical imaging increased from 15percent in 1980 to 45percent in 2006, and about two-thirds of all medical imaging in 2010 involved ionizing radiation (Mastracci, 2015).

Humans are inevitably exposed to background radiation both in work and public environments (Center for Disease Control and Prevention, 2014; Chiegwu *et al.*, 2021). The level of exposure varies depending on latitude and longitude. According to Chad-Umorem *et al.*(2007), chronic exposure to even low dose rates of nuclear radiation from an irradiated building has the potential to induce cytogenetic damage in human beings. In certain situations where the level exceeds the known average dose, the introduction of health protection measures needs to be considered.

Radiation can be beneficial, but it can also cause damage. To minimize its harmful effects on humans and the environment, all activities involving radiation must do more good than harm and doses must be limited as far as is reasonably possible (Annemay, 2018). From our observations, most diagnostic centers are cited in residential buildings that are not purposely built for radiation exposures in most cities in Nigeria and this is of great concern. Hence, this study was designed to evaluate the radiation protective measures put in place at radio-diagnostic centers for the protection of other medical staff, and non-radiation health workers within the selected centers in Calabar and Uyo metropolises in Nigeria and their comparison with the standard recommended values.

## Methods

This was a cross-sectional study carried out at three selected diagnostic centers in Calabar metropolis and four diagnostic centers in Uyo metropolis, Nigeria based on the inclusion criteria, which include centers with only conventional x-ray units. This study was conducted from June 2019 to September 2019 after obtaining ethical clearance and institutional permission for usage of the selected centers.

The equipment used includes (1) Radex 1212 A-A battery-powered survey meter, which can measure x-ray wall/door leakage, environmental radiation, and secondary radiation, and (2) conventional x-ray machines. Background reading was measured using Radex 1212 A-A battery-powered survey meter. This was measured at 2.5meters away from the x-ray unit in the surveyed diagnostic centers, and at three different locations. Data gotten was averaged and recorded.

During exposure to a lumbosacral region, data was obtained by measuring secondary radiation outside the secondary barriers (walls and doors respectively), at a distance of 0.3meters away from the secondary barriers. The readings were taken at three spots, averaged and data mean recorded. The exposure factors (75-120Kv and 16-100 mAs) used in the respective diagnostic centers and their machine types were also recorded, and the mean values of the exposures were documented and used for statistical analysis. The exposure factors and machine types, C1(Kv=120, mAs= 100,FFD= 100cm and GE medical system), C3(Kv= 90, mAs= 16, FFD=100cm and TMX4mobile) and U3(Kv=90, mAs = 40, FFD= 100cm and Toshiba) and U4 (Kv= 90, mAs= 16, FFD= 100cm and Toshiba)(Table 1).

The excess lifetime cancer risk, ELCR ( $\times 10^{-3}$ ) was computed using the equation below previously described by ICRP( 1990) cited in Chiegwu *et al* (2021) study.

$$\text{ELCR} = \text{AEDR} \times \text{DL} \times \text{RF} \quad (1)$$

where AEDR = Total average annual effective dose ( $\text{mSv y}^{-1}$ )

DL = Average duration of life (70years)

RF = Risk factor per Sv. (RF= 0.05 for the public, stochastic effects)

ELCR = a term used to estimate the difference between the proportion of persons who will develop or die of cancer (per sievert) in an exposed population compared to the people in a similar population that were not exposed to radiation.

Data were analyzed using Statistical Package for Social Sciences (SPSS) version 21.0 (IBM Corp, Amornk, NY, 2012). Descriptive statistics

such as mean, standard deviations, tables, and charts were used for statistical analysis.

## Results

The mean and standard deviation values for the background radiation exposure rates obtained from the selected centers were C1 ( $0.09 \pm 0.01 \mu\text{Sv/hour}$ ), C2( $0.09 \pm 0.01 \mu\text{Sv/hour}$ ) C3 ( $0.08 \pm 0.00 \mu\text{Sv/hour}$ ) and U1( $0.08 \pm 0.01 \mu\text{Sv/hour}$ ), U2( $0.08 \pm 0.01 \mu\text{Sv/hour}$ ) and U3( $0.09 \pm 0.01 \mu\text{Sv/hour}$ )(Table 2). The mean and standard deviation values of the exposure readings for outside secondary walls for C1 and U4 were  $0.38 \pm 0.07 \mu\text{Sv/h}$  and  $0.59 \pm 0.07 \mu\text{Sv/h}$  respectively while the mean and standard deviation values of the exposure reading for outside barrier doors for C1 and U4 were  $0.41 \pm 0.09 \mu\text{Sv/h}$  and  $0.65 \pm 0.09 \mu\text{Sv/h}$ (Table 3)

The effective dose per week (mSv/week) and effective dose per year ( mSv/year) for the different centers in the metropolis were C1( $0.015\text{mSv/week}$ ,  $0.76 \text{ mSv/year}$ ), C2( $0.009\text{mSv/week}$ ,  $0.49\text{mSv/year}$ ) and U1( $0.009\text{mSv/week}$ ,  $0.27\text{mSv/year}$ ) and U4( $0.026\text{mSv/week}$ ,  $1.37\text{mSv/year}$ ). The mean and standard deviation values for the effective dose per week and effective dose per year were  $0.130 \pm 0.0068\text{mSv/week}$  and  $0.66 \pm 0.35\text{mSv/year}$  respectively (Table 4)

From figure 1, the effective doses per week for each centre against the NCRP recommended values are C1(center value =  $0.014\text{mS/week}$ ; NCRP value=  $0.02\text{mSv/week}$ ), C2(center value=  $0.009\text{mSv/week}$ , NCRP value =  $0.02\text{mSv/week}$ ) while in U2(center value=  $0.011\text{mSv/week}$ , NCRP value =  $0.02\text{mSv/week}$ ) and U4( $0.026\text{mSv/week}$ , NCRP value =  $0.02\text{mSv/week}$ ). The effective doses per year for each centre against the NCRP recommended values are C1(center value =  $0.076\text{mS/year}$ ; NCRP value=  $1\text{Sv/week}$ ), C2(center value=  $0.49\text{mSv/week}$ , NCRP value =  $1\text{mSv/week}$ ) while in U2(centre value=  $0.59\text{mSv/week}$ , NCRP value =  $1\text{mSv/week}$ ) and U4( $1.37\text{mSv/week}$ , NCRP value =  $1\text{mSv/week}$ )(Figure 2). The percentage chance for developing cancer for C1, C2, U1 and U2 are  $2.66 \times 10^{-3}\%$  ,  $1.72 \times 10^{-3}\%$ ,  $0.95 \times 10^{-3}\%$  and  $2.07 \times 10^{-3}\%$  respectively (Table 5).

**Table 1-** Exposure factors used and their machine types

Centers	Kv	mAs	FFD (cm)	X-ray machine types
C <sub>1</sub>	120	100	100	GE medical system
C <sub>2</sub>	115	40	90	GE medical system mobile
C <sub>3</sub>	90	16	100	TMX 4 mobile
U <sub>1</sub>	75	25	100	Phillips 800
U <sub>2</sub>	90	32	100	Eureka
U <sub>3</sub>	90	40	100	Toshiba
U <sub>4</sub>	90	16	100	Toshiba

**Table 2-** Background readings in micro Sieverts per hour ( $\mu\text{Sv}/\text{hour}$ )

Centers Surveyed	2.5m Away From X-ray Room			
	1 <sup>st</sup>	2 <sup>nd</sup>	3 <sup>rd</sup>	Mean $\pm$ SD
Center C <sub>1</sub>	0.08	0.10	0.08	0.09 $\pm$ 0.01
Center C <sub>2</sub>	0.09	0.09	0.09	0.09 $\pm$ 0.00
Center C <sub>3</sub>	0.09	0.08	0.08	0.083 $\pm$ 0.00
Center U <sub>1</sub>	0.08	0.07	0.09	0.08 $\pm$ 0.01
Center U <sub>2</sub>	0.09	0.07	0.10	0.08 $\pm$ 0.01
Center U <sub>3</sub>	0.09	0.08	0.10	0.09 $\pm$ 0.01
Center U <sub>4</sub>	0.07	0.07	0.08	0.07 $\pm$ 0.00

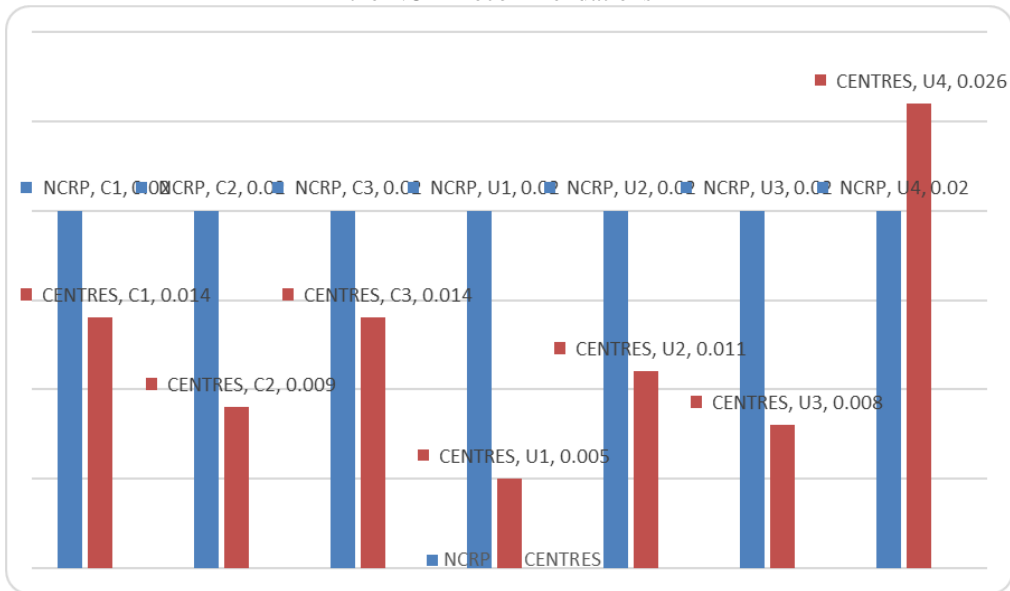
**Table 3 -** Exposure reading in micro Sieverts per hour ( $\mu\text{Sv}/\text{h}$ )

Centers Surveyed	Outside Secondary Wall				Outside Barrier Door			
	1 <sup>st</sup>	2 <sup>nd</sup>	3 <sup>rd</sup>	Mean $\pm$ SD	1 <sup>st</sup>	2 <sup>nd</sup>	3 <sup>rd</sup>	Mean $\pm$ SD
C <sub>1</sub>	0.45	0.41	0.30	0.38 $\pm$ 0.07	0.42	0.32	0.50	0.41 $\pm$ 0.09
C <sub>2</sub>	0.18	0.26	0.24	0.22 $\pm$ 0.04	0.35	0.40	0.36	0.37 $\pm$ 0.02
C <sub>3</sub>	0.27	0.29	0.32	0.29 $\pm$ 0.02	0.45	0.31	0.48	0.48 $\pm$ 0.09
U <sub>1</sub>	0.20	0.13	0.12	0.15 $\pm$ 0.04	0.27	0.23	0.22	0.24 $\pm$ 0.02
U <sub>2</sub>	0.24	0.22	0.30	0.25 $\pm$ 0.04	0.21	0.41	0.46	0.36 $\pm$ 0.13
U <sub>3</sub>	0.27	0.28	0.22	0.25 $\pm$ 0.03	0.22	0.41	0.29	0.30 $\pm$ 0.09
U <sub>4</sub>	0.61	0.65	0.51	0.59 $\pm$ 0.07	0.76	0.61	0.58	0.65 $\pm$ 0.09
				0.30 $\pm$ 0.03				0.40 $\pm$ 0.07

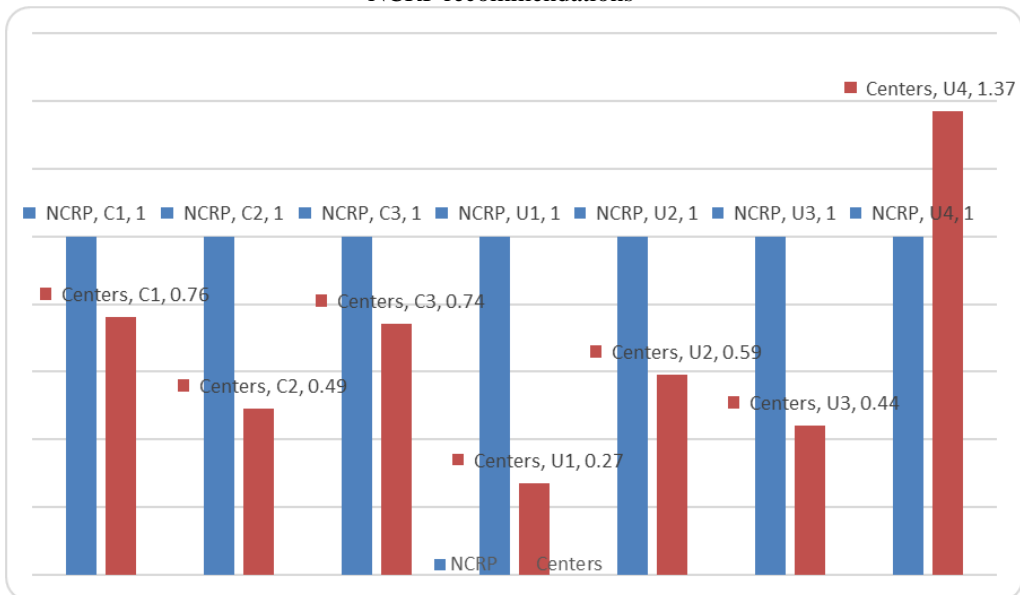
**Table 4-** Effective dose per week in millisievert per week (mSv/week), and effective dose per year (mSv/year).

Centers	Effective Dose Per Week (mSv/week)	Effective dose per year (mSv/year)
C <sub>1</sub>	0.015	0.76
C <sub>2</sub>	0.009	0.49
C <sub>3</sub>	0.014	0.74
U <sub>1</sub>	0.009	0.27
U <sub>2</sub>	0.012	0.59
U <sub>3</sub>	0.008	0.44
U <sub>4</sub>	0.026	1.37
Mean $\pm$ SD	0.130 $\pm$ 0.0068	0.66 $\pm$ 0.35

**Figure 1:** Bar chart showing effective dose per week of surveyed centers in comparison to the NCRP recommendations



**Figure 2:** Bar chart showing effective dose per year of each center in comparison to the NCRP recommendations





**Table 5:** Percentage chance of developing cancer in a year

Centers	Effective dose per year	percentage(%) chance
C <sub>1</sub>	0.76	2.66 x 10 <sup>-3</sup>
C <sub>2</sub>	0.49	1.72 x 10 <sup>-3</sup>
C <sub>3</sub>	0.74	2.59 x 10 <sup>-3</sup>
U <sub>1</sub>	0.27	0.95 x 10 <sup>-3</sup>
U <sub>2</sub>	0.59	2.07 x 10 <sup>-3</sup>
U <sub>3</sub>	0.44	1.54 x 10 <sup>-3</sup>
U <sub>4</sub>	1.37	4.80 x 10 <sup>-3</sup>
<b>Average</b>		<b>2.33 x 10<sup>-3</sup> %</b>

## Discussion

From NCRP (1993), it was assumed that for uniform whole-body exposure to x-ray (Photon), the radiation weighting factor is 1 and the tissue weighting factor of all the organs adds up to 1, therefore, an absorbed dose of 1 milligray (mGy) equals an effective dose of 1milliSievert (mSv).

A review of the National Council on Radiation Protection and Measurements (International Commission on Radiation Protection, 2007) guideline for medical radiation facilities showed that a suitable source for shielding individuals in uncontrolled areas in or near medical radiation facilities will give an effective dose of 1mSv in any year. This recommendation can be achieved for medical radiation facilities with a weekly shielding design goal of 0.02mGy. The results from this study gave an effective dose of 0.13±0.0068mSv/week and 0.66 ±0.35mSv/year respectively and are within safe limits from the values of the same parameters by NCRP per week, and a year respectively.

Also, one can infer that recommended percentage (%) chance of developing cancer in a year, from the effective dose of 1mSv per year is 5.5x10<sup>-3</sup>%, (NCRP, 1993), which states that 1mSv has a percentage chance of 55% (percent). The calculated value of the same parameter from this study is 2.33 x 10<sup>-3</sup> % and is below the recommended percentage.

## Conclusion

This study shows that persons within the uncontrolled areas around the diagnostic centers are safe as the results indicate that radiation exposure to such persons in the said areas is within safe limits.

**Conflict of interest:** None declared among the author's.

## References:

1. Spokane Environmental Solutions(2017). *Environmental safety.2017. Available from:*

- <https://www.spokaneenvironmental.com>. Retrieved on 23<sup>rd</sup> July 2021.
2. Chiaghanam N.O, Nzotta C C & Enweani IB (2019). Radiation risk assessment of soil in Idomi, Cross River State, Nigeria. *Asian Journal of Applied Sciences*, 07(1): 27-35.
  3. Archibong BE, Chiaghanam NO (2020). Radiation emission levels from a waste dumpsite in Calabar, Cross River, Nigeria. *Science and Technology* 6(21) 20-27.
  4. Annemay, E. K.(2018). A safe radiation environment. *Journal of Swedish Environmental Protection Agency*, 25(6): 26-28.
  5. ICRP- International Commission on Radiological Protection (1990) Age Dependence Dose to the Member of Public from Intake of Radionuclides. *Part 1. International Commission on Radiation Protection (ICRP) Publication 56*. London: Pergamon Press, Oxford
  6. Suraj, R.A.(2012). Effect of application of ionizing radiation (x-ray) in living organisms. *The Himalayan Physics* 3, 89-92.
  7. Ahmed, R.G. (2008). Damage pattern as function of various types of radiations. *Medical Journal of Islamic World Academy of Science*, 15, 135-147.
  8. Mastracci T M (2015). Radiation safety: A call to arms. *European Journal VascEndovasc Surgery*. 50,1-2.
  9. CDCP-Centre for Disease Control and Prevention (2014). Radiation and your health. Available at <http://www.cdc.gov/nceh/radiation/decay.htm>. Accessed 14th December 2017.
  10. Chiegwu H U, Onyeka O J, Ugwuanyi D C, Odunko D D, Ogolodom M P, Mbaba, A N (2021). Assessment of background ionizing radiation exposure levels in industrial buildings in Nnewi, Anambra State, Nigeria. *Int J Res Med Sci*. 10(2):305-315.
  11. Chad-Umoren YE, Adekanmbi M, Harry SO(2007). Evaluation of indoor background ionizing radiation profile of a physics laboratory. *Facta University Series: Work. Liv. Environ. Protec.* 3(1):1-7.
  12. NCRP (1993). Limitations of exposure to ionising radiation. Bethesda, Maryland Report No. 116.
  13. ICRP (2007). Recommendations of the international commission on radiological protection. *ICRP Publications*. 37(1), 2-4.



ESJ Natural/Life/Medical Sciences

## **Consideraciones sobre la hipótesis de la reacción cruzada heterogénea COVID/dengue, e inmunidad celular contra COVID-19**

*Jaio Mateo Karla Cárdenas*

Médico pasante, Universidad de Quintana Roo, México

*Adriana Lucía Trejo Albuérne*

Doctora en Geografía, Universidad de Quintana Roo, México; profesora de la Escuela Nacional de Estudios Superiores, Mérida, México

[Doi:10.19044/esj.2022.v18n21p10](https://doi.org/10.19044/esj.2022.v18n21p10)

Submitted: 20 May 2022

Accepted: 20 June 2022

Published: 30 June 2022

Copyright 2022 Author(s)

Under Creative Commons BY-NC-ND

4.0 OPEN ACCESS

*Cite As:*

Karla Cárdenas J.M. & Trejo Albuérne A.L. (2022). *Consideraciones sobre la hipótesis de la reacción cruzada heterogénea COVID/dengue, e inmunidad celular contra COVID-19*. European Scientific Journal, ESJ, 18 (21), 10. <https://doi.org/10.19044/esj.2022.v18n21p10>

### **Resumen**

El 31 de diciembre de 2019, la Comisión Municipal de Salud de Wuhan (provincia de Hubei, China), notifica acerca de un conglomerado de casos de neumonía en la ciudad. Posteriormente, se determina que son causados por un nuevo coronavirus. En respuesta y después de arduas investigaciones, la Organización Mundial de la Salud (OMS) estipula, en su evaluación del 11 de marzo del 2020, que COVID-19 puede caracterizarse como una pandemia en razón de la alta letalidad del SARS-CoV-2 y su rápida propagación en el ámbito mundial. A partir de entonces, los esfuerzos de la comunidad científica se han orientado a determinar, por un lado, el origen del virus causante de COVID-19 y, por otro, a explicar la alta disparidad de contagios y decesos en diversas zonas geográficas. Una de las hipótesis más actuales en el campo de la epidemiología, a fin de explicar esta disparidad, refiere a una posible reacción cruzada en zonas endémicas o con incidencia de malaria y/o dengue que podría estar generando inmunidad contra COVID-19. El trabajo tiene dos objetivos 1. presentar el panorama contextual y analítico clínico en el que ha cobrado relevancia esta hipótesis 2. Someter a prueba la hipótesis de la inmunidad cruzada en el Estado de Quintana Roo, México, entidad que comparte condiciones climáticas y sanitarias con regiones

endoeidémicas de África y América Latina, donde se realizaron los estudios pioneros sobre inmunidad cruzada. Metodología: para el logro del primer objetivo se realizó un estudio basado en una revisión bibliográfica especializada; para el alcance del segundo se siguió una metodología observacional y ecológica para analizar las tendencias epidemiológicas de COVID Y DENGUE, utilizando los datos oficiales disponibles al público en el sitio de vigilancia epidemiológica del Estado de Quintana Roo ([www.sinave.gob.mx](http://www.sinave.gob.mx)) Se incluyeron en la base de datos todos los casos de COVID notificados y confirmados mediante pruebas (RT-PCR) y los acumulados las de Dengue (DNG) y Dengue No grave (DNG). En 2019-2020 y se procedió a la elaboración de gráficos para la presentación de los resultados.

---

**Palabras clave:** COVID-19, dengue, inmunidad celular

---

## **Considerations on the COVID/ Dengue Heterogeneous Cross-Reaction Hypothesis, and Cellular Immunity Against COVID 19**

*Jao Mateo Karla Cárdenas*

Médico pasante, Universidad de Quintana Roo, México

*Adriana Lucía Trejo Albuerne*

Doctora en Geografía, Universidad de Quintana Roo, México; profesora de la Escuela Nacional de Estudios Superiores, Mérida, México

---

### **Abstract**

On December 31, 2019, the Wuhan Municipal Health Commission (Hubei Province, China) reports a cluster of pneumonia cases in the city. Subsequently, it is determined that they are caused by a new coronavirus. In response and after arduous investigations, the World Health Organization (WHO) stipulates, in its evaluation of March 11, 2020, that COVID-19 can be characterized as a pandemic due to the high lethality of SARS-CoV-2 and its rapid spread worldwide. Since then, the efforts of the scientific community have been aimed at determining, on the one hand, the origin of the virus that causes COVID-19 and, on the other, to explain the high disparity in infections and deaths in various geographical areas. One of the most current hypotheses in the field of epidemiology, in order to explain this disparity, refers to a possible cross-reaction in endemic areas or areas with incidence of malaria and/or dengue that could be developing immunities against COVID-19. The work has two objectives: 1. to present the clinical contextual and analytical

panorama in which this hypothesis has become relevant 2. To test the hypothesis of cross-immunity in the State of Quintana Roo, Mexico, an entity that shares climatic and sanitary conditions with endo-epidemic regions of Africa and Latin America, where the pioneering studies on cross-immunity were carried out. Methodology: to achieve the first objective, a study was carried out based on a specialized bibliographical review; For the scope of the second, an observational and ecological methodology was followed to analyze the epidemiological trends of COVID AND DENGUE, using the official data available to the public on the epidemiological surveillance site of the State of Quintana Roo ([www.sinave.gob.mx](http://www.sinave.gob.mx)). All COVID cases notified and confirmed by tests (RT-PCR) and the accumulated cases of Dengue (DNG) and Non-severe Dengue (DNG) were included in the database. In 2019-2020 and graphs were prepared for the presentation of the results.

---

**Keywords:** COVID-19, dengue, cellular immunity

## Introduction

Después de intensos debates sobre el origen del virus causante de COVID-19, publicaciones apresuradas y una cuantiosa proliferación de rumores sin fundamento en redes sociales, la comunidad científica ha presentado evidencias dirigidas a afirmar que, muy probablemente, el virus tiene un origen zoonótico. Esto es, estamos ante un tipo de enfermedad sufrida por animales, cuyos agentes patógenos responsables pueden ser transmitidos en forma directa o indirecta a los humanos. En un artículo de Kristian G. Andersen et al., publicado en *Nature Medicine*, se ofrecen evidencias genéticas y experimentales que documentan el origen zoonótico del brote, mediante procesos de selección natural entre especies silvestres y el ser humano (Andersen et al. 2020).

El SARS-CoV-2 es el séptimo coronavirus conocido con capacidad de infectar a seres humanos. Andersen et al. (2020) presentan argumentos científicos sólidos que explican la cadena de eventos biológicos responsables del brote. La primera observación en estudios estructurales y bioquímicos muestran que el SARS-CoV-2 se ha adaptado óptimamente para reconocer la proteína humana ACE2 (Enzima Convertidora de Angiotensina), que funciona como receptor para unirse a la membrana de células humanas (Chen et al., 2020). Se ha encontrado que la proteína del virus responsable de esta unión tiene un dominio de seis aminoácidos, responsable del reconocimiento de ACE con alta afinidad, pero también se ha encontrado que este dominio presenta alta afinidad para ACE en hurones, gatos y otras especies. Estos hallazgos se suman a la evidencia que indica que el SARS-CoV-2 no es producto de una manipulación en laboratorio, opinión más socorrida en las llamadas “especulaciones conspiracionistas”, sino que tiene origen en otras

especies. Es más probable que el proceso de adaptación de un virus al ser humano, virus que por naturaleza infecta animales, haya sido resultado de múltiples eventos genéticos que, a través de la selección natural, primero en el huésped animal de origen, fue preparado para colonizar células humanas y, luego, desarrollos de selección en el humano optimizaron esta capacidad de infección y transmisión.

Considerando que muchos de los casos tempranos de COVID-19 estuvieron asociados al mercado de animales de Huanan, en Wuhan, es muy factible que la especie de origen se haya comercializado en ese local. Al respecto, también existe un intenso debate donde se indica que el huésped de origen podría ser el murciélago, a diferencia de otros estudios que señalan como posible huésped al pangolín (Maroto-Vela, 2020).

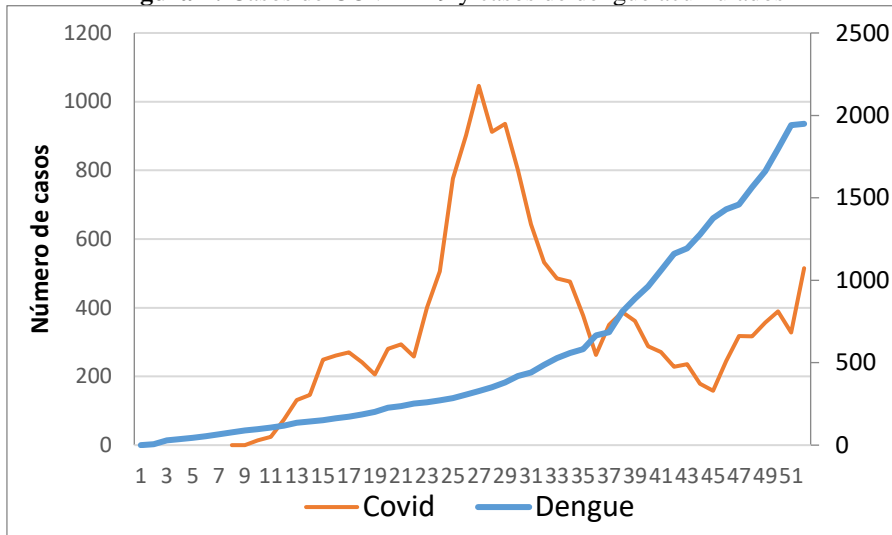
## **Métodos**

La metodología para dar cuenta del panorama contextual y analítico en el que ha cobrado relevancia la hipótesis de la inmunidad cruzada está basada en una extensa revisión bibliográfica especializada. Se realizó un estudio ecológico observacional analizando las tendencias epidemiológicas de ambas enfermedades durante el periodo de la pandemia COVID-19 en el Estado de Quintana Roo, México, aglutinadas por semanas epidemiológicas, utilizando datos oficiales disponibles en el sitio oficial de la Secretaría de salud del Estado de Quintana Roo. Los datos de dengue y SARS-CoV-2 se obtuvieron del Sistema Público de Vigilancia Epidemiológica en línea ([www.sinave.gob.mx](http://www.sinave.gob.mx)), para el período de estudio. Incluimos todos los casos de COVID-19 notificados y confirmados mediante la detección de la Reacción en Cadena de la Polimerasa con Transcripción Inversa (RT-PCR) del SARS-CoV-2. y los de dengue grave y no grave en 2019-2020 y se procedió a la elaboración de gráficos para la presentación de los resultados.

## **Resultados**

Se hizo un análisis de Reacción Inversa entre los casos COVID y los casos de dengue observados en Quintana Roo. Se tomaron en consideración los casos acumulados por semana de COVID y dengue observados en 52 semanas del año 2021. Para el análisis, se elaboró una gráfica de relación entre ambos acontecimientos, véase en figura 1:

**Figura 1:** Casos de COVID-19 y casos de dengue acumulados



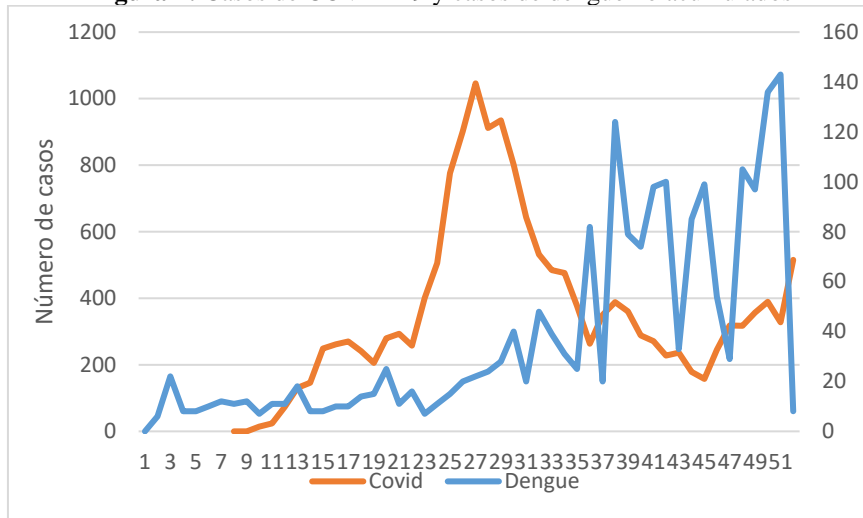
Nota 1: Elaboración propia, datos tomados del Boletín epidemiológico del Dengue y COVID 19

La exploración bibliográfica refiere estudios epidemiológicos realizados en África y en América durante el 2020-2021 indican una posible reacción cruzada con otras enfermedades endémicas en estas regiones que podría haber generado inmunidad contra el SARS-CoV-2 lo cual puede explicar la disparidad de los contagios y los decesos comparativamente con otras regiones de Europa.

En Brasil en mapa de distribución epidemiológica a nivel nacional alertó sobre anomalías epidemiológicas que condujeron a reforzar la hipótesis de inmunidad cruzada Covid-Dengue.

Podemos observar que la Reacción Inversa entre estas dos variables no se cumple de manera estricta. Al inicio del estudio ambos casos se presentan bajos, en la parte central del periodo en estudio incrementan los casos COVID y los casos de dengue permanecen en niveles bajos y, en la parte última del estudio, disminuyen los casos COVID e incrementan los casos de dengue. Si observamos el comportamiento de manera independiente de los casos COVID, estos se presentan en forma de campana, comportamiento natural observado en el país, véase en figura 2:

**Figura 2:** Casos de COVID-19 y casos de dengue no acumulados



Nota 2: Elaboración propia, datos tomados del Boletín epidemiológico de Dengue Y COVID 19

Para complementar el análisis visual, se procedió a estimar el coeficiente de correlación entre ambas series de datos (COVID y dengue, 52 datos). Se observó un coeficiente de  $-0.05$ , un valor muy cercano a cero, que no asegura una correlación inversa entre ambas variables, concluyendo que los datos observados no permiten asegurar una correlación de Reacción Inversa entre ambas enfermedades (Tabla 1).

**Tabla 1:** Coeficiente de correlación entre dengue y COVID-19, Quintana Roo

Coeficiente de correlación datos no acumulados	<b>-0.05</b>	<b>Si el coeficiente es cercano a cero, no existe correlación; las variables se mueven de manera independiente.</b>
Coeficiente de correlación datos acumulados	<b>-0.01</b>	Si el coeficiente es cercano a uno, hay correlación; las variables se mueven en el mismo sentido.  Si el coeficiente es cercano a menos uno, hay correlación; las variables se mueven en sentido inverso.

Nota 3: Elaboración propia

## Discusión

En algunas regiones de América Latina la ocurrencia simultánea de la pandemia de COVID-19 y la enfermedad del dengue en países endémicos de DENV (Dengue Virus), presentó retos y desafíos incalculables, al tener que enfrentar dos enfermedades complejas con características clínicas y diagnósticas compartidas como son la presencia de tos, fiebre, erupción



cutánea y fatiga, lo que dificulta diferenciar entre las dos infecciones virales y, en muchas ocasiones, ha sido conducente a diagnósticos erróneos.

Estas observaciones son las que han generado la hipótesis respecto a la posibilidad de que la exposición previa al DENV podría proporcionar inmunidad de protección cruzada contra la infección por SARS-CoV-2; es decir, que el SARS-CoV-2 tiene una similitud antigénica con el DENV y provoca anticuerpos que se detectan mediante pruebas serológicas contra el DENV.

No obstante, al respecto hay todavía muchas dudas, entre otras cosas porque la mayoría de los estudios se basan en kits de pruebas rápidas tomadas en los puntos de atención y, adicionalmente, algunos kits de pruebas rápidas tienen poca especificidad y pueden generar “falsos positivos”. Los resultados basados en pruebas serológicas tampoco han presentado pruebas contundentes que sean definitivas.

El panorama epidemiológico es el campo más alentador para el devenir de la hipótesis, sin embargo, aún con apego estricto a la metodología aplicada en Brasil para nuestra población objetivo no permite confirmar inmunidad cruzada en Quintana Roo.

Sin embargo, es preciso insistir en un esquema de variables que quizá pudieran confirmar o alentar investigaciones en otras direcciones o hibridación metodológica para responder a una problemática que aún está abierta y que precisa de la conjunción de esfuerzos multidisciplinarios para explicar la relación entre zonas con enfermedades endémicas y su posible incidencia en la producción de anticuerpos contra el SARS-CoV-2

## **Conclusiones**

La pandemia COVID-19 tuvo profundos impactos en la economía global, en los diversos sectores productivos y en los sistemas de salud. La pandemia dejó al descubierto la fragilidad de los sistemas hospitalarios y la ausencia de recursos en el sistema médico en países de África y de América Latina, a la vez que duplicó las cargas debido a la coexistencia de enfermedades endémicas tales como la malaria, el dengue, el VIH y la tuberculosis, entre otras.

En algunas regiones de América Latina la ocurrencia simultánea de la pandemia de COVID-19 y la enfermedad del dengue en países endémicos de DENV presentó retos y desafíos incalculables, al tener que enfrentar dos enfermedades complejas con características clínicas y diagnósticas compartidas como son la presencia de tos, fiebre, erupción cutánea y fatiga, lo que dificulta diferenciar entre las dos infecciones virales y, en muchas ocasiones, fue conducente a diagnósticos erróneos.

Estas observaciones son las que han generado la hipótesis respecto a la posibilidad de que la exposición previa al DENV podría proporcionar

inmunidad de protección cruzada contra la infección por SARS-CoV-2; es decir, que el SARS-CoV-2 tiene una similitud antigénica con el DENV y provoca anticuerpos que se detectan mediante pruebas serológicas contra el DENV.

No obstante, al respecto hay todavía muchas dudas, entre otras cosas porque la mayoría de los estudios se basan en kits de pruebas rápidas tomadas en los puntos de atención y, adicionalmente, algunos kits de pruebas rápidas tienen poca especificidad y pueden generar “falsos positivos”.

Los resultados sobre posible reacción cruzada serológica entre los anticuerpos SARS-CoV-2 y DENV-IgG (Virus Dengue- Inmunoglobulina G), utilizando ensayos avanzados que incluyen el inmunoensayo de quimioluminiscencia (CLIA) y la prueba de ensayo inmunoabsorbente ligado a enzimas (ELISA), tampoco han arrojado diferencias estadísticas significativas en la especificidad entre los sueros positivos para DENV-IgG y negativos para DENV-IgG (*valor de  $p = 1.00$* ).

El panorama, con respecto a la posible confirmación de la hipótesis, se ha visto mejor favorecida en el campo de la epidemiología mediante las experiencias en África y Brasil; sin embargo, para el ejercicio realizado en esta investigación, siguiendo la metodología del estudio en Brasil, no es posible hablar de inmunidad cruzada en Quintana Roo.

De acuerdo con los gráficos obtenidos, el resultado indica que hubo muchos casos de COVID y picos irregulares de dengue. Esto puede deberse a varios factores: es probable que, debido al apremio y al reto de estar ante un inédito, como fue la pandemia COVID-19, todos los esfuerzos e infraestructura hospitalaria estuvieron encaminados a la atención de pacientes con COVID con objeto de contener el brote. En consecuencia, se desatendieron los mecanismos de vigilancia epidemiológica a otras enfermedades transmitidas por vector, como fue el caso del dengue. Por lo tanto, los registros son inciertos. No obstante, quizá hubo algún tipo de inmunidad porque, como se observa en los gráficos de los acumulados, hubo muchos contagios del COVID, pero no en su expresión grave.

Para futuras investigaciones en Quintana Roo será necesario establecer investigaciones de laboratorio para determinar si la población reporta en pruebas de sangre anticuerpos por SARS-CoV-2, y si los anticuerpos provienen de contagios, como ha sido reportado para el caso de África, o bien, por otros virus, así como fortalecer los mecanismos de vigilancia sanitaria.

Teniendo en cuenta los esfuerzos de la comunidad científica en el ámbito mundial y la disposición de una amplia bibliografía, es preciso recalcar que todavía estamos ante una situación de mucha incertidumbre. Por ello será preciso, a efectos de comprobar la sugerente hipótesis de la inmunidad cruzada, trabajar en estudios multidisciplinarios y en la formación de médicos, biólogos, microbiólogos y epidemiólogos a fin de fortalecer la hipótesis, o

bien, dirigir el rumbo de las investigaciones hacia otros horizontes para enfrentar y prevenir este tipo de sucesos.

**Conflictos de intereses (obligatorio):** Los autores no declaran ningun conflicto de interes.

### References:

1. Andersen, K. G., Rambaut, A., Lipkin, W. I., Holmes, E. C. y Garry, R. F. (2020). *The proximal origin of SARS-CoV-2*. Nature Medicine 26, 450-452. <https://doi.org/10.1038/s41591-020-0820-9>
2. Cai, J., Sun, W., Huang, J., Gamber, M., Wu, J., y He, G. (2020). *Indirect virus transmission in cluster of COVID-19 cases, Wenzhou, China*. Emerging Infectious Diseases, 26(6):1343-5. doi:10.3201/eid2606.200412.
3. Centers for Disease Control and Prevention (2019). *Novel coronavirus (2019-nCoV) frequently asked questions and answers*. <https://www.cdc.gov/coronavirus/2019-ncov/faq.html>
4. Channappanavar, R., & Perlman, S. (2017). *Pathogenic human coronavirus infections causes and consequences of cytokine storm and immunopathology*. Semin. Immunopathol. 39:529-39.
5. Chen, S. C. & Hsieh, M. H. (2012). *Enfermedades Transmitidas por vector y cambio climatico*. Redalyc, Mèxico 2017. <https://www.redalyc.org/pdf/674/67453654012.pdf>
6. Chen, Y., Guo, Y., Pan, Y. & Zhao, Z. J. (2020). *Structure analysis of the receptor binding of 2019-nCoV*. Biochem. Biophys. Res. Commun., 525:(1):135-40, DOI: <https://www.doi.org/10.1016/j.bbrc.2020.02.071>
7. Cheng, M. y Mutsaka, F., (2021). *El misterio africano, el COVID no causó estragos. Noviembre 19-2021*, Los Angeles Times. <https://www.latimes.com/espanol/internacional/articulo/2021-11-19/el-misterio-africano-el-covid-19-no-causo-estragos>
8. Collado, V. M., Porras, R., Cutuli, M. T., Gómez-Lucía, E. (2008). *El sistema inmune innato y sus mecanismos*. Revista Complutense de Ciencias Veterinarias. 2(1):1-16
9. Díez, Francisco (2020). *Origen del SAR-CoV-2*. En Alcamí Pertejo J (coord.), Informes científicos Covid-19, Madrid: Instituto de Salud Carlos III.
10. Gobierno del Estado de Quintana Roo (2022). *Boletín epidemiológico Estatal 2022*, Servicios Estatales de Salud, Dirección de Servicios de Salud. <https://qroo.gob.mx/sites/default/files/unisitio2021/08/Boletin%20ePI%20covid19-Sem30%202021.pdf> [consulta: 7 de marzo, 2022].

11. Gobierno del Estado de Quintana Roo (2020). *Boletín epidemiológico estatal 2020*. Servicios Estatales de Salud, Dirección de Servicios de Salud.
12. Gobierno del Estado de Quintana Roo (2019). *Boletín Epidemiológico Estatal 2020*. Servicios Estatales de Salud, Dirección de Servicios de Salud.
13. Gómez Rivera, Ángel Salvador, Galicia Hernández, Yazmín, Aguirre-Crespo, Alejandra, Ruiz-Muñiz, Octavio, Sosa, Molina, Héctor y Suárez Fernández, Fernanda. *Perfil epidemiológico de la infección respiratoria por SARS-CoV-2*, Quintana Roo, México.  
<https://salud.qroo.gob.mx/revista/index.php/component/content/article?id=133>
14. Hu, W., Clements, A., Williams, G., Tong, S., y Mengersen, K. (2012). Spatial Patterns and Socioecological Drivers of Dengue Fever Transmission. <https://www.redalyc.org/pdf/674/67453654012.pdf>
15. Janeway, C. A., Travers, P., Walport, M., and Shlomchik, M. J. (2001). *Immunobiology (5th edition)*, New York and London: Garland Science.
16. Li, X., Geng, M., Peng, Y., Meng, L., Lu, S. (2020). *Molecular immune pathogenesis and diagnosis of COVID-19*. *J Pharmaceutical Analysis*, 10(2):102-8.
17. Marín-Sánchez, O., Vivas-Ruiz, D., Neira, M., Sandoval, G. A., Marín-Machuca, O. y Rodríguez-Landauro A. J., (2019). *Role of type I and type III interferons: A review of concepts*. *Ágora Revista Científica*, 06(2):e6.
18. Maroto-Vela, M. C. (2020). *SARS-CoV-2: Problemas e incertidumbres*, *Anales Ranm, Real Academia Nacional de Medicina de España*, número 137(02):98-103,  
doi: <http://dx.doi.org/10.32440/ar.2020.137.02.rev01>
19. Marrero, R. *Escándalo sobre el origen del COVID-19 salpica a altas esferas (2022)*. Enero 21-2022. *Diario Las Américas*.  
<https://www.diariolasamericas.com/eeuu/escandalo-origen-del-covid-19-salpica-altas-esferas-n4241184>
20. Ngere Isaac (2021). *High seroprevalence of SARS-CoV-2 but low infection ratio eight months after introduction in Nairobi, Kenya*, *International Journal of infectious diseases*, Vol. 112.
21. Nicolelis, Miguel A. L., Raimundo, Rafael L. G., Peixoto, Pedro S., y De Andreazzi, Cecília S. (2020). *How super-spreader cities, highways, hospital bed availability, and dengue fever influenced the COVID-19 epidemic in Brazil (2020)*, medRxiv  
2020.09.19.20197749. doi: <https://doi.org/10.1101/2020.09.19.20>.

22. Njenga, M. K., Dawa, J., Nanyingi, M., Gachohi, J., Ngere, I., Letko, M., Otieno, C. F., Gunn, B. M., y Osoro, E. (2020). *Why is there low morbidity and mortality of COVID-19 in Africa? The American Journal of Tropical Medicine and Hygiene*. Aug; 103(2):564–569. doi: 10.4269/ajtmh.20-0474.
23. O'Hara, A. M. & Shanahan, F. (2006). *The gut flora as a forgotten organ*. *EMBORep*;7(7):688-93.
24. Organización Panamericana de la Salud (2022). Dengue. <https://www.paho.org/es/temas/dengue> [consulta: 7 de marzo, 2022].
25. Organización Panamericana de la Salud (2021). [www.paho.org](http://www.paho.org)
26. Pambuccian, S. E. (2020). The COVID-19 pandemic: *implications for the cytology laboratory*, *J American Society Cytopathology*, 9(3):202-11
27. Paredes, N. (2020). *Coronavirus, qué hay detrás de la aparente resistencia del continente africano a la pandemia*, *BBC News Mundo*, en: <https://www.bbc.com/mundo/noticias-internacional-52575102>
28. Paredes, N. (2020). *Coronavirus en África: La sorprendente teoría que puede explicar el misterio de la baja tasa de mortalidad del Covid-19*, *BBC News Mundo*, en: <https://www.bbc.com/mundo/noticias-internacional-52575102>
29. Prompetchara, E., Ketloy, Ch., y Palaga, T. (2020). *Immune responses in COVID-19 and potential vaccines: Lessons learned from SARS and MERS epidemic*, *Asian Pac J Allergy Immunol.*, 38(1):1-9.
30. Richardson, P., Griffin, I., Tucker, C., Smith, D., Oechsle, O., Phelan, A., Rawling, M., Savory, E., y Stebbing, J. (2020). Baricitinib as potential treatment for 2019-nCoV acute respiratory disease, *Lancet*, 395(10241): 1906.doi:10.1016/S0140-6736(20)31376-3
31. Secretaría de Salud de México (2020). Dirección General de Epidemiología. Comunicado técnico diario. <http://www.gob.mx/salud/documentos/coronavirus-covid-19>. (consulta: 14 de abril, 2020)
32. Torres López J. (2020). *¿Cuál es el origen del SARS-CoV2? Revista Médica del Instituto Mexicano del Seguro Social*, <https://www.medigraphic.com/pdfs/imss/im-2020/ims201a.pdf>
33. Velandia, M. L. y Castellanos, J. E. (2011). *Virus del dengue, estructura y ciclo viral*, <http://www.scielo.org.co/pdf/inf/v15n1/v15n1a06.pdf>
34. Waggoner, J. J., et al. (2016). *Viremia and clinical presentation in nicaraguan patients infected with zika virus, chikungunya virus, and dengue virus*, *Clinical Infectious Diseases*, 63(12): pp. 1584-1590.
35. Whiteside, T. L. (2001a). *Isolation of human NK cells and generation of LAK activity*, *Curr. Protoc. Immunol, May, Chapter 7: Unit 7.7*.

36. Whiteside, T. L. (2001b) *Measurement of cytotoxic activity of NK/LAK cells. Curr. Protoc. Immunol, May, Chapter 7: Unit 7.18.*
37. Zumaya-Estrada, F. A., Martínez-Barnetche, J., Lavore, A., Rivera-Pomar, R., y Rodríguez, M. H. (2018). *Comparative genomics analysis of triatomines reveals common first line and inducible immunity-related genes and the absence of Imd canonical components among hemimetabolous arthropods, Parasites & Vectors, 11(1), 48.* <https://doi.org/10.1186/s13071-017-2561-2>

## **Determination of Optimum Speed of a Knitting Machine by Analyzing the Different Parameters**

***Mohammad Hosain Reza, M.Sc. in Textile Engineering, BUTEX***

***M.Engg. in Advanced Engineering Management, B.U.E.T.***

Associate Professor and Head, Department of Textile Engineering,  
Sonargaon University, Dhaka, Bangladesh

***Md. Kamal Hossain, B.Sc. in Textile Technology, D.U.***

Senior General Manager, Knit Asia Ltd.

117 / A Tejgaon, Dhaka, Bangladesh

[Doi:10.19044/esj.2022.v18n21p22](https://doi.org/10.19044/esj.2022.v18n21p22)

---

Submitted: 12 April 2022

Accepted: 01 June 2022

Published: 30 June 2022

Copyright 2022 Author(s)

Under Creative Commons BY-NC-ND

4.0 OPEN ACCESS

*Cite As:*

Karla Cárdenas J.M. & Trejo Albuern A.L. (2022). *Determination of Optimum Speed of a Knitting Machine by Analyzing the Different Parameters*. European Scientific Journal, ESJ, 18 (21), 22. <https://doi.org/10.19044/esj.2022.v18n21p22>

---

### **Abstract**

The objective of this research was to determine the optimum speed of a knitting machine. This study compared the different parameters of a knitting machine running at various speeds. For this, a knitting machine of 22-inch diameter and 24 gauge with 66 feeders knitting 24 Ne yarn was selected and was run at 40 rotations per minute (r.p.m.); 42 rotations per minute (r.p.m.); and 44 rotations per minute (r.p.m.) for total 24 hours for each speed. Data was collected for two days for 12 hours each. The different causes of stoppages were recorded with their frequencies and time for total of a 24 hours. Again, actual fabric production and the defective amount were recorded in kg. Moreover, different machine problems (like needle breakage, oil problem etc.) that occurred during the machine running was also recorded. Finally, the efficiency at different speeds was calculated with the help of calculated production and actual production of the knitting machine. Considering the stoppage data, machine efficiency, defective fabric production, and different machine problems, it was found that the optimum speed for the knitting machine is 40 rotations per minute among the three different speeds.

---



**Keywords:** Knitting machine, Yarn breakage, set-off, needle breakage, knitting machine efficiency, defective fabric, rotation per minute, optimum speed

## Introduction

The yarn is the raw material in the knitting section, and the fabric is the output. Like all other textile industries, the knitting section also demands high production. If the speed of a knitting machine is high the production is also high, just like all other machines. But experience says that the high speed of a machine may yield more production, but it leads to defective production, damage to the machine, and extra load on the operator. To avoid this, every machine is suggested to run at optimum speed. The knitting machine may run at various speeds. To avoid defective production, damage of machine and extra load on operator, speed must be optimum by sacrificing the extra amount of production. This determined the optimum speed of a knitting machine by analyzing the different parameters that involve the amount of the defective output, machine damage, and extra load on the operator. In their work, Pawar Hemraj et al. (n.d.) showed, the speed factor and its effect on the production and efficiency of the weft knitting machine and defective fabric. They showed that the speed of the machine plays an important role in fabric defects. Thus, an optimum speed should be maintained for optimum production. In this project speed alteration was made, and the various process parameters were then recorded. In their study, the machine speed was increased by 1 and 2 r.p.m. daily and a negative impact on the various parameters like fabric defects, yarn breakages, and needle defects was found. (Pawar Hemraj et al, n.d.)

Speed and number of feeders influence the amount of production significantly. The calculation of production of a single jersey knitting machine is as follows:

$$\frac{\text{Stitch length} \times \pi \times \text{machine dia} \times \text{gauge} \times \text{No.of feeder} \times \text{Machine R.P.M.} \times 60}{10 \times 2.54 \times 36 \times 840 \times \text{yarn count} \times 2.2046} \text{ kg / hour,}$$

(Spencer, n.d.)

According to the equation, if we increase the knitting machine r.p.m. the fabric production also increases.

The r.p.m. of a knitting machine depends on: (Iyer, Mammel, and Schach, n.d.)

- i. Type of machine.
- ii. Yarn count.
- iii. Stitch length.
- iv. Fabric structure.
- v. Needle gauge
- vi. Number of feeder. etc.



The speed of the knitting machine is adjusted by the recommendation of the machine manufacturer and on a trial and error basis. Here the speed factor plays a great role in the knitting machine speed. For this knitting machine, the speed factor was 1050. The speed of the machine was calculated by the following calculation:

$$\begin{aligned} & \frac{\text{Speed Factor of the Knitting machine}}{\text{Diameter of the knitting machine}} \times 0.90\% \\ & = \frac{1050}{22} \times 0.90 \\ & = 42.95 \text{ r.p.m.} \end{aligned}$$

From the calculation, the suggested speed of the knitting machine is 43 r.p.m. The study was made by collecting data by running the machine at 40 r.p.m.; 42 r.p.m. and 44 r.p.m. The purpose was to see whether the optimum speed for the knitting machine is less or more speed than the suggested speed.

## Methods

During analysis of the performance of knitting machine speed, a single machine of 22" diameter and 24 gauge with 66 feeders was selected. The machine was knitting cotton ring combed yarn of 24 Ne. There was no lycra yarn attached during knitting. The machine was run by varying its speed to 40 r.p.m.; 42 r.p.m. and 44 r.p.m. Then data was collected in a data collection sheet. For a particular knitting machine speed (r.p.m.), data was collected for 12 hours for two days. The data included no. of yarn breakages and time to repair, no. of set-offs and time to repair, various reasons for stoppages and their time, production every 12 hours, amount of defective fabric produced, etc. Data were collected for two days (for 12 hours each day) for each speed. In this way, data was collected for 24 hours for each machine's speed. For this study, a set of data was collected for three whole days from the knitting machine. Again, the efficiency of the knitting machine at the three different speeds was calculated from actual production and the calculated production of the knitting machine. Finally, the accumulated data were organized in tables and analyzed with the help of graphs. The obtained tables and graphs lead to conclude the optimum speed of the knitting machine.

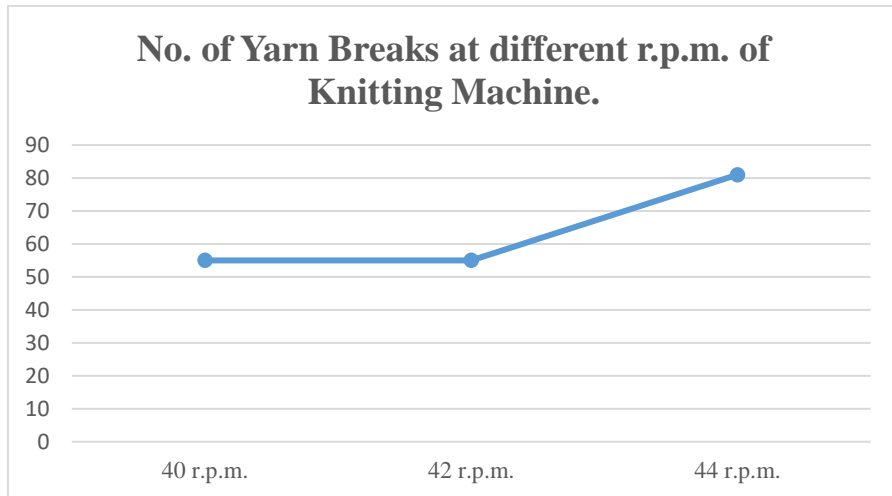
## Results

### *Knitting machine stoppage time due to yarn breakages:*

The following table shows the stoppage time and frequencies due to yarn breakages at different running speeds:

**Table 1:** Knitting machine stoppage time due to yarn breakages at different r.p.m.:

Machine speed	40 r.p.m.		42 r.p.m.		44 r.p.m.	
	No. of Yarn Breakage	Stoppage Time (Min)	No. of Yarn Breakage	Stoppage Time (Min)	No. of Yarn Breakage	Stoppage Time (Min)
Day 01 (12 hours)	28	30	31	31	34	32
Day 02 (12 hours)	27	30	24	24	47	47
<b>Total (24 hours)</b>	<b>55</b>	<b>60</b>	<b>55</b>	<b>55</b>	<b>81</b>	<b>79</b>



**Figure 1:** Number of yarn breaks at different r.p.m of knitting machine in 24 hours

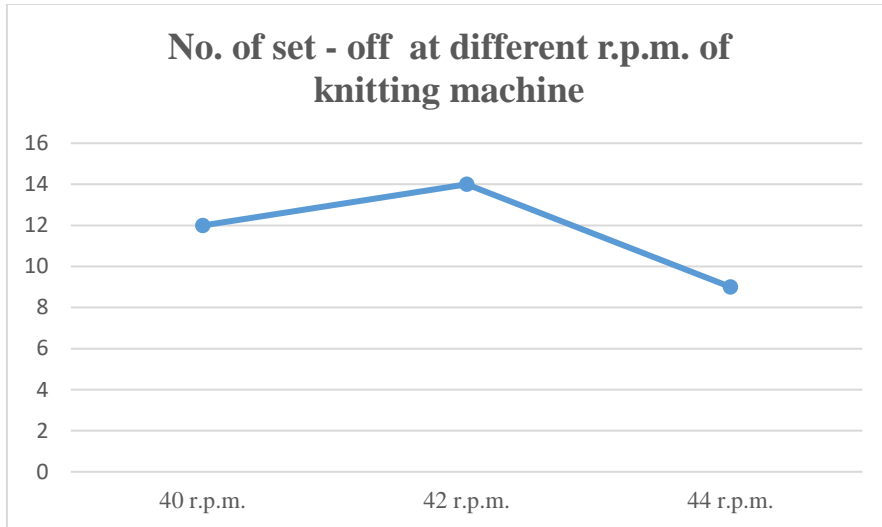
In table 1 and figure 1, it is seen that the number of yarn breakage at 40 r.p.m. and 42 r.p.m. is equal, which is 55. The maximum number of yarn breakage is 81 when the machine runs at 44 r.p.m.

*Knitting machine stoppage due to set-off:*

The following table shows the stoppage time and frequencies due to set – off in different running speeds:

**Table 2:** Knitting machine stoppage time and frequencies due to set–off at different r.p.m.

Machine speed	40 r.p.m.		42 r.p.m.		44 r.p.m.	
	No. of set-off	Stoppage Time (Min)	No. of set-off	Stoppage Time (Min)	No. of set-off	Stoppage Time (Min)
Day 01 (12 hours)	5	17	5	17	4	15
Day 02 (12 hours)	7	26	9	31	5	24
<b>Total (24 hours)</b>	<b>12</b>	<b>43</b>	<b>14</b>	<b>48</b>	<b>9</b>	<b>39</b>



**Figure 2:** Knitting machine stoppage time due to set-off at different r.p.m in 24 hours

In table 2 and figure 2, it is seen that the number of set-off at 40 r.p.m. is 12; at 44 r.p.m. it is a minimum of 9. The maximum number for set-off is 14 when the machine runs at 42 r.p.m.

*Knitting machine stoppages in minutes due to other reasons:*

**Table 3:** Knitting machine stoppage in minutes due to other reasons at different r.p.m. in 24 hours:

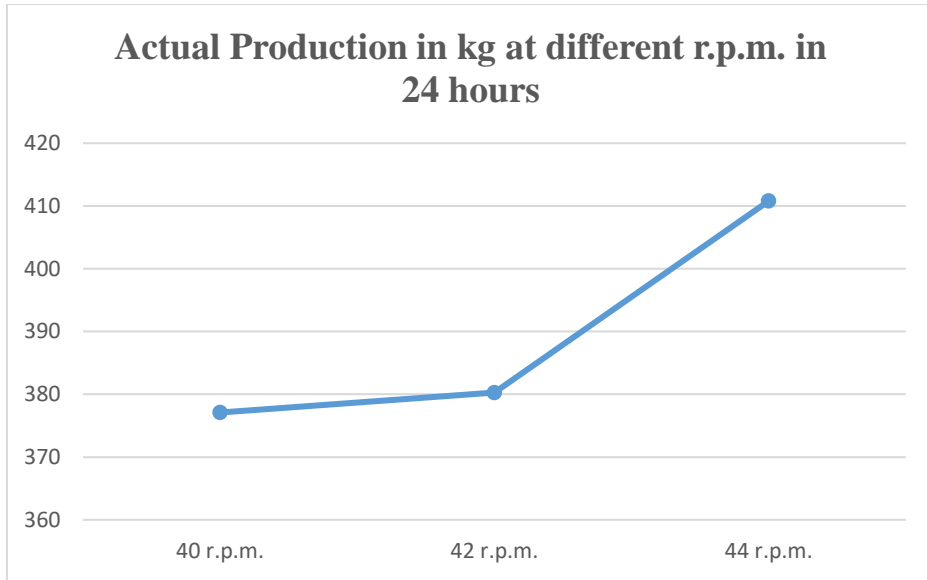
Machine speed	40 r.p.m.	42 r.p.m.	44 r.p.m.
Yarn joining	19	39	19
Needle broken	0	5	8
Oil problem	0	30	0
Machine cleaning	0	5	0
<b>Total</b>	19	79	<b>27</b>

In table 3, it is seen that due to yarn joining, the stoppage time was 19 minutes at 40 r.p.m., 39 minutes at 42 r.p.m. and 27 minutes at 44 r.p.m. Again, Needles broke when the speed was increased from 40 r.p.m. i.e., 42 r.p.m. and 44 r.p.m. Due to an oil problem the knitting machine was stopped for 30 minutes at 42 r.p.m. Finally, the knitting machine was stopped for 5 minutes for cleaning at 42 r.p.m.

*Actual Fabric production in kgs at different r.p.m. in 24 hours:*

**Table 4:** Actual Fabric production in kgs at different r.p.m. in 24 hours:

Machine speed	40 r.p.m.	42 r.p.m.	44 r.p.m.
Day 01 (12 hours)	185.9	189.5	206.6
Day 02 (12 hours)	191.2	190.8	204.2
<b>Total Actual Fabric Production in kg (24 hours)</b>	<b>377.1</b>	<b>380.3</b>	<b>410.8</b>



**Figure 3:** Fabric Production in kgs at different r.p.m.

Table 4 and figure 3 show that fabric production was 377.1 kgs at 40 r.p.m., 380.3 kgs at 42 r.p.m. and 410.8 kgs at 44 r.p.m. in 24 hours.

*Calculated production in kgs at different r.p.m. in 24 hours:*

From the equation,

$$\frac{\text{Stitch length} \times \pi \times \text{machine dia} \times \text{gauge} \times \text{No.of feeder} \times \text{Machine R.P.M.} \times 60}{10 \times 2.54 \times 36 \times 840 \times \text{yarn count} \times 2.2046} \text{ kg / hour}[1]$$

The calculated production was found at different r.p.m. at 24 hours. The calculated production is shown in table 5.

**Table 5:** Calculated production in kg at different r.p.m. in 24 hours:

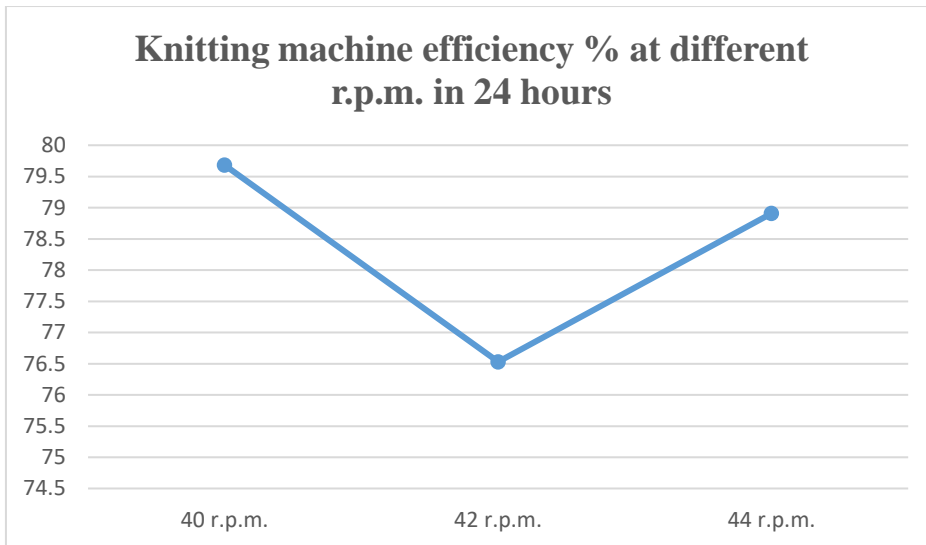
Machine Speed	40 r.p.m.	42 r.p.m.	44 r.p.m.
Calculated Production in kg	473.25	496.91	520.57

*Knitting machine efficiency at different r.p.m. in 24 hours:*

The knitting machine efficiency was calculated at a different speed from their respective calculated production and actual production in kgs in 24 hours. The data was tabulated in the following table:

**Table 6:** Knitting machine efficiency at different r.p.m. in 24 hours:

Machine speed	40 r.p.m.	42 r.p.m.	44 r.p.m.
Calculated production in kg in 24 hours	473.25	496.91	520.57
Actual Production in in kg in 24 hours	377.1	380.3	410.8
<b>Efficiency (measured in percent)</b>	<b>79.68</b>	<b>76.53</b>	<b>78.91</b>



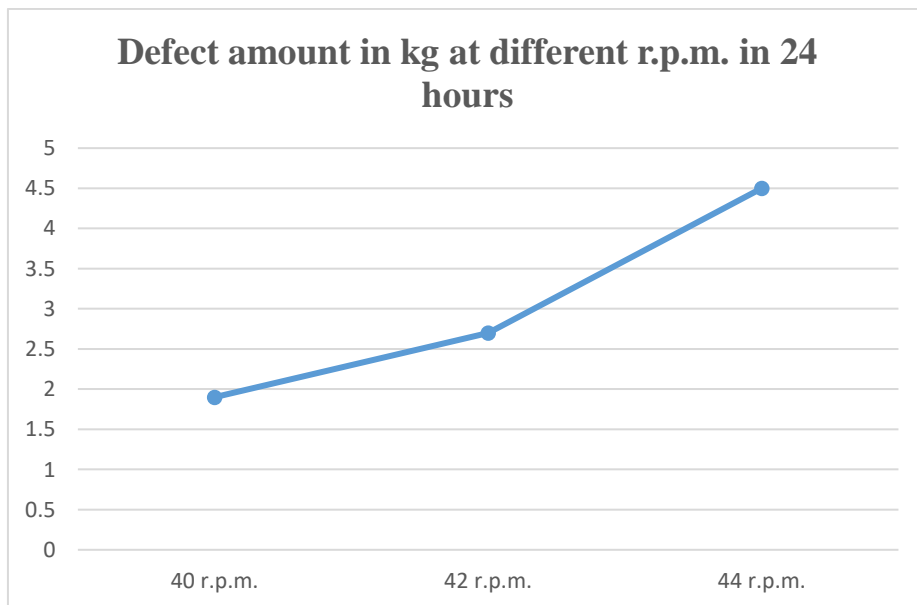
**Figure 4:** Knitting machine efficiency at different r.p.m. in 24 hours

Table 6 and figure 4 show that machine efficiency was maximum at 40 r.p.m. (79.68 %). When the speed increased to 42 r.p.m. the efficiency was reduced to 76.53 %. Finally, at 44 r.p.m. it was 78.91 %

*Defective Fabric produced in kgs at different r.p.m. in 24 hours:*

**Table 7:** Defective fabric produced in kgs in 24 hours

Machine speed	40 r.p.m.	42 r.p.m.	44 r.p.m.
Total Defect amount in kg	1.9	2.7	4.5



**Figure 5:** Defective fabric produced at different r.p.m. in 24 hours

Table 7 and figure 5 show that the defective fabric amount was 1.9 kgs at 40 r.p.m., 2.7 kgs at 42 r.p.m. and 4.5 kgs at 44 r.p.m. in 24 hours.

## Discussion

If we increase the speed of the knitting machine from 40 r.p.m. to 42 r.p.m. and higher, the following problems were realized:

*When the knitting machine was running at speed 42 R.P.M.*

1. The number of yarn breakage was 55, which consumed 55 minutes to repair. The frequency of yarn breakage was the same as 40 r.p.m.
2. The number of set-offs was 14. It was maximum frequency among the different r.p.m. It consumed 48 minutes to repair.
3. The efficiency was reduced to 76.53% from 79.68%. This was the minimum efficiency realized among the three different speeds.
4. Defect amount increased to 2.7 kgs from 1.9 kgs.
5. Knitting needle was broken during knitting and an oil problem occurred.

*When the knitting machine was running at speed 44 R.P.M.*

1. The number of yarn breakage was 81, which is the maximum among the data. It consumed 79 minutes to repair. The knitting machine operator was more engaged in improving the yarn breaks.
2. The number of set-offs was 9, which is the minimum among the data. It consumed 39 minutes to repair the nine set-offs.
3. The efficiency was 78.91% which was less than 79.68%.at 40 r.p.m.
4. Defect amount increased to 4.5 kgs, which is the maximum among the data.
5. Knitting machine needle was broken more frequently than at speed 42 R.P.M.

*Decisions on the optimum speed of the Knitting Machine:*

From the above discussions we can conclude that 40 r.p.m. is the optimum speed because:

1. There are 55 yarn breaks at 40 r.p.m and 42 r.p.m. At 44 r.p.m. it was 81. This means less workload on the knitting machine operator at 40 and 42 r.p.m. But it was increased to 81 at 44 r.p.m. This engaged the knitting machine operator to repair it.
2. It was observed that the maximum number of set-offs occurred at 42 r.p.m., which was 14. At 40 r.p.m. it was 12. Finally, at 44 r.p.m. it was 9, which is the minimum in the data table.
3. Machine efficiency was maximum at 40 r.p.m. (79.68 %). When the speed increased to 42 r.p.m. the efficiency was reduced to 76.53 %. Finally, at 44 r.p.m. it was 78.91 %.

4. The defective fabric produced after the knitting is regarded as hard waste. This defective fabric cannot be corrected and will cause a total loss of yarn that was used to produce the fabric. At 40 r.p.m., the least amount of defective fabric was produced. This means less wastage of yarn and utilities of the knitting section. But when the r.p.m. was increased to 42 and 44 r.p.m., the defective fabric amount increased to 2.7 kgs and 4.5 kgs, respectively.
5. The needle started to break, and an oil problem occurred when the knitting machine speed was increased to 42 r.p.m. Again at 44 r.p.m., the needle also broke.

## Conclusion

The optimum speed helps to realize less wastage of yarn with optimum production and efficiency, less workload per operator, and fewer machine problems. The study found that number of yarn breaks was maximum at 44 r.p.m. and was equal at 40 and 42 r.p.m. Set-off was minimum at 44 r.p.m. and maximum at 42 r.p.m. At 40 r.p.m., it was at the medium among the three data. The knitting machine efficiency was maximum at 40 r.p.m. At 42 r.p.m. it was a minimum. At 44 r.p.m. a reduced efficiency was realized than 40 r.p.m. The maximum amount of defective fabric was produced at 44 r.p.m. and it was a minimum at 40 r.p.m. At 42 r.p.m., it showed a medium amount in the table. Finally, it was found that the knitting needles started to break, and oil problems occurred beyond the 40 r.p.m.

Considering the number of yarn breaks, set-off, efficiency, amount of defective fabric produced, needle breakages, and oil problems the optimum speed for the knitting machine is 40 r.p.m. among the three different speeds.

## References:

1. Corbman, B. P., (1983). *Textiles Fiber to Fabric*, (6<sup>th</sup> ed.), McGraw-Hill International Editions.
2. Iyer, Mammel, & Schach, (2004). *Circular Knitting*, (2<sup>nd</sup> ed.), Meisenbach GmbH, Bamberg, Germany.
3. McIntyre, J E & Daniels P N, (1997). *Textile Terms and Definition*, (10<sup>th</sup> ed.), Textile Institute, Manchester.
4. Hemraj, P., Raichukar P.P., Shulka A., Yadav R., & Tarkeshwari S., (n.d.) *A study on improving the Knitting Machine Efficiency*, <https://www.fibre2fashion.com/industry-article/5667/a-study-on-improving-the-knitting-machine-efficiency>
5. Spencer, D. J., (2001). *Knitting Technology*, (3<sup>rd</sup> ed.), Woodhead Publishing Limited, Cambridge, England.



ESJ Natural/Life/Medical Sciences

## Évaluation de la Satisfaction des Femmes ayant reçu une Consultation Périnatale dans Les Formations Sanitaires en République Démocratique du Congo

*Ntwali Matabaro Patrick*

Alerte Santé Pour l'Espérance de Vie (ALSEV)

Département des Sciences de la Population et du Développement,  
Université de Kinshasa, RDC

[Doi:10.19044/esj.2022.v18n21p31](https://doi.org/10.19044/esj.2022.v18n21p31)

Submitted: 03 February 2022

Accepted: 04 June 2022

Published: 30 June 2022

Copyright 2022 Author(s)

Under Creative Commons BY-NC-ND

4.0 OPEN ACCESS

*Cite As:*

Ntwali M.P. (2022). *Évaluation de la Satisfaction des Femmes ayant reçu une Consultation Périnatale dans Les Formations Sanitaires en République Démocratique du Congo*. European Scientific Journal, ESJ, 18 (21), 31. <https://doi.org/10.19044/esj.2022.v18n21p31>

### Résumé

Objectif : Cette étude vise à évaluer le degré de satisfaction des femmes ayant reçu une Consultation Périnatale (CPN) et d'examiner les facteurs associés à leur insatisfaction quant à la qualité des services de consultation périnatale dans des formations sanitaires du pays. Méthodes : Les données de la première Enquête nationale d'Évaluation des Prestations des Services de Santé (EPSS) menée entre 2017 et 2018 en République Démocratique du Congo (RDC) ont été utilisées. Cinq mille neuf cent vingt-neuf (5929) femmes âgées de 10 à 49 ans du service de CPN ont été interrogées à la sortie de la formation sanitaire sur la qualité des services reçus pendant la consultation dans 1 412 formations sanitaires du pays sélectionnées par échantillonnage probabiliste. Un modèle de régression logistique multivariée a été appliqué pour examiner les facteurs associés à la non-satisfaction des femmes en CPN. Résultats : Des taux d'insatisfaction de 14% ont été observés en ce qui concerne l'interaction avec le prestataire et l'intimité de la consultation. Le temps d'attente était perçu comme un problème par 30% des femmes. Le risque pour une femme de ne pas être satisfaite de la qualité de services en CPN était plus élevé chez les femmes de 45 ans que chez celles moins âgées. De même, les femmes enquêtées étaient plus susceptibles de se déclarer non satisfaites de la qualité des services de CPN reçus dans les



formations sanitaires publics que dans les formations sanitaires privés. En ce qui concerne le temps d'attente avant la consultation, l'insatisfaction était plus élevée chez les femmes résidant en milieu urbain (34%) que chez celles du milieu rural (28%). L'effet du type de formation sanitaire est apparu statistiquement significatif pour expliquer la non-satisfaction des femmes sur la qualité de l'interaction avec le prestataire et l'intimité de la consultation. En effet, la non-satisfaction des femmes en CPN était plus forte dans les centres de santé que dans les hôpitaux et cliniques. Conclusion: L'étude a permis de montrer que la qualité perçue varie selon le type de formation sanitaire considéré. Les lacunes observées dans les formations sanitaires publics et les centres de santé devraient faire l'objet d'une attention particulière de la part des pouvoirs publics et des planificateurs sanitaires d'autant plus ces établissements restent les principaux prestataires de soins pour la population, en général, et pour les femmes défavorisées, en particulier. Les administrateurs des formations sanitaires devraient mieux organiser leurs services, surtout dans les milieux urbains, cela pour permettre de réduire les temps d'attente et satisfaire au mieux les femmes. Il est impérieux que des recherches complémentaires sur la satisfaction des femmes en CPN soient menées afin de déceler les obstacles socioculturels liés à la satisfaction des femmes quant à la qualité des services.

---

**Mots-clés** : Qualité perçue, services de santé, consultation prénatale, satisfaction

---

## **Evaluation of the Satisfaction of Women who have received an Antenatal Care in Health Facilities in the DRC**

*Ntwali Matabaro Patrick*

Alerte Santé Pour l'Espérance de Vie (ALSEV)

Département des Sciences de la Population et du Développement,  
Université de Kinshasa, RDC

---

### **Abstract**

**Objective:** This study aims to assess the degree of satisfaction of women who received an antenatal care (ANC) and to examine the factors associated with their dissatisfaction with the quality of prenatal consultation services in health facilities in the country. **Methods:** Data from the first National Health Services Evaluation Survey (EPSS) conducted between 2017 and 2018 in the Democratic Republic of Congo (DRC) were used. Five thousand nine hundred and twenty-nine (5,929) women aged 10 to 49 from the ANC department were interviewed on leaving the health facility about the

quality of services received during the consultation in 1,412 health facilities in the country selected by probability sampling. A multivariate logistic regression model was applied to examine factors associated with women's dissatisfaction with ANC. Results: Dissatisfaction rates of 14% were observed regarding the interaction with the provider and the intimacy of the consultation. Waiting time was perceived as a problem by 30% of women. The risk for a woman of not being satisfied with the quality of ANC services was higher among women aged 45 than among those younger. Similarly, the women surveyed were more likely to report being dissatisfied with the quality of ANC services received in public health facilities than in private health facilities. Regarding the waiting time before the consultation, dissatisfaction was higher among women residing in urban areas (34%) than among those in rural areas (28%). The effect of the type of health facility appeared to be statistically significant in explaining the women's dissatisfaction with the quality of the interaction with the provider and the intimacy of the consultation. Indeed, women's dissatisfaction with ANC was higher in health centers than in hospitals and clinics. Conclusion: The study showed that the perceived quality varies according to the type of health facility considered. The shortcomings observed in public health facilities and health centers should be the subject of particular attention on the part of the public authorities and health planners, all the more so these establishments remain the main providers of care for the population, in general, and for disadvantaged women in particular. Administrators of health facilities should better organize their services, especially in urban areas, to help reduce waiting times and better satisfy women. It is imperative that additional research on the satisfaction of women in ANC be carried out in order to detect the socio-cultural obstacles linked to the satisfaction of women with the quality of services.

---

**Keywords:** Perceived quality, Health services, ANC, Satisfaction

## **Introduction**

Malgré des avancées considérables en termes de couverture sanitaire mises en lumière lors de l'évaluation du Plan National de Développement Sanitaire (PNDS) 2011-2014, notamment l'augmentation de la proportion des centres de santé offrant un paquet minimum d'activités (PMA), la faible couverture sanitaire et la qualité des services offerts demeurent l'un des problèmes prioritaires de prestation des services de santé en République Démocratique du Congo, RDC (Ministère de la Santé Publique, 2020). Si la problématique de l'augmentation de la proportion des centres de santé a été au cœur de l'action de l'État et de ses partenaires ces dernières années (OMS, 2019a), la seconde préoccupation, tout aussi importante, est souvent reléguée au second plan. Cela empêche que les progrès de la couverture sanitaire se

traduisent automatiquement par une amélioration de la santé de la population (OMS, 2019a).

Par ailleurs, la qualité des services et de soins de santé est trop souvent appréhendée sous le seul angle de la formation technique et de la compétence des prestataires. La prise en compte de l'appréciation des services de soins par l'utilisateur est un élément qui reste encore trop négligé par les praticiens et les politiques publiques (Vanninouse, 2004). En effet, même les enquêtes démographiques et de santé ne collectent pas les données relatives à l'appréciation des services par les usagers. La considération de l'avis des usagers comme composante de l'évaluation de la qualité de services de santé s'inscrit dans un contexte global de valorisation de la place de l'utilisateur dans l'organisation du système de santé. Une telle démarche est incontournable pour permettre l'amélioration continue de l'offre et de l'efficacité des services et soins de santé mais aussi d'accroître l'utilisation des services par la population (Cote et McNeil, 1995 ; Lopez et al., 2007).

Le résultat d'un service de santé rendu à un patient ne peut pas être défini seulement par le prestataire dont l'avis autorisé serait le seul pertinent. La satisfaction de l'utilisateur doit être considérée comme faisant partie de ce résultat. D'ailleurs, l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS), dans sa définition de l'évaluation de la qualité des soins a consacré cette position<sup>1</sup>. En plus, l'essor des technologies de l'information et d'internet fait que les gens sont de plus en plus informés sur les sujets qui touchent à la santé, cela les rend très regardant sur la qualité des services de santé offerts (Bovier et al., 2004). C'est ainsi que l'OMS appelle à « un engagement vigoureux en faveur du développement de services de santé de haute qualité centrés sur la personne ». Cette institution recommande au personnel de santé de « considérer les patients comme des partenaires dans la délivrance des soins », car les Objectifs du Développement Durable (ODD) qui concernent la santé ne pourront être atteints uniquement grâce aux résultats obtenus au regard de certaines maladies ou à des réformes financières (OMS, 2019a).

En Afrique, le taux de recours à la consultation prénatale demeure faible (45%) comparativement aux autres continents tels que l'Europe (97%) et les Amériques (95%) (OMS, 2012). En 2016, ce taux était seulement de 48% en RDC (Ministère de la Santé, 2016). A l'inverse, le niveau de mortalité

---

<sup>1</sup> « L'évaluation de la qualité des soins doit permettre de garantir à chaque patient l'assortiment d'actes diagnostiques et thérapeutiques qui lui assurera le meilleur résultat en termes de santé, conformément à l'état actuel de la science médicale, au meilleur coût pour un même résultat, au moindre risque iatrogénique **et pour sa plus grande satisfaction en termes de procédures, de résultats et de contacts humains** à l'intérieur du système de soins...c'est une procédure scientifique et systématique. ». Cité par Ecole nationale de la santé publique de Rennes (2002), la qualité des soins : une affaire de point de vue. Module interprofessionnel de santé publique.p.6

maternelle est très élevé en RDC, soit 846 décès pour 100 000 naissances (Ministère de la Santé Publique, 2015). Selon certains auteurs, ce taux de mortalité maternelle élevé dans les pays en développement (OMS, 2019b) pourrait aussi se justifier par le fait que certains facteurs relatifs à l'offre, notamment la qualification du personnel sanitaire influencent directement le risque de décès de la mère pendant l'accouchement ou quelques jours après, en cas de complications (Pruhal et al., 2004 ; Aka et al., 2016).

Or, les ménages constituent la seconde source de financement des soins de santé en RDC à hauteur de 40% des fonds, derrière l'aide étrangère (50%), et loin devant l'État qui n'apporte que 10% (PNDS 2015-2020). Cela constitue un lourd fardeau pour une population qui subit déjà de nombreux problèmes d'ordre socio-économique et qui, devient de plus en plus exigeant en termes de qualité de services reçus (Kes et al., 2018). La prise en compte de la satisfaction de l'utilisateur dans l'évaluation des services de santé est d'autant plus nécessaire que plusieurs auteurs ont démontré le lien entre l'insatisfaction par rapport à la qualité des services reçus et la non utilisation des services de santé (Fournier & Haddad, 1995 ; De-Banguirys et al., 2015 ; Niang et al., 2015).

D'où l'intérêt d'évaluer la qualité de l'offre de soins prénataux en analysant aussi bien le point de vue des prestataires que celui des femmes en CPN. C'est en ce sens que cette étude se propose d'évaluer le degré de satisfaction des femmes en CPN pendant le processus de soins et d'identifier les facteurs associés à leur insatisfaction.

## **Méthodologie**

### **➤ Type d'étude**

C'est une étude descriptive transversale basée sur l'exploitation secondaire des données de l'Enquête sur les Prestations des Services de Santé (EPSS).

### **➤ Cadre et période de l'étude**

L'EPSS a été menée du 16 octobre 2017 au 20 avril 2018 dans les 26 provinces de la RDC. Cette enquête est la première du genre en RDC. Elle a été conduite par l'Ecole de Santé Publique de l'Université de Kinshasa avec pour objectif général de collecter des informations sur la qualité des prestations des services de soins de santé en RDC y compris dans les services de consultation prénatale. Pour l'EPSS RDC 2017-2018, quatre types de questionnaires ont été utilisés pour la collecte des données. Pour la présente étude, C'est le questionnaire pour les interviews des femmes à la sortie des consultations qui a servi de base.

### ➤ **Présentation des données exploitées**

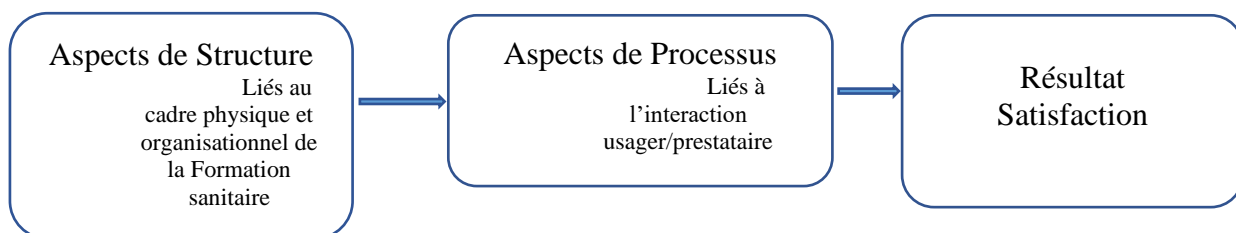
Les données collectées sont de type quantitatif. Au total, 1 380 formations sanitaires ont été sélectionnées par échantillonnage probabiliste à raison d'environ 50 formations sanitaires en moyenne par province. La répartition du nombre exact des formations sanitaires (FOSA) par province était fonction du poids de la province en nombre total de formations sanitaires. Globalement, 5 929 femmes ayant reçu un service de CPN ont été interrogées à l'aide d'un questionnaire à la sortie de la formation sanitaire sur la qualité des services reçus pendant la consultation. Les questions posées portaient sur leur perception des conditions dans lesquelles s'était déroulée la consultation et sur leur niveau de satisfaction. Ces interviews de sortie étaient réalisées par des enquêteurs autres que le personnel qui avait mené la CPN des femmes.

**Tableau 1** : Répartition de l'échantillon des femmes interrogées à la sortie de la CPN

	CPN	N	Pourcentage
Type de formation sanitaire	Hôpital tertiaire / provincial	47	0,8
	Hôpital général de référence	2211	37,3
	Hôpital / centre hospitalier / clinique	525	8,9
	Centre de santé de référence	1003	16,9
	Centre de santé	2143	36,1
	Total	5929	100,0
Mode de gestion de la formation sanitaire	Publique	3704	62,5
	ONG/ Privé sans but lucratif	193	3,3
	Privé lucratif	613	10,3
	Privé confessionnel	1418	23,9
	Total	5928	100,0
	Missing	1	0,0
	Total	5929	100,0

### ➤ **Variables de l'étude**

En se référant au modèle conceptuel de Donabedian (1980), la qualité de services a été mesurée en termes de résultat de prestation à travers la satisfaction de la femme. En effet, l'auteur soutient que la satisfaction de l'utilisateur d'un service de santé est influencée par son appréciation des aspects liés à la structure et au processus de soins.



**Figure 1** : Modèle de Donabedian (1980)

Dans cette étude, seule la dimension de la qualité des services liée aux interactions entre la femme et le prestataire (aspects de processus) est analysée, car cet aspect revêt beaucoup plus d'importance aux yeux des femmes que les aspects de structure (Fesseha et al., 2014 ; Njong et Tchouapi, 2020).

Cette dimension est constituée des trois variables suivantes :

1. **L'interaction de la femme avec le prestataire** : cette variable rend compte de la satisfaction de la femme quant à la bonne disposition du prestataire à discuter des problèmes ou des préoccupations concernant sa grossesse ;
2. **L'intimité au cours de la consultation** : il est question de la satisfaction de la femme sur le respect du cadre intime de la consultation ;
3. **Le temps d'attente avant la consultation** : il s'agit de la satisfaction de la femme quant au temps qu'elle a passé avant d'être reçue en consultation par le prestataire.

Ces variables ont été mesurées via une échelle d'appréciation allant de 1 à 3, avec 1= Très insatisfaite, 2= Pas vraiment satisfaite et 3= Très satisfaite. Pour le besoin de l'étude et pour palier le problème de sous-effectif de la dernière catégorie, elles ont été rendues dichotomiques.

Le tableau 2 présente les variables qui ont permis la collecte des données exploitées dans cette recherche selon leurs rôles dans l'analyse de données.

**Tableau 2** : Les variables de l'étude

Variables	Définition	Modalités
	Variables dépendantes	
1. Interaction femme/prestataire(X202\$02)	Satisfaction de la femme quant à la bonne disposition du prestataire à discuter des problèmes ou des préoccupations liés à sa grossesse.	1. Oui 2. Non
2. Respect de l'intimité en consultation (X202\$04)	Satisfaction de la femme par rapport au cadre intime de la consultation.	1. Oui 2. Non
3. Temps d'attente avant la consultation (X202\$01)	Satisfaction de la femme sur le temps passé avant d'être reçu en consultation par le prestataire.	1. Oui 2. Non
	Variables indépendantes	
Autorité de gestion de la formation sanitaire (MGA)	L'autorité de gestion de la FOSA	1. Privé 2. Public

Type de formation sanitaire (FACTYPE)	Type de FOSA selon la hiérarchie du système de santé de la RDC	1. Centre de santé 2. Hôpitaux/cliniques
Milieu de résidence (FTYPE)	Milieu de résidence de la femme	1. Urbain 2. Rural
Age des femmes (X302)	L'âge au dernier anniversaire déclaré par la femme	1. 15 -19 ans 2. 20-24 ans 3. 25-29 ans 4. 30-34 ans 5. 35-39 ans 6. 40-44 ans 7. 45 ans et plus
Niveau d'instruction des femmes (X304)	Dernier diplôme déclaré au moment de l'EPSS	1. Sans instruction 2. Primaire 3. Secondaire 4. Universitaire

La variable « type de formation sanitaire » a été originellement mesurée en 5 modalités : 1. Centre de santé, 2. Centre de santé de référence, 3. Hôpital général de référence, 4. Hôpital/centre hospitalier/clinique, 5. Hôpital tertiaire. Celles-ci ont été regroupés en centres de santé et Hôpitaux/cliniques, selon la hiérarchie du système de santé de la RDC. De même pour la variable « autorité de gestion » dont les modalités : ONG/ Privé sans but lucratif, Privé lucratif, et Privé confessionnel ont été regroupé pour constituer la modalité des formations privés.

### ➤ **Analyse statistique des données**

Toutes les analyses statistiques ont été faites en utilisant le logiciel SPSS version 26.0. Aussi, nous avons réalisé une analyse bivariée afin d'évaluer la satisfaction des femmes en CPN selon quelques caractéristiques des formations sanitaires et des femmes. Un test de Khi-deux de Pearson a été utilisé pour inférer les résultats. En outre, un modèle de régression logistique multivariée a été appliqué à ces données pour rendre compte des facteurs associés à la non-satisfaction des femmes de la CPN. A cet effet, les variables indépendantes retenues comme facteurs susceptibles d'expliquer l'insatisfaction des femmes en CPN étaient, d'une part, les caractéristiques institutionnelles, à savoir : « le type de formation sanitaire » et « l'autorité de gestion de la formation sanitaire », et d'autre part, les caractéristiques sociodémographiques des femmes, notamment « l'âge », « le milieu de résidence » et « le niveau d'instruction ». Ces Variables indépendantes ont été introduites dans le modèle pour chacune des trois variables dépendantes par la méthode sélective descendante de Wald (1945). Il s'agit d'une démarche dit pas à pas qui consiste à éliminer les variables du modèle de façon progressive



en se basant sur la probabilité statistique d'Abraham Wald (1947). Le critère d'entrée pour une variable est de 0,05 et le critère de sortie est de 0,10. Il est à noter que les femmes âgées de 10 à 14 ans ont été exclues des analyses car elles ne représentaient que 19 observations. Seules les observations n'ayant pas de réponses manquantes sur toutes les variables de l'étude ont été considérées pour les analyses.

## Résultats

### Évaluation de l'insatisfaction des femmes en CPN

Le tableau 3 présente le niveau de satisfaction des femmes sur le plan de leur interaction avec le prestataire de service. Au total 14% des femmes se sont déclarées insatisfaites de leur interaction avec le prestataire. Toutefois, des variations significatives selon l'âge et le milieu de résidence des femmes et selon le type de formation sanitaire ont été observées. En effet, la non-satisfaction était plus forte chez les femmes de jeune âge (15-19 ans) et celles d'âge de fin de vie féconde (45 ans et plus), avec respectivement 14% et 26% ( $P < 0,001$ ). Par ailleurs, les résultats présentés dans le tableau 3 mettent en exergue que ce sont les femmes reçues dans les formations sanitaires publiques (16%) qui se déclaraient plus insatisfaites quant à l'interaction avec leur prestataire que celles consultées dans les formations privées (10%). Cette disparité était significative au seuil de 0.001.

**Tableau 3** : Proportion des femmes en CPN non satisfaites de leur interaction avec le prestataire

Caractéristiques des femmes et des formations sanitaires		Interaction femme/prestataire			P-value
		Effectif total	Effectif des non satisfaites	Pourcentage (%)	
Age (ans)	15-19	884	126	14,3	0,001
	20-24	1127	159	14,1	
	25-29	962	126	13,1	
	30-34	753	92	12,2	
	35-39	354	40	11,3	
	40-44	112	12	10,7	
	≥ 45	293	75	25,6	
Niveau d'instruction	Sans instruction	811	105	12,9	0,552
	Primaire	1330	187	14,1	
	Secondaire	2100	308	14,7	
	Supérieur/Universitaire	244	30	12,3	
	Urbain	1372	168	12,2	0,021



Milieu de résidence	Rural	3113	462	14,8	
Autorité de gestion de la FOSA	Publique	2834	454	16,0	0,000
	Privée	1651	176	10,7	
Type de formation sanitaire	Centres de santé	2361	375	15,9	0,000
	Hôpitaux/Cliniques	2124	255	12,0	
Total		<b>4485</b>	<b>630</b>	<b>14,0</b>	

L'analyse du tableau 4 révèle que près de 14% des femmes se disaient non satisfaites de l'intimité lors de la consultation quand la conversation avait eu lieu. Comme pour l'interaction avec le prestataire, la non-satisfaction était plus forte chez les femmes plus âgées. Il est également ressorti que les femmes reçues dans les hôpitaux et cliniques étaient plus insatisfaites (16%) que les femmes reçues dans les centres de santé (13%). Cette variation de la satisfaction était significative au seuil de 0,001.

**Tableau 4 :** Proportion des femmes en CPN non satisfaites de l'intimité au cours de la consultation

Caractéristiques des femmes et des formations sanitaires		Effectif total	Intimité de la consultation Effectif des non satisfaites	Pourcentage (%)	P-value
Age (ans)	15-19	888	127	14,3	0,000
	20-24	1129	143	12,7	
	25-29	962	140	14,6	
	30-34	752	100	13,3	
	35-39	354	39	11,0	
	40-44	112	10	8,9	
	≥ 45	293	76	25,9	
Niveau d'instruction	Sans instruction	810	113	14,0	0,994
	Primaire	1333	191	14,3	
	Secondaire	2103	296	14,1	
	Supérieur/Universitaire	244	35	14,1	
	Urbain	1376	165	12,0	0,006

Milieu de résidence	Rural	3114	470	15,1	
Autorité de gestion de la FOSA	Publique	2835	464	16,4	0,000
	Privée	1655	171	10,3	
Type de formation sanitaire	Centres de santé	2365	368	15,6	
	Hôpitaux/Cliniques	2125	267	12,6	0,004
Total		<b>4490</b>	<b>635</b>	<b>14,1</b>	

En ce qui concerne la satisfaction de la femme par rapport au temps d'attente avant la consultation, les résultats du tableau 5 indiquent qu'environ 30% des femmes en CPN se déclaraient insatisfaites de ce temps d'attente. Entre ces différentes femmes, les femmes du milieu urbain étaient encore plus insatisfaites (34%) que celles du milieu rural (28%). Cette variation était significative au seuil de 0,001.

**Tableau 5 :** Proportion des femmes en CPN non satisfaites du temps d'attente avant la consultation

Caractéristiques des femmes et des formations sanitaires		Effectif total	Temps d'attente avant d'être reçu Effectif des non satisfaites	Pourcentage	P-value
Age (ans)	15-19	887	274	30,9	0,016
	20-24	1129	325	28,8	
	25-29	962	287	29,8	
	30-34	713	236	31,3	
	35-39	353	89	25,2	
	40-44	112	26	23,2	
	≥ 45	292	109	37,3	
Niveau d'instruction	Sans instruction	810	235	29,0	0,062
	Primaire	1331	372	27,9	
	Secondaire	2103	653	31,1	
	Supérieur/Universitaire	244	86	35,2	
Milieu de résidence	Urbain	1377	464	33,7	0,000
	Rural	3111	882	28,4	

Autorité de gestion de la FOSA	Publique	2832	882	31,1	0,027
	Privée	1656	464	28,0	
Type de formation sanitaire	Centres de santé	2364	688	29,1	0,171
	Hôpitaux/Cliniques	2124	658	31,0	
Total		<b>4488</b>	<b>1352</b>	<b>30,0</b>	

### Facteurs associés à l'insatisfaction des femmes quant à l'interaction avec le prestataire

Pour la compréhension des facteurs associées à l'insatisfaction des femmes quant à l'interaction avec le prestataire, les analyses faites montrent que les femmes de 45 ans et plus étaient près de deux fois plus susceptibles d'être insatisfaites de la qualité de leur interaction avec le prestataire que celles de moins de 35 ans ( $P < 0,01$ ) (Tableau 6). Le niveau d'insatisfaction tendait à augmenter avec le niveau d'instruction car les femmes de niveau primaire et secondaire avaient 1,3 et 1,6 fois plus de chance de se déclarer non satisfaites de leur interaction avec le prestataire que les femmes qui étaient sans instruction ( $P < 0,05$ ). Enfin, les résultats du tableau attestent que les femmes étaient 0,6 fois moins susceptibles de se déclarer non satisfaites de leur interaction avec le prestataire dans les formations privées que dans les formations publiques ( $P < 0,01$ ).

**Tableau 6 :** Facteurs associés à l'insatisfaction des femmes par rapport à l'interaction avec le prestataire

Variables	Modalités	B	P-value	Odds ratio
Age (ans)	15-19	-0,08	0,949	0,992
	20-24			Référence
	25-29	-0,046	0,724	0,955
	30-34	-0,138	0,328	0,871
	35-39	-0,197	0,300	1,821
	40-44	-235	0,461	0,790
	≥ 45	0,833	0,000	2,299***
Niveau d'instruction	Sans instruction			Référence
	Primaire	0,276	0,043	1,318**
	Secondaire	0,487	0,000	1,628***
	Supérieur	0,396	0,09	1,485
Milieu de résidence	Urbain			Référence
	Rural	0,104	0,330	1,109

Type de FOSA	Centres de santé			Référence
	Hôpitaux/Cliniques	-0,302	0,001	0,739***
Autorité de gestion de la FOSA	Publique Privée	-0,445	0,000	Référence 0,641***

\*\*\* = significatif à 1 % ; \*\* = significatif à 5 %

### Facteurs associés à l'insatisfaction des femmes quant à l'intimité de la consultation

Pour ce qui est de l'intimité de la consultation, les résultats obtenus (Tableau 7) indiquent comme dans le cas de l'interaction femme/prestataire, que ce sont les femmes de 45 ans et plus qui étaient plus susceptibles d'être insatisfaites de l'intimité au cours de la consultation. Par ailleurs, les femmes en CPN étaient 0,7 fois moins susceptibles de se déclarer non satisfaites de l'intimité de leur consultation dans les hôpitaux et cliniques que dans les centres de santé ( $P < 0,05$ ) (Tableau 7).

**Tableau 7 :** Facteurs associés à l'insatisfaction des femmes quant à l'intimité de la consultation

Variables	Modalités	B	P-value	Odds ratio
Age (ans)	15-19	0,126	0,338	1,135
	20-24			Référence
	25-29	0,184	0,154	1,203
	30-34	0,070	0,619	1,073
	35-39	-0,131	0,500	0,878
	40-44	-337	0,328	0,714
	≥ 45	0,915	0,000	2,497***
Niveau d'instruction	Sans instruction			Référence
	Primaire	0,206	0,123	1,228
	Secondaire	0,331	0,012	1,392**
	Supérieur	0,414	0,061	1,513
Milieu de résidence	Urbain			Référence
	Rural	0,151	0,159	1,163
Type de FOSA	Centres de santé			Référence
	Hôpitaux/Cliniques	-0,217	0,017	0,805**
	Publique			Référence

Autorité de gestion de la FOSA	Privée	-0,501	0,000	0,6061***
--------------------------------	--------	--------	-------	-----------

### Facteurs associés à l'insatisfaction des femmes quant au temps d'attente avant la consultation

Après l'analyse du tableau 8, il ressort que la non satisfaction des femmes était associée à l'âge des femmes, au milieu de résidence et à l'autorité de gestion de la formation sanitaire fréquentée. De plus, les femmes fréquentant les formations sanitaires privées avaient 0,8 fois moins de chance d'être insatisfaites du temps d'attente avant consultation que celles qui fréquentaient les formations publiques ( $P < 0,01$ ). De même, les femmes du milieu rural étaient 0,7 fois moins susceptibles de se déclarer non satisfaites quant au temps d'attente que celles du milieu urbain ( $P < 0,01$ ).

**Tableau 8 :** Facteurs associés à la non satisfaction des femmes par rapport au temps d'attente avant la consultation

Variables	Modalités	B	P-value	Odds ratio
Age (ans)	15-19	0,116	0,237	1,123
	20-24			Référence
	25-29	0,040	0,681	1,041
	30-34	0,114	0,266	1,121
	35-39	-0,196	0,160	0,822
	40-44	-0,298	0,202	0,742
	≥ 45	0,438	0,002	1,550***
Niveau d'instruction	Sans instruction			Référence
	Primaire	-0,027	0,792	0,974
	Secondaire	0,110	0,264	1,117
	Supérieur	0,234	0,158	1,264
Milieu de résidence	Urbain			Référence
	Rural	-0,330	0,000	0,719***
Type de FOSA	Centres de santé			Référence
	Hôpitaux/Cliniques	0,054	0,425	1,056
Autorité de gestion de la FOSA	Publique			Référence
	Privée	-0,195	0,005	0,823***

### Discussion

Considérant les trois dimensions de la qualité de services de CPN étudiées dans cette recherche, à savoir l'interaction avec le prestataire,

l'intimité de la consultation et le temps d'attente avant la consultation, cette étude a mis en exergue des taux d'insatisfaction faible (14%) pour les deux premières dimensions. Ce résultat tranche avec la mauvaise réputation de la qualité des services de santé en RDC. Au-delà du fait qu'il est établi que les participants à la recherche ont souvent tendance à répondre favorablement aux questions sur la satisfaction (Worthington, 2005), ces taux faibles peuvent signifier que les femmes en CPN ont des attentes d'un niveau faibles en ce qui concerne ces deux dimensions. Le type d'échelle utilisée pour saisir les réponses ainsi que la formulation des questions pourrait également expliquer ces chiffres. Ainsi, dans une étude au Burkina Faso, Drabo et al. (2015) ont trouvé respectivement 60,4% et 29% de taux d'insatisfaction pour la confidentialité au cours de la CPN et la prise en compte des préoccupations de la femme enceinte. De même, Tumasang et al. (2022) ont trouvé que 59 % des femmes en CPN étaient insatisfaites des discussions avec le prestataire concernant les problèmes psychologiques de la grossesse au Cameroun. Ces auteurs soutiennent que ces chiffres très élevés pourraient être corrélée avec les nombreuses récriminations des femmes concernant la capacité du prestataire à répondre à leurs préoccupations, l'absence de rideaux pour isoler la table d'examen, et le volume élevé de la voix du prestataire de service pendant la consultation

En revanche, le temps d'attente avant d'être reçu en consultation était perçu comme long et constitue un problème sérieux selon une proportion importante (30%) des femmes en CPN dans les formations sanitaires en RDC, principalement dans les milieux urbains. En effet, nous avons découvert que c'est dans les milieux urbains que les femmes sont plus promptes à se déclarer non satisfaites du temps d'attente avant la consultation. Les principales causes de cette situation dans les hôpitaux de la RDC seraient d'ordre institutionnel et en lien avec l'organisation des services (Mulinganya et al., 2018). En outre, la lourdeur des services en termes de gestion du flux des patients serait aussi la cause de cette situation. Ce résultat est proche de l'observation de Fesseha et al. (2014) en Ethiopie qui ont trouvé que 32,6% des femmes étaient insatisfaites du temps d'attente dont la plupart étaient des milieux urbains. Notre résultat est toutefois inférieur à celui trouvé par Owigho et Isara (2022) au Nigeria qui ont trouvé une proportion de 43,5% des femmes non satisfaites du temps d'attente. Cet écart peut être dû à une taille d'échantillon plus petite. Do et al. (2017) ont également trouvé que les longs temps d'attente étaient la principale cause de la non satisfaction des femmes en CPN en Namibie et au Kenya.

Les résultats de cette étude ont révélé que les femmes plus âgées et plus instruites sont plus enclines à se déclarer non satisfaites de la qualité des services de CPN que celles plus jeunes et moins instruites. Cela pourrait être dû à l'expérience et à la maturité de celles-ci. En effet, il a été observé que les

expériences passées des femmes dans les services de santé influencent considérablement leur satisfaction quant à la qualité des services, et de surcroît, la fréquentation de la CPN (Moussa, 2003 ; Jaffrey et al., 2009 ; Niang et al., 2015 ; Sanogo, 2020). Cette observation a été aussi faite en Ethiopie par Fesseha et al. (2014) qui ont trouvé que les femmes de 26-35 ans étaient plus susceptibles d'être non satisfaites de la qualité des services de CPN que celles de 17-25 ans. Toutefois, notre résultat diffère avec celui d'Atinga & Baku (2013) au Ghana qui ont démontré que l'insatisfaction était plus forte chez les femmes de 15-19 ans. Selon ces auteurs, les femmes plus âgées et plus instruites examineraient les questions de soins prénataux sous un angle différent de celui des femmes plus jeunes et moins instruites. Par ailleurs, ils ont rapporté des cas de violences symboliques, parfois physiques que subissent les femmes en CPN de la part des prestataires des services, lesquelles revêtent parfois le caractère des violences basées sur le genre.

Cette étude a également montré que les femmes des formations sanitaires privées étaient significativement moins susceptibles de ne pas être satisfaites de la qualité des services de CPN comparativement à celles fréquentant des établissements publics, quel que soit le volet de la qualité de service examinée dans cette étude. Ce résultat peut s'expliquer par le fait que le secteur privé a connu une croissance rapide depuis plus d'une décennie en RDC et nombreux sont ceux qui sont à but lucratif et qui investissent des moyens conséquents pour entre autres recruter du personnel de qualité. Plusieurs études ont rapporté cet état de fait en Afrique (Rwenge, 2007 ; Jallow et al., 2012 ; Atinga et Baku, 2013 ; Do et al., 2017 ; Hatem et al., 2018, De même, ce fait a été confirmé par Gilson et al. (1993 ; 1995) qui ont montré que la qualité des services en Tanzanie est étroitement liée au niveau de formation du personnel de santé. Ainsi, Hussen et al. (2022) ont trouvé que le fait que le prestataire soit à l'initiative des questions pendant la consultation était une des raisons de l'insatisfaction des femmes dans les établissements publics. D'après Boller et al. (2003) et Jallow et al. (2012), la bonne qualification du personnel est l'une des raisons pour lesquelles la qualité est jugée globalement meilleure dans le secteur privé que dans le public.

Sur la question de la qualité du personnel des services de CPN, les résultats de ce travail ont montré que les femmes des centres de santé sont plus susceptibles de ne pas être satisfaites que celles des hôpitaux et cliniques par rapport à leur interaction avec le prestataire et l'intimité de la consultation. Dans la hiérarchie du système de santé en RDC et dans plusieurs pays d'Afrique subsaharienne, le centre de santé constitue le niveau primaire des soins. Dans ces structures de santé, les normes sanitaires ne sont toujours pas respectées rigoureusement (Hatem et al., 2018), comparées à la situation des hôpitaux et cliniques, car ces centres de santé disposent de peu de moyens (Ministère de la santé publique, 2019). Pourtant, le centre de santé est la

structure sanitaire de proximité pour la population congolaise mais aussi le cœur de la stratégie visant à accroître la couverture sanitaire en RDC. Ce résultat a également été observé par Hatem et al. (2018) qui ont montré que l'insatisfaction des femmes sur les aspects interpersonnels avec les prestataires était plus forte dans les formations sanitaires de niveau communautaire (Centre medico-sanitaire) que dans celles de niveau régional et central (Centre hospitalier régional et Centre hospitalier universitaire). Pour expliquer cela, les auteurs mettent en avant le fait que plusieurs femmes avaient rapporté qu'elles n'étaient pas autorisées à poser des questions durant les consultations prénatales. La communication de bouche à oreille étant très développée en Afrique et en RDC en particulier (Jaffré, 2003), Ces lacunes pourraient amener les femmes à informer plusieurs autres de ses paires qui seront réticentes à se rendre dans les formations sanitaires ou bien décideront de ne s'y rendre qu'en cas de force majeure (Dujardin et al., 1995 ; Bamba, 2021).

## **Conclusion**

Cette étude s'est intéressée à l'insatisfaction des femmes dans trois dimensions de la qualité des services de CPN dans les formations sanitaires de la RDC, l'interaction de la femme avec le prestataire, l'intimité de la consultation et le temps d'attente avant la consultation. C'est la première étude à traiter de l'insatisfaction des femmes en CPN au niveau national dans les établissements de santé en RDC. Son objectif était double, à savoir évaluer la satisfaction des femmes en CPN et examiner les facteurs associés à l'insatisfaction des femmes dans les formations sanitaires du pays. Pour tous les trois dimensions étudiés, l'étude a permis de montrer que la qualité perçue varie selon le type de formation sanitaire considéré. Les lacunes observées dans les formations sanitaires publics et les centres de santé devraient faire l'objet d'une attention particulière de la part des pouvoirs publics et des planificateurs sanitaires d'autant plus ces établissements restent les principaux prestataires de soins pour la population, en général, et pour les femmes défavorisées, en particulier.

Une meilleure gestion des structures publiques et une meilleure formation aux compétences en communication avec les femmes pour les prestataires peuvent aider à retenir les patientes et à améliorer la qualité des soins prénatals dans le secteur public. Les administrateurs des formations sanitaires devraient mieux organiser leurs services, surtout dans les milieux urbains, cela pour permettre de réduire les temps d'attente et satisfaire au mieux les femmes. A l'heure de la mobilisation pour l'atteinte des objectifs de développement durable en RDC, les conclusions de cette recherche peuvent aider à orienter les décisions.

L'étude comporte certaines limites, telles que l'absence des variables socioculturelles non mesurées pendant l'enquête et qui sont également



susceptibles d'influencer la satisfaction des femmes car la satisfaction des femmes sur les services de soins prénatals peut varier selon leurs croyances sociales et culturelles. Ainsi, une femme qui subit des violences sexistes pendant la consultation pourrait trouver cela non problématique du fait de certaines coutumes ou traditions qui la contraignent dans son milieu. De plus, la nature quantitative de notre étude constitue aussi une limite en ce sens. Il est impérieux que des recherches complémentaires sur la satisfaction des femmes en CPN soient menées afin de déceler les obstacles socioculturels liés à la satisfaction des femmes quant à la qualité des services.

### References:

1. AKA, K. E., HORO, G. A., KOFFI, A., FOMBA, A., & KONE, M. (2016). Politique de gratuité des soins obstétricaux et indicateurs de santé maternelle et infantile: Résultats et impact dans une maternité de niveau tertiaire à Abidjan (Côte d'Ivoire).
2. ALDANA, J. M., PIECHULEK, H., & AL-SABIR, A. (2001). Client satisfaction and quality of health care in rural Bangladesh. *Bulletin of the World Health Organization*, 79, 512-517.
3. ATINGA, R. A., & BAKU, A. A. (2013). Determinants of antenatal care quality in Ghana. *International Journal of Social Economics*, Vol.40 N°10,2013, pp.852-865
4. BAMBA, O. (2021). Évaluation de la satisfaction des femmes à la CPN au CSCom U de Banconi. Mémoire de DES. Université des Sciences des Techniques et des technologies de Bamako.
5. BOLLER, C., WYSS, K., MTASIWA, D., et TANNER, M. (2003). Quality and comparison of antenatal care in public and private providers in the United Republic of Tanzania. *Bulletin of the World Health Organization*, 81, 116-122.
6. BOVIER, P., HALLER, D., & LEFEBVRE, D. (2004). Mesurer la qualité des soins en médecine de premier recours: difficultés et solutions: Médecine ambulatoire. *Médecine et hygiène*, 62(2497), 1833-1836.
7. COTE ET MCNEIL (1995), Programme d'amélioration continue de la qualité des services et de la satisfaction des usagers. *Régie régionale de la Santé et Services Sociaux de Montréal*
8. DE-BANGUIRYS, S. L., DANSOU, J., & BENINGUISSE, G. (2015). Analyse des facteurs de non recours en première Consultation Périnatale lors des premières grossesses des adolescentes/jeunes à Yaoundé. In 7th African Population Conference, Pretoria, South Africa, 18p.
9. DRABO, K. M., HIEN, H., KONFE, S., NANA, F., LY, A., & OUEDRAOGO, T. (2015). Perceptions des femmes enceintes

- fréquentant la consultation prénatale dans les centres de santé de premier échelon du District sanitaire de Do et Dafra au Burkina Faso: Pregnant women perception at antenatal care in the first line health services of Do and Dafra districts. *Sciences de la Santé*, 38(1 et 2).
10. DO, M., WANG, W., HEMBLING, J., & AMETEPI, P. (2017). Quality of antenatal care and client satisfaction in Kenya and Namibia. *International Journal for Quality in Health Care*, 29(2), 183-193.
  11. DUJARDIN, B., CLARYSSE, G., CRIEL, B., DE BROUWERE, V., & WANGATA, N. (1995). *The strategy of risk approach in antenatal care: evaluation of the referral compliance. Social Science & Medicine*, 40(4), 529-535.
  12. DONABEDIAN A. (1980). The definition of quality and approaches to its assessment, *Health Administration Press, Ann Arbor*
  13. FESSEHA, G., ALEMAYEHU, M., ETANA, B., HAILESCLASSIE, K., & ZEMENE, A. (2014). Perceived quality of antenatal care service by pregnant women in public and private health facilities in Northern Ethiopia. *American Journal of Health Research*, 2(4), 146-151.
  14. FOURNIER P. et HADDAD S. (1995), Les facteurs associés à l'utilisation des services de santé dans les pays en développement, in GERARD H et V. PICHE, *La sociologie des populations*, Montréal, PUM.
  15. GARNERIN, P., BOVIER, P., CHAMOT, E., CHASTONAY, P., CHOPARD, P., HERRMANN, F., & PERNEGER, T. (2001). Qualité des soins. *Bulletin des médecins suisses*, 82(38), 2020-4.
  16. GILSON, L., KITANGE, H., & TEUSCHER, T. (1993). Assessment of process quality in Tanzanian primary care. *Health Policy*, 26(2), 119-139.
  17. GILSON, L., MAGOMI, M., & MKANGAA, E. (1995). The structural quality of Tanzanian primary health facilities. *Bulletin of the World Health Organization*, 73(1), 105.
  18. HATEM, M., HALABI-NASSIF, H. & MAROUN, M. (2018). Évaluation de la qualité des services de santé maternelle et néonatale en Guinée-Conakry et au Togo. *Santé Publique*, S(HS), 101-111. <https://doi.org/10.3917/spub.180.0101>
  19. HUSSEN, M. A., & WORKU, B. T. (2022). Quality of Antenatal Care Service and Factors Associated with Client Satisfaction at Public Health Facilities of Bele Gasgar District. *Journal of Patient Experience*, 9, 23743735221083163.
  20. JALLOW, I. K., CHOU, Y. J., LIU, T. L., & HUANG, N. (2012). Women's perception of antenatal care services in public and private clinics in the Gambia. *International journal for quality in health care*, 24(6), 595-600.

21. JAFFRE, Y. (Ed.). (2003). *Une médecine inhospitalière: les difficiles relations entre soignants et soignés dans cinq capitales d'Afrique de l'Ouest*. Karthala Editions.
22. JAFFRE, Y. (Ed.). (2009). *La bataille des femmes: analyse anthropologique de la mortalité maternelle dans quelques services d'obstétrique d'Afrique de l'Ouest*. Éditions Faustroll.
23. KES, A. M., KYALUBILE, N. M., KASHALA, M., TSHISAND, K., & MUNDONGO, H. (2018). Patient satisfaction, one of the levers for the health services performance: Contribution to scientific evidence, Lubumbashi, Democratic Republic of Congo. *Int. J. of Multidisciplinary and Current research*, 6.
24. LOPEZ, A., & REMY, P. L. (2007). Mesure de la satisfaction des usagers des établissements de santé. *Inspection Générale des Affaires Sociales - France*.
25. MINISTERE DE LA SANTE PUBLIQUE. (2016). Plan National de Développement Sanitaire 2016–2020 : vers la couverture sanitaire universelle.
26. MINISTERE DE LA SANTE PUBLIQUE. (2019). Plan National de Développement Sanitaire 2019-2022 : vers la couverture sanitaire universelle.
27. MOUSSA, H. (2003). Devoir de soigner et droit d'exercer la violence: ethnographie des consultations de planification familiale à Niamey/Niger. *Bulletin de l'APAD*, (25).
28. MULINGANYA, V., ASIMA, F., MIRINDI, P., & KAREMERE, H. (2018). Temps d'attente prolongés aux services de consultation médicale : enjeux et perspectives pour des hôpitaux de Bukavu en République Démocratique du Congo. *The Pan African Medical Journal*, 29.
29. NIANG, M., DUPERE, S. & BEDARD, E. (2015). Le non-recours aux soins prénatals au Burkina Faso. *Santé Publique*, 27, 405-414. <https://doi.org/10.3917/spub.153.0405>
30. NJONG, A. M., & TCHOUAPI, R. P. M. (2020). Évaluation de la Satisfaction des Usagers Vis-À-Vis de la Qualité des Services de Santé au Cameroun/Assessing User Satisfaction with the Quality of Healthcare Services in Cameroon.
31. ORGANISATION MONDIALE DE LA SANTE (2012). Statistiques Sanitaires Mondiale 2012, <https://www.who.int/gho>
32. ORGANISATION MONDIALE DE LA SANTE (2017). « Maternal, new-born, child and adolescent health: what is quality of care and why is it important? », *Organisation Mondial de la Santé*

33. ORGANISATION MONDIALE DE LA SANTE (2019a). La qualité des services de santé : un impératif mondial en vue de la couverture santé universelle, *Organisation Mondiale de la Santé*, P.85
34. ORGANISATION MONDIALE DE LA SANTE (2019b). Évolution de la mortalité maternelle 2000 to 2017 : estimations de l'OMS, de l'UNICEF, de l'UNFPA, du groupe de la banque mondiale et de la division de la population des Nations Unies : résumé d'orientation. Organisation mondiale de la Santé. <https://apps.who.int/iris/handle/10665/332962>.
35. OWIGHO, O., & ISARA, A. R. (2022). Women's perception of quality and utilization of antenatal care and delivery services in Oshimili South Local Government Area of Delta State, Nigeria. *Journal of Community Medicine and Primary Health Care*, 34(1), 81-98.
36. PRUAL, A. (2004). La réduction de la mortalité maternelle dans les pays en voie de développement : théorie et pratique. *Med Trop*, 64(6), 569.
37. RWENGE, M. (2007). La qualité des soins prénatals selon la perspective des clientes au Cameroun. (Districts de santé de Nkongsamba, Bafang et Mfou). *African population studies*, 22(2).
38. SANOGO, N. A., FANTAYE, A. W., & YAYA, S. (2020). Chapitre 5. Au-delà de la couverture : une étude qualitative explorant l'impact perçu du régime d'assurance maladie obligatoire du Gabon sur la qualité des soins prénatals Published in BMC Health services research. *La couverture sanitaire universelle : Effet de l'assurance maladie obligatoire sur la qualité et l'accessibilité aux soins de santé au Gabon*, 105.
39. TAM, J. L. (2005). Examining the dynamics of consumer expectations in a Chinese context. *Journal of Business Research*, 58(6), 777-786.
40. TSAWE, M., & SUSUMAN, A. S. (2014). Determinants of access to and use of maternal health care services in the Eastern Cape, South Africa: a quantitative and qualitative investigation. *BMC research notes*, 7(1), 1-10.
41. TUMASANG, E. N., KAMANDO, E. N., & MAYIN, K. B. (2022). Women's Satisfaction with the Quality of Antenatal Care Services Being Offered in Bamenda Health District. *Journal of Gynecology and Obstetrics*, 10(2), 131-138.
42. UNION AFRICAINE (2013). Rapport annuel sur la situation de la santé maternelle, néonatale et infantile en Afrique.
43. VANNINNEUSE, A. (2004). La satisfaction du patient en orthopédie-traumatologie. *E Mém Académie Natl Chir*, 3(4), 9-13.

44. VAN DER HOEVEN, M., KRUGER, A., & GREEFF, M. (2012). Differences in health care seeking behaviour between rural and urban communities in South Africa. *International journal for equity in health*, 11(1), 1-9.
45. WORTHINGTON, C. (2005). "Patient satisfaction with health care: recent theoretical developments and implications for evaluation practices", *The Canadian Journal of Program Evaluation*, vol. 20, no 3, p. 41-63.

## Root Length Changes in Orthodontically Displaced Teeth Treated with the Corticotomy Approach

*Irinel Panainte, DMD, PhD student*

Department of Orthodontics, Faculty of Dental Medicine,  
University of Medicine, Pharmacy, Science and Technology,  
George Emil Palade, Tîrgu Mures, Romania

*Irina Zetu, Prof., DMD, PhD*

Department of Orthodontics, Faculty of Dental Medicine,  
University of Medicine and Pharmacy Gr.T.Popa, Iasi

*Cristina Molnar, Lecturer, DMD, PhD*

Department of Dental Materials, Faculty of Dental Medicine,  
University of Medicine, Pharmacy, Science and Technology,  
George Emil Palade, Tîrgu Mures, Romania

*Constantin Budescu-Stanica, DMD*

Department of Periodontology, Faculty of Dental Medicine Victor Babes,  
Timisoara, Romania

*Ela Oprea, DMD*

*Mariana Pacurar, Prof., DM, PhD*

Department of Orthodontics, Faculty of Dental Medicine,  
University of Medicine, Pharmacy, Science and Technology,  
George Emil Palade, Tîrgu Mures, Romania

[Doi:10.19044/esj.2022.v18n21p53](https://doi.org/10.19044/esj.2022.v18n21p53)

---

Submitted: 25 May 2022

Accepted: 18 June 2022

Published: 30 June 2022

Copyright 2022 Author(s)

Under Creative Commons BY-NC-ND

4.0 OPEN ACCESS

*Cite As:*

Panainte P., Zetu I., Molnar C., Budescu-Stanica C., Oprea E. & Pacurar M. (2022). *Root Length Changes in Orthodontically Displaced Teeth Treated with the Corticotomy Approach*. European Scientific Journal, ESJ, 18 (21), 53. <https://doi.org/10.19044/esj.2022.v18n21p53>

---

### Abstract

The aim of the study: Corticotomy-facilitated orthodontics is a modern approach to resolve complicated orthodontic cases that may increase the pace of tooth movement. The study's goal was to assess the changes that occurred at the root level following orthodontic treatment when corticotomy was used. Material and methods: Based on Cone Beam Computer Tomography, measurements of the root length at T0 (before corticotomy) and T1 (after

corticotomy) were taken after splitting the individuals into two groups (maxillary and mandibular corticotomy) (6 months after surgery). For statistical analysis of the data, many tests were utilized. Results: The root length values obtained at T1 showed minimal changes in length, with statistically insignificant values (for the maxillary arch, the values obtained were  $13.36 \pm 2.41$  mm for women and  $14.26 \pm 2.06$  mm for men; for the lower arch, the measured values were  $12.38 \pm 2.09$  mm for women and  $11.56 \pm 2.29$  mm for men). The canine on the left hemiarcade had the most significant change in root length following treatment, with a value assessed at T1 of  $16.72 \pm 1.78$  mm, which was statistically significant,  $p < 0.05$ . Conclusion: According to the data obtained in this study, when orthodontic therapy is associated with corticotomy, there is a decrease in root resorption that may occur in the case of conventional orthodontic treatments.

---

**Keywords:** Orthodontics, corticotomy, root resorption, dental displacement

## Introduction

Because various changes in the supporting tissues of the tooth occur during orthodontic therapy, such as compression of the periodontal ligament, resorption and bone apposition, orthodontic movement of the teeth is considered a periodontal phenomenon (Patterson et al., 2016). Despite the fact that malocclusions are relatively common in the general population, people still refuse to see an orthodontic specialist to improve their situation, due to the prolonged treatment time (Bos et al., 2003). On the other hand, it is widely recognized that long-term therapy can lead to complications such as enamel demineralization, cavities, periodontal inflammation and even root resorption (Cantekin et al., 2011).

The duration of orthodontic treatment is determined by the amplitude of the tooth displacement, the technique used, the therapeutic objectives and the patient's compliance (Sayers et al., 2007). Different methods have been used to try to speed up tooth movement over time. According to Kale et al. (2014), the degree of tooth displacement may vary depending on the local or systemic administration of particular drugs, a result supported by Tyrovola et al. (2001) in their investigation. Root length and alveolar bone height are two factors that influence the degree of tooth displacement (Tyrovola et al., 2001). The ability of the teeth to move varies from patient to patient.

A procedure adjuvant to traditional orthodontic therapy called corticotomy has recently been introduced in order to achieve quicker tooth movement while avoiding potential harmful effects on dental and periodontal support (Patterson et al., 2016). Further research into this approach revealed that tooth movement is facilitated by an acceleration in local cellular metabolism, a phenomenon known as the Regionally Acceleratory



Phenomenon (RAP). The rate of tooth displacement increases with various bone morphological changes, according to a series of experimental animal investigations (Le et al., 2018; Zupardo et al., 2019).

A number of clinical studies have shown that the occurrence of radicular resorption is directly correlated with the prolonged duration of orthodontic treatment (Mann et al., 2022). On the other hand, one of the advantages of corticotomy would be that speeding up the pace of dental movement, thus reducing the duration of orthodontic treatment (Al-Naoum et al., 2019). Therefore, the aim of the current study is to observe the degree of root resorption in the teeth displaced by orthodontic forces in which the corticotomy surgery was performed.

## Methods

This retrospective study included 60 patients (28 men and 32 women) with a moderate to severe degree of dental crowding, non-extraction treatment, no missing teeth or structural changes, and no periodontal problems such as gingival recession or bone loss. The patients with severe craniofacial abnormalities, missing teeth, those with anti-inflammatory medication, those clotting problems, with systemic disorders (diabetes) were excluded from the study. The sample was set up to use each patient as his own control, thereby increasing the power of small sample.

The case of each patient included in the study was documented with panoramic radiograph, profile teloradiography, study models and intraoral and extraoral photographs, as well as a Cone Beam Computer Tomography (CBCT) before the corticotomy intervention (after the alignment and leveling phase of the teeth - T0 ) and at the end of the orthodontic treatment (T1) in order to evaluate the root length before and after corticotomy.

The patients were divided into 2 equal groups, the first group including patients with maxillary corticotomy, and the second group included patients with mandibular corticotomy. The study included all six frontal teeth (from canine to canine) from both arches, upper and lower.

A line was drawn at cemento enamel junction (CEJ) of the buccal surface in the sagittal view. After which, the apical area was delimited for each tooth, subsequently being measured the root length from the CEJ to the apex of the tooth. All radiographic measurements were performed by an orthodontist and a periodontist. Written informed consent was procured from every patient after they were explained the study design and protocol.

Descriptive statistics (mean, median, standard deviation) and inferential statistics were used in the statistical study. The significance level for p was set at 0.05.



## Results

This study comprised sixty patients, including 32 females (with an average age of 39.50 ± 7.87 years) and 28 men (with an average age of 30.73 ± 6.21 years).

The highest root length value at T0 in the maxillary arch was measured in female patients at 12.40 ± 2.07 mm, while in male patients the measured value was 11.57 ± 2.29 mm. In contrast, at the lower arch, the root length for men (14.28 ± 2.03 mm) was greater than the measured value for women (13.38 ± 2.43 mm). The values of the root length measured at T1, showed minimal changes in their length, with statistically insignificant values (for the maxillary arch, the values obtained were 13.36 ± 2.41 mm for women and 14.26 ± 2.06 for men; in the lower arch the measured values were 12.38 ± 2.09 mm for women and 11.56 ± 2.29 mm for men) (Table 1).

Root length	Sex	T0 Median±SD (mm)	T1 Median±SD (mm)	P value
Lower arch	Females	12.40±2.07	12.38±2.09	0.21
	Males	11.57±2.29	11.56±2.29	0.18
Upper arch	Females	13.38±2.43	13.36±2.41	0.26
	Males	14.28±2.03	14.26±2.06	0.11

**Table 1:** Root length at T0 and T1 for maxillary and mandibular teeth in female and male patients

At the individual measurements of the root length made on dental groups at the upper arch, the tooth with the longest root length at T0 was the canine on the right side (17.04 ± 1.42 mm) being followed by the canine on the left side (16.77 mm ± 1.76 mm ). The lowest values of root length were measured at the level of the lateral incisor in quadrant 1 (11.89 ± 1.32 mm) as well as at the level of the left lateral incisor (12.17 ± 1.18 mm). The most significant change in the root length after treatment was recorded in the canine on the left hemiarcade, the value measured at T1 being 16.72 ± 1.78 mm, the value is statistically significant,  $p \leq 0.05$ . For the right central incisor, the value measured at T1 remained unchanged from the value measured at T0 (12.90 ± 1.53 mm), the same situation for the lateral incisor on the left side, where the value measured at T1 was 12.17 ± 1.18 mm (Table 2).

Root length	T0 Median±SD (mm)	T1 Median±SD (mm)	P value
13	17.04±1.42	17.02±1.47	0.36
12	11.89±1.32	11.86±1.33	0.32
11	12.90±1.53	12.90±1.53	0.94
21	13.07±1.52	13.04±1.60	0.50
22	12.17±1.18	12.17±1.18	0.83
23	16.77±1.76	16.72±1.78	0.02

**Table 2:** Root length at T0 and T1 for maxillary teeth

For the lower arch, the longest root length measured at T0 was obtained at the level of the canine on the left side ( $14.20 \pm 1.66$  mm), followed by the canine on the right side ( $14.16 \pm 1.48$  mm). The smallest root length was recorded at the level of the central incisor as  $10.05 \pm 1.32$  mm. Unlike the maxillary arch, at the lower arch, statistically significant values were obtained at T1, in the case of 2 teeth. The highest degree of resorption was measured at tooth 43 ( $14.10 \pm 1.49$  mm), followed by tooth 33 ( $14.15 \pm 1.69$  mm), both values being statistically significant. In the case of teeth 31 and 32, the values at T0 and T1 were unchanged ( $10.10 \pm 1.48$  mm, respectively  $10.32 \pm 1.56$  mm) (Table 3).

Root length	T0 Median±SD (mm)	T1 Median±SD (mm)	P value
43	14.16±1.48	14.10±1.49	0.02
42	10.49±1.59	10.48±1.59	0.21
41	10.05±1.32	10.04±1.31	0.30
31	10.10±1.48	10.10±1.48	0.18
32	10.32±1.55	10.32±1.55	0.43
33	14.20±1.66	14.15±1.69	0.01

**Table 3:** Root length at T0 and T1 for mandibular teeth

## Discussion

The resorption and bone apposition cause dental displacement during orthodontic therapy (Chackartchi, 2017). However, it is well known that after corticotomy, the movements of the dento-alveolar structures appear to be related to the acceleration of the local metabolism at the level of the intervention (Hassan, 2015). However, it is hypothesized that this accelerated healing leads to much faster healing than physiological repair. The procedure increases the activity of osteoblasts and osteoclasts, which results in beneficial tooth displacement (Bell, 1972). The intervention consists of selective bone decortication, which results in a faster rate of change of the trabecular bone and the emergence of demineralization zones (Abbas, 2016).

The canines had the largest root length in both the maxillary and mandibular arches, according to measurements taken before corticotomy surgery in the current study. In one of his research on the root length of front

teeth, Pilalas et al. (2016) came to a similar conclusion. When it comes to incisor root length, Arriola-Guillén (2020) discovered that the root teeth of the central incisors are longer than the root teeth of the lateral incisors. A similar finding was made in the current investigation, where the longest root length was recorded at the level of the left central incisor, with the values measured at the level of the lateral incisors being less than their own. When it comes to the mandibular arch, opinions are divided regarding the root length at the level of the incisor group. Wu et al. (2020) in a study in this direction concluded that the root of the four incisors is of equal length. In the present study, the root length measured at the level of the central incisors was shorter than that measured at the level of the lateral incisors. The same observation was made by Wu (2022) in a comparative study to determine the degree of root resorption by conventional radiological means and CBCT. On the other hand, some studies have shown that these observations may vary depending on the ethnic characteristics of the subjects involved, even observing in some cases a longer length of the lower central incisors than the lateral ones (Al-Okshi, 2019).

The root resorption is a typical adverse effect that can develop following conventional orthodontic treatment. According to the literature, most orthodontically treated individuals have varying degrees of root resorption. The prevalence of root resorption following orthodontic therapy varies greatly amongst researchers (Silva, 2017). According to Taithongchai et al., (1996) one-third of fixed appliance patients had more than 3 mm of root resorption, and at least 2% of orthodontic patients had more than 5 mm of root resorption. A series of studies in this area revealed that it can start a few weeks after the beginning of orthodontic treatment but can only be seen radiologically after 3 to 4 months (Sameshima, 2021). This was one of the reasons why the first measurements in this study were taken after the teeth had been aligned and leveled. When the pressures developed and exerted at the apical level surpass the tooth's resistance and flexibility, this complex biological process occurs (Weltman, 2010).

The precise process of orthodontically induced root resorption is unknown. This phenomenon, however, has a multifaceted origin. For root resorption during orthodontic treatment, several biological, mechanical and clinical aspects were evaluated (Yi, 2016). The technique or appliance utilized for orthodontic treatment can be a significant deciding factor in the degree of root resorption. In general, mild orthodontic pressures result in less resorption (Sameshima, 2010). A number of studies have found a link between the degree of root resorption and the length of orthodontic treatment (Yassir, 2021). On the other hand, other investigations have found a direct correlation between corticotomy and tooth displacement, implying that the length of treatment is reduced (Iglesias-Linares, 2017).

Most prior investigations on the resorption of various dental groups concentrated on the maxillary arch incisors since it is considered that they are the most sensitive to the occurrence of resorption (Bellini-Pereira, 2021). Previous research has indicated that severe resorption occurs in around 1% of studied teeth, whereas other dental groups may have different degrees of resorption (Jyotrimay, 2021). When orthodontic therapy was combined with corticotomy in the current investigation, some changes in root length were found at the canines level in both arches. Alikhani et al. made the same observation in related research (Currell, 2019).

Many of the studies in which root length was assessed used panoramic radiographs or periapical radiographs, which were obtained by parallelizing the long cone. However, there are several flaws in measuring the degree of root resorption using panoramic radiography. Some researchers believe that the results were overestimated by approximately 20% (Meirinhos, 2021). On the other hand, during orthodontic treatment, tooth angulation may vary, resulting in changes in root length detectable on radiography (Rahmel, 2019). The measurements in this investigation were performed using CBCT images since the reconstitution is 1:1 and amplification errors are absent. As a result, investigations in which the degree of root resorption was evaluated using CBCT yielded more accurate findings than 2D pictures (Durack, 2011). Wang reached the same finding in one research, underlining the significance of 3D technology in assessing root resorption (Wang et al., 2013).

Although the current study emphasizes the benefits of corticotomy-assisted orthodontics, there are certain drawbacks, including the small number of participants included in the study and the short length of time during which the evaluation was completed. A higher number of participants, as well as the type of malocclusion treated, might result in different findings. As a result, further research is required to corroborate the findings of our study.

## **Conclusion**

Although root resorption after orthodontic treatment seems to be an inevitable process, the observations in this study support the idea that corticotomy, when combined with conventional orthodontic treatment, by facilitating a faster movement of teeth, greatly reduces the risk of occurrence of this process. However, further research is needed to support this observation

## **Human Studies**

The study was carried out in compliance with the Helsinki Declaration and was approved by the George Emil Palade University of Medicine and Pharmacy's Ethics Committee (1583/January 2022). After the research design and methods were described to each patient, written informed consent was obtained.

### Authors contribution

All the authors contributed equally at this research.

### Conflicts of Interests

The authors declare no conflict of interest.

### References:

1. Patterson, B. M., Dalci, O., Darendeliler, M. A., & Papadopoulou, A. K. (2016). Corticotomies and Orthodontic Tooth Movement: A Systematic Review. *Journal of oral and maxillofacial surgery : official journal of the American Association of Oral and Maxillofacial Surgeons*, 74(3), 453–473. <https://doi.org/10.1016/j.joms.2015.10.011>.
2. Bos, A., Hoogstraten, J., & Prahlandersen, B. (2003). Expectations of treatment and satisfaction with dentofacial appearance in orthodontic patients. *American journal of orthodontics and dentofacial orthopedics : official publication of the American Association of Orthodontists, its constituent societies, and the American Board of Orthodontics*, 123(2), 127–132. <https://doi.org/10.1067/mod.2003.84>.
3. Maret, D., Marchal-Sixou, C., Vergnes, J. N., Hamel, O., Georgelin-Gurgel, M., Van Der Sluis, L., & Sixou, M. (2014). Effect of fixed orthodontic appliances on salivary microbial parameters at 6 months: a controlled observational study. *Journal of applied oral science : revista FOB*, 22(1), 38–43. <https://doi.org/10.1590/1678-775720130318>.
4. Sayers, M. S., & Newton, J. T. (2007). Patients' expectations of orthodontic treatment: part 2--findings from a questionnaire survey. *Journal of orthodontics*, 34(1), 25–35. <https://doi.org/10.1179/146531207225021888>
5. Kale, S., Kocadereli, I., Atilla, P., & Aşan, E. (2004). Comparison of the effects of 1,25 dihydroxycholecalciferol and prostaglandin E2 on orthodontic tooth movement. *American journal of orthodontics and dentofacial orthopedics : official publication of the American Association of Orthodontists, its constituent societies, and the American Board of Orthodontics*, 125(5), 607–614. <https://doi.org/10.1016/j.ajodo.2003.06.002>
6. Le, M., Lau, S. F., Ibrahim, N., Noor Hayaty, A. K., & Radzi, Z. B. (2018). Adjunctive buccal and palatal corticotomy for adult maxillary expansion in an animal model. *Korean journal of orthodontics*, 48(2), 98–106. <https://doi.org/10.4041/kjod.2018.48.2.98>.

7. Zuppardo, M. L., Ferreira, C. L., de Moura, N. B., Longo, M., Santamaria, M., Jr, Lopes, S., Santamaria, M. P., & Jardini, M. (2019). Macroscopic and radiographic aspects of orthodontic movement associated with corticotomy: animal study. *Oral and maxillofacial surgery*, 23(1), 77–82. <https://doi.org/10.1007/s10006-019-00744-7>.
8. Mann, C., Cheng, L. L., Çolak, C., Elekdag-Turk, S. T., Turk, T., & Darendeliler, M. A. (2022). Physical properties of root cementum: Part 28. Effects of high and low water fluoridation on orthodontic root resorption: A microcomputed tomography study. *American journal of orthodontics and dentofacial orthopedics : official publication of the American Association of Orthodontists, its constituent societies, and the American Board of Orthodontics*, S0889-5406(22)00134-2. Advance online publication. <https://doi.org/10.1016/j.ajodo.2021.03.023>.
9. Al-Naoum, F., Hajeer, M. Y., & Al-Jundi, A. (2014). Does alveolar corticotomy accelerate orthodontic tooth movement when retracting upper canines? A split-mouth design randomized controlled trial. *Journal of oral and maxillofacial surgery : official journal of the American Association of Oral and Maxillofacial Surgeons*, 72(10), 1880–1889. <https://doi.org/10.1016/j.joms.2014.05.003>.
10. Chackartchi, T., Barkana, I., & Klinger, A. (2017). Alveolar Bone Morphology Following Periodontally Accelerated Osteogenic Orthodontics: A Clinical and Radiographic Analysis. *The International journal of periodontics & restorative dentistry*, 37(2), 203–208. <https://doi.org/10.11607/prd.2723>.
11. Hassan, A. H., Al-Saeed, S. H., Al-Maghlouth, B. A., Bahammam, M. A., Linjawi, A. I., & El-Bialy, T. H. (2015). Corticotomy-assisted orthodontic treatment. A systematic review of the biological basis and clinical effectiveness. *Saudi medical journal*, 36(7), 794–801. <https://doi.org/10.15537/smj.2015.7.12437>.
12. Bell, W. H., & Levy, B. M. (1972). Revascularization and bone healing after maxillary corticotomies. *Journal of oral surgery (American Dental Association : 1965)*, 30(9), 640–648.
13. Abbas NH, Sabet NE, Hassan IT. Evaluation of corticotomy-facilitated orthodontics and piezocision in rapid canine retraction. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2016 Apr;149(4):473-80. doi: 10.1016/j.ajodo.2015.09.029. PMID: 27021451.
14. Pilalas, I., Tsalikis, L., & Tatakis, D. N. (2016). Pre-restorative crown lengthening surgery outcomes: a systematic review. *Journal of clinical periodontology*, 43(12), 1094–1108. <https://doi.org/10.1111/jcpe.12617>.

15. Arriola-Guillén, L. E., Valera-Montoya, I. S., Rodríguez-Cárdenas, Y. A., Ruíz-Mora, G. A., Castillo, A. A., & Janson, G. (2020). Incisor root length in individuals with and without anterior open bite: a comparative CBCT study. *Dental press journal of orthodontics*, 25(4), 23e1–23e7. <https://doi.org/10.1590/2177-6709.25.4.23.e1-7.onl>.
16. Wu, C., Tang, H., & Chen, J. (2020). Cone-beam computed tomography for evaluating root length of maxillary and mandibular anterior teeth in open bite patients. 锥形束CT评估前牙开患者上下颌前牙根长. *Zhong nan da xue xue bao. Yi xue ban = Journal of Central South University. Medical sciences*, 45(12), 1444–1449. <https://doi.org/10.11817/j.issn.1672-7347.2020.190578>.
17. Wu, G., He, S., Chi, J., Sun, H., Ye, H., Bhikoo, C., Du, W., Pan, W., Voliere, G., & Hu, R. (2022). The differences of root morphology and root length between different types of impacted maxillary central incisors: A retrospective cone-beam computed tomography study. *American journal of orthodontics and dentofacial orthopedics : official publication of the American Association of Orthodontists, its constituent societies, and the American Board of Orthodontics*, 161(4), 548–556. <https://doi.org/10.1016/j.ajodo.2020.09.037>.
18. Al-Okshi, A., Paulsson, L., Rohlin, M., Ebrahim, E., & Lindh, C. (2019). Measurability and reliability of assessments of root length and marginal bone level in cone beam CT and intraoral radiography: a study of adolescents. *Dento maxillo facial radiology*, 48(5), 20180368. <https://doi.org/10.1259/dmfr.20180368>.
19. Silva, A. C., Capistrano, A., Almeida-Pedrin, R. R., Cardoso, M. A., Conti, A. C., & Capelozza, L., Filho (2017). Root length and alveolar bone level of impacted canines and adjacent teeth after orthodontic traction: a long-term evaluation. *Journal of applied oral science : revista FOB*, 25(1), 75–81. <https://doi.org/10.1590/1678-77572016-0133>.
20. Taithongchai, R., Sookkorn, K., & Killiany, D. M. (1996). Facial and dentoalveolar structure and the prediction of apical root shortening. *American journal of orthodontics and dentofacial orthopedics : official publication of the American Association of Orthodontists, its constituent societies, and the American Board of Orthodontics*, 110(3), 296–302. [https://doi.org/10.1016/s0889-5406\(96\)80014-x](https://doi.org/10.1016/s0889-5406(96)80014-x).
21. Sameshima, G. T., & Iglesias-Linares, A. (2021). Orthodontic root resorption. *Journal of the World federation of orthodontists*, 10(4), 135–143. <https://doi.org/10.1016/j.ejwf.2021.09.003>.
22. Weltman, B., Vig, K. W., Fields, H. W., Shanker, S., & Kaizar, E. E. (2010). Root resorption associated with orthodontic tooth movement:



- a systematic review. *American journal of orthodontics and dentofacial orthopedics : official publication of the American Association of Orthodontists, its constituent societies, and the American Board of Orthodontics*, 137(4), 462–12A.  
<https://doi.org/10.1016/j.ajodo.2009.06.021>.
23. Yi, J., Li, M., Li, Y., Li, X., & Zhao, Z. (2016). Root resorption during orthodontic treatment with self-ligating or conventional brackets: a systematic review and meta-analysis. *BMC oral health*, 16(1), 125. <https://doi.org/10.1186/s12903-016-0320-y>.
  24. Yassir, Y. A., McIntyre, G. T., & Bearn, D. R. (2021). Orthodontic treatment and root resorption: an overview of systematic reviews. *European journal of orthodontics*, 43(4), 442–456. <https://doi.org/10.1093/ejo/cjaa058>.
  25. Iglesias-Linares, A., & Hartsfield, J. K., Jr (2017). Cellular and Molecular Pathways Leading to External Root Resorption. *Journal of dental research*, 96(2), 145–152. <https://doi.org/10.1177/0022034516677539>.
  26. Bellini-Pereira, S. A., Almeida, J., Aliaga-Del Castillo, A., Dos Santos, C., Henriques, J., & Janson, G. (2021). Evaluation of root resorption following orthodontic intrusion: a systematic review and meta-analysis. *European journal of orthodontics*, 43(4), 432–441. <https://doi.org/10.1093/ejo/cjaa054>.
  27. Jyotirmay, Singh, S. K., Adarsh, K., Kumar, A., Gupta, A. R., & Sinha, A. (2021). Comparison of Apical Root Resorption in Patients Treated with Fixed Orthodontic Appliance and Clear Aligners: A Cone-beam Computed Tomography Study. *The journal of contemporary dental practice*, 22(7), 763–768.
  28. Currell, S. D., Liaw, A., Blackmore Grant, P. D., Esterman, A., & Nimmo, A. (2019). Orthodontic mechanotherapies and their influence on external root resorption: A systematic review. *American journal of orthodontics and dentofacial orthopedics : official publication of the American Association of Orthodontists, its constituent societies, and the American Board of Orthodontics*, 155(3), 313–329. <https://doi.org/10.1016/j.ajodo.2018.10.015>.
  29. Meirinhos, J., Martins, J., Pereira, B., Baruwa, A., & Ginjeira, A. (2021). Prevalence of Lateral Radiolucency, Apical Root Resorption and Periapical Lesions in Portuguese Patients: A CBCT Cross-Sectional Study with a Worldwide Overview. *European endodontic journal*, 6(1), 56–71. <https://doi.org/10.14744/eej.2021.29981>.
  30. Rahmel, S., & Schulze, R. (2019). Accuracy in Detecting Artificial Root Resorption in Panoramic Radiography versus Tomosynthetic



- Panoramic Radiographs. *Journal of endodontics*, 45(5), 634–639.e2. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2019.01.009>.
31. Durack, C., Patel, S., Davies, J., Wilson, R., & Mannocci, F. (2011). Diagnostic accuracy of small volume cone beam computed tomography and intraoral periapical radiography for the detection of simulated external inflammatory root resorption. *International endodontic journal*, 44(2), 136–147. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2591.2010.01819.x>.
32. Wang, Y., He, S., Guo, Y., Wang, S., & Chen, S. (2013). Accuracy of volumetric measurement of simulated root resorption lacunas based on cone beam computed tomography. *Orthodontics & craniofacial research*, 16(3), 169–176. <https://doi.org/10.1111/ocr.12016>.



## **Déterminants de la morbidité et de la mortalité dues au choléra à Lubumbashi, République Démocratique du Congo : étude cas-témoins non appariée**

***Antoine Okitandjate Dimandja (MD, MPH, PhD Candidate)***

Ecole de Santé Publique, Université de Lubumbashi,  
Ministère de la Santé, Kinshasa, République Démocratique du Congo

***Léon Okenge (MD, MPH, PhD)***

Institut Supérieur des Techniques Médicales de Kinshasa,  
Université de Mbuji-Mayi, République Démocratique du Congo

***Octavie Lunguya (MD, PhD)***

Faculté de Médecine, Université de Kinshasa, Institut National de Recherche Biomédicale,  
Ministère de la Santé, République Démocratique du Congo

***Albert Mwembo (MD, Msc, GObst, MPH, PhD)***

Faculté de médecine, Ecole de Santé Publique, Université de Lubumbashi,  
Centre de Connaissances en Santé en République Démocratique du Congo, Lubumbashi

***Aaron Aruna (MD, Msc)***

***Luingi Minikulu (MD, MPH)***

Direction de Surveillance épidémiologique,  
Ministère de la Santé, Kinshasa, République Démocratique du Congo

***Jacques-Franck Bitilasi (MD, Msc)***

Division Provinciale de la Santé du Haut-Katanga, Ministère de la Santé, Lubumbashi,  
République Démocratique du Congo

***Gisèle Mbuyi (MD, Msc)***

Division des pandémies et épidémies, Direction de Surveillance épidémiologique,  
Ministère de la Santé, Kinshasa, République Démocratique du Congo

***Fiston Mbutiwi (MD, MPH, PhD)***

Faculté de médecine, Université de Kikwit, République Démocratique du Congo

***Felix Mulangu (EP, MPH)***

Division des pandémies et épidémies, Direction de Surveillance épidémiologique,  
Ministère de la Santé, Kinshasa, République Démocratique du Congo

***Faustin Chenge (MD, GObst, MPH, PhD)***

Ecole de Santé Publique, Faculté de Médecine, Université de Lubumbashi,  
Centre de Connaissances en Santé en République Démocratique du Congo

[Doi:10.19044/esj.2022.v18n21p65](https://doi.org/10.19044/esj.2022.v18n21p65)

Submitted: 02 March 2022

Accepted: 10 June 2022

Published: 30 June 2022

Copyright 2022 Author(s)

Under Creative Commons BY-NC-ND

4.0 OPEN ACCESS

Cite As:

Okitandjate A.D., Okenge L., Lunguya O., Mwembo A., Aruna A., Minikulu L., Bitilasi J-F., Mbuyi G., Mbutiwi F., Mulangu F. & Chenge F. (2022). *Déterminants de la morbidité et de*

*la mortalité due au choléra à Lubumbashi, République démocratique du Congo : étude cas-témoins non appariée.* European Scientific Journal, ESJ, 18 (21), 65.

<https://doi.org/10.19044/esj.2022.v18n21p65>

---

## Résumé

Le choléra est endémo-épidémique dans la ville de Lubumbashi, en République Démocratique du Congo. En raison de son importance en termes de morbidité et de mortalité, le choléra constitue un véritable problème de santé publique. L'objectif de notre étude était de décrire le profil clinique, épidémiologique, biologique et thérapeutique des patients cholériques et d'identifier les déterminants de la morbidité et de la mortalité due au choléra dans la ville de Lubumbashi. Il a été retenu 386 cas et 386 témoins dans les unités de traitement et les centres de santé de janvier 2017 à décembre 2020. Les cas positifs répondaient à la définition du ministère de la santé : " toute personne, âgée de 2 ans et plus pendant l'épidémie, présentant au moins trois selles liquides par jour, avec ou sans vomissements ; ou tout décès par diarrhée aiguë ". Nous avons utilisé une enquête structurée. L'Odds Ratio quantifie la force de l'association. Régression logistique avec STATA 12 pour les analyses statistiques. En plus, QGIS 3.12 et Excel 2017, étaient utilisés pour générer les Figures et les Tableaux des résultats. Le seuil de signification statistique a été fixé à 5% et IC95% était utilisé. 5 112 cas et 146 décès, soit un taux de létalité de 2,9%. Par rapport aux témoins, déterminants significativement associés ( $P < 0,05$ ) au choléra : sexe masculin (OR = 1,41 [1,04-1,89]), niveau d'éducation inférieur ou égal à 6 ans de scolarité (OR= 1,64 [1,05-2,54]), contact connu avec un cas de choléra, OR=5.9 [2.60-13.67], utilisation de récipients non-latrines (OR=2.1 [1.5-3.0]), méconnaissance des moments critiques de lavage des mains (OR=1.46 [1.08-1.98]). Pour les décès, les déterminants étaient statistiquement associés ( $P < 0,05$ ) : Déshydratation sévère (OR = 2,67 [1,45-4,34]), délai de plus de 24 heures entre l'apparition des signes et le traitement (OR=2,23 [1,22-4,05]) et niveau d'éducation plus de 6 ans de scolarité (OR= 0,39 [0,21-0,71]). L'identification des déterminants du choléra et des décès dans la ville de Lubumbashi est une étape importante pour revoir les politiques, les plans opérationnels et développer des stratégies efficaces, appropriées et optimales pour le contrôle du choléra.

---

**Mots-clés:** Déterminants, morbidité, mortalité, choléra, Lubumbashi

## **Determinants of Cholera Morbidity and Mortality in Lubumbashi, Democratic Republic of Congo: Unpaired Case-Control Study**

***Antoine Okitandjate Dimandja (MD, MPH, PhD Candidate)***

Ecole de Santé Publique, Université de Lubumbashi,  
Ministère de la Santé, Kinshasa, République Démocratique du Congo

***Léon Okenge (MD, MPH, PhD)***

Institut Supérieur des Techniques Médicales de Kinshasa,  
Université de Mbuji-Mayi, République Démocratique du Congo

***Octavie Lunguya (MD, PhD)***

Faculté de Médecine, Université de Kinshasa, Institut National de Recherche Biomédicale,  
Ministère de la Santé, République Démocratique du Congo

***Albert Mwembo (MD, Msc, GObst, MPH, PhD)***

Faculté de médecine, Ecole de Santé Publique, Université de Lubumbashi,  
Centre de Connaissances en Santé en République Démocratique du Congo, Lubumbashi

***Aaron Aruna (MD, Msc)***

***Luingi Minikulu (MD, MPH)***

Direction de Surveillance épidémiologique,  
Ministère de la Santé, Kinshasa, République Démocratique du Congo

***Jacques-Franck Bitilasi (MD, Msc)***

Division Provinciale de la Santé du Haut-Katanga, Ministère de la Santé, Lubumbashi,  
République Démocratique du Congo

***Gisèle Mbuyi (MD, Msc)***

Division des pandémies et épidémies, Direction de Surveillance épidémiologique,  
Ministère de la Santé, Kinshasa, République Démocratique du Congo

***Fiston Mbutiwi (MD, MPH, PhD)***

Faculté de médecine, Université de Kikwit, République Démocratique du Congo

***Felix Mulangu (EP, MPH)***

Division des pandémies et épidémies, Direction de Surveillance épidémiologique,  
Ministère de la Santé, Kinshasa, République Démocratique du Congo

***Faustin Chenge (MD, GObst, MPH, PhD)***

Ecole de Santé Publique, Faculté de Médecine, Université de Lubumbashi,  
Centre de Connaissances en Santé en République Démocratique du Congo

---

### **Abstract**

Cholera is endemo-epidemic in the city of Lubumbashi, Democratic Republic of Congo. Due to its importance in terms of morbidity and mortality, cholera is a real public health problem. This paper focuses on describing the clinical, epidemiological, biological, and therapeutic profile of cholera patients and identifying the determinants of cholera morbidity and mortality in the city of Lubumbashi. 386 cases and 386 controls were retained in the treatment units and health centers from January 2017 to December 2020. Positive cases met the Ministry of Health criteria: "any person, 2 years of age

and older during the epidemic, presenting at least three loose stools per day, with or without vomiting; or any death from acute diarrhoea". A structured survey was used. The Odds Ratio quantifies the strength of association. Logistic regression with STATA 12 was used for the statistical analysis. Moreover, QGIS 3.12 and Excel 2017 were used to generate figures and tables of the results of the study. The threshold of statistical significance was set at 5% and 95% CI was used. There were 5,112 cases and 146 deaths, a case fatality rate of 2.9%. Compared to controls, determinants were significantly associated ( $P < 0.05$ ) with cholera: male sex (OR = 1.41 [1.04-1.89]), education level less than or equal to 6 years of schooling (OR = 1.64 [1.05-2.54]), known contact with a cholera case (OR = 5.9 [2.60-13.67]), use of non-latrine containers (OR = 2.1 [1.5-3.0]), and lack of awareness of critical hand washing times (OR = 1.46 [1.08-1.98]). For death, the determinants are statistically associated ( $P < 0.05$ ) with cholera: Severe dehydration (OR = 2.67 [1.45-4.34]), delay of more than 24 hours between onset of signs and treatment (OR = 2.23 [1.22-4.05]), and level of education more 6 years of schooling (OR = 0.39 [0.21-0.71]). Determining the determinants of cholera and death in the city of Lubumbashi is an important step towards revisiting policies, operational plans, and in developing effective, appropriate, and optimal strategies for cholera control.

---

**Keywords:** Determinants, morbidity, mortality, cholera, Lubumbashi

## Introduction

Le choléra est une infection diarrhéique aiguë causée par l'ingestion d'aliments ou d'eau contaminés par la bactérie *Vibrio cholerae* (World Health Organization, 2022).

A l'échelle mondiale, le choléra reste un problème de santé publique et un indicateur de l'absence d'équité et d'un développement social. Selon les études, on estime qu'il y a globalement chaque année 1,3 à 4 millions de cas et 21 000 à 143 000 décès dus au choléra dans le monde (Ali *et al.*, 2015) et l'Organisation mondiale de la Santé (OMS, 2015). En 2000, 56 pays ont rapporté environ 137 071 cas de choléra à l'OMS, avec près de 87 % des cas provenant du continent africain (OMS, 2001 ; Senoumantin *et al.*, 2017).

En 2011, 58 pays avaient rapporté 589 854 cas de choléra avec 7816 décès soit une létalité de 1,33% (Dunoyer, 2013) ; en 2013, 47 pays ont déclaré un total de 129 064 cas, dont 2102 décès (OMS, 2015). Cependant, en 2014 on estimait son bilan réel entre 3 et 5 millions de cas avec 100 000 à 120 000 décès par an (OMS, 2014 ; Paraïso *et al.*, 2015 ; Ndié *et al.*, 2016). L'OMS rapporte que le nombre des cas de choléra notifiés a presque doublé entre 2018 (499 447) et 2019 (923 037) dans 31 pays, suggérant un renforcement des actions prioritaires dans la lutte contre cette maladie (OMS, 2021). Ces chiffres en

forte augmentation de l'incidence et la létalité du choléra au cours du temps devient alarmants. Pourtant, la qualité de la riposte conditionne l'évolution d'une épidémie et sa létalité (Makoutodé *et al.*, 2010).

Depuis 1961, le *V. cholerae* sérotype O1, biotype El Tor, s'est répandu sur toute la planète Terre, qui subit à ces jours la septième pandémie de choléra selon les sites <https://www.who.int/news-room/factsheets/detail/cholera> et <http://www.pasteur.fr>, ainsi que (Bompangue *et al.*, 2008). Initialement partie de l'Asie (1962) par l'Indonésie, puis le Moyen-Orient et a envahi la partie de l'Europe centrale (1965), et s'est ensuite étendue en 1970 au continent Africain, et en 1991 en Amérique Latine. Un lourd fardeau est payé par l'Afrique Sub-Saharienne de 2010 à 2016 (Ibrahim *et al.*, 2016). Il existe un fort décalage entre le nombre de cas signalés et les estimations établies, en raison des limitations des systèmes de surveillance et par peur des répercussions négatives que cela aurait sur le tourisme et le commerce (OMS, 2021). L'OMS estime en effet que les cas officiellement rapportés représentent seulement 5 à 10% des cas mondiaux actuels confirme le site <https://www.solidarites.org/fr/aider-plus-loin-temoigner/combattre-les-maladies-hydriques/cholera>.

En 1974, la République Démocratique du Congo (RDC) a enregistré ses premiers cas de choléra en provenance de la Tanzanie, et dès lors la situation reste très préoccupante. A elle seule, de 2013 à 2017, le pays a rapporté environ 151 010 cas de choléra et 3 034 décès (38% du total de cas et décès notifiés par tout le Continent africain), soit un taux de létalité de 1,97% confirme son plan multisectoriel pour l'élimination du choléra recadré, 2018-2022.

La RDC a rapporté en 2017 plus de 54 588 cas et 1 145 décès dus à une épidémie de choléra à l'échelle du pays, touchant 24 des 26 provinces, soit le double de la moyenne annuelle des cas (20 000 cas) de ces cinq dernières années et 230 Zones de Santé (ZS) sur les 516 ont été touchées selon le plan multisectoriel pour l'élimination du choléra recadré de la RDC. Par ailleurs, en 2020, 19,755 cas et 323 décès, soit un taux de létalité de 1,6% étaient notifiés, plaçant ainsi la RDC comme le plus important foyer de choléra du bassin du fleuve Congo, précise le site <http://www.pasteur.fr> et le plan multisectoriel d'élimination de choléra recadré, 2018-2022.

En revanche, la ville de Lubumbashi est parmi des foyers actifs de choléra dans la région des grands Lacs Africains, à l'instar du Nord-Kivu (Bompangue *et al.*, 2008) et mérite une attention particulière, car la moyenne de taux d'attaque et de mortalité de 2017 à 2020 sont respectivement de 16.5/10.000 habitants et 4.7/100.000 habitants ; alors que le taux de létalité globale avoisinait 3%. Aussi, dans cette ville, la prise en charge des patients et l'approvisionnement en intrants de lutte contre le choléra sont-ils tributaires de l'appui des partenaires techniques et financiers (PTFs). Cependant,

l'absence d'évidences plausibles et d'études d'envergure sur les profils des patients et les déterminants de choléra à Lubumbashi compromet la mise en œuvre des stratégies idoines de contrôle cette maladie affirment certains sites humanitaires du domaine de choléra dans le monde, <http://www.humanitarian.info> et <http://www.Solidarités.org>.

L'objectif de notre étude était de décrire le profil clinique, épidémiologique, biologique et thérapeutique des patients cholériques et d'identifier les déterminants de la morbidité et la mortalité due au choléra dans la ville de Lubumbashi.

## **Patients et méthodes**

### ***Lieu et sites de l'étude***

Cette recherche s'est réalisée dans la ville de Lubumbashi, au Sud-est de la RDC. Avec un taux d'accroissement de près de 3%, sa population a été estimée en 2019 à 3 093 927 habitants et s'étend sur une superficie 747Km<sup>2</sup>, soit une densité de 4.141,8 Hab. /km, <sup>2</sup> selon la Division Provinciale de la Santé (DPS) du Haut-Katanga.

La ville est située à 1 230 m d'altitude, Yav Zeng (2008). Elle est constituée d'un plateau légèrement vallonné avec les coordonnées géographiques : Longitude : 27°15' – 27°40' Est. Latitude : 11°26'-11°55' Sud, selon la cellule d'analyse des indicateurs de développement des villes (<https://www.caid.cd/index.php/donnees-par-villes/Lubumbashi/?domaine=fiche>) et dont la population vit plus de l'économie informelle Yav Zeng (2008).

Du Nord au Nord-ouest vers le Sud-est, la ville de Lubumbashi est traversée par deux grandes rivières : Kafubu et Lubumbashi. Son bassin hydrographique est composé de quatre importants ruisseaux qui sont : Katuba, Kimilolo, Kiawishi et Naviundu. Elle compte sept communes et accuse une population en majorité jeune, vivant du commerce et des industries minières comme cité dans le travail réalisé par Yav Zeng (2008).

La ville de Lubumbashi est le siège de la Division Provinciale de la Santé (DPS) et compte au total onze Zones de Santé (ZS) dont deux sont spéciales de par leur configuration qui est constituée, d'une constellation d'aires de santé formées par les camps militaires et de police, il s'agit des ZS de Camp Vangu et Kowe, informations précisées par Tubaya (2007) et la DPS de Lubumbashi.

Les données de l'étude étaient collectées à la DPS et dans les 11 sites de traitement de choléra. Ces sites parfois pavillonnaires ou des tentes sont installées dans l'enclos des Hôpitaux Généraux des Références (HGR), où sont reçus les patients souffrants d'autres maladies. Enfin, nous avons recueilli d'autres informations complémentaires dans les ménages, les HGR et les Bureaux Centraux des ZS (BCZS).



### ***Type d'étude***

Il s'agissait d'une étude cas-témoins non appariée incluant les données de 4 années, soit du 1er janvier 2017 au 31 décembre 2020.

### ***Population d'étude, cas et témoins***

La population d'étude est constituée des patients qui ont consulté le site de traitement de choléra et, ceux reçus en médecine interne, pédiatrie et la consultation externe. Cette population était obtenue des registres, listes linéaires de sites de choléra et fiches de consultation.

La définition de cas selon l'OMS, adaptée par le ministère de la Santé de la RDC, a été utilisée : « *toute personne, d'au moins 2 ans au cours de l'épidémie et présentant au moins trois selles liquides par jour, avec ou sans vomissement ; ou diarrhée aiguë aqueuse abondante, ou tout décès des suites d'une diarrhée aiguë avec ou sans test de diagnostic rapide (TDR) choléra positif* ». Celle-ci a été trouvée dans le plan multisectoriel pour l'élimination de choléra recadré, 2018-2022 de la RDC.

Les cas et les témoins de cette étude étaient sélectionnés séparément dans les 11 sites choisis, et la technique d'ajustement était réalisée pour tous les facteurs associés au cas et au décès dus au choléra. L'appariement n'a pas été fait car la taille de l'échantillon était suffisante pour obtenir la puissance nécessaire de cette étude et l'écart a été minime entre les cas et les témoins (Bernard & La Pointe, 2003 ; Okenge, 2020) enrôlés pour notre étude.

Les témoins recrutés dans les formations sanitaires, étaient représentatifs de la population dont sont issus les cas de choléra intégrés dans cette étude.

### ***Taille de l'échantillon***

Au total 5112 cas de choléra, population source, et 4726 cas non échantillonnés. Après calcul, il a été retenu une taille de 333,6 cas et augmentée de 52, soit 15,7% de taux de non-réponses. In fine 386 cas et 386 témoins, soit un échantillon de 772 sujets de l'étude, en raison d'un cas égal à un témoin (Bernard & La Pointe, 2003 ; Okenge, 2008). Tous ces cas et témoins ont répondu aux critères d'inclusion de cette étude.

Tout cas ou témoin avec données incomplètes a été remplacé par un autre de la liste linéaire des cas (feuille d'enregistrement de tous les cas, leurs caractéristiques et les variables retenues, disponible dans les zones de santé, à la DPS et à la direction de surveillance épidémiologique, niveau national du ministère de la santé) ou des registres des malades non cholériques (témoins) selon le service consulté au sein d'un HGR.

Après avoir retenu la taille de notre échantillon, et afin de garantir la sélection au hasard et équitable des sujets enrôlés dans l'échantillon par ZS, il



a été appliqué un facteur de proportionnalité de 15.1% d'effectifs à sélectionner dans toutes les 11 ZS.

### ***Critères d'inclusion***

Les cas inclus à l'étude ont répondu à cette définition de choléra, et a obéi aux critères :

- ✓ cas prévalent,
- ✓ tous les sexes,
- ✓ résidant dans la ville de Lubumbashi durant l'étude,
- ✓ Test de diagnostic rapide (TDR) choléra était positif,
- ✓ consentement lors de la collecte des données complémentaires par les enquêteurs,
- ✓ données collectées étaient complètes dans les registres ou listes linéaires de cas.

Alors que les décès sont ceux qui ont eu un résultat d'un TDR positif, même en post-mortem, tous sexes et déclarés ou notifiés par l'agent de santé.

### ***Critères d'exclusion***

Nous avons exclus les décès communautaires non confirmés et les cas ne répondant pas aux critères d'inclusion ci-haut et à l'absence d'un résultat positif de TDR choléra.

### ***Témoins***

Les témoins provenaient des registres de consultations générales, de médecine interne et de pédiatrie de la même période de 2017 à 2020. Ils ont été sélectionnés à partir des fiches dans les structures sanitaires : HGR ou CSR, où les sites de choléra étaient installés. Ils ont consulté pour d'autres maladies n'ayant pas les mêmes signes que ceux du choléra.

### ***Collecte des données***

La collecte de données a recouru aux fiches des patients, registres de consultation, listes linéaires, registres d'hospitalisation et dossiers des patients.

Il a été utilisé la fiche d'enquête des ménages pour collecter des données complémentaires environnementales des cas et des témoins. Cette fiche d'enquête approfondie était pré-testée, adaptée au contexte et validée par les experts du ministère de la santé à Kinshasa.

Cette étude a utilisé la carte sanitaire de la ville de Lubumbashi (Chenge *et al.*, 2010).

Pour garantir la confidentialité des informations, les données d'enquête complémentaire ont été codifiées et anonymisées.

### **Variables**

Les variables dépendantes : deux types étaient utilisés, à savoir : les cas de choléra (Oui/Non) ; et les décès dus au choléra : (Oui/Non).

Il a été retenu cinq entités de variables indépendantes pour cette étude, à savoir : les variables *sociodémographiques* (âge, sexe, état matrimonial, niveau d'instruction, profession). Variables *cliniques et biologiques* (fréquence de selles, aspect de selles, déshydratation, durée de séjour, vomissement, fièvre, céphalée, toux, vertige, fatigue, anorexie, douleur abdominale, douleur lombaire) ; *épidémiologiques* (rassemblement de masse dans les 5 derniers jours, contact d'un cas confirmé de choléra, utilise une source d'eau protégée (eaux de robinet, puits entretenus et décontaminés périodiquement), dispositifs de conservation d'eau, purification d'eau de boisson, lavage des mains avec détergent, types de toilettes utilisées, connaissance des moments de lavage des mains. Enfin, les variables liées à *l'organisation de service de prise en charge médicale de cas de choléra* (Réhydratation orale, prise d'antibiotique, types d'antibiotiques, et réhydratation parentérale), comme l'a détaillé le Tableau 1 à 5.

La catégorie de la variable indépendante la moins à risque était considérée comme celle de "référence" et codifiée par "0" ; alors que celle la plus à risque, codifiée "1" pour les analyses statistiques. Les variables en 3 catégories et plus ont été décomposées en indicateur et le test global des indicateurs (Testparm) était réalisé et rapporté en dessous de tableau de résultats.

Une équipe de recherche, composée d'un Data Manager et de cinq enquêteurs épidémiologistes, a été constituée dans la ville de Lubumbashi. Il s'agit des experts habitués à la collecte des données des études scientifiques. Ils ont été préalablement formés sur l'utilisation de la fiche d'enquête pour les données à collecter.

### **Analyse statistique**

Le données de profils des patients ainsi que des facteurs associés à la morbidité et à la mortalité due au choléra ont été réalisés en utilisant les logiciels STATA/IC 12.1, pour les analyses statistiques. Les QGIS 3.12 et Microsoft Excel© 2017 ont permis de générer les graphiques et les tableaux.

Les indicateurs clés de la surveillance ont été calculés, à savoir : le taux de létalité dû au choléra, le taux d'attaque et le taux de mortalité des patients de choléra.

Pour les analyses, les variables âge des patients ont été regroupés en quatre catégories et le nombre de ZS dichotomisés au seuil de la médiane du taux d'attaque.

Cette étude a décrit les variables à distribution normale par la moyenne et la déviation standard, Moy (DS). Par ailleurs, l'étude a présenté les variables continues à distribution non symétrique par la médiane et l'écart interquartile (P25-P75). Les variables qualitatives étaient décrites par des proportions ou les fréquences absolues.

Le test Chi-carré ( $\chi^2$ ) de Pearson ou le test Exact de Fisher a été appliqué pour l'analyse des tables de contingence, et le test non paramétrique de Wilcoxon/Mann-Whitney pour la comparaison des médianes. La comparaison des moyennes a utilisé le test t-Student selon que les conditions d'applications de tests étaient réunies et satisfaisantes.

Un modèle de régression logistique binaire stepwise a été construit pour analyser les facteurs prédictifs de la morbidité et de la mortalité des patients de choléra. Il a été opté pour une approche exploratoire : les variables retenues dans les modèles ont été sélectionnées par une procédure stepwise logistic regression pas-à-pas progressive (for ward) et dégressive (back ward) pour les facteurs associés au choléra et au décès. Cette étude a utilisé, la probabilité for enter ou  $P_e$  (0,05) et for remove,  $P_r$  (0.10) basée sur le rapport de vraisemblance (LR) Test. Les variables conservées dans les modèles étaient celles pour lesquelles la P-valeur était inférieure à 0,05.

Du modèle final, obtenu après ajustement des variables significativement associées au choléra, et aux décès des patients dus au choléra, il a été dérivé, les Odds-ratios (OR) ajustés ainsi que leurs intervalles de confiance (IC) à 95% rapportés.

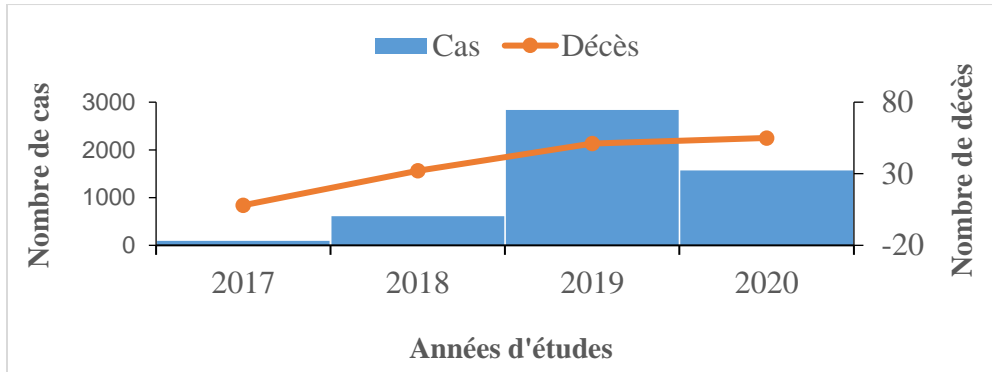
Les conditions d'application de la méthode ont été vérifiées par le test d'ajustement de Hosmer-Lemeshow (HL), LR test et le facteur d'inflation de la variance (VIF). Cette étude a procédé à l'analyse graphique du diagramme de dispersion des résidus standardisés en fonction des probabilités prédites. Cette analyse était satisfaisante.

Un risque d'erreur ( $\alpha$ ) de 5%, la puissance d'échantillon à 90% et un intervalle de confiance à 95% étaient optés pour cette étude. Le Seuil de signification statistique est fixé à 0.05.

## Résultats

Les résultats de cette recherche sont présentés en trois parties, à savoir : Indicateurs de morbidité et de mortalité de choléra à Lubumbashi ; les caractéristiques et profils clinique, épidémiologique, biologique, thérapeutiques des malades et des témoins ; et enfin les déterminants de la morbidité et de la mortalité dus au choléra, à Lubumbashi, en RDC de 2017 à 2020.

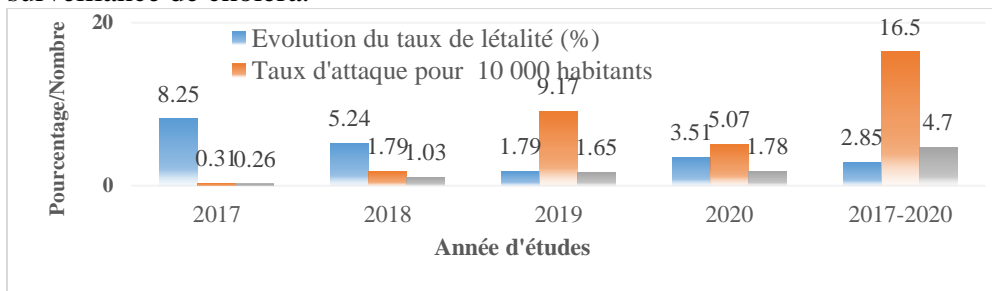
### 1. Indicateurs de morbidité et de mortalité de choléra à Lubumbashi



**Figure 1.** Evolution annuelle de nombre des cas et des décès de choléra à Lubumbashi, de 2017 à 2020

De l'analyse de la Figure 1, il ressort que plus de cas de choléra, 2836 cas ont été rapportés en 2019 ; alors que plus de décès dus au choléra étaient enregistrés en 2020, soit 55 décès. En revanche, l'année 2017 a notifié le moins de cas et de décès de choléra, soit 97 cas et 8 décès.

Ci-dessous la Figure 2 décrit l'évolution annuelle des indicateurs de surveillance de choléra.



**Figure 2.** Evolution annuelle des taux de létalité, d'attaque et de mortalité de choléra à Lubumbashi, de 2017-2020

Il se dégage de la Figure 2 que le taux d'attaque du choléra est près de 17 pour 10.000 habitants sur la période analysée de 4 ans. Le taux de mortalité globale est estimé à 5 pour 100.000 habitants dans la ville de Lubumbashi. Le taux de létalité globale de 4 ans est près de 3% (n=5112). L'année 2017 a enregistré le taux de létalité le plus élevé de cette étude (8.3%, soit 8 décès sur 97 cas rapportés). En 2018, le taux de létalité dû au choléra a été estimé à 5.2% (32 décès sur 611 cas) (Figure 1 et Figure 2).

## 2. Caractéristiques des cas de choléra et des témoins de l'échantillon

## A Lubumbashi, 2017 à 2020

### 2.1. Données des cas et des témoins de l'échantillon

Les données descriptives des cas et témoins sont présentées au Tableau 1 ci-dessous.

**Tableau 1.** Profil épidémiologique des cas de choléra et des témoins à Lubumbashi, 2017-2020

Facteurs	Total n (%)	Cas n (%)	Témoin n (%)	OR [IC à 95%]	P-value
Sexe					
<i>Féminin</i>	373 (100)	169 (45.31)	204 (54.69)	1	
<i>Masculin</i>	399 (100)	217 (54.39)	182 (45.61)	1.43 [1.1-1.9]	<b>0.012</b>
Age (années)					
2 à 9	38 (100)	35 (92.11)	3 (7.89)	1	
10 à 19	202 (100)	118 (58.42)	84 (41.58)	0.12 [0.03-0.04]	
20 à 29	180 (100)	71 (39.44)	109 (60.56)	0.06 [0.02-0.19]	
30 et plus	352 (100)	162 (46.02)	190 (53.98)	0.07 [0.02-0.24]	<b>0.000*</b>
Etat matrimonial					
<i>Non marié</i>	328 (100)	151 (46.04)	177 (53.96)	1	
<i>Marié</i>	444 (100)	235 (52.93)	209 (47.07)	1.36 [0.91-1.73]	<b>0.05</b>
Niveau d'instruction					
> 6 ans d'études	588 (100)	261 (44.39)	327 (55.61)	1	
≤6 ans d'études	184 (100)	125 (67.93)	59 (32.07)	2.72 [1.8- 3.8]	<b>0.000</b>
Profession					
<i>Employé</i>	116 (100)	28 (24.14)	88 (75.86)	1	
<i>Commerçants</i>	39 (100)	27 (69.23)	12 (30.77)	7.10 [3.2-15.8]	
<i>Élève et étudiant</i>	293(100)	127 (43.34)	166 (56.66)	2.42 [1.5-3.9]	
<i>Agriculteur</i>	230 (100)	151(65.65)	79 (34.35)	6.03 [3.6-9.9]	
<i>Ménagère</i>	94 (100)	53 (56.38)	41 (43.62)	4.11 [2.3-7.3]	<b>0.0000*</b>
Participation au rassemblement de masse au cours de 5 derniers jours					
<i>Non</i>	490 (100)	239 (48.78)	251 (51.22)	1	
<i>Oui</i>	282 (100)	147 (52.13)	135 (47.87)	1.10 [0.8-1.7]	0.369
Contact avec un cas de choléra					
<i>Non</i>	724 (100)	345 (47.65)	379 (52.35)	1	
<i>Oui</i>	48 (100)	41 (85.42)	7 (14.58)	6.41 [2.8-17.2]	<b>0.000</b>
Utilise source d'eau protégée					
<i>Oui</i>	282(100)	127 (45.04)	155 (54.96)	1	
<i>Non</i>	490 (100)	259 (52.86)	231 (47.14)	1.42 [1.1-1.8]	<b>0.036</b>
Dispositif de conservation d'eau couvert					
<i>Oui</i>	611 (100)	301 (49.26)	310 (50.74)	1	
<i>Non</i>	161 (100)	85 (52.80)	76 (47.20)	1.21 [0.8-1.7]	0.425
Purification d'eau de boisson					
<i>Oui</i>	501 (100)	244 (48.70)	257 (51.30)	1	
<i>Non</i>	271 (100)	142 (52.40)	129 (47.60)	1.20 [0.8-1.6]	0.327
Type de toilette utilisée					
<i>En eau courante</i>	441 (100)	201 (45.58)	240 (54.42)	1	
<i>Récipient</i>	174 (100)	112 (64.37)	62 (35.63)	2.21 [1.5-3.1]	
<i>Fosse arabe</i>	157 (100)	73 (46.50)	84 (53.50)	1.03 [0.7-1.5]	<b>0.000</b>
Moments critiques de lavage des mains #					
<i>Connus</i>	316 (100)	142 (44.94)	174 (55.06)	1	
<i>Non connus</i>	456 (100)	244 (53.51)	212 (46.49)	1.46 [1.08-1.98]	<b>0.019</b>

\*testparm des indicateurs. # 4 moments de lavage des mains : « Avant le repas, avant allaitement, après s'être rendu aux toilettes et après être rentré à la maison ».

Le Tableau 1 renseigne que l'âge, le sexe, la profession, le contact avec un cas de choléra, la consommation d'eau des sources non protégées, le niveau d'instruction, l'utilisation des récipients ou sachets pour déféquer, l'aspect liquidien et parfois eau des riz ainsi que la méconnaissance des moments critiques de lavage des mains sont associés à la chance de contracter le choléra ( $P < 0.05$ ).

## 2.2. Données cliniques et biologiques des cas et des témoins de l'échantillon

Ci-dessous, le Tableau 2 présente les données cliniques et biologiques de l'échantillon.

**Tableau 2.** Profils clinique et biologique des cas de choléra et des témoins à Lubumbashi, en République démocratique du Congo, 2017-2020

Signes/ Symptômes	Total n (%)	Cas n (%)	Témoin n (%)	OR [IC à 95%]	P-value
Fréquence de selles					
≥3					
<i>Non</i>	376 (100)	12 (3.19)	364 (96.81)	1	
<i>Oui</i>	396 (100)	374 (94.44)	22 (5.56)	516 [251.4 - 1057.3]	0.000
Selles Liquides					
<i>Non</i>	369 (100)	0 (0)	369 (100)	1	
<i>Oui</i>	403(100)	391 (97.62)	12 (2.38)	909 [400.2-2065.7]	0.000
Déshydratation					
<i>Absente</i>	422 (100)	43 (10.19)	379 (89.81)	1	
<i>Modérée</i>	156 (100)	153 (98.08)	3 (1.92)	449.5 [137.1-1470.7]	
<i>Sévère</i>	194 (100)	190 (97.94)	4 (2.06)	418.6 [148.1- 1183.2]	0.000
Durée de séjour (Jours)					
≤1	120 (100)	61(50.83)	59 (49.17)	1	
≥2	652 (100)	325(49.85)	327(50.15)	0.9 [0.64-1.44]	0.843
Vomissement					
<i>Non</i>	390 (100)	6 (1.57)	376 (98.43)	1	
<i>Oui</i>	382 (100)	380 (97.44)	10 (2.56)	2381.3 [856.9- 6617.8]	0.000
Fièvre					
<i>Non</i>	606(100)	383 (63.20)	223 (36.80)	1	
<i>Oui</i>	166 (100)	3 (1.81)	163 (98.19)	0.01 [0.0-0.33]	0.000
Toux					
<i>Non</i>	743 (100)	382 (51.41)	361(48.59)	1	
<i>Oui</i>	29 (100)	4 (13.79)	25 (86.21)	0.1 [0.1-0.43]	0.001
Céphalée					
<i>Non</i>	673 (100)	358 (53.19)	315 (46.81)	1	
<i>Oui</i>	99 (100)	28 (28.28)	71 (71.72)	0.34 [0.21-0.55]	0.000

Vertige	<i>Non</i>	749(100)	384 (51.27)	365 (48.73)	1	0.001
	<i>Oui</i>	23 (100)	2 (8.70)	21 (91.30)	0.15 [0.09-0.38]	
Fatigue	<i>Oui</i>	676 (100)	371(54.88)	305 (45.12)	1	0.000
	<i>Non</i>	96 (100)	15 (15.63)	81 (84.38)	0.1 [0.01-0.27]	
Anorexie	<i>Non</i>	710 (100)	366 (51.55)	344 (48.45)	1	0,04
	<i>Oui</i>	62 (100)	20 (32.26)	42 (67.74)	0.45 [0.25-0.78]	
Douleur abdominale	<i>Non</i>	734 (100)	385 (52.45)	349 (47.55)	1	0.000
	<i>Oui</i>	38 (100)	1 (2.63)	37 (97.37)	0.02 [0.00-1.18]	

Le Tableau 2 montre que la fréquence de 3 selles et plus, l'aspect liquidien et parfois l'eau de riz, la déshydratation, le contact avec un cas de choléra, sont les signes/symptômes associés statistiquement et significativement au choléra ( $P < 0.05$ ). Par ailleurs, les patients ayant présenté de la fièvre, toux, céphalées, fatigue, anorexie, vertige, douleur abdominale et douleur lombaire ont moins de chance, en priori d'être des cas de choléra, Tableau 2 ( $P < 0.05$ ).

### 2.3. Données thérapeutiques des cas et des témoins de l'échantillon

Les données thérapeutiques des cas et des témoins de l'échantillon se trouvent au tab 3

**Tableau 3.** Profil thérapeutique des cas de choléra et des témoins dans la ville de Lubumbashi, en République démocratique du Congo, 2017-2020

Traitement administré	Total n (%)	Cas n (%)	Témoins n (%)	OR [IC à 95%]	P-value
Réhydratation orale					
<i>Non</i>	265 (100)	5 (1.89)	260 (98.11)	1	0.000
<i>Oui</i>	507 (100)	381 (75.15)	126 (24.85)	157 [64-496]	
Antibiotique					
<i>Non</i>	154 (100)	37 (24.03)	117 (75.97)	1	0.000
<i>Oui</i>	618 (100)	349 (56.47)	269 (43.53)	4.1 [2.7-6.3]	
Type d'antibiotique					
<i>Aucun</i>	156 (100)	40 (25.64)	116 (74.36)	1	0.000
<i>Doxycycline</i>	62 (100)	47 (75.81)	15 (24.19)	9.08 [4.6-19.9]	
<i>Chloramphénicol</i>	55 (100)	7 (12.73)	48 (87.27)	0.4 [0.2- 1.0]	
<i>Ciprofloxacine</i>	173 (100)	73 (42.20)	100 (57.80)	2.1 [1.1-3.4]	
<i>Métronidazole</i>	239 (100)	171(71.55)	68 (28.45)	7.3 [4.6-11.5]	
<i>Ampicilline</i>	87 (100)	48 (55.17)	39 (44.83)	3.6 [2.0-6.2]	
Réhydratation parentérale					
<i>Non</i>	446 (100)	105 (23.54)	341(76.46)	1	0.000
<i>Oui</i>	326 (100)	281 (86.20)	45(13.80)	20.3 [13.6-30.4]	

Le Tableau 3 renseigne que la prise de la solution de réhydratation orale (SRO), la prise d'antibiotique, le type d'antibiotique (doxycycline, métronidazole, ampicilline et le ciprofloxacine), et la réhydratation parentérale (perfusion) sont les traitements administrés, statistiquement et significativement associés au cas de choléra (P= 0.000).

### 3. Les déterminants de la morbidité et de la mortalité due au choléra à Lubumbashi, 2017-2020

#### 3.1. Les déterminants de la morbidité due au choléra à Lubumbashi.

La synthèse des données de morbidité due au choléra se trouve au Tableau 4 ci-dessous.

**Tableau 4.** Facteurs associés à la morbidité de choléra, à Lubumbashi, 2017-2020

Facteurs associés au Choléra	OR ajusté [IC95%]	Coefficient $\beta$	S.E.	p-value	S
Sexe					
<i>Féminin</i>	1				
<i>Masculin</i>	1.41 [1,04-1,89]	0.34	0.15	0.026	****
Age (années)					
2 à 9	1				
10 à 19	0.14 [0.04-0.51]	-1.92	0.63		
20 à 29	0.09 [0.02-0.31]	-2.46	0.66		
30 et plus	0.11 [0.03-0.39]	-2.21	0.65	0.001	****
Niveau d'instruction					
>6 ans d'études	1				
≤6 ans d'études	1.64 [1.05-2.54]	0.49	0.22	0.029	****
Contact connu d'un cas de choléra					
<i>Non</i>	1				
<i>Oui</i>	5.9 [2.60-13.67]	1.78	0.42	0.000	****
Moments critiques de lavage des mains					
<i>Connus</i>	1				
<i>Non connus</i>	1.46 [1.08-1.98]	0.38	0,16	0.015	****

**Pseudo  $R^2 = 0.084$ ; Prob > chi2 = 0.000; Hosmer-Lemeshow chi<sup>2</sup> (7) = 5.28;**

**Prob > chi<sup>2</sup> = 0.626.**

Le Tableau 4, montre que, ajusté pour toutes les variables, le sexe masculin, le niveau d'instruction inférieur ou égal à 6 ans d'études, le contact connu d'un cas de choléra et la méconnaissance des moments critiques de lavage des mains sont des facteurs statistiquement et significativement associés au choléra à Lubumbashi (P<0.05).

#### 3.2. Facteurs associés à la mortalité due au choléra à Lubumbashi

Ci-dessous, le Tableau 5 renseigne sur les facteurs associés à la mortalité due au choléra.



**Tableau 5.** Facteurs associés aux décès dus au choléra, à Lubumbashi, 2017-2020

Facteurs associés aux décès dus au choléra	OR ajusté [IC95%]	Coef-ficient $\beta$	S.E.	Z	p-value	S
Délai entre début des signes et le traitement						
<i>Moins de 24h</i>	1					
<i>24h et plus</i>	2.23 [1.22-4.05]	0.80	0.31	2.63	0.009	****
Prise des antibiotiques						
<i>Non</i>	1					
<i>Oui</i>	0.58 [0.35-0.95]	-0.54	0.25	-2.15	0.031	****
Déshydratation						
<i>Absence</i>	1					
<i>Modéré</i>	0.62 [0.32-1.34]	-0.47	0.35	-1.35		
<i>Sévère</i>	2.67 [1.65-4.34]	0.98	0.25	3.95	0.000 <sup>#</sup>	****
Niveau d'instruction						
<i>≤ 6 ans d'études</i>	1					
<i>&gt; 6 ans d'études</i>	0.39 [0.21-0.71]	-0.94	0.30	-3.11	0.002	****

\*\*\*\* : (P<0.05). # : Testparm de la variable décomposée en indicateur. **Pseudo R<sup>2</sup> =0.083** ; Prob > chi<sup>2</sup> = 0.0000 ; **Hosmer-Lemeshow** chi<sup>2</sup> (8) = 13.54 ; **P= 0.095**.

Le Tableau 5 renseigne qu'après ajustement, la prise en charge médicale au-delà de 24H00 du début des signes et la déshydratation sont les facteurs associés statistiquement et significativement au décès dû au choléra à Lubumbashi (P<0.05). Par ailleurs, les patients ayant reçu l'antibiotique et ceux avec un niveau d'instruction supérieur ou égal à 6 ans d'études ont moins de chance de décéder de choléra (P<0.05).

## Discussion

La discussion concerne successivement les résultats de la morbidité et la mortalité due au choléra à Lubumbashi ; les profils clinique, épidémiologique, biologique et thérapeutique des patients du choléra et des témoins ; et enfin les déterminants de la morbidité et la mortalité dus au choléra à Lubumbashi.

### 1. Morbidité et mortalité dues au choléra à Lubumbashi, 2017-2020

Les Figures 1 et 2 des résultats de cette étude ont montré que le choléra a évolué sous un mode endémo-épidémique à Lubumbashi, entre 2017-2020. Au total, 5112 cas et 146 décès ont été rapportés, soit un taux de létalité globale de 2.9% (n=5112) pour cette période. La mortalité pour 100.000 hab. estimée à 4.7. Près de 56% (n=5112) des cas de choléra ont été rapportés en 2019 (Figure 1et 2). Cette étude a trouvé un taux d'attaque sur 4 ans de près 17 sur 10.000 hab. (Figure 2), des chiffres qui montrent une forte contamination de choléra dans cette ville de Lubumbashi.

En effet, ces résultats pourraient être expliqués par les facteurs associés au choléra trouvés par cette étude, notamment les mauvaises conditions

hygiéniques et parfois l'absence des toilettes, fortes hydrographies contrastant avec la qualité d'eau, sources d'eaux de boissons diversifiées, la profession des commerçants, agriculteurs, ménagères, la méconnaissance de l'hygiène des mains, aspects liés aux facteurs de risques associés au choléra (Tableau 1). Ce rôle de l'hygiène a été prouvé au Mali, commune de Coulibaly où l'amélioration à l'accès à l'eau, à l'hygiène et assainissement a eu un impact positif dans la réduction des maladies hydriques (Traore *et al.*, 2021).

## **2. Profils clinique, épidémiologique, biologique et thérapeutique des patients du choléra et des témoins**

### **2.1. Le profil clinique des patients de choléra et des témoins de notre échantillon**

Il ressort du Tableau 2 des résultats de notre étude que la diarrhée, les vomissements, deux signes plus caractéristiques de choléra, la fièvre, les douleurs abdominales, la fatigue, les vertiges, l'anorexie, la toux, les céphalées et les douleurs articulaires sont les symptômes et les signes cliniques caractéristiques des malades du choléra ; la différence avec les témoins étant statistiquement significative ( $p < 0,05$ ).

En revanche, cette étude a montré que certains signes : la fièvre constatée à près de 2% de cas contre 98% des témoins, douleurs abdominales, à 3% des cas et la toux à 14%. Les céphalées ont été identifiées dans 28% des cas (Tableau 2) et ne peuvent être considérés comme révélateurs ou pathognomoniques d'un cas de choléra.

Cette symptomatologie clinique générale était semblable à celle décrite par l'OMS, trouvé dans le site <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/cholera> et les études de (Kyelem *et al.*, 2020 ; au Burkina Faso en 2005 ; Compaoré *et al.*, 2001 ; Morillon *et al.*, 2002), à Djibouti, entre 1993-1994, respectives. D'où l'importance d'un examen clinique détaillé de tout cas suspect de choléra dès l'arrivée.

Enfin, ce résultat ne corrobore pas avec 10% à 20% des patients sans déshydratation trouvé à Dhaka, au Bangladesh par Pietroni (2019).

### **2.2. Le profil biologique des patients de choléra de notre échantillon**

Les résultats de cette étude, a recouru aux Test de Diagnostic Rapide (TDR), partie intégrante de la définition de cas de choléra dans cette étude.

En RDC comme à Lubumbashi, la culture de selles, la biologie moléculaire de *Vibrio cholerae*, et l'ionogramme ne font pas parties des examens de routine chez tous patients suspects de choléra, et ce même au cours de suivi de sa prise en charge médicale.

Les bandelettes représentent le premier test rapide qui a été utilisé avec succès pour diagnostiquer le choléra à partir d'écouvillons rectaux, et cela améliorerait énormément la surveillance du choléra, en particulier dans les

régions éloignées, comme l'a souligné (Ndour *et al.*, 2006), mais sa disponibilité est un facteur limitant dans notre contexte.

### **2.3. Le profil épidémiologique des patients de choléra de notre échantillon**

Comme renseigné par nos résultats, au Tableau 1, comparé aux témoins : l'âge de moins de 10 ans, le sexe masculin, la profession (commerçante, agricultrice, ménagère, élève et étudiante), le contact avec un cas de choléra, la consommation d'eau des sources non protégées, le niveau d'instruction  $\leq$  à 6 ans d'études. En outre, l'utilisation des récipients ou dispositifs similaires pour déféquer, l'aspect liquidien et parfois eau des riz ainsi que la méconnaissance des moments critiques de lavage des mains sont associés à la chance de contracter le choléra à Lubumbashi ( $P < 0.05$ ).

En effet, la prévention et la gestion de choléra devraient se reposer sur les approches cliniques, épidémiologiques, socio anthropologiques et communautaires, et ne peuvent échapper à ce paradigme pour plus d'acceptation et d'implication de tous. Notre étude a montré que le contact d'un cas de choléra avait plus de 6 fois de chance de développer le choléra, Tableau 1. Cette considération doit être intégrée dans la lutte contre cette maladie.

Les patients avec une instruction  $\leq$  à 6 ans d'études courraient près de 3 fois plus de chance de contracter le choléra que les témoins. Ce résultat est remarquablement très pertinent d'être intégré dans le curricula de l'enseignement en RDC. Les notions de prévention et d'attitudes à promouvoir pour lutter contre le choléra seront incluses dans la stratégie et approche holistique à enseigner dans les écoles, communautés et églises.

En rapport avec le sexe, il a été noté plus d'hommes (54,39%) parmi les cas contre 45,61% des témoins. Etant un cas, la cote de contracter le choléra est 1.43 quand on est un homme par rapport à la femme, ORIC95% : 1.43 [1.1-1.9],  $P=0.012$  (Tableau 1).

A notre avis, sur le terrain, cette étude a constaté que les hommes fréquentent plus les restaurants de fortune (Malewa) et consomment plus les aliments vendus sur la voie publique, comme l'eau en sachet, manipulée sans hygiène scrupuleuse. Ces constats pourraient être des facteurs de risque important de contamination de choléra à Lubumbashi. Nos résultats sont comparables aux études menées respectivement par (Kyelem *et al.*, 2011) au Burkina Faso (Jaureguiberry *et al.*, 2001), au Madagascar, et (Tanon *et al.*, 2004) en Côte d'Ivoire, qui ont trouvé une prédominance des cas de choléra chez les hommes.

De surcroit (McCrickard *et al.*, 2017) avaient trouvé au cours d'une épidémie de choléra de 2015 à 2016 en Tanzanie, que les hommes étaient plus

touchés et que parmi les signes, autres les diarrhées et les vomissements à plus de 75% de cas, les céphalées ont été constatées à 16% d'admission dans les sites de traitement de choléra.

L'âge médian (P25-P75) dans notre étude est 28 (18-41) ans. Près de 95% (n=722) avait 10 ans et plus. Ceci s'explique par la caractéristique démographique de la population et marquée par cette jeunesse active, très mobile et plus exposée aux facteurs de risque de choléra dans notre contexte, Tubaya (2007). En effet, les jeunes étaient les plus atteints de choléra, mais les plus âgés en mouraient plus. Ceci a été observé aussi dans les études menées, au Burkina Faso, et Madagascar respectivement par" (Kyelem *et al.*, 2011; Compaoré, 2001; Jaureguiberry *et al.*, 2001)". D'autre part (Morillon *et al.*, 1988) à Djibouti, rapportaient que les enfants âgés de 0 à 5 ans étaient les plus touchés ; comme l'a révélé cette étude de Lubumbashi, où l'âge 10 ans et plus était moins touché en comparaison avec les moins de 10 ans (Tableau 1).

En rapport avec la profession, nos résultats ont mis à exergue le rôle de : commerçants, les agriculteurs, les ménagères, les étudiants et les élèves, qui ont eu respectivement 7 et 6, 4, 2 fois plus de chance de développer le choléra que les employés, par rapport à leurs témoins, de manière significative,  $P= 0.000$  (Tableau 1).

Les élèves et les étudiants n'ont pas été épargnés, près de 2.4 fois plus de chance de contracter le choléra que les employés, et ce en comparaison avec leurs témoins. Les expositions à l'eau de boisson contaminée et aliments vendus dans les conditions d'hygiène précaires y compris dans les écoles et universités pourraient être des facteurs explicatifs.

#### **2.4. Le profil thérapeutique des patients de choléra de notre échantillon**

Le Tableau 3 des résultats de cette étude renseigne que l'administration de la solution de réhydratation orale (SRO), l'utilisation d'antibiotique, le type d'antibiotique (Doxycycline, métronidazole, ampicilline et le ciprofloxacine), et l'administration de la réhydratation parentérale (perfusion) sont les traitements administrés, statistiquement et significativement associés au choléra ( $P= 0.000$ ).

A Lubumbashi, les ZS construisent soit les tentes dans l'enceinte des hôpitaux généraux de référence (HGR), soit aménagent un pavillon de l'HGR devant abriter le site de prise en charge des malades de choléra. Dans ces ZS, la prise en charge des patients et l'approvisionnement en intrants de lutte contre le choléra sont tributaires de l'appui des techniques, logistiques et financiers des partenaires stratégiques ou opérationnels. Il n'existe pas des fonds de calamité ou d'urgence pour faire face immédiatement à l'épidémie de choléra.

Ensuite, le manque du suivi scrupuleux des protocoles de prise en charge de choléra, dans 45.5% (n=11) de sites de traitement de choléra, et des

évaluations bi journalières des patients ont été déplorés et dont la stratégie de contrôle efficace à mettre au point dans cette ville apportera des innovations pour améliorer la gestion de ces patients.

La quantité médiane du liquide administrée, en litre, par patient, est exprimée à 4 (0-6), Médiane (P25-P75) trouvé par cette étude. Ce chiffre est proche de la moyenne de 5.2 litres par patient de choléra, WHO (2019). En outre, ces résultats sont semblables de ceux obtenus par (Akpa *et al.*, 2008) lors leurs études sur les déterminants de faible létalité de l'épidémie de choléra dans le littoral au Bénin en 2008, et qui ont trouvé 6,93 litres par patient avec déshydratation sévère. Ces auteurs ont montré que la réhydratation parentérale a été utilisée pour 92,51 % des cas présentant une déshydratation modérée avec en moyenne 3,67 litres par patient, et 17,24 % des cas sans déshydratation avec en moyenne 2,28 litres par patient, ce qui représente près de 4;3 litres en moyenne par patient cholérique de son échantillon. Cette étude a trouvé que 86.2% des patients avaient bénéficié la réhydratation parentérale (Tableau 3), contre 85% et 99,50 % des patients ont reçu le SRO, comme mesures thérapeutiques de cas de choléra, renseigné dans la série d' (Akpa *et al.*, 2008). Cette considération reconforte, et, est en accord avec les lignes directrices de l'OMS qui préconise du SRO à plus de 80% des malades de choléra,

Cette étude, au Tableau 3 a renseigné que l'antibiothérapie a été administrée à près 56% chez les cas contre 44% chez les témoins. L'utilisation des antibiotiques diffère significativement entre le cas et les témoins, OR= 4.1, IC95% (2.7-6.3), P=0000. Seul 25% (n=386) de cas de choléra de notre échantillon n'a pas reçu d'antibiotique contre 74% des témoins. L'ampicilline (55%), le métronidazole (72%), le ciprofloxacine (42%), le tétracycline (76%) et le chloramphénicol (12%) ont été les antibiotiques largement administrés (Tableau 3), de manière significative (P<0.05) dans la ville de Lubumbashi . Et ce à l'absence de tout antibiogramme au préalable.

En contrario, la réhydratation par voie parentérale a été constatée dans 100% des patients de choléra, mais seul 4% (n=386) des témoins ont bénéficié de solution parentérale (P=0.000). Ceci soulève deux questionnements, sur le respect strict de protocole thérapeutique, car près de 10% de cas n'avait aucun signe de déshydratation et devrait bénéficier du SRO seulement.

### **3. Les déterminants de la morbidité et de la mortalité due au choléra à Lubumbashi**

#### **3.1. Les déterminants de la morbidité de choléra à Lubumbashi**

Les résultats du Tableau 4 de cette étude, montre que, après ajustement pour toutes les variables significatives en analyse bi variée, les déterminants ci-après : le sexe masculin, le niveau d'instruction inférieur ou égal à 6 ans d'études. Et le contact connu d'un cas de choléra et la méconnaissance des moments critiques de lavage des mains sont des facteurs significativement

associés au choléra ( $P < 0.05$ ) à Lubumbashi. Ces facteurs ont été retenus par le modèle final de régression logistique binaire, pas à pas. Ceci prouve en suffisance et explique le rôle de ces déterminants dans l'écllosion des flambées épidémiques de choléra à Lubumbashi.

En effet, même au sein de la population majoritairement instruite (étudiants et élèves), mais vivant dans les conditions socio-économiques précaires, notamment d'hygiène et de pénurie d'eau potable, le nombre de cas de contamination et décès de choléra ne peuvent cesser d'accroître malgré les actions menées sur le terrain. Le risque de contamination par des eaux de boisson et des nourritures extra ou intra domiciliaires devient élevé et constitue le point de départ des foyers actifs de choléra à Lubumbashi.

Cette étude a trouvé que près de 22% (Tableau 1) de la population utilise les seaux, sachets ou autres dispositifs similaires pour déféquer en pleine journée ou la nuit, parfois dans leurs maisons, constituant un facteur potentiel de risque de transmission manu portée et par les hôtes intermédiaires dont les mouches domestiques, comme explique le site de <https://www.solidarites.org/fr/aider-plus-loin-temoigner/combattre-les-maladies-hydriques/cholera>, sur les 2 voies de transmission du *Vibrio choléra*. Cette étude menée à Lubumbashi a démontré que, comparé aux témoins, les cas utilisant ces dispositifs ont 2 fois plus de chance de contracter le choléra que ceux qui utilisaient les toilettes en eau courante (OR IC95= 2.2 [1.5-3.1]) ( $P = 0.000$ ), Tableau 1.

En outre, pire encore ces dispositifs contenant les matières fécales sont déversés, soit à l'air libre, ou dans les rivières qui parsèment la ville de Lubumbashi, soit dans les toilettes non hygiéniques, favorisant ainsi la contamination des puits artisanaux ou "Kishimpo", où la population se rabat pour puiser de l'eau à usage domestique. Nos résultats sont proches de certaines études réalisées en RDC, et en particulier dans le contexte de la ville de Lubumbashi (Tubaya, 2007; Ingelbeen *et al.*, 2019).

En effet, la prise en considération des facteurs comme: l'inattention par les prestataires et la communauté du rôle que doit jouer un contact d'un cas confirmé, probable ou suspect de choléra dans la propagation de la maladie, bien souvent asymptomatique, comme l'a dit l'OMS (2019). Action à renforcer dans la prévention de choléra dans notre contexte d'étude.

Enfin, la méconnaissance des moments critiques de lavage des mains s'est révélée être un des facteurs de risque de choléra, OR IC95% : 1.46 (1.08-1.98)  $P = 0.019$  (Tableau 1). Le rôle joué par la connaissance et la pratique de lavage des mains dans la prévention des maladies manu-portées ou des mains sales a été suffisamment documenté et souligné par certains auteurs (Hutin *et al.*, 2000; Shahid *et al.*, 1996). Des résultats similaires ont été obtenus par d'autres études qui ont également indiqué que l'utilisation du savon et la promotion du lavage des mains permettent de réduire de 26 à 62 % l'incidence



de la diarrhée dans les pays en développement (Hutin *et al.*, 2000; Pinfold *et al.*, 1996). Le choléra a été défini comme un modèle d'une maladie à transmission environnementale lié à l'écologie et à la population (Lipp *et al.*, 2002). Ce fait ci-haut décrit prouve en suffisance la persistance des défis et gaps à combler en matière de la prévention et contrôle de l'infection (PCI) et de communication sur les risques et engagement communautaire (CREC).

### **3.2. Les déterminants de décès dus au choléra à Lubumbashi**

Cette étude a renseigné, au Tableau 5 qu'après ajustement pour toutes les variables significatives en analyse bi variée, la prise en charge médicale au-delà de 24H00 du début des signes et la déshydratation sont les facteurs associés significativement au décès dû au choléra à Lubumbashi ( $P < 0.05$ ). Par contre, les patients ayant été traité par l'antibiotique et ceux avec un niveau d'instruction supérieur ou égal à 6 ans d'études, ont moins de chance de décéder de choléra ( $P < 0.05$ ).

Les résultats de cette recherche ont montré que le taux de létalité globale de 4 ans (2017 à 2020) est près de 3%, soit 146 décès parmi 5112 cas de choléra rapportés. L'année 2017 a enregistré le taux de létalité le plus élevé de notre étude (8.3%, soit 8 décès sur 97 cas notifiés). En 2018, le taux de létalité dû au choléra a été estimé à 5.2% (32 décès sur 611 cas) (Figure 1 et Figure 2).

Les informations fouillées sur les éventuelles comorbidités étaient insuffisantes pour dégager des conclusions idoines, mais près de 34% de cas de choléra de notre échantillon ont présenté d'autres signes de gravité comme la fièvre, les douleurs abdominales, céphalées, toux et fatigue (Tableau 2).

A Lubumbashi, l'arrivée tardive des patients de choléra dans les sites de traitement est une vraie réalité pouvant justifier en partie les décès. Ces résultats sont proches de ceux obtenues à Lubumbashi par (Cilundika *et al.*, 2014), où la majorité des cas de choléra provenaient des districts périphériques des communes de Kampemba (36,3%), le Kenya (25, 0%) et le Katuba (23, 5%) et que la létalité était très liée à l'arrivée tardive des patients et à la sévérité du plan de déshydratation (3,5%).

En plus, l'itinéraire de soins est variable et divers selon la perception et représentation de choléra, certains patients ne consultent pas les sites de prises en charge dédiés à cette fin à cause de la honte, expliquant parfois les décès liés au choléra.

L'usage rationnel et optimal de l'antibiotique joue un rôle dans la réduction des pertes hydro électrolytiques, écourte la durée de la maladie, et accélère la guérison ont expliqué certains auteurs (Akpa *et al.*, 2008) et <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/cholera>.

Le niveau d'instruction de 6 ans et plus, à un rôle protecteur. En effet, il pourrait être expliqué par compréhension de la maladie, sa dangerosité, d'où

l'intérêt à la consultation rapide au moindre signe ou symptôme pouvant penser au choléra.

## **Conclusion**

Cette étude a permis de définir le profil clinique et biologique : la fréquence de 3 selles et plus, les aspects liquidiens de selles, la déshydratation, le contact avec un cas de choléra, sont les signes/symptômes associés significativement au choléra.

Par ailleurs, les patients ayant présenté de la fièvre, toux, céphalées, fatigue, anorexie, vertige, douleur abdominale et douleur lombaire ont moins de chance, à priori d'être des cas de choléra. Profil épidémiologique (l'âge, le sexe, la profession, le contact avec un cas de choléra, la consommation d'eau des sources non protégées, le niveau d'instruction inférieur ou égal à 6 ans, l'utilisation des récipients ou sachets pour déféquer, l'aspect liquidien et parfois eau des riz des selles ainsi que la méconnaissance des moments critiques de lavage des mains sont associés à la chance de contracter le choléra. En plus, profil thérapeutique des patients de choléra : la prise de la solution de réhydratation orale (SRO), la prise d'antibiotique, le type d'antibiotique (doxycycline, métronidazole, ampicilline et le ciprofloxacine), et la réhydratation parentérale (perfusion) sont les traitements administrés, statistiquement et significativement associés au choléra.

Cette recherche a contribué à identifier les déterminants à la base de la morbidité et de la mortalité due au choléra à Lubumbashi : le sexe masculin, le niveau d'instruction inférieur ou égal à 6 ans d'études, le contact connu d'un cas de choléra et la méconnaissance des moments critiques de lavage des mains sont des facteurs statistiquement et significativement associés au choléra à Lubumbashi.

Enfin, la prise en charge médicale au-delà de 24H00 du début des signes et la déshydratation sévère sont les facteurs associés de manière significative au décès dû au choléra à Lubumbashi.

En revanche, les patients ayant reçu l'antibiotique et ceux avec un niveau d'instruction supérieur ou égal à 6 ans d'études ont moins de chance de décéder de choléra.

La connaissance des différents profils et des déterminants devrait permettre la mise au point d'une stratégie efficace et pérenne de contrôle de choléra à Lubumbashi. Néanmoins, une étude sur caractéristiques des gènes de virulence et la sensibilité aux antibiotiques de *Vibrio cholerae* O1 dans des isolats cliniques et environnementaux à Lubumbashi, apportera d'autres évidences supplémentaires sur le rôle de *Vibrio cholerae* dans la résurgence des flambées épidémiques de choléra à Lubumbashi.



## Remerciements

Nos remerciements au Chef de la DPS Haut-Katanga, Dr. KAFWEMBE Jean Marie pour la facilitation administrative sur le terrain, ainsi qu'aux équipes des 11 ZS.

Aussi, que Dr. DIARRA Abdoulaye, le Représentant de l'OMS/Comores et Dr. Sainda MOHAMED, l'Incident Manager COVID-19 aux Comores soient remerciés pour l'opportunité de consultance qui a contribué à financer cette recherche doctorale.

Enfin, à madame chérie SONANGELO DIMANDJA Solange pour ses encouragements et son appui.

## Considérations éthiques

Cette étude s'inscrit dans le cadre d'une recherche doctorale dont le protocole a été approuvé par le Comité d'Ethique Médical de l'Université de Lubumbashi (UNILU) conformément à sa lettre N° UNILU/CEM/013/2020 du 24/10/2020 valable du 24/10/2020 au 23/10/2022.

Etant une étude rétrospective, nous avons obtenu les autorisations des autorités du ministère de la santé et des formations sanitaires, y compris de la Direction de Surveillance Epidémiologique, et de la Division Provinciale de la Santé pour l'exploitation des registres des malades, des fiches et des bases de données et listes linéaires disponibles. Nous avons anonymisé et traité de manière confidentielle les données complémentaires collectées lors de l'enquête de terrain.

## Conflits d'intérêts

Les auteurs ne déclarent aucun conflit d'intérêts.

**Contribution des auteurs :** Tous ont contribué, lu et approuvé la version finale.

## References:

1. Akpa, RG., Sossou, AR., Dossou, JD., Mongbo, V., & Massougbdji, A. (2008). The determinants of the low case fatality rate of the cholera epidemic in the Littoral department of Benin in 2008. *Santé Publique ; 2011/5* Vol. 23 pages 345 à 358. Accès : <https://www.cairn.info/revue-sante-publique-2011-5-page-345.htm>.
2. Ali, M., Nelson, AR., Lopez, AL., & Sack, DA. (2015). Updated global burden of Cholera in endemic countries. *PLoS Negl Trop Dis* 9(6): e0003832. <https://doi.org/10.1371/journal.pntd.0003832>:<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4455997>.

3. Bernard, PM., & Lapointe, C. (2003). Mesures Statistiques en épidémiologie *Presses de l'Université du Québec*, Canada 2003, p17, 314 Pages.
4. Bhuiyan, NA., Qadri, F., Faruque, AG., Malek, MA., Salam MA., Nato, F., Fournier JM., Chanteau, S., Sack, DA. & Balakrish, NG. (2020). Utilisation de bandelettes réactives pour le diagnostic rapide du choléra causé par *Vibrio cholerae* O1 et O139 à partir d'écouvillons rectaux. *Revue ASM Journal de microbiologie clinique*, Vol. 41, n° 8 ; 22 Decembre 2020. <https://doi.org/10.1128/JCM.41.8.3939-3941.2003>.
5. Bompangue, D., Giraudoux, P., Hand Schumacher, P., Piarroux, M., & Sudre, B. (2008). Lakes as source of cholera outbreaks, DRC. *Emerg Infect Dis* 2008; 14: 798-800.
6. Brault, N. (2017). Le concept de biais en épidémiologie. Philosophie. Université Sorbonne Paris Cité, 2017. *Français. FfNNT* : 2017USPCC229ff. [fftel-02167196v3](https://doi.org/10.1017/9781017000216).
8. Bureau du maire (1988). De la ville de Lubumbashi, Rapport annuel affaires intérieures, 1998, p.21.
9. Chenge, M., Van der Vennet, J., Porignon, D., Luboya, N., Kabila, I., & Criel, B. (2010).The health map of Lubumbashi, Democratic Republic of Congo. Part II: analysis of operational activities of health care facilities. *Glob HealthPromot.*2010 sept; 17 (3):75-83.
10. Cilundika, M.P., Muse, KE., Longombe, N L., Nkumba, IA., Mwelwa, MC., Katanga, M., Mukomena, SE., Mukalay, MA., Mashini, NG., & Luboya, NO. (2014). Facteurs de létalité du choléra á Lubumbashi dans la Province du Katanga, en République Démocratique du Congo. *Rev. méd. Gd. Lacs* 2014 ; 3(3) : 345-360.
11. Compaoré, P. (2001). Epidémie de choléra 2001 : situation épidémiologique,
12. Stratégies de lutte, perspectives. DRS-TNK/ Rapport synthèse épidémie Choléra. 2001.
13. Dan-Nwafor, CC., Ogbonna, U., Onyiah, P., Gidado, S., Adebobola, B., Nguku, P., & Nsubuga, P. (2019). A cholera outbreak in a rural north central Nigerian Community: an unmatched case-control study. *BMC Public Health* 19, 112 (2019). <https://doi.org/10.1186/s12889-018-6299-3>.
14. Division Provinciale de la Santé Haut-Katanga, Anonyme (2020). Plan de développement du district sanitaire de Lubumbashi de 2019 à 2020, RDC.

15. Dray, X., Dray-Spira, R., Mattera, D., Bougere, J. & Garnotel, E. (2002). Une épidémie de choléra à Djibouti (mai 2000 – janvier 2001). *Med Trop (Mars)*. 2002 ; 62(5) :497-502.
16. Dunoyer, E. (2013). Manuel Pratique :Eau, Assainissement et Hugiène dans la lutte contre le choléra. Action contre la Faim- International, 2013, 107p.
17. Hutin, Y., Luby, S., & Paquet, C. (2003). A large cholera outbreak in Kano City,
18. Nigeria: the importance of hand washing with soap and the danger of street-Vended water. *J Water Health*. 2003; 1(1):45–52.
19. Ibrahim, A. S., Mahamadou, D., Harouna, A., Souleymane, B., Issifou, D., Lamine, I. M., A., L., Eric, A., Joseph, A., & Saidou, M. (2019). Epidémies de Choléra en Afrique Sub-Saharienne : Revue documentaire de 2010 à 2016. *European Scientific Journal, ESJ*, 15 (24), 315. <https://doi.org/10.19044/esj.2019.v15n24p315>.
20. Ingelbeen, B., Hendricks, Miwanda, B., van der Sande, M., Mossoko, B., Vochten,
21. H., Riems, B., Nyakio J.P., Vanlerberghe, V., Lunguya, O., Jacobs, J., Boelaert, M., Kebela, IB., Bompangue, D., & Muyembe, JJ. (2019). Recurrent Cholera Outbreaks, Democratic Republic of the Congo, 2008–2017. *Emerging Infectious Diseases*; [www.cdc.gov/eid](http://www.cdc.gov/eid); Vol. 25, No. 5, May 2019. Accès: DOI: <https://doi.org/10.3201/eid2505.18114>.
22. Jaureguiberry, S., Hentgen, V., Raholiniana, N., Rasolomahefa, D., & Belec, M. (2001). Le Choléra à Tamatave (Madagascar) février-juillet 2000 : Caractéristiques épidémiologiques. *Cahiers d'études et de recherches francophones / Santé*. Avril - Mai - Juin 2001, Volume 11, Numéro 2, 73-8.
23. Kyelem, CG., Bougouma, A., Sankardia, TR., Salou-Kagoné, IA., Sangaré, L. & Ouédraogo, R. (2011). Epidémie de choléra au Burkina Faso en 2005 : Aspects épidémiologiques et diagnostiques. *The Pan African Medical Journal*. 2011; 8:1.
24. Lipp, EK., Huq, A., & Colwell, RR. (2002). Effects of global climate on infectious disease: the cholera model. *Clin Microbiol Rev*. 2002; 15(4):757–70.
25. Makoutodé, M., Diallo, F., Mongbo, V., Guévert, E., & Bazira, L. (2010). La riposte à l'épidémie de choléra de 2008 à Cotonou (Bénin). *Santé Publique* 2010/4. Vol. 22. Pp. 425-435.
26. McCrickard, LS., Massay, AE., Narra, R., Mghamba, J., Mohamed, AA., Kishimba, R.S., Urrio, LJ., Rusibayamila, N., Magembe, G., Bakari, M., Gibson, JJ., Eidex, RB., & Quick, RE. (2017). Cholera Mortality during Urban Epidemic, Dar es Salaam, Tanzania. August 16, 2015–January 16, 2016. *Emerging Infectious Diseases* •

- [www.cdc.gov/eid](http://www.cdc.gov/eid) • Vol. 23, Supplement to December 2017. Accès: DOI: <https://doi.org/10.3201/eid2313.170529>.
27. Morillon, M., De Pina, J.J., Husser, J.A., Baudet, J.M., Bertherat, E., & Martet, G. (1988). Djibouti, history of 2 epidemics of cholera: 1993-1994. *Bull Soc Pathol Exot* 1998;
  28. Ndié, J., Bayoro, I., Takoukam, I., & Wina, P. (2016). Étude Des Aspects Épidémiologiques Du Choléra Dans Le District De Santé De Tcholliré (Nord Cameroun). *European Scientific Journal May 2016 edition vol.12, No.15 ISSN: 1857 – 7881 (Print) e - ISSN 1857- 743. doi:10.19044/esj.2016.v12n15p278.URL:http://dx.doi.org/10.19044/esj.2016.v12n15p278*
  29. Ndour, C.T., Manga, N.M., Ká, R., Dia-Badiane, N.M., Fortez, L., Seydi, M., Soumaré, M., Sow, A.I., Diop, B.M. & Sow, P.S. (2006). L'épidémie de Choléra de 2004 à Dakar : aspects épidémiologiques, cliniques et thérapeutiques. *Med Trop (Mars)*. 2006 fév. 66 (1) : 33-8. Français. PMID : 16615613.
  30. Okenge, N.L. (2020). Cours de Recherche, Institut Supérieur des Techniques Médicales de Kinshasa, Université de Mbuji-Mayi, DRC, année Académique.2019-2020.
  31. Organisation mondiale de la Santé (2006). Flambées de choléra : évaluation des mesures mises en œuvre en cas de flambée et amélioration de la préparation. Genève 2006 : 87p.
  32. Paraiso, M.N., Adekpedjou, R., Flénon, J. & Makoutodé, M. (2015). Factors associated to populations' behaviour towards cholera in Cotonou (Benin). *Int. J. Biol. Chem. Sci.* 9(2): 710-722, 2015. ISSN 1997-342X (Online), ISSN 1991-8631 (Print). DOI: <http://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v9i2.12>.
  33. Pietroni, M. (2019). Case management of Cholera, Dhaka, Bangladesh, 2019. *Vaccine* 3, Volume 38, Supplément 1, 29 février 2020, Pages A105-A109  
<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>. Accès : <https://doi.org/10.1016/j.vaccine.2019.09.098>
  34. Pinfold, J.V., & Horan, N.J. (1996). Measuring the effect of a hygiene behaviour
  35. Intervention by indicators of behaviour and diarrhoeal disease. *Trans R Soc Trop Med Hyg.* 1996; 90:366–71.
  36. PMSEC (2018-2022). Ministère de la Santé Publique Hygiène et Prévention, RDC,
  37. Plan Multisectoriel d'Élimination de choléra 2018-2022 recadré en RDC. Accès en ligne : <https://eskinshasa.net/plan-strat%C3%A9gique/> consulté le 16 Février 2022.

38. Senoumantin Legba, Yabi, Ibouaïma, Thierry Azonhe & Osseni Abdel Aziz. (2017). Analyse Des Déterminants Du Choléra Dans La Ville De Djougou Au Bénin. *European Scientific Journal*. 13. 10.19044/esj.2017.v13n18p171.
39. Shahid, N.S., Greenough, W.B., Samadi, A.R., Huq, M.I., & Rahman, N. (1996). Hand washing with soap reduces diarrhoea and spread of bacterial pathogens in a Bangladesh village. *J Diarrhoeal Dis Res*. 1996; 14:85–9.
40. Tanon, A.K., Eholie, S.P., Ehui, E., Coulibaly-Dacoury, C., Kra, O., Kacou- N'douba, A., Ekra, D, Kakou, A., Bissagnene, E., & Kadio, A. (2004). Epidémie de choléra au CHU de Treichville (Abidjan) en 2001 : aspects épidémiologiques, cliniques et thérapeutiques. *Med Afr Noire 2004* ; 51 (11) 559-566.
41. Tauxe, R.V., Mintz, E.D., & Quick, R.E. (1995). Epidemic cholera in the new world: translating field epidemiology into new prevention strategies. *Emerg Infect Dis*. 1995; 1:141–146.
42. Traore, F., Konare, M.A., Sossou, S., Andrianisa, H.A., & Samakea, Y. (2021). Contribution A L'amélioration De L'accès A L'eau, L'hygiène Et L'assainissement Dans La Commune Rurale De Zan Coulibaly Au Mali. *European Scientific Journal*, ESJ, 17(40), 196. <https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n40p196>.
43. Tubaya, D. (2007). Etude des facteurs de risques du choléra, Université de Lubumbashi. Mémoire de diplôme d'études approfondies en santé publique, option épidémiologie et médecine préventive, 2007. Accès en ligne en date du 15 Octobre 2021.
44. Yav Zeng, D. (2008). Le développement de l'économie informelle, son apport et ses conséquences sur l'économie formelle, université de Lubumbashi, République démocratique du Congo. Mémoire de Licence, 2008. Online, consulté le 28 Août 2021.

## **Evaluation de l'efficacité d'un bio-fongicide à base de *Lecanicillium lecanii* (Zimmerm) sur les cercosporioses de l'arachide (*Arachis hypogaea* L.) en milieu réel**

***Konate G. Mamadou***

Université Joseph KI-ZERBO, Unité de Formation et de Recherche en Sciences de la Vie et de la Terre (UFR/SVT), Département de Biologie Végétale et Physiologie Végétales, Laboratoire Biosciences, Equipe Phytopathologie et Mycologie Tropicale, Burkina Faso

***Dabire Kounbo***

Université Thomas SANKARA,  
Centre universitaire de Tenkodogo, Burkina Faso

***Sanon Elise***

***Bakiono Benovana***

***Kusiele Somda Andjièrèyir***

Université Joseph KI-ZERBO, Unité de Formation et de Recherche en Sciences de la Vie et de la Terre (UFR/SVT), Département de Biologie Végétale et Physiologie Végétales, Laboratoire Biosciences, Equipe Phytopathologie et Mycologie Tropicale, Burkina Faso

***Sankara Philippe***

Université Aube Nouvelle, Unité de Formation et de Recherche en Sciences et Technologies (UFR/ST), pôle Agronomie, Burkina Faso

[Doi:10.19044/esj.2022.v18n21p93](https://doi.org/10.19044/esj.2022.v18n21p93)

---

Submitted: 18 February 2022

Accepted: 16 June 2022

Published: 30 June 2022

Copyright 2022 Author(s)

Under Creative Commons BY-NC-ND

4.0 OPEN ACCESS

*Cite As:*

Mamadou K.G., Kounbo D., Elise S., Benovana B., Andjièrèyir K.S. & Philippe S. (2022). *Evaluation de l'efficacité d'un bio-fongicide à base de Lecanicillium lecanii (Zimmerm) sur les cercosporioses de l'arachide (Arachis hypogaea L.) en milieu réel*. European Scientific Journal, ESJ, 18 (21), 93. <https://doi.org/10.19044/esj.2022.v18n21p93>

---

### **Résumé**

La lutte biologique est une méthode alternative à la lutte chimique ayant des effets néfastes sur la santé des producteurs, des consommateurs et de l'environnement. Les maladies foliaires, en l'occurrence les cercosporioses causées par *Cercospora arachidicola* et *Phaeoisariopsis personata* handicapent la production arachidière dans le monde en général, et

particulièrement au Burkina Faso. Cette étude a consisté à utiliser une souche A de *Lecanicillium lecanii*, à des traitements différents contre le développement des cercosporioses. Pour ce faire, quatre traitements, T1, T2, T3 et T4, ont été appliqués sur deux variétés, la TS32-1 et la PC79-79 respectivement chaque deux jour, chaque semaine, chaque dix jour et chaque deux semaine. Le dispositif expérimental est un bloc de Fisher complètement randomisé à trois répétitions, constituée chacune de 5 blocs dont 4 blocs correspondant chacun à un traitement et un bloc constituant le témoin. L'étude, conduite à Gampèla, au Burkina Faso a permis de mesurer les paramètres tels que la levée au 21<sup>ème</sup> JAS, la densité de peuplement au 32<sup>ème</sup> JAS, l'incidence des cercosporioses et l'envahissement foliaire, le taux de survie, le pourcentage de défoliation et les composantes de rendement. L'étude a permis de montrer que les traitements ont eu un effet réductif sur le développement des cercosporioses au niveau des deux variétés, surtout sur la variété sensible TS32-1. Le traitement effectué chaque deux jour a donné le meilleur contrôle des cercosporioses avec une note moyenne de 3,5 sur TS32-1 et de 2,75 sur PC79-79. Sur les composantes du rendement, les traitements ont également permis d'obtenir de bons résultats comparés aux résultats du témoin pour les deux variétés. En effet, le témoin a enregistré de 318,7 et 402,3 kg/ha respectivement pour les variétés TS32-1 et PC79-79 et les autres traitements ont obtenu des rendements compris entre 507,7 et 1656,7 kg/ha.

---

**Mots-clés:** Arachide, hyperparasite, *Lecanicillium lecanii*, cercosporioses, traitement, Burkina Faso



## **Evaluation de l'efficacité d'un bio-fongicide à base de *Lecanicillium lecanii* (Zimmerm) sur les cercosporioses de l'arachide (*Arachis hypogaea* L.) en milieu réel**

***Konate G. Mamadou***

Université Joseph KI-ZERBO, Unité de Formation et de Recherche en Sciences de la Vie et de la Terre (UFR/SVT), Département de Biologie Végétale et Physiologie Végétales, Laboratoire Biosciences, Equipe Phytopathologie et Mycologie Tropicale, Burkina Faso

***Dabire Kounbo***

Université Thomas SANKARA,  
Centre universitaire de Tenkodogo, Burkina Faso

***Sanon Elise***

***Bakiono Benovana***

***Kusiele Somda Andjièrèyir***

Université Joseph KI-ZERBO, Unité de Formation et de Recherche en Sciences de la Vie et de la Terre (UFR/SVT), Département de Biologie Végétale et Physiologie Végétales, Laboratoire Biosciences, Equipe Phytopathologie et Mycologie Tropicale, Burkina Faso

***Sankara Philippe***

Université Aube Nouvelle, Unité de Formation et de Recherche en Sciences et Technologies (UFR/ST), pôle Agronomie, Burkina Faso

---

### **Abstract**

Biological control is an alternative method to chemical control, which has adverse effects on the health of producers, consumers and the environment. Foliar diseases, in this case cercosporioses caused by *Cercospora arachidicola* and *Phaeoisariopsis personata*, handicap peanut production in the world in general, and particularly in Burkina Faso. This study consisted in using a *Lecanicillium lecanii* strain A, with different treatments against the development of cercosporioses. To do this, four treatments, T1, T2, T3 and T4, were applied to two varieties, TS32-1 and PC79-79 respectively every two days, every week, every ten days and every two weeks. The experimental set-up was a completely randomised Fisher block with three replicates, each consisting of five blocks, four of which corresponded to a treatment and one to a control. The study, conducted in Gampèla, Burkina Faso, measured parameters such as emergence at 21 days after planting, stand density at 32 days after planting, incidence of cercosporiosis and leaf invasion, survival rate, defoliation percentage and yield components. The study showed that the treatments had a reducing effect



on cercosporium development in both varieties, especially in the susceptible variety TS32-1. The treatment applied every second day gave the best cercospora control with an average score of 3.5 on TS32-1 and 2.75 on PC79-79. On the output components, the treatments also performed well compared to the control for both varieties. Indeed, the control recorded 318.7 and 402.3 kg/ha for TS32-1 and PC79-79 respectively and the other treatments obtained yields between 507.7 and 1656.7 kg/ha.

---

**Keywords:** Peanut, Hyperparasite, *Lecanicillium lecanii*, leaf spot, treatment, Burkina Faso

## Introduction

L'arachide (*Arachis hypogaea* L.) est une légumineuse annuelle cultivée dans les régions tropicales, subtropicales et tempérées surtout pour ces graines oléagineuses. La Chine, l'Inde, le Nigeria et les Etats-Unis sont les principaux pays producteurs mondiaux (FAOSAT, 2015).

Au Burkina Faso, l'arachide est cultivée sur l'ensemble du territoire à l'exception de la partie Nord, très aride et impropre à cette culture (Sankara, 1997). Les plus grandes régions productrices d'arachide sont la Boucle du Mouhoun, le Centre-Ouest et le Centre-Est (DGESS, 2016). En 1990, l'arachide était la première culture de rente au Burkina Faso devant le coton (FAOSTAT, 2015). La culture est concurrencée par certaines graines oléagineuses (sésame, coton), associée aux fréquentes sécheresses et surtout aux problèmes de maladies. Parmi les maladies affectant l'arachide, les cercosporioses causées par *Cercospora arachidicola* et *Phaeoisariopsis personata* sont sans nul doute celles qui occasionnent le plus de perte de rendement. Elles peuvent réduire les rendements de l'ordre de 50% (Ndoye, 1992). Plusieurs méthodes de lutte ont été entreprises contre les maladies fongiques foliaires de l'arachide à savoir la lutte chimique, la lutte génétique, les pratiques culturales, etc. Parmi ces différentes méthodes de lutte, la plus accessible et répandue reste la lutte chimique. Mais au regard des inconvénients des produits chimiques sur l'environnement et sur la santé humaine, de leur coût élevé et du matériel de traitement, d'autres alternatives de lutte moins nocives s'avèrent nécessaires notamment la lutte biologique. La présente étude est une contribution à la mise en place d'une méthode de lutte biologique utilisant un hyperparasite des cercosporioses de l'arachide. Il s'agit du champignon *Lecanicillium lecanii* dont l'activité antifongique sur le développement des cercosporioses de l'arachide a été démontrée (Nana, 2014). *L. lecanii* est un hyphomycète décrit pour la première fois en 1861 sous le nom de *Verticillium lecanii* (Zimmerm.) Viégas. Jusqu'à récemment, le genre *Verticillium* contenait une grande variété d'espèces de champignons avec diverses gammes d'hôtes, y compris les arthropodes, les nématodes, les

plantes et les champignons (ZARE *et al.*, 2001). Le genre a été récemment redéfini en utilisant le séquençage de l'ADNr, en plaçant tous les pathogènes d'insectes dans un nouveau genre *Lecanicillium* (Zare *et al.*, 2000 ; Gams *et al.*, 2001) dont notamment *L. attenuatum*, *L. lecanii*, *L. longisporum*, *L. muscarium* et *L. nodulosum*, qui ont toutes été autrefois classées comme *V. lecanii* (Goettel *et al.*, 2008). L'objectif général de cette étude est de tester l'efficacité d'une souche de *L. lecanii* à différents traitements sur le développement des cercosporioses sur deux variétés d'arachide, l'une reconnue très sensible aux cercosporioses, la TS32-1 et l'autre moyennement résistante aux cercosporioses, la PC79-79.

## Matériel et méthodes

### Site d'étude

La station expérimentale de Gampèla est située à dix-huit kilomètres à l'Est de Ouagadougou, sur l'axe Ouagadougou-Fada N'gourma.

Ses coordonnées géographiques sont 12°15' de latitude Nord et 1°12' de longitude Ouest à 12°22 de longitude Ouest et 12°25 de latitude Nord. Créée en 1975 et couvrant une superficie d'environ 490 hectares, elle un climat de type soudano-sahélien présentant une longue saison sèche de novembre à mai et une courte saison pluvieuse de juin en octobre. La moyenne des précipitations oscille entre 600 et 900 mm. Les températures enregistrées sont généralement comprises entre 20 et 30°C avec un maxima de 21,5°C (Sankara, 1997). Les sols de Gampèla appartiennent au groupe des sols ferrugineux tropicaux plus ou moins lessivés (Thiombiano et Kappmann, 2010). Le pH de ces sols varie entre 5 et 6,3 ; ils présentent des contraintes qui sont entre autres la faible teneur en matière organique, la faible capacité de rétention (Sankara, 1997).

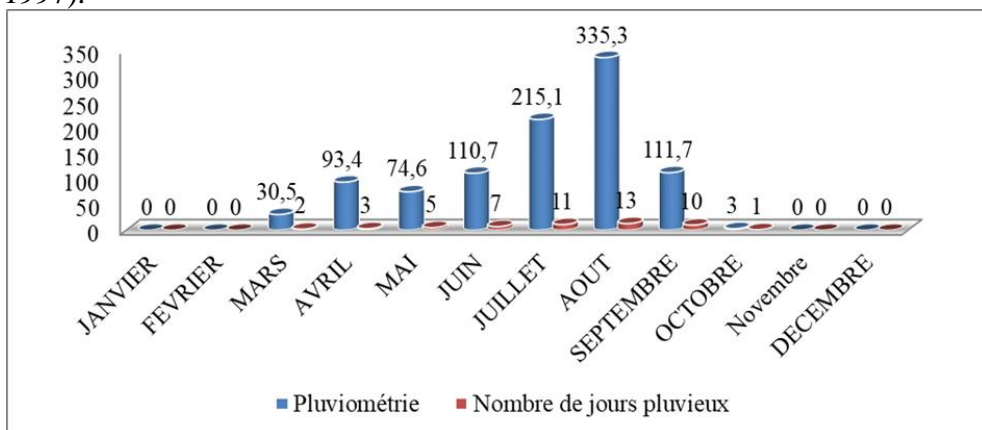


Figure 1 : Représentation graphique des données pluviométriques de Gampèla (2016)

## Matériel végétal

L'étude a porté sur deux variétés à savoir la TS32-1 et la PC 79-79. La TS32-1, de type botanique Spanish, est une variété d'*A. hypogaea* est de cycle précoce (90 jours) vulgarisée au Burkina Faso (SANKARA, 1997). Sélectionnée par l'Institut de l'Environnement et de Recherches Agricoles (INERA) au Burkina Faso, elle est issue d'un croisement entre Spantex et Te. 3. Elle est sensible aux cercosporioses, à la rosette, à la rouille et à *Aspergillus flavus*. Avec des graines non dormantes (Subrahmanyam *et al*, 1991), elle a une bonne résistance à la sécheresse. Quant à la PC 79-79, une variété provenant du Sénégalaise de l'Institut Sénégalais de Recherches Agricoles (ISRA), de type botanique Spanish, de cycle moyen (120) jours, est réputée moyennement résistante aux cercosporioses.

Le choix de ces deux variétés relève de leurs caractéristiques : cycle précoce et sensibilité aux maladies foliaires notamment les cercosporioses pour la TS32-1, cycle moyen et résistance moyenne aux cercosporioses pour la PC79-79 et aussi de leur disponibilité.

## Matériel fongique

Le matériel fongique est constitué de la souche A de *Lecanicillium lecanii*. L'identité de la souche est consignée dans le tableau I.

**Tableau I** : Identité de la souche A de *Lecanicillium lecanii*

Code	Souche	Origine	Substrat d'origine
A	4184	Italie du Nord	Eau de source

Source : Nana, 2014

## Méthodes

### Dispositif expérimental

L'expérimentation s'est effectuée suivant un dispositif expérimental en bloc de Fisher à trois répétitions. Les dimensions de l'essai sont 31,5 m de longueur sur 8 m de largeur. La distance entre les sous blocs et les répétitions a été de 1 m. Chaque répétition du dispositif est constituée de 5 blocs dont 4 blocs correspondant chacun à un traitement et un bloc constituant le témoin. Les essais ont été soumis chacun à un traitement, et espacés de 50 m pour réduire les risques de contamination. Chaque variété a été semée sur trois lignes de 2 m de longueur chacune. La distance entre les répétitions a été de 1 m. Pour protéger chaque essai, trois lignes de bordure avec la variété NAMA ont été semées. Le semis s'est effectué en raison d'une graine par poquet et la distance entre les poquets est de 15 cm et celle entre les lignes de 50 cm. Les traitements sont appliqués comme suit : le témoin n'a bénéficié d'aucun traitement ; la T1, un traitement tous les deux jours ; la T2, un traitement toutes les semaines ; la T3, un traitement tous les dix jours et la T4, un traitement toutes les deux semaines.

### **Préparation des solutions de spores du biofongicide à base de *Lecanicillium lecanii* et application des traitements au champ.**

La solution conidienne de la souche A de *L. lecanii* a été préparée dans un milieu CZAPEK liquide préalablement stérilisé. La solution ainsi obtenue a été mise en agitation pendant 55 jours à la température ambiante 25-30°C. Une quantification a été réalisée à l'aide de l'hématimètre de Neubauer et calibré à  $1,7 \cdot 10^8$  conidies/ml (solution mère). La culture est ensuite conservée dans un réfrigérateur à 4°C. Avant chaque application, la solution mère obtenue est diluée à la concentration de  $4,25 \cdot 10^6$  spores/ml.

Sur les cinq blocs, quatre ont été traités à partir du 32<sup>ème</sup> Jour Après Semis (JAS) suivant des fréquences de traitement : chaque deux jour, chaque semaine, chaque dix jour et chaque deux semaine. A chaque traitement, un volume de 20 ml de cette solution est introduit dans un pulvérisateur de marque Solo ; les traitements sont appliqués à partir de 18 heures pour éviter le soleil et favoriser la germination des spores au cours de la nuit.

### **Evaluation des taux de levée et de survie des plantes**

Le pourcentage de levée au 21<sup>ème</sup> JAS a été évalué pour chaque variété. Il a été obtenu en faisant le rapport entre le nombre de plants levés et le nombre de graines semées. Au 32<sup>ème</sup> JAS, la même opération a été effectuée pour évaluer la densité de peuplement des plantes. Le taux de survie ou pourcentage de plantes récoltées par parcelle a été également évalué et déterminé à la récolte. Le taux de survie est obtenu en faisant le rapport entre le nombre de plants présents à la récolte et le nombre de graines semées.

### **Evaluation de l'incidence et de la sévérité de la maladie**

L'échelle de notation de la sévérité des cercosporioses de l'ICRISAT proposée par Subrahmanyam *et al.* (1982) a été utilisée. L'évolution des attaques sur les variétés a été évaluée toutes les deux semaines à partir du 34<sup>ème</sup> JAS. Les notes brutes de l'incidence des cercosporioses relevées ont permis de déterminer l'envahissement foliaire de la maladie qui exprime les notes en fonction des dates de notation pour chaque variété.

### **Evaluation du pourcentage de la défoliation**

La défoliation a été évaluée au moment de la récolte, au stade de perte maximum de feuilles des plantes. Son évaluation a consisté à choisir au hasard cinq plantes dans chaque essai. Pour chaque tige des plantes choisies, le nombre de feuilles tombées et le nombre total des feuilles ont été comptés (présentes et absentes). Le pourcentage de défoliation est le rapport entre le nombre de feuilles tombées et le nombre total des feuilles (présentes et absentes), ramené à 100.

## **Evaluation du rendement en gousses, du poids de 100 graines et du pourcentage de bonnes graines**

A la récolte, les plantes sont arrachées manuellement puis égoussées et mises à sécher dans un sac en toile pendant un mois. Une fois les gousses séchées, on procède à la pesée des gousses et le rendement en gousses est déterminé en tonnes/hectare. Une analyse fine a été effectuée sur un échantillon de 100 g de gousses séchées par parcelle pour déterminer le pourcentage de bonnes graines et le poids de 100 graines. Pour l'analyse, les gousses ont d'abord été décortiquées, ensuite les graines ont été triées (bonnes, ridées, cassées, malades) et enfin chaque catégorie de graines a été pesée. Les poids des bonnes graines, des graines ridées, des graines cassées, des graines malades, de 100 bonnes graines et le poids des graines tout venant (graines cassées + malades + immatures + bonnes graines) ont été mesurés.

### **Analyse statistique**

Les données recueillies ont été analysées au moyen du logiciel STATISTIX 9.0. Une analyse de variance suivie d'une comparaison de moyennes selon le test de Duncan au seuil de 5% a permis de déterminer les traitements les plus efficaces. Le tableur Excel 2013 a servi pour la saisie des données.

### **Résultats**

#### **Evaluation de la levée au 21<sup>ème</sup> JAS et de la densité de peuplement au 32<sup>ème</sup> JAS et à la récolte des variétés**

Le tableau II présente les valeurs moyennes du pourcentage de levée au 21<sup>ème</sup> JAS, de la densité de peuplement au 32<sup>ème</sup> JAS et du nombre de plantes à la récolte en fonction des fréquences de traitement.

Pour la variété PC79-79, le témoin a affiché une moyenne de 66,33% pour la levée au 21<sup>ème</sup> JAS contre une moyenne variant entre 68% et 77,66% pour les traitements appliqués. Ces données n'ont pas montré de différence statistiquement significative.

Quant à la deuxième variété, la TS32-1, c'est le traitement T1 qui présente le pourcentage de levée maximal de 76,33% et le témoin a enregistré le plus faible pourcentage de levée (69,33%) avec une moyenne de pourcentage de levée de 72,2%. Ces valeurs sont cependant statistiquement identiques.

Les résultats de la densité de peuplement de la variété TS32-1 ont varié de 69,33% pour le témoin à 74,66% pour le traitement T1 ; ceux de la variété PC79-79 ont varié de 71,2% pour le témoin à 76,3% pour le traitement T2. Les résultats obtenus au 32<sup>ème</sup> JAS ont été donc très proches de ceux relevés au 21<sup>ème</sup> JAS pour toutes les variétés et les différents traitements. Quant au taux de survie, il a varié significativement de 47% (pour la PC79-79-témoin)

à 73,66% pour la PC79-79 traitée chaque semaine La variété TS32-1 traitée chaque deux jour a présenté un taux de survie qui a varié de 51, 333 à 67 % avec une moyenne de 62 %..

**Tableau II:** Pourcentage de levée au 21<sup>ème</sup> JAS, de densité de peuplement au 32<sup>ème</sup> JAS et à la récolte des variétés

Densité	Levée au 21 <sup>ème</sup> JAS		Densité de peuplement au 32 <sup>ème</sup> JAS		Nombre de plantes à la récolte	
	Traitements	Valeurs	Traitements	Valeurs	Traitements	Valeurs
TS32-1	T1	76,333 a	T2	74,667 a	T1	67,000 a
	T2	74,00 a	T1	72,667 a	T3	66,667 a
	T3	71,667 a	T3	71,000 a	T2	65,333 a
	T4	69,667 a	T4	69,333 a	T4	59,667 b
	Témoin	69,333 a	Témoin	69,333 a	Témoin	51,333 b
	Probabilité	0,8629 NS	Probabilité	0,9532 NS	Probabilité	0,0160 HS
	Ecart-type	12,73	Ecart-type	13,83	Ecart-type	8,17
	Moyenne	72,200	Moyenne	71,400	Moyenne	62,200
PC79-79	T2	77,667 a	T2	76,333 a	T2	73,667 a
	T4	72,333 a	T4	73,667 a	T3	68,667 b
	T3	71,667 a	T3	70,333 a	T1	68,000 b
	T1	68,000 a	T1	68,000 a	T4	63,667 b
	Témoin	66,333 a	Témoin	66,333 a	Témoin	47,000 b
	Probabilité	0,685 NS	Probabilité	0,5202 S	Probabilité	0,0217 HS
	Ecart-type	12,58	Ecart-type	11,92	Ecart-type	12,77
	Moyenne	70,933	Moyenne	71,200	Moyenne	64,200

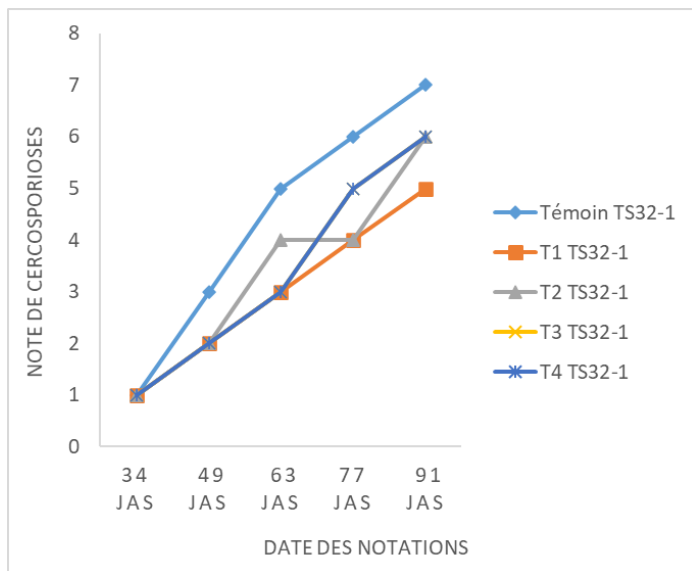
Légende :

Les nombres suivis de lettres différentes sont significativement différents au seuil de 5%

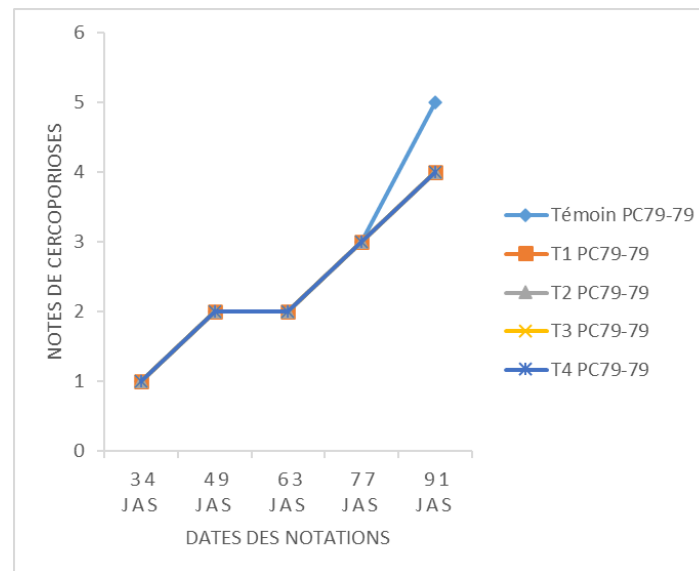
NS : non significatif, S : significatif, HS : Hautement significatif

### Effet des traitements sur les manifestations des cercosporioses

Les figures 3 et 4 présentent respectivement l'évolution des attaques des cercosporioses sur la variété TS32-1 et sur la variété PC79-79 en fonction des traitements. Ces figures ont révélé une diminution des attaques des cercosporioses pour toutes les variétés ayant été traitées par rapport au témoin non traité pour les deux variétés. Ainsi, la figure 3 montre que la variété TS32-1 témoin a enregistré à la récolte la note la plus élevée qui est de 7 alors que toutes les autres fréquences de traitement pour cette même variété ont enregistré des notes comprises entre 5 (T1) et 6 (T2 et T3). Pour la variété PC79-79, le témoin a enregistré la note la plus élevée à la récolte qui est de 5; les autres traitements ont obtenu la note de 4 à la récolte.



**Figure 3 :** Evolution des attaques des cercosporioses sur la variété TS32-1 en fonction des traitements.



**Figure 4 :** Evolution des attaques des cercosporioses sur la variété PC79-79 en fonction des traitements.

Le tableau VI présente l'analyse de variance des traitements sur le développement des cercosporioses. Il a révélé l'existence d'une différence très hautement significative entre les différents traitements pour ce paramètre.

Les figures 5 et 6 représentent respectivement l'envahissement foliaire de la variété TS32-1 et de la variété PC79-79 en fonction des traitements.

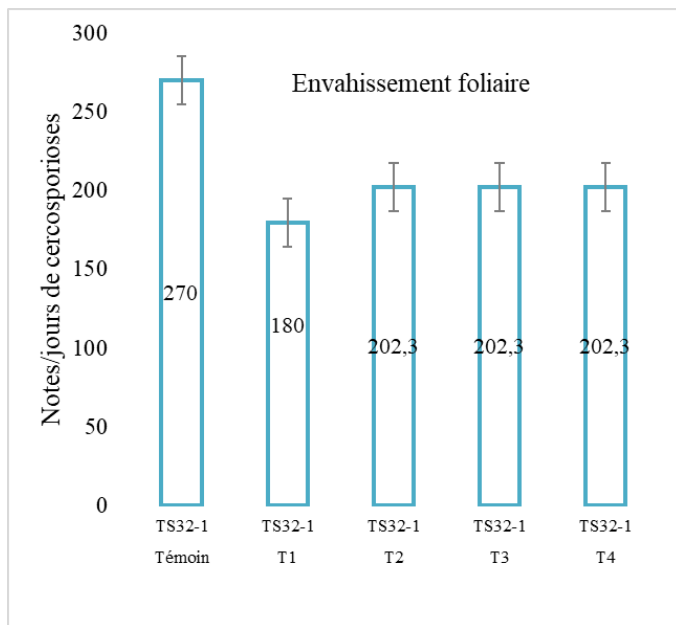
Le plus faible envahissement foliaire de la variété TS32-1 est de 180 jours, obtenu par le traitement T1 chaque deux jour et le témoin a enregistré l'envahissement foliaire le plus élevé qui est de 270 jours par note de cercosporioses. Les trois autres traitements (T2, T3 et T4) ont obtenu le même envahissement foliaire qui est de 202,3 jours.

Pour la variété PC79-79, l'envahissement foliaire le plus élevé a été observé sur le témoin avec une moyenne de 150 jours par note de cercosporioses et toutes les autres variétés traitées ont enregistré la même valeur de l'envahissement foliaire qui est de 142,5 jours par note de cercosporioses.

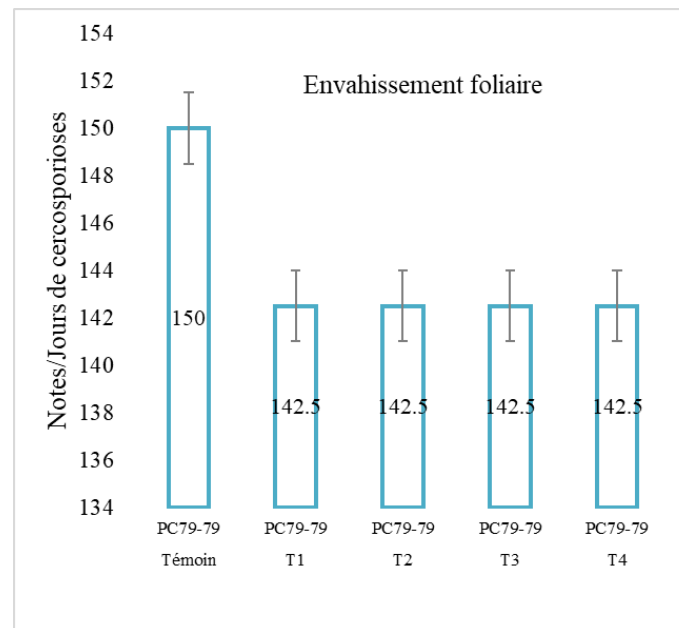
**Tableau VI :** Analyse de variance des fréquences de traitement sur le développement des cercosporioses

Source de variation	Degré de liberté	Carré moyen	Valeur de F	Probabilité	Signification	Coefficient de variation
Traitement	4	7,2000	36,00	0,0001	THS	7,21





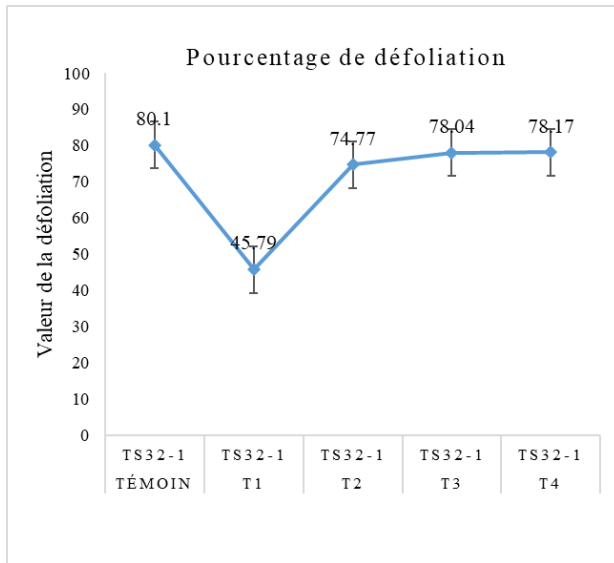
**Figure 5 :** Variation de l'envahissement foliaire de la variété TS32-1 en fonction des traitements.



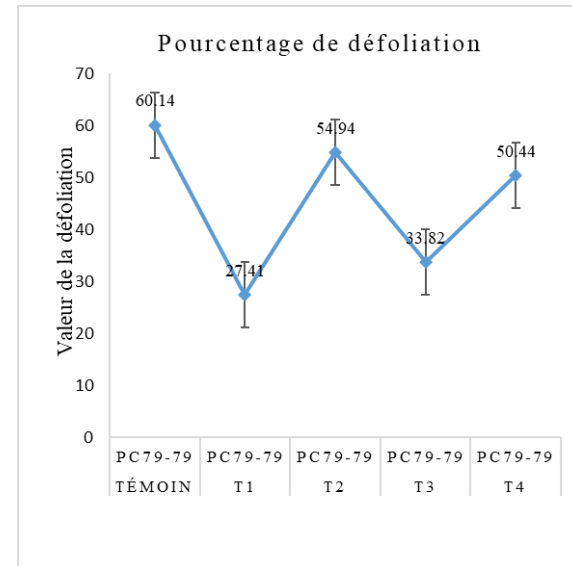
**Figure 6 :** Variation de l'envahissement foliaire de la variété PC79-79 en fonction des traitements.

### **Effet des traitements sur le pourcentage de défoliation**

Les figures 7 et 8 présentent respectivement le taux de défoliation en fonction des traitements de la variété TS32-1 et de la variété PC79-79. Pour la variété TS32-1, le pourcentage de défoliation a varié de 45,79 % pour le traitement T2 à 80,1 % pour le témoin. Les autres traitements (T1, T3, T4) ont enregistré respectivement un pourcentage de défoliation de 74,77 %, 78,04 % et 78,17 %. Le pourcentage de défoliation le plus élevé (60,14 %) enregistré pour la variété PC79-79 a été noté sur le témoin. Les fréquences de traitement T1, T2 ont respectivement enregistré 54,94 % et 50,44 % de pourcentage de défoliation. Le plus faible pourcentage de défoliation (27,41 %) est enregistré par la fréquence de traitement T1. Le traitement T3 a présenté un pourcentage de défoliation légèrement au-dessus de celui du traitement T1 (33,82 %).



**Figure 7 :** Variation du pourcentage de défoliation de la variété TS32-1 en fonction des traitements.



**Figure 8 :** Variation du pourcentage de défoliation de la variété PC79-79 en fonction des traitements.

## **Comparaison des rendements en fonction des traitements**

Les tableaux VII et VIII présentent l'analyse de variance des composantes du rendement.

L'analyse du rendement en gousses a montré une différence très hautement significative pour la variété TS32-1 et une différence significative pour la variété PC79-79. La variété PC79-79 a présenté un rendement moyen élevé (1070,2 kg/ha) pour tous les traitements comparée au rendement moyen de la variété TS32-1(857,67 kg/ha). Le meilleur traitement a enregistré le rendement le plus faible avec le témoin pour toutes les deux variétés.

Pour la variété TS32-1, le traitement T3 a présenté le meilleur rendement qui est de 1626,7 kg/ha. Il est suivi du traitement T4 avec un rendement bien au-dessus de la moyenne qui est de 1142,7 kg/ha. Le plus faible rendement obtenu par le témoin est de 318,7 kg/ha. Les deux autres traitements ont présenté un rendement en dessous de la moyenne, 630 kg/ha pour le traitement T2 et 570,3 kg/ha pour le traitement T1.

Pour la variété PC79-79, le meilleur rendement a été aussi obtenu par le traitement T3 et est de 1656,7 kg/ha. Contrairement à la variété TS32-1, les traitements T4 et T2 de la variété PC79-79 ont présenté respectivement un rendement au-dessus de la moyenne (1233 kg/ha, 1082,7 kg/ha). Seul le traitement T1 a enregistré un rendement en dessous de la moyenne (976,3 kg/ha) et le témoin a le plus faible rendement.

L'analyse du pourcentage de bonnes graines a présenté une différence très hautement significative pour la variété TS32-1 et aucune différence significative pour la variété PC79-79. Pour l'ensemble des traitements, la variété TS32-1 a présenté un pourcentage élevé de bonnes graines (50,86 %) comparé aux résultats obtenus pour la variété PC79-79 (46,2 %).

Le pourcentage de bonnes graines obtenu dans un échantillon de 100 g de gousses pour la variété TS32-1 a varié de 34,5% pour le témoin à 63,6 % pour le traitement T3. Les traitements T2 et T4 ont un pourcentage de bonnes graines au-dessus de la moyenne, respectivement de 60,4 % et 53,2 %.

Pour la variété PC79-79, le pourcentage de bonnes graines a varié de 38,3 % pour le témoin à 53,3 % pour le traitement T3. La moyenne est nettement inférieure (46,2 %) à celle de la variété TS32-1(50,86 %). Les autres traitements ont présenté un pourcentage de bonnes (T4, T2 et T1) respectivement de 49,66 %, 49,33% et 40,33 %.

Pour le poids de 100 graines, l'analyse de variance a révélé une différence très hautement significative pour la variété TS32-1 et aucune différence significative pour la variété PC79-79 pour l'ensemble des traitements. Le poids de 100 graines pour la variété TS32-1 a varié de 21,6 g pour le traitement T1 à 29,6 g pour le traitement T3 et pour la variété PC79-79, le poids a varié de 25,66 g également pour le traitement T1 à 30,66 g pour le traitement T3. Si tous les traitements ont obtenu un poids de 100 graines

supérieur à celui du témoin pour la variété PC79-79, ce n'est pas le cas pour la variété TS32-1. En effet, le poids de 100 graines du témoin (27,1) dépasse légèrement ceux du traitement T1 (22,2 g) et du traitement T4 (36,4 g).

Le pourcentage de graines cassées le plus élevé (8 %) a été obtenu par le Témoin pour la TS32-1 et par le traitement T4 pour la PC79-79. Le pourcentage moyen a été de 5,87 pour la TS32-1 et de 7,13 pour la PC79-79. L'analyse statistique a révélé une différence significative entre les traitements pour la seule variété TS32-1. Tous les traitements sur la variété PC79-79 ont été statiquement équivalents pour ce paramètre, tandis que seuls les traitements T2 et T3 sur la TS32-1 ont été statistiquement équivalents.

Pour le paramètre pourcentage de graines ridées, l'analyse statistique a indiqué une différence très hautement significative pour la TS32-1 et une différence significative pour la PC79-79 pour l'ensemble des traitements. La moyenne du pourcentage de graines ridées de la TS32-1 a été de 2,73 et celle de la PC79-79 de 2,6. Tous les traitements ont présenté un pourcentage de graines ridées supérieur ou égale en valeur à celui du témoin pour toutes les deux variétés.

Le pourcentage moyen de graines malades des variétés obtenu a été de 3,53 pour la TS32-1 et de 3,73 pour la PC79-79. Tous les traitements pour la TS32-1 ont enregistré un pourcentage en dessous de celui du témoin, seul le traitement T3 a obtenu un pourcentage élevé de graines malades pour la PC79-79 à celui du témoin. Toutes ces valeurs pour ce paramètre ont été cependant statistiquement équivalentes pour l'ensemble des traitements sur les deux variétés.

Le constat sur le pourcentage de graines tout venant (%PTV) a indiqué que tous les traitements pour les deux variétés ont enregistrés des pourcentages supérieurs à 50 %. La moyenne pour la TS32-1 a été de 64,07 %, elle est supérieure à celle de la PC79-79(60,93 %). Le traitement T3 et le témoin ont obtenu respectivement le plus faible et le plus fort pourcentage pour toutes les deux variétés, avec 50% ; 73, 67 % pour la TS32-1 et 51,3 % ; 67,3 %.

De façon générale, on peut retenir de ces résultats que tous les traitements ont obtenu de meilleurs résultats par rapport au témoin pour les deux variétés, beaucoup plus pour la TS32-1. Le traitement T3 a été la meilleure pour les trois paramètres (rendement en gousses, le poids de bonnes graines et le poids de 100 bonnes graines).

**Tableau VII : Effet des traitements sur les rendements (début)**

Variétés	Rendements en gousses (kg/ha)		Pourcentage de bonnes graines		Poids de 100 graines (g)	
	Traitements	Valeurs	Traitements	Valeurs	Traitements	Valeurs
TS32-1	T3	1626,7 a	T3	63,000 a	T3	29,667 a
	T4	1142,7 b	T2	60,000 a	T2	29,333 a
	T2	630,0 c	T4	53,000 ab	Témoin	27,000 a
	T1	570,3 c	T1	44,000 bc	T4	26,000 a
	Témoin	318,7 c	Témoin	34,333 c	T1	21,667 b
	Probabilité	0,0001 THS	Probabilité	0,0001 THS	Probabilité	0,0004 THS
	Ecart-type	23,58	Ecart-type	7,88	Ecart-type	5,55
	Moyenne	857,67	Moyenne	50,867	Moyenne	26,733
PC79-79	T3	1656,7 a	T3	53,333 a	T3	30,667 a
	T4	1233,0 ab	T4	49,667 a	Témoin	29,000 a
	T2	1082,7 ab	T2	49,333 a	T2	28,333 a
	T1	976,3 b	T1	40,333 a	T4	28,000 a
	Témoin	402,3 b	Témoin	38,333 a	T1	25,667 a
	Probabilité	0,0076 S	Probabilité	0,1077 NS	Probabilité	0,1758 NS
	Ecart-type	28,82	Ecart-type	15,36	Ecart-type	7,89
	Moyenne	1070,2	Moyenne	46,200	Moyenne	28,33

Les nombres suivis de lettres différentes sont significativement différentes au seuil de 5%.

*NS* : non significatif, *S* : Significatif, *THS* : très hautement significatif.

**Tableau VIII : Analyse de variance des fréquences de traitement sur les rendements (suite et fin)**

Variétés	% PGc (g)		% PGr (g)		% PGm (g)		% PTV (g)	
	Traitements	Valeurs	Traitements	Valeurs	Traitements	Valeurs	Traitements	Valeurs
TS32-1	Témoin	8,0000 a	T1	7,0000 a	Témoin	6,0000 a	T3	73,667 a
	T2	7,3333 a	T4	4,0000 ab	T1	3,6667 a	T2	72,000 ab
	T3	6,6667 a	T2	1,3333 b	T4	3,0000 a	T4	67,000 a
	T4	5,6667 ab	T3	0,6667 b	T2	2,6667 a	T1	57,667 c
	T1	1,6667 b	Témoin	0,6667 b	T3	2,3333 a	Témoin	50,000 d
	Probabilité	0,0056 HS	Probabilité	0,0063 HS	Probabilité	0,1697 NS	Probabilité	0,0001 THS
	Ecart-type	25,38	Ecart-type	61,04	Ecart-type	49,29	Ecart-type	3,87
	Moyenne	5,8667	Moyenne	2,7333	Moyenne	3,5333	Moyenne	64,067
PC79-79	T4	8,0000 a	T1	6,0000 a	T3	4,6667 a	T3	67,333 a
	T1	7,3333 a	T4	4,0000 a	T2	4,0000 a	T4	65,000 ab
	T3	7,0000 a	T2	1,3333 a	Témoin	4,0000 a	T2	62,667 ab
	T2	6,6667 a	T3	1,3333 a	T1	3,3333 a	T1	58,333 ab
	Témoin	6,6667 a	Témoin	0,6667 a	T4	2,6667 a	Témoin	51,333 b
	Probabilité	0,8546 NS	Probabilité	0,0424 S	Probabilité	0,4609 NS	Probabilité	0,0466 S
	Ecart-type	23,80	Ecart-type	72,46	Ecart-type	35,27	Ecart-type	9,49
	Moyenne	7,1333	Moyenne	2,6667	Moyenne	3,7333	Moyenne	60,933

Les nombres suivis de lettres différentes sont significativement différents au seuil de 5%

NS : non significatif, HS : hautement significatif, THS : très hautement significatif.

%PGc : Pourcentage du poids de graines cassées ; %PGr : Pourcentage du poids de graines ridées ; % PGm : Pourcentage du poids de graines malades ; %PTV : Pourcentage du poids Tout Venant (Bonnes Graines + %P Gr. Cassées + %P Graines. malades + %P Graines. Ridées) par rapport à l'échantillon. Témoin : Parcelle non traitée ; T1 : Parcelle traitée chaque deux jours ; T2 : Parcelle traitée chaque semaine ; T3 : Parcelle traitée chaque dix jours ; T4 : Parcelle traitée chaque deux semaines.

### **Evaluation de la corrélation entre le taux de survie, les notes de cercosporioses, la défoliation, l'envahissement foliaire, le rendement en gousses, le pourcentage en bonnes graines et le poids de 100 graines**

Le tableau IX présente la corrélation entre les variables taux de survie, les notes de cercosporioses, l'envahissement foliaire, la défoliation, le rendement en gousses, le pourcentage bonnes graines et le poids de 100 graines.

L'analyse de ce tableau montre une très forte corrélation positive entre les paramètres : notes de cercosporioses et envahissement foliaire (0,95) ; notes de cercosporioses et pourcentage de défoliation (0,87) et entre envahissement foliaire et pourcentage de défoliation (0,77).

Une corrélation positive et moyenne a été observée entre les paramètres : taux de survie et rendement en gousses (0,48) ; taux de survie et pourcentage de bonnes graines (0,42) ; rendement en gousses et pourcentage de bonnes graines (0,56) ; rendement en gousses et poids de 100 graines (0,40) et entre le pourcentage de bonnes graines et le poids de 100 graines (0,51).

Une corrélation négative et hautement significative a été enregistrée entre le taux de survie et les notes de cercosporioses (- 0,44) ; entre le taux de survie et l'envahissement foliaire (- 0,37), entre le taux de survie et le pourcentage de défoliation (-0,38), entre les notes de cercosporioses et le rendement en gousses (-0,36), entre l'envahissement foliaire et le rendement en gousses (-0,35).

Aucune corrélation n'existe entre les variables dont les coefficients de corrélation ont été non significatifs.



**Tableau IX :** Corrélation entre le taux de survie, les notes de cercosporioses, l’envahissement foliaire la défoliation, le rendement en gousses, le pourcentage de bonnes graines et le poids de 100 graines

	Taux de survie	Notes de cercosporiose	Envahissement foliaire	Pourcentage de défoliation	Rdt en gousses	Pourcentage de bonnes graines	Poids de 100 graines
Taux de survie	<b>1</b>						
Notes de cercosporioses	<b>-0,44 **</b>	<b>1</b>					
Envahissement foliaire	<b>-0,37 **</b>	<b>0,95 ***</b>	<b>1</b>				
Pourcentage de défoliation	<b>-0,38 **</b>	<b>0,87 ***</b>	<b>0,77 ***</b>	<b>1</b>			
Rdt en gousses	<b>0,48 **</b>	<b>-0,36 **</b>	<b>-0,35 **</b>	-0,23	<b>1</b>		
Pourcentage de bonnes graines	<b>0,42 **</b>	0,02	-0,08	0,22	<b>0,56 **</b>	<b>1</b>	
Poids de 100 graines	-0,05	-0,09	-0,17	0,1	<b>0,4 **</b>	<b>0,51 **</b>	<b>1</b>

Légende : Rdt en gousses : rendement en gousses ; \*\* : Hautement significatif ; \*\*\* : Très hautement significatif

## Discussion

Les résultats de cette étude ont permis de noter que la levée au 21ème JAS et la densité de peuplement au 32ème JAS et à la récolte ont été bonnes pour tous les traitements et pour les deux variétés avec des moyennes supérieures à 70 %. Les faibles pourcentages relevés pourraient être imputables à des facteurs abiotiques ou aux maladies des graines et des plantules causées par certains microorganismes tels que *Aspergillus niger*, *Aspergillus flavus*, *Macrophomina phaseolina*, *Sclerotium rolfsii*, etc. (Subrahmanyam et al., 1982). Les conditions édaphiques, pluviométriques ou biologiques pourraient être aussi des causes de cette hétérogénéité de la levée. Des paramètres intrinsèques à la graine pourraient aussi être à l'origine d'une mauvaise levée de semis. En effet, d'une variété à l'autre, le pouvoir germinatif varie. Il faut noter aussi que l'état physiologique de la graine peut influencer également son pouvoir germinatif (Nana, 2009). A cela, pourrait ajouter le paramètre profondeur de semis. Cette profondeur, ne doit pas dépasser 5 cm (Gillier et Silvestre, 1969). Dans les conditions de cette étude, les semis étant manuels, il était très difficile de contrôler cette profondeur. La hausse de la densité de peuplement constaté chez la variété PC79-79 pourrait s'expliquer par une levée tardive de certaines plantules. Le nombre de plantes à la récolte a plus ou moins varié suivant les traitements, en témoignent les résultats relevés au 32ème JAS, jour du début des traitements et à la récolte. Les différents traitements effectués auraient certainement influencé la survie des plantes en les rendant plus ou moins vigoureuses.

De façon générale, les résultats obtenus ont indiqué que les traitements à base de la souche A de *L. lecanii* ont eu un effet sur l'incidence des cercosporioses pour les deux variétés d'arachide, plus particulièrement sur la variété très sensible, la TS32-1. La même souche A, utilisée par Nana (2014) a permis d'obtenir une faible note de cercosporioses sur la variété TS32-1. Dans la présente étude, le traitement avec cette souche A de *L. lecanii* a confirmé son efficacité contre le développement des cercosporioses sur la variété TS32-1 surtout quand elle est appliquée chaque deux jours. Ce traitement a permis d'obtenir le plus faible envahissement foliaire pour cette même variété. Cependant, pour la variété PC79-79 qui est une variété moyennement résistante aux cercosporioses, la souche A de *L. lecanii* appliquée chaque deux jours a réduit au même degré l'incidence des cercosporioses que les autres traitements. Ce qui a conduit à une homogénéité de l'envahissement foliaire pour cette variété.

En ce qui concerne le pourcentage de défoliation qui est généralement élevé (en moyenne plus de 80 %) pour la variété TS32-1, le traitement chaque deux jours a permis de réduire significativement ce paramètre. Le niveau de défoliation est corrélé à la sévérité des cercosporioses surtout à la cercosporiose tardive qui apparaît en général tardivement mais réputée très

sévère causant ainsi une forte défoliation (Sankara, 1997). Ainsi, la réduction significative de la défoliation de la variété TS32-1 a été la conséquence de la réduction très significative des cercosporioses pour cette même variété. Il a été de même pour la variété PC79-79 dont la défoliation a été proportionnelle à l'attaque des cercosporioses. Le traitement chaque deux jour s'est donc révélé le meilleur traitement contre la défoliation ainsi que pour la réduction des attaques dues aux cercosporioses et à l'envahissement foliaire pour la variété TS32-1.

En ce qui concerne le rendement en gousses, le pourcentage de bonnes graines et le poids de 100 graines, le traitement chaque dix jour a obtenu le meilleur rendement pour les deux variétés. La variété TS32-1 traitée chaque dix jour a enregistré un rendement de 1626,7 kg/ha bien au-dessus du rendement obtenu par celle traitée chaque deux semaines (1142,7 kg/ha). Ce résultat est nettement au-dessus de celui obtenu avec la même variété par Nana en 2014. En effet, en appliquant la souche A de *L. lecanii* chaque deux semaines sur la variété TS32-1, il a obtenu un rendement en gousses de 322 kg/ha. Cette différence pourrait s'expliquer entre autres par l'hétérogénéité des conditions dans lesquelles les expérimentations ont eu lieu. En effet, la parcelle traitée chaque dix jour a certainement plus bénéficié de l'humidité et de l'ombre que les autres parcelles car elle était située sous un arbre. L'effet écran a sans doute diminué la défoliation, ce qui a eu pour corollaire, un rendement nettement élevé (Koïta, 2007). Ce qui expliquerait aussi que le meilleur traitement contre l'attaque des cercosporioses en l'occurrence chaque deux jour a obtenu le plus faible rendement en gousses après celui du témoin pour les deux variétés. Une autre hypothèse est l'attaque des plantes de la parcelle traitée chaque deux jour par les écureuils au stade de formation des gousses et du développement des gousses.

Pour le poids de 100 graines, la variété TS32-1 traitée chaque deux semaine a enregistré un poids de 26 g. Ce résultat obtenu est proche de celui obtenu par Nana en 2014 pour la même variété avec le même traitement (29,7 g). Le traitement chaque dix jours a donc été le meilleur pour le rendement.

Le taux de graines malades obtenu pourrait être imputable à la présence de microorganismes parasites dans le sol du site de Gampèla (Sirima, 2013).

L'étude des corrélations a montré des liens positifs entre certains paramètres. Ainsi, les paramètres notes de cercosporioses et envahissement foliaire, notes de cercosporioses et pourcentage de défoliation, envahissement foliaire et pourcentage de défoliation paraissent liés deux à deux à cause de la très forte et positive corrélation enregistrée entre eux.

## **Conclusion**

Cette étude, avec pour objectif de tester l'efficacité d'un certain nombre de traitements de la souche A de *L. lecanii*, a permis de monter

l'efficacité de celle-ci. On retient que pour la réduction de l'incidence des cercosporioses, tous les traitements ont eu un effet réductif des cercosporioses sur les deux variétés. Le traitement chaque deux jours a été le meilleur traitement sur la variété très sensible TS32-1. Pour la variété PC79-79, tous les traitements ont enregistré une même note à la récolte.

Les rendements ont été meilleurs pour tous les traitements comparés au témoin non traité. Ainsi, le rendement en gousses, le pourcentage de bonnes graines et le poids de 100 graines ont été élevés pour toutes les variétés traitées. Cette hausse est beaucoup plus remarquée chez la variété PC79-79 que la variété TS32-1. Le meilleur traitement pour ces paramètres a été le traitement chaque dix jour avec des rendements en gousses supérieurs à 1,5 t/ha pour chaque variété.

### References:

1. DGESS. (2016). Résultats définitifs de la campagne agricole et de la situation alimentaire et nutritionnelle 2015-2016. Rapport annuel, BP : 7005 Ouagadougou (Burkina Faso).
2. FAOSTAT. (2015). Food and Agricultural Organisation/Division de la statistique agricole [www.faostat.org](http://www.faostat.org)
3. Gams, W., Zare R. (2001). A revision of *Verticillium* Sect. Prostrata. III. Genetic classification. *Nova Hedwigia* 72, pp. 329–337.
4. Gillier, P. et Sylvestre, P. (1969). L'arachide. G. P. Maisonneuve et Larose, Paris, 292 p.
5. Goettel, M. S., Koike, M., Kim, J. J., Aiuchi, D., Shinya, R., Brodeur, J. (2008). Potential of *Lecanicillium* spp. for management of insects, nematodes and plant diseases. *Journal of Invertebrate Pathology*, 98: pp.256–261.
6. Koïta, K. (2007). Etude de l'efficacité d'extraits végétaux sur les cercosporioses de l'arachide (*Arachis hypogaea* L.). Mémoire de DEA, UFR/SVT, Université de Ouagadougou, 03 BP 7021 Ouagadougou 03, Burkina Faso, 70 p.
7. Nana, T. A. (2014). Essai de lutte intégrée par association de la lutte génétique et de la lutte biologique pour le contrôle de la rouille et des cercosporioses de l'arachide (*Arachis hypogaea* L.) au Burkina Faso., Thèse de doctorat, Université de Ouagadougou, BP. 7021, Burkina Faso, 169 p.
8. Nana T. A. (2009). Etude préliminaire pour une approche de lutte intégrée contre les maladies foliaires de l'arachide (*Arachis hypogaea* L.) au Burkina Faso. Mémoire de DEA, UFR/SVT, Université de Ouagadougou BP 7021, Burkina Faso, 68 p.
9. Ndoye, O. (1992). Point sur la recherche de la cercosporiose au Sénégal. ISRA, BP 17 Nioro Sénégal, 12 p.

10. Sankara, P. (1997). Evaluation des performances agronomiques et de la résistance à la rouille de génotypes d'arachide pour la création d'un idéotype au Burkina Faso. Thèse d'Etat, FAST, Université de Ouagadougou, 03 B.P 7021 Ouagadougou 03, Burkina Faso, 219p.
11. Sirima, A. (2013). Evaluation de génotypes d'arachide (*Arachis hypogaea* L.) d'origine américaine pour la résistance à la cercosporiose dans deux localités du Burkina Faso : Gampèla et Farako-bâ. Mémoire de Master, Université de Ouagadougou, 03 B.P 7021 Ouagadougou 03, Burkina Faso, 77 p.
12. Subrahmanyam, P., Mcdonald, D., Gibbons, R. W., Nigam, S. N., Nevill, D. J. (1982). Resistance to rust and late leaf spots diseases in some genotypes of *Arachis hypogaea* L. Peanut Science, 9: 1-10;
13. Thiombiano A. et Kampmann D. (2010). Atlas de la biodiversité de l'Afrique de l'Ouest, Tome II : Ouaga. Burkina Faso-Frankfurt/Main, 625p.
14. Zare, R. et Gams, W. (2001). A revision of *Verticillium* section Prostrata, IV – The genera *Lecanicillium* and *Simplicillium* gen. nov. *Nova Hedwigia*. 73 (1/2): pp. 1-50.
15. Zare, R., Gams, W. et Culham, A. (2000). A revision of *Verticillium* sect. Prostrata. I. Phylogenetic studies using ITS sequences. *Nova Hedwigia* 71, pp. 465–480.



ESJ Natural/Life/Medical Sciences

## Effects of Water Stress on the Agromorphological Parameters of Two New Maize (*Zea mays* L.) Lines (L36 and L71) Obtained from the Variety EV8728

*François Zaouli Néné-bi*

*Louise Turquin*

*Séraphin Kouakou Konan*

Félix Houphouët-Boigny University (UFHB),  
UFR Biosciences, Laboratory of Biotechnology,  
Agricultural and Biology Resources Valorisation, Abidjan, Ivory Coast

*Dogniméton Soro*

Jean Lorougnon Guédé University of Daloa,  
2 Soil Science Laboratory, Daloa, Ivory Coast

*Koutoua Ayolie*

*Clotaire Edja Bléhou*

*Justin Yatty Kouadio*

Jean Lorougnon Guédé University of Daloa,  
Agricultural Production Improvement Laboratory, Daloa, Ivory Coast

[Doi:10.19044/esj.2022.v18n21p117](https://doi.org/10.19044/esj.2022.v18n21p117)

Submitted: 03 February 2022

Accepted: 04 June 2022

Published: 30 June 2022

Copyright 2022 Author(s)

Under Creative Commons BY-NC-ND

4.0 OPEN ACCESS

*Cite As:*

Néné-bi F.Z., Turquin L., Konan S.K., Soro D., Ayolie K., Bléhou C.E. & Kouadio J.Y. (2022). *Effects of Water Stress on the Agromorphological Parameters of Two New Maize (Zea mays L.) Lines (L36 and L71) Obtained from the Variety EV8728*. European Scientific Journal, ESJ, 18 (21), 117. <https://doi.org/10.19044/esj.2022.v18n21p117>

### Abstract

Maize (*Zea mays* L.) or Indian wheat is the most cultivated cereal in the world and the first in terms of quantity before wheat. Its cultivation is confronted with the climate change which causes drought, and this last one reduces considerably its production. The objective of this experiment is to select maize (*Zea mays* L.) varieties resistant to water stress using gamma irradiation. Its aim is to characterize agromorphologically two maize lines derived from the gamma irradiated variety EV8728. This study took place in Daloa (Ivory Coast). The plant material consisted of maize plants obtained by self-fertilization after five cycles from seeds of the variety EV8728 irradiated

with gamma rays at a dose of 300 grays. Observations and measurements were made on the number and area of leaves, height and diameter of maize plants, male and female flowering parameters (date of panicle appearance, pollen grains, cob and silks) and number of spikelets, cob insertion height (CIE), panicle height and internode length. At the 58th das, the highest number of leaves (18.76) was observed in the plants of line 36 watered at capacity in field S0. On the other hand, the number of leaves (16.04) was lowest on the plants of the same line under severe stress (S2). Regardless of the type of stress applied, the plants of the control EV8728 always dominate, while the most stunted are those of the line L36. The date of panicle appearance (DAP) was early with the EV8728 control compared to the tested lines (L36 and L71), while the date of pollen appearance (DAGP) was about 4 d after the panicle was visible. Under moderate stress, a delay in flowering (anthesis) is observed in EV8728 and line L71 while there is no change in date for line L36.

---

**Keywords:** Maize, variety EV8728, water stress, line, gamma ray, Ivory Coast

## Introduction

Cereals have been an important part of human nutrition since the first agricultural crops began (FAO, 2016). The world cereal production is 2791 Mt for the 2021 season (FAO, 2021). Maize (*Zea mays* L.) or Indian wheat is the most cultivated cereal in the world and the first in terms of quantity ahead of wheat (*Triticuma estivum* L. subsp. *aestivum*) according to Semassa and *al.*, (2016). It is also the most energetic cereal (Charcosset and Gallais, 2009), due to its nutritional richness (in starch, presence of proteins, minerals) and the most economical from the production point of view (simple crop to produce, harvest and store) according to Nuss and Tanumihardjo, (2011). Its global production is 1091 Mt for the 2019-2020 period (Hénin, 2019). In sub-Saharan Africa, its production does not cover the demand. This creates a deficit that currently amounts to 23 Mt per year and should reach 35 Mt in 2025, according to the AfDB (2020). Ivory Coast ranks twentieth among maize-producing countries in Sub-Saharan Africa (OECD/FAO, 2015). Maize appears as a cash crop in the South, but production is mainly self-consumed in the North. This makes it one of the most widely used cereals in the family diet and in livestock production in the North. Its national production is estimated at 700,000 t/year and it is second only to rice (Ducroquet *and al.*, 2017).

However, despite the importance of cultivated areas, large quantities of maize are imported to meet the needs of consumers in West Africa, particularly in Ivory Coast, in livestock and industry. This situation is caused by numerous problems affecting maize production, including weeds, declining soil fertility, diseases and pests, poor farming practices and drought. This last

constraint is becoming a growing concern for producers. It has been reported that drought affects several variables in plant physiology, such as leaf temperature regulation (Patel *and al.*, 2001; Luquet *and al.*, 2004), stomatal conductance and leaf area (Lowlor and Cornic, 2002), and photosynthesis (Yuan *and al.*, 2004). A lack of water also causes a significant drop in crop yield (Fonseca *and Westgate*, 2005). Thus, several studies have been conducted to improve maize production (Goalbaye *and al.*, 2014; Naitormmbaide *and al.*, 2015; Diallo *and al.*, 2016; Goalbaye *and al.*, 2017).

In order to contribute to finding a sustainable solution to climate variability and induced fertility loss in response to low maize production, the IAEA-funded maize project initiated the research program on the creation of maize varieties adapted to the soil conditions of northern Ivory Coast soils through induced mutation techniques. The aim of this study is to investigate the agromorphological characterization under water stress of maize plants derived from seeds of the gamma-irradiated variety EV8728.

## **Material and Methods**

### **Study area**

The study was carried out on the experimental site of the University Jean Lorougnon Guédé (UJLoG) in Daloa, Ivory Coast, between 6°54 North latitude and 6°26 West longitude. This site has a humid tropical climate. There are four types of seasons. A large rainy season from April to mid-July, a small dry season from mid-July to mid-September, a small rainy season from mid-September to November, and a largely dry season from December to March (N'guessan *and al.*, 2014). Average annual temperatures range from 24.65 to 27.75 °C. The annual rainfall which was 1868.5 mm in 1968, decreased to 1200 mm of water in 2008, a decrease of 40% (Ligban *and al.*, 2009). The soil encountered is of the ferralitic type, highly or moderately altered (Dié, 2006). These ferralitic soils present good agricultural aptitudes and are suitable for all types of crops (Soro *and al.*, 2015).

### **Plant material**

The plant material consisted of seedlings of maize lines (L36 and L71) obtained after five cycles by self-fertilization from seeds of the variety EV8728 irradiated with gamma-ray at the dose of 300 grays in Seibersdorf, Austria. This variety EV8728 comes from the CNRA station of Korhogo whose characteristics are recorded in Table 1.



**Table 1.** Some characteristics of the variety EV8728 (CNRA, 2006)

Variety name	Characteristics			
	Cycle time (days)	Color and texture	MainCharacteristics	Yield (t/year)
EV8728	105	yellow, toothed	Tolerance to stripeand root lodging	3-5

## Methods

### Experimental conditions

The experiment took place under a shelter covered with transparent plastic film. The dimensions were 16 m long, 12 m wide and 3 m high. It allowed controlling the water supply. During this trial, 270 PVC pots of 25 cm height and 22.5 cm diameter with a capacity of 10 liters were used. These pots were perforated at the base and covered with a thin layer of gravel to ensure water and air drainage.

### Determination of the different water regimes

The different levels of water supply are referred to the determination of the field capacity (FC) of the soil (substrate used). For this purpose, 10 kg of growing medium P1 (dry weight of soil) were potted. After watering the substrate to saturation, the pot-substrate system was covered with aluminum foil to prevent water evaporation. Every 24 h, the pots were weighed until a constant mass P2 (saturation weight) was obtained. The field capacity (FC) is calculated by the following formula:

$$FC = \frac{P2 - P1}{P1} \times 100$$

FC : Field capacity

P2 : Saturation weight

P1 : Dry weight of soil

Field capacity is variable depending on soil texture. Three treatments were selected :

- 100% FC (the field capacity) or the control
- 50% FC
- 25% FC

### Experimental design

The essay was conducted in a split-plot design with three replications. Each replication was represented by a block subdivided into three sub-blocks. The main factor was water stress and the second was the lines tested. The sub-block contained ten (10) plants per line, i.e. 30 per treatment, with 270 pots. The spacing between the pots was 20 cm on the row and 20 cm between the

rows. The distance between the two elementary blocks was 50 cm and the distance between the repetitions was 60 cm.

### **Substrate treatment and seeding**

First of all, a substrate treatment with VYTAL 3G (Oxamyl 30 g/kg) against nematodes was performed, after a contribution of 3 g of NPK fertilizer formulation (15-15-15), 0.3 S + 4.5 MgO + 6.7 CaO per pot as a bottom fertilizer. Sowing was done with two seeds per pot. Two weeks after sowing, the plants were removed, leaving one plant per pot. A treatment with PYRICAL 5G (Chlorpyrifos-ethyl, 50 g/kg) against insects was made when they appeared. Urea (46%) was applied at the 4 leaf stage at a rate of 2 g/plant. Finally, on day 60, a cover fertilizer was applied.

### **Application of water stress**

Before the application of different treatments (water regime), the device was watered every two days with the field capacity until the bolting stage, i.e. 30 days. Thus, from this date, the different water regimes (S0: 100% FC, S1: 50% FC, S2: 25% FC) were applied to each maize plant until the maturity of the ears on the plants.

### **Data collection**

#### **Number of leaves**

The rate of leaf emission is determined by counting the number of leaves emitted every week until the male flower appears.

#### **Stem height**

Stem height is measured with a tape measure from the collar to the V formed by the last two leaves.

#### **Diameter of the stem**

The measurement of the diameter is made with a caliper during the culture.

#### **Leaf area SF (cm<sup>2</sup>)**

The total leaf area (cm<sup>2</sup>) per plant was determined weekly. It was determined by the method of Mokhtarpour *and al.*, (2010) which consists of taking the measurement of the length and width of the leaves, and then deducting the leaf area (LA) by the following formula:

$$SF = \sum_{i=1} (L \times l \times 0.75)$$

SF: Total leaf area per plant, L: leaf length, l: large leaf width and i: leaf sequence number in the plant.

### **Flowering parameters**

The dates of appearance of male and female organs (panicle, pollen grains, spike, and silks) were determined by simple observation of 50% of flowering plants per line.

### **Spike insertion height**

The measurement of the spike insertion height was done with a measuring tape from the collar to the base of the spike.

### **Length between nodes**

The length between two nodes was taken using a carpenter's tape measure.

### **Statistical analysis**

Data were submitted to analysis of variance (ANOVA) using STATISTICA 7.1 software. The means of the different parameters were separated by the Newman-Keuls multiple comparison test.

## **Results**

### **Number of leaves emitted**

Table 2 shows the influence of water stress on leaf emission. Under the non-stressed conditions, the highest number of leaves (12.09 leaves) is observed under the 50% CC regime and the lowest (09.69 leaves) under CC with line L36. There was no significant difference at the 5% threshold ( $p = 0.17$ ). After one week of stress (37 days), the control EV8728 was the line that produced more leaves under the moderate stress condition (14.29 leaves). The lowest average is shown with L36 under the same stress (11.67 leaves). There is a clear significant difference at the 5% threshold with  $p = 0.03$ . On the 44th day, the highest mean is recorded with the control EV8728 under the favorable S0 conditions (16.78 leaves), while the lowest (14.58 leaves) is identified in L36 when the stress becomes severe. Nevertheless, no significant difference is recorded ( $p = 0.32$ ). At 51 days, the number of leaves is highest in line L71 (17.58 leaves) under normal condition S0 and the lowest with line L36 (15.09) under severe stress S2. There is a highly significant difference with  $p = 0.007$ . On the 58th day, the highest number of leaves (18.76) on the plants of line 36 was watered at the field capacity S0. On the other hand, the number of leaves is 16.04 is the lowest among the plants of the same line put under severe stress (S2). There is a very significant difference at the 5% threshold ( $p=0.0001$ ).

**Table 2.** Average number of leaves of maize plants under the effects of water

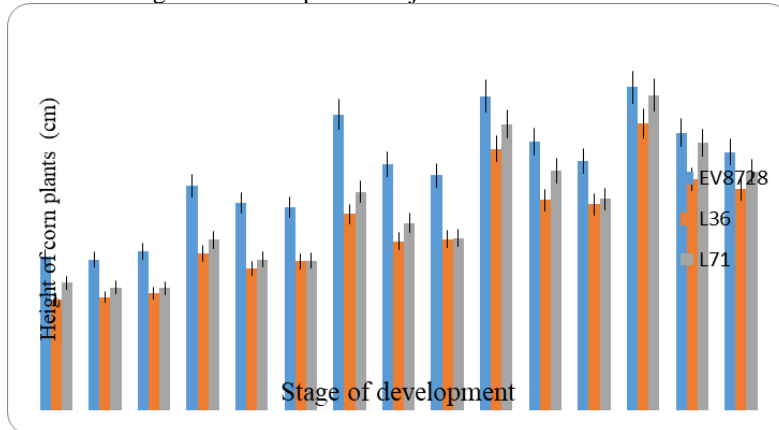
Treatments		30 DAS	37 DAS	44 DAS	51 DAS	58 DAS
	EV8728	11.87± 0.84 <sup>a</sup>	14.20 ±1.14 <sup>bc</sup>	16.18 ± 1.45 <sup>a</sup>	16.78 ± 1.44 <sup>a</sup>	17.00 ±1.43 <sup>bc</sup>
<b>S0</b>	L36	12.09 ± 1.12 <sup>a</sup>	14.29 ± 1.62 <sup>c</sup>	15.82 ± 1.89 <sup>a</sup>	16.91 ± 1.83 <sup>a</sup>	17.36 ± 1.90 <sup>bcd</sup>
	L71	11.51 ± 1.31 <sup>a</sup>	13.78 ±1.31 <sup>bc</sup>	15.33 ± 1.69 <sup>a</sup>	15.80 ± 1.24 <sup>b</sup>	16.16 ± 1.15 <sup>a</sup>
	EV8728	09.69± 1.12 <sup>a</sup>	12.27 ±1.45 <sup>ab</sup>	14.76 ± 1.85 <sup>a</sup>	17.44 ± 2.09 <sup>a</sup>	18.76 ± 1.52 <sup>e</sup>
<b>S1</b>	L36	09.76 ± 1.07 <sup>a</sup>	11.67 ± 2.11 <sup>a</sup>	13.78 ± 1.89 <sup>a</sup>	15.93 ± 1.76 <sup>b</sup>	17.60 ±1.32 <sup>cd</sup>
	L71	09.89 ± 1.23 <sup>a</sup>	12.36 ±1.43 <sup>ab</sup>	13.91 ± 1.55 <sup>a</sup>	15.09 ± 1.49 <sup>b</sup>	16.04 ± 1.17 <sup>a</sup>
	EV8728	10.14 ± 0.94 <sup>a</sup>	12.91 ± 1.29 <sup>b</sup>	15.35 ± 1.60 <sup>a</sup>	17.58 ± 1.56 <sup>a</sup>	18.65 ± 1.34 <sup>e</sup>
<b>S2</b>	L36	10.02 ± 1.27 <sup>a</sup>	12.40 ±1.07 <sup>ab</sup>	14.58 ± 1.53 <sup>a</sup>	16.73 ± 1.57 <sup>a</sup>	17.84 ± 1.36 <sup>d</sup>
	L71	09.79 ± 0.80 <sup>a</sup>	12.09 ±1.06 <sup>ab</sup>	13.86 ± 1.26 <sup>a</sup>	15.58 ± 1.20 <sup>b</sup>	16.72 ±1.39 <sup>ab</sup>
<b>p</b>		<b>0.17</b>	<b>0.03</b>	<b>0.32</b>	<b>0.007</b>	<b>0.0001</b>
<b>F</b>		<b>1.60</b>	<b>2.77</b>	<b>1.17</b>	<b>3.57</b>	<b>5.84</b>

DAS: days after sowing;S0, S1 and S2 (100%, 50%, 25% of field capacity respectively); mean values with the same letters in the same column are not significantly different (5% Newman-Keuls test).

### Stem height

Figure 1 shows the results on corn plant height. Without the water stress, the control has the highest plants while the lowest are those of line L36. Regardless of the type of stress applied, the control EV8728 plants always dominate while the stunted ones are from line L36. However, the height of the plants of each line decreased significantly with the severity of the stress. There was a significant difference between the treatments (stress) and the control with  $p = 0.0000$ , between the lines tested and the control EV8728 where  $p = 0.0000$ . The stress-line interaction also shows us a clear significant difference ( $p = 0.0000$ ).

**Figure 1.** Stem heights of maize plants subjected to different water stress modalities

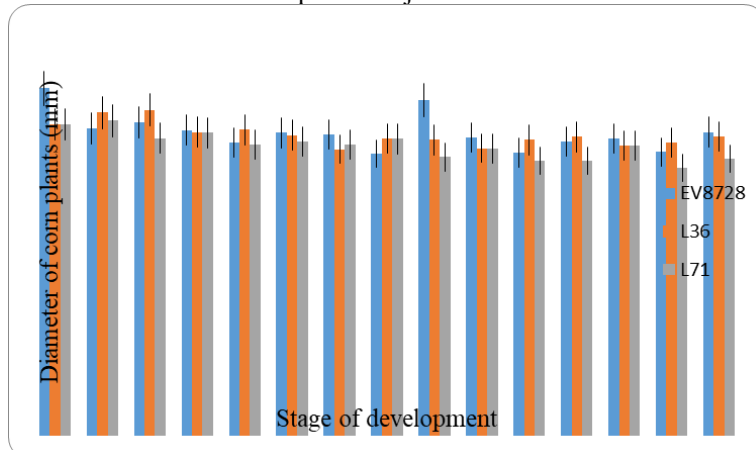


S0, S1 and S2 (respectively 100%, 50%, 25% of field capacity); EV8728: non-irradiated control; L36 and L71 (tested lines); DAS: day after sowing

### Stem diameter

The effect of water stress on plant diameter is shown in Figure 2. Under normal conditions, the largest diameter is recorded with the control ranging from  $17.01 \pm 13.21$  mm to  $14.56 \pm 2.80$  mm. On the other hand, the smallest is observed with the L36 line ranging from  $14.89 \pm 3.54$  mm to  $14.07$  mm. Under moderate stress, the thickest diameter is mentioned by line L36 with values ranging from  $14.99 \pm 2.98$  to  $14.34 \pm 3.25$  mm, while the thinnest is with line L71 ( $14.24 \pm 2.95$  to  $13.11 \pm 285$  mm). With severe stress, the largest diameter is marked by L36 with  $15.72 \pm 4.04$  mm decreasing to  $14.48 \pm 3.37$  mm. The line L71 has the smallest diameter which decreased from  $14.57 \pm 2.66$  mm to  $13.45 \pm 2.36$  mm. However, the difference was not significant at the 5% level ( $p > 005$ ).

**Figure 2.** Stem diameter of maize plants subjected to different water stress modalities

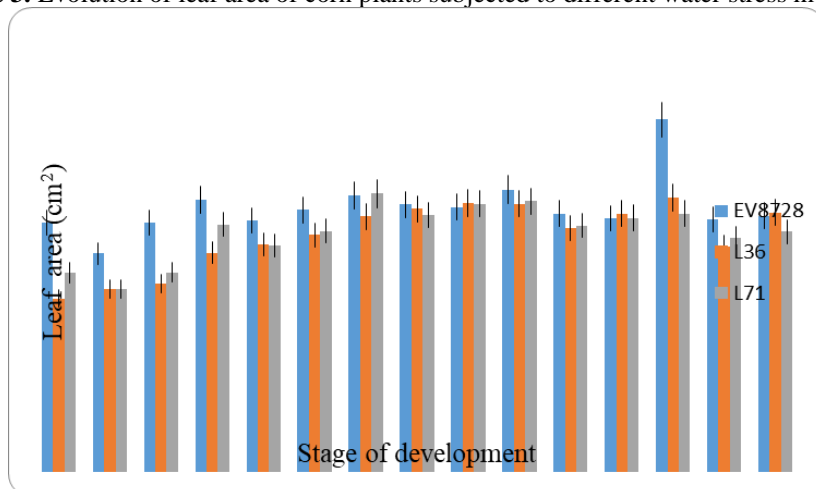


S0, S1 and S2 (100%, 50%, 25% of field capacity respectively); EV8728: non-irradiated control; L36 and L71 (lines tested); das: day after sowing

## Leaf area

Figure 3 shows the change in leaf area of water-stressed corn plants. Before the application of water stress, the largest leaves are observed on control plants with  $452.98 \pm 106.72 \text{ cm}^2$  and the smallest online L36 ( $315.66 \pm 87.15 \text{ cm}^2$ ). After the application of the stress, the leaves continue to grow until reaching a threshold at the 44th das. At this date, the largest leaf is observed on the control EV8728 plants ( $486.42 \pm 98.24 \text{ cm}^2$ ) and the smallest with L71 ( $467.05 \pm 109.32 \text{ cm}^2$ ) under moderate stress. Yet, under severe stress, the largest is recorded with L36 ( $488.90 \pm 111.36 \text{ cm}^2$ ) and the smallest with control EV8728 ( $481.97 \pm 104.72 \text{ cm}^2$ ). No difference is observed ( $p = 1.025$ ). After the 44th day, the leaves are rapidly reduced under water stress. However, they continue to grow under favorable conditions, but without significant difference.

**Figure 3.** Evolution of leaf area of corn plants subjected to different water stress modalities



S0, S1 and S2 (respectively 100%, 50%, and 25 % of field capacity) ; EV8728: non-irradiated control; L36 and L71 (tested lines)

## Flowering parameters

Table 3 shows the effect of water stress on flowering parameters of maize plants.

### Panicle onset date

The panicle emergence date (PAD) is early with the control EV8728 compared to the tested lines (L36 and L71). It increases from 51 days under S0 stress to 56 days under S2 stress. This date is late in line L71 going from 63 das under S1 stress to 65 das under S0 and S2 stress respectively. The stress delays panicle emergence as it becomes more and more severe. A significant difference is observed with  $p = 0.0000$ .

### **Date of appearance of pollen grains**

The appearance of pollen grains (DAGP) took place at about 4 d after the panicle was visible. On the control plants, they were visible at 55 d under S0, 2 d later under S1 stress (57 d), and 3 d under S2 stress (58 d). With the plants of line L36, pollen grains emerged on the 66th day under stress S0 and S1. On the other hand, they are visible 4 d later (70 d) under the S2 stress. They are observed on the 67th day under S1 stress in line L71, while 68 days under S0 and 72 days under S2. There is then a clearly significant difference with  $p = 0.0000$ .

### **Date of appearance of the ear**

Appeared early on the EV8728 plants, whereas it was late on the plants of the lines tested (L36 and L71). Thus, under S0 stress, it appears 55 das in EV8728 against 67 das in L36 and L71. Under S1 stress, it is always visible rather with EV8728 (57 das). On the tested lines L36 and L71, the plants emit the ear respectively 67 and 68 das. With S2 stress, the EV8728 plants release the cob 58 das, while the tested lines L36 and L71 emit 71 das and 74 das respectively. There is a highly significant difference with  $p = 0.0000$ .

### **Date of silk appearance**

The time interval between heading and silk emergence is about 2 d under S0 and S1 stresses. Exceptionally, this interval in the control EV8728 under S0 is 3 d. Under S2 stresses, it is 3 days. Under all stresses, silk is earliest (57 d) with EV8728 while the latest 69 d is with line L71. Under S1 and S2 stresses, silks appear faster on EV8728 plants compared to the tested lines L36 and L71 released late. There is a significant difference with  $p = 0.015$ .

**Table 3.** Date of appearance of panicle, pollen grains, ear and silk in 50% of maize plants under different stress conditions

Stress × line		Parameters			
		DPA	DPGA	DEA	DSA
EV8728		51±3.32a	55±3.24a	55±5.03a	57±5.06a
<b>S0</b>	L36	62±2.75d	66±2.80c	67±2.69b	68±3.20d
	L71	65±2.77e	68±2.92d	67±3.05b	69±4.13d
EV8728		54±3.35b	57±4.30b	56±4.05a	59±4.66b
<b>S1</b>	L36	62±2.83d	66±3.07c	67±2.77b	68±3.20d
	L71	63±1.92d	67±1.89c	68±2.31bc	68±2.38d
EV8728		56±3.45c	58±3.58b	58±3.89a	61±4.39c
<b>S2</b>	L36	64±2.65e	70±2.57d	71±2.02c	74±2.34e
	L71	65±2.76e	72±2.75d	74±2.46c	77±3.23e
<b>P</b>		<b>0.000</b>	<b>0.000</b>	<b>0.000</b>	<b>0.015</b>
<b>F</b>		<b>5.1</b>	<b>6.8</b>	<b>2.1</b>	<b>3.1</b>

DPA: date of panicle appearance of 50% of plants; DPGA: date of pollen grain appearance of 50% of plants; DEA: date of ear appearance of 50% of plants; DSA: date of silk appearance of 50% of plants; das: day after sowing; S0, S1 and S2 (100%, 50% , 25% of field capacity, respectively); EV8728: Control; L36 and L71 (lines tested); mean values with the same letters in the same column are not significantly different (5% Newman-Keuls test).

### Number of spikelets

Table 4 shows the effect of water stress on the number of spikelets. Regardless of the severity of the water stress, the number of spikelets did not vary in the plants of the tested lines L36 and L71. This number remains 16 for L36 and 14 for L71. However, a variation is observed in the plants of the control EV8728. Under normal conditions, the plants bear 13 spikelets, while it decreases to 12 under moderate stress. Under severe stress, it decreases to 12 spikelets. However, no difference was observed with  $p = 0.123$ .



**Table 4.** Number of spikelets, ear insertion height, panicle height, internode length of maize plants under water stress modalities

Stress × line	Parameters			
	NS	EIH (cm)	HP (cm)	IL (cm)
EV8728	13±4.04a	66.65±16.56d	41.58±9.11d	12.65±2.5a
<b>S0</b> L36	16±3.92a	73.55±22e	33.13±8.22b	11.93±11.91a
L71	14±2.87a	74.43±15.11e	37.78±8.16cd	12.35±2.67a
EV8728	12±3.54a	66.33±12.77d	37.85±8.3cd	11.4±2.09a
<b>S1</b> L36	16±2.92a	61.15±15.08c	34.63±7.21bc	9.56±1.92a
L71	14±2.45a	62.43±15.55c	37.33±7.26c	10.32±2.21a
EV8728	12±3.25a	59.73±15.09b	38.65±7.45cd	10.51±2.37a
<b>S2</b> L36	16±3.63a	66.01±19.89d	28.1±8.63a	8.96±2.61a
L71	14±3.62a	55.76±14.03a	28.5±10.68a	8.93±2.38a
<b>P</b>	<b>0.123</b>	<b>0.033</b>	<b>0.000</b>	<b>0.905</b>
<b>F</b>	<b>1.821</b>	<b>2.637</b>	<b>6.059</b>	<b>0.257</b>

NS: Number of spikelets; EIH: ear insertion height; HP panicle height; IL: internode length; S0, S1 and S2 (respectively 100%, 50%, 25% of field capacity); EV8728: Control; L36 and L71 (lines tested); mean values with the same letters in the same column are not significantly different (5% Newman-Keuls test).

### Height of ear insertion

Table IV shows the impact of water stress on-ear insertion height. Under the ideal situation, the largest insertion height 74.43 cm is observed online L71 while the smallest (66.65 cm) is with control EV8728. During moderate stress, the largest HIE (66.33 cm) is recorded in EV8728 while the smallest (61.15 cm) is with L36. When conditions become very stressful, L36 has the largest HIE (66.01 cm) and L71 has the smallest HIE (55.76 cm). The water stress had an impact on the ear insertion height. Thus, there is a highly significant difference between the tested lines and the control and between the different water regimes with  $p = 0.033$ .

### Panicle height

The effect of water stress on panicle height is mentioned in Table IV. Under the favorable conditions, the highest panicle 41.58 cm is observed in EV8728 plants, while the lowest panicle 33.13 cm with line L36. With the application of moderate stress, the height decreases slightly with EV8728 (37.85 cm) but remains the tallest panicle. It increases with L36 (34.63cm)

which nevertheless represents the small one. Under severe stress, panicle size decreased with all lines. However, EV8728 has the largest panicle 38.65 cm, while line L36 (28.1 cm) has the shortest. Water stress had a negative effect on panicle size. Thus, there is a clearly significant difference with  $p = 0.000$ .

### **Internode length**

Table 4 shows the effect of water stress on internode length. Under moderate stress, internode length (LEN) decreased by about 2 cm for the test lines L36 and L71 and by 1 cm for the control line EV8728. When the stress conditions become extreme, the NEL decreases significantly. This reduction is 2.14 cm for EV8728, followed by 2.97 cm for L36 and 3.42 cm for L71. However, the control EV8728 has the highest internode elongation and the lowest with L71. No significant difference is observed with  $p = 0.905$ .

### **Discussion**

Reduction in plant growth is one of the first manifestations of water deficit. It is manifested in many species by a modification of the plant architecture. Morphological parameters of maize plants of the variety EV8728 derived from irradiated seeds were influenced by water stress.

Leaf emission was more active with all lines when under the S0 field capacity regime. Indeed, the rate of leaf emission is significant with all lines under S0. Water stress negatively influenced this foliar emission of maize plants. It is delayed when the stress becomes more and more severe up to 25% of the field capacity. Our results are similar to those of Attia (2007) who noted a significant decrease in the number of leaves of plants under water stress.

As for the height of the plants, all lines grew perfectly under S0. It decreased dramatically when the plants were subjected to water stress corresponding to 25% of the field capacity. This could be explained by the fact that the plant metabolism is disturbed by the reduction of the amount of water supplied to the plants. Our results corroborate those of El-Zohiri and Abd El-Aal (2014) who observed a reduction in the height of taro (*Colocassia esculenta* (L.) Schott) plants subjected to a 25% watering dose compared to plants treated at the field capacity of the soil (100%). Similarly, Lauer (2005) observed that reducing water during vegetative development diminishes stem expansion in corn. According to Hopkins (2003), growth reduction is an adaptive capacity necessary for the survival of a plant exposed to water stress. Other studies had shown the reduction in height growth of plants subjected to different water stresses on some species such as argan, casuarina, cedar, and citrus rootstocks (Aussenac and Finkelsten, 1983; Albouchi *and al.*, 2003; Berka and Aïd, 2009; Beniken, 2011). Seed irradiation at the dose of 300 grays would not have positively influenced water stress resistance in the tested lines. Our work is in agreement with studies conducted by Sengupta *and al.*, (2013)

and Macovei *and al.*, (2014). These authors had shown that a reduction in growth is commonly observed in irradiated plants and is generally attributed to alterations in the cell cycle in meristematic tissues, degradation of photosynthetic pigments, and thus decreased photosynthetic capacity.

The results obtained on diameter show that water stress did not cause significant reductions. Regardless of the severity of stress, the plants had diameters almost identical to those of the plants irrigated with field capacity (S0). This would be due to the adaptation of these plants to water stress. Our work is in agreement with Farooq *and al.*, (2008); Razmjoo *and al.*, (2008) and Reynolds and Tuberosa, (2008). For these authors, during a water deficit, plants adopt adaptation strategies that differ from one species to another and that involve a large combination of morphological, physiological, and biochemical factors.

The leaf area of maize plants was reduced with the application of water stress. However, there was no significant difference. The control EV8728 performs better compared to the tested lines. Our work is consistent with that of Ouia *and al.*, (2002) who showed a reduction in leaf area depending on the water regimes in four potatoes (*Solanum tuberosum* L.) varieties. These results are consistent with those of Lauer (2005), who working on the behavior of maize during the dry season, observed that the application of water stress during vegetative development reduced leaf area. Seed irradiation at a dose of 300 grays would have triggered an adaptive mechanism in the two lines tested in response to water stress. Our results also corroborate those of Lebon (2006). This author showed that the reduction of the leaf area under the limiting water regime is an adaptive mechanism of the plants aiming to limit their leaf transpiration when the water conditions become unfavorable. Indeed, this reduction of leaf area is a judicious way to control water losses, by adjusting water consumption in cereals, and the latter is said to be water-saving plants. Our work agrees with that of Chaves *and al.*, (2009). These authors state that the decrease in leaf area of the leaves is considered as a response or adaptation to water shortage.

The effects of water stress were observed on all four flowering parameters in maize. Under moderate stress, a delay in flowering (anthesis) was observed in EV8728 and line L71 while there was no change in date for line L36. Nevertheless, the panicle of the plants of line L71 is early, i.e. 63 das against 65 das for those irrigated with 100% of the field capacity. Under severe stress, all lines experienced a more pronounced delay in flowering of at least 2 d. This delay would be due to the fact that the plant would first respond to the metabolic disturbances caused by the water stress before carrying out its own functions. Our results are similar to those of Harou *and al.*, (2018) who showed that water stress delays the 50% flowering date by an average of 5 d in cowpea [*Vigna unguiculata* (L) Walpers]. Our work corroborates that of

Wopereis *and al.*, 1996 and Winkel *and al.*, 1997. These show that in cereals, a water deficit during the vegetative growth period or during floral induction and inflorescence development reduces the speed of inflorescence development and that this leads to a delay or complete inhibition of flowering (anthesis). Other work has shown that the effects of water stress at the heading and filling stages of the grain are more detrimental than those occurring at the tillering and bolting stages (Thompson and Chase, 1992).

Water stress negatively impacted internode length. It decreased as the stress became severe. Our results are in agreement with Chafai (2012) who claimed that the rate of reduction in internode length under water stress is 19% in *Medicago truncatula*. Other authors claim that water stress resulted in a reduction in stem growth of cotton from the 65th day of the year and in internode length on the 75th day of the year (Gnofam *and al.*, 2014).

As for insertion height, it gradually decreases as stress increases. This would be due to the fact that lack of water would prevent the absorption of nutrients by the plant hence the reduction in height. Our work is in agreement with Kasongo *and al.*, (2019). These authors showed that ear insertion height in maize varies from 67.17 cm without chicken droppings to 82.08 cm with 7500 kg/ha of chicken droppings.

Regarding panicle height, water stress affected this parameter in all lines. However, the control line EV8728 had the longest panicle under all regimes followed by L71. Our results are in line with those of Doucet and Soenen (2016) who showed in maize that water stress leads to a reduction in panicle development affects pollen potential and increases the rate of pollen blocked in flowers.

As for the number of spikelets, the control EV8728, the early line, has very few spikelets compared to the lines tested. Our work confirms that of Chafai (2012) in *Medicago truncatula*. This author states that the earliest lines (including the control) have the least branching.

## Conclusion

This study revealed the effect of water stress on maize plants. Upon application of water deficit, the different agro morphological parameters were affected except for the diameter. However, prolonged water deficit significantly reduced all morphological components, as well as phenological and post-flowering parameters. The results obtained show an important intra-specific variation between the two lines on all their agro morphological characters. It should be noted that gamma irradiation had no impact on the agromorphological behavior of the lines with respect to water stress. Our tested lines have therefore been agromorphologically sensitive to water stress as the variety EV8728.

## Acknowledgments

Thanks are addressed to the IAEA, for the irradiation of the seeds in Seibersdorf, Austria. Our thanks also go to the UJLoG for its premises put at our disposal to carry out this work.

## References:

1. Albouchi, A., Bejaoui, Z., & El Aouni, M., H. (2003). Influence of moderate or severe water stress on the growth of young plants of *Casuarina glauca* Sieb. *Drought*, 14, 137-142. <http://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v7i4.18>
2. AfDB. (2020). Maize production in Africa: 23 million tonnes deficit per year - *Economiste* (<https://leconomistebenin.com>). Accessed on 23/12/2020 at 6:05 p.m.7.
3. Attia, F. (2007). Effect of water stress on the ecophysiological behavior and the phenological maturity of the vine (*Vitis vinifera* L.): Study of five native grape varieties of Midi-Pyrénées. INP thesis, Toulouse (France), 194p.
4. Aussenac, G., & Finkelsten, D. (1983). Influence of drought on growth and cedarphotosynthesis. *Annals of Forest Scientists*, 40(1), 67-77. [fhal-00882295f](https://doi.org/10.1007/BF02431418)
5. Beniken L., Beqqali, M., Dahan, R., Benkirane, R., Omari, F. E., Benazouz, A., & Benyahia, H., (2011). Evaluation of the resistance of tetrizete-resistant citrus rootstocks to water deficit. *Fruit*, 66 (6). pp: 373-384. <https://doi.org/10.1051/fruit/2011053>
6. Berka, S., & Aid, F. (2009). Physiological responses of *Argania spinosa* (L.) Skeels plants subjected to an edaphic water deficit. *Drought*, 20(3), 296-302. DOI:10.1684/sec.2009.0191
7. Chafai, S. (2012). Etude de l'effet du stress hydrique sur une collection de lignée de *Medicago truncatula*. Thèse. Ecole Nationale Supérieure Agronomique El-Harrach, Alger. 63-64 pp. <http://hdl.handle.net/123456789/157>
8. Charcosset, A., & Gallais, A. (2009). Emergence et développement du concept de variétés hybrides chez le maïs. "Le Sélectionneur Français". UMR Génétique Végétale. INRA Université de Paris-Sud-CNRS Agro Paris Tech Ferm du moulin 91190 GIF/YVETTE, 60 :21-30.
9. Chaves, M. M., Flexas, J., & Pinheiro, C. (2009). Photosynthesis under drought and salt stress: regulation mechanisms from whole plant to cell. *Ann. Bot.* 103: 551–560. <https://doi.org/10.1093/aob/mcn125>
10. CNRA. (2006). Cultivating maize well in Ivory Coast, 4p.
11. Diallo, M. D., Aïchatou, T., Fatou, D. M., Mahamat-Saleh, M., Goalbaye, T., Ahmadou, B. N., Nafi, D. N., Aliou, D., & Aliou, G.

2016. Determination of the optimal dose of mineral fertilizer 15-15-15 on five (5) varieties of sweet corn (*Zea mays* L. ssp. *Saccharata*) in Senegal. European Scientific Journal september 2016 edition vol 12 (27): 1857-7881. <http://dx.doi.org/10.19044/esj.2016.v12n27p135>
12. Dié, K. P. (2006). Reinforcement of the drinking water supply of the city of Daloa from the Buyo dam in IvoryCoast, end of training dissertation, 77 p [http://documentation.2ie-edu.org/cdi2ie/opac\\_css/doc\\_num.php?explnum\\_id=981](http://documentation.2ie-edu.org/cdi2ie/opac_css/doc_num.php?explnum_id=981)
13. Doucet, R., & Soenen, B. (2016). Threeyears of trials assessed the influence of water stress on seed corn. Effects on yield and its components, as well as on plant physiology, werethus quantified. ARVALIS-Plant Institute. 438.48-49.<https://www.perspectives-agricoles.com/file/galleryelement/pj/df/26/a3/ee/438>
14. Ducroquet, H., Tillie, P., Louhichi, K., & Gomez-Y-Paloma, S. (2017). Agriculture in Ivory Coast under the magnifying glass. State of play of plant and animal production sectors and review of agricultural policies. JRC Science for policy report 244 p. PDF ISBN 978-92-79-73180-8 ISSN 1831-9424 <https://ec.europa.eu/jrc> doi:10.2760/126254
15. El-Zohiri, S. S. M., & Abd, El-Aal, A. M., H. (2014). Improve the adverse impacts of water stress on growth, yield and its quality of taro plants by using glycine betaine, MgCO<sub>3</sub> and defoliation under delta conditions, Middle East Journal of Agriculture Research, 3 (4) : 2077-460.<https://www.curreweb.com/mejar/mejar/2014/799-814.pdf>
16. FAO. (2016). Produce more withless in maize-rice-wheat practice. Guide to sustainable grain production. Rome <http://www.fao.org/3/i4009f/i4009f.pdf>(consulted on 06/08/2020 at 17:06).
17. FAO. (2021). FAO Cereals Supply and Demand Bulletin. <https://www.FAO.Org/worldfood> (consulted on 17/12/2021 at 23:35)
18. Farooq, M., Basra, S. M. A., Wahid, A., Cheema, Z. A., Cheeman, M. A., & Khaliq, A. (2008). Physiological role of exogenously applied glycine betaine in improving drought tolerance of fine grain aromatic rice (*Oryza sativa* L.). J. Agron. CropSci., 194: 325–333.<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/j.1439-037X.2008.00323.x>
19. Fonseca, E. A., & Westgate, M. (2005). Relationship between desiccation and viability of maize pollen. Field Crops Research 94 (2) : DOI:10.1016/j.fcr.2004.12.001
20. Gnofam, N., Tozo, K., Bonfoh, B., Akantetou, K. P., Kolani, L., & Amouzouvi, K. (2014). Effects of water deficit on certain morphological, physiological and yield parameters in cotton (*Gossypium hirsutum* L. CV STAM129A) grown in Togo. Togolese



- Institute of Agronomic Research (ITRA), Wet Savannah Research Center (CRA-SH), National Cotton Program (PNC). African Agronomy 26 (2): 113-125 pp.  
<https://www.ajol.info/index.php/aga/article/view/107195>
21. Goalbaye, T., Diallo, M. D., Madjimbé, G., Mahamat, S. M., & Guissé, A. (2017). Codification and morphological characterization of local varieties of corn (*Zea mays* L.) of Chad in way of extinction. International Journal of Development Research vol.7, issue, 01 pp. 10897-10901.  
[https://www.researchgate.net/publication/313166918\\_CODIFICATI ON\\_AND\\_MORPHOLOGICAL\\_CHARACTERIZATION\\_OF\\_TH E\\_LOCAL\\_VARIETIES\\_OF\\_CORN\\_ZEA\\_MAYS\\_L\\_OF\\_CHAD\\_ IN\\_WAY\\_OF\\_EXTINCTION](https://www.researchgate.net/publication/313166918_CODIFICATI ON_AND_MORPHOLOGICAL_CHARACTERIZATION_OF_TH E_LOCAL_VARIETIES_OF_CORN_ZEA_MAYS_L_OF_CHAD_ IN_WAY_OF_EXTINCTION)
  22. Goalbaye, T., Guissé, A., & Tissou, M. (2014). Improved, drought-adapted maize populations for low-rainfall areas of Chad. Intro J. Biolchemsci 7(6):2275-2282.  
<https://www.ajol.info/index.php/ijbcs/article/view/103471>
  23. Harou, A., Hamidou, F., & Bakasso, Y. (2018). Morpho-physiological and agronomic performance of cowpea [*Vigna unguiculata* (L.) Walpers] under water stress conditions. Journal of Applied Biosciences 128: 12874-12882.  
<https://www.ajol.info/index.php/jab/article/view/181637/171027>
  24. Hénin, F. (2019). Maize export 2019-2020, five countries share a market of 163 million tonnes. <https://wikiagri.fr/articles/export-de-mais-2019-2020-cinq-pays-se-partagent-un-marche-de-163-millions-de-tonnes/20266>
  25. Hopkins, W. G. (2003). Plant physiology. Edition De Boeck University, 514 p.  
<https://www.deboecksuperieur.com/ouvrage/9782744500893-physiologie-vegetale>
  26. Kasongo, L. M. E., Banzra, M. J., Meta T. M., Mukoke, T. H., Kanyenga, F., Mayamba, M. G., Mwamba, K. F., & Mazinga, K. M. (2019). Sensitivity of rainfed maize (*Zea mays* L.) cultivation to the effects of dry spells on a Ferralsol under humus amendment in Lubumbashi. Journal of Applied Biosciences 140: 14316-14326 ISSN 1997-5902. <http://dx.doi.org/10.4314/jab.v140i1.10>
  27. Lauer, J. (2005). What happens to the corn plant in dry weather? University of Wisconsin in Madison, 4 p.
  28. Lebon, E. (2006). Effect of the water deficit of the vine on the functioning of the canopy, the development of the yield and the quality. INERA Sup Agro, UMR, Laboratory of Ecophysiology of Plants under Environmental Stress, 4 p.

- [https://scholar.google.com/scholar?cites=2951948446005502097&as\\_sdt=2005&scioldt=0,5&hl=fr](https://scholar.google.com/scholar?cites=2951948446005502097&as_sdt=2005&scioldt=0,5&hl=fr)
29. Ligban, R., Goné, D. L., Kamagaté, B., Saley, B. M., & Biémi, J. (2009). Hydrogeochemical processes and origin of natural springs in the square degree of Daloa (Central West of Ivory Coast). *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 3 (1): 38-47. <https://doi.org/10.4314/ijbcs.v3i1.42733>
  30. Lowlor, D., & Cornic, W. (2002). Photosynthetic carbon assimilation and associated metabolism in relation to water deficit in higher plant cell. *Environ*; 25 : 275-294. <https://doi.org/10.1046/j.0016-8025.2001.00814.x>
  31. Luquet, D., Vidal, A., Dauzat, J., Bégué, A., Olioso, A., & Clouvel, P. (2004). Using directional TIR measurements and 3D simulations to assess the limitations and opportunities of water stress indices. *Remote sensing of environment*, 90, 53-62. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2003.09.008>
  32. Macovei, A., Garg, B., Raikwar, S., Balestrazzi, A., Carbonera, D., Buttafava, A., Bremont, J. F. J., Gill, S. S., & Tuteja, N. (2014). Synergistic exposure of rice seeds to different doses of -ray and salinity stress resulted in increased antioxidant enzyme activities and gene-specific modulation of tc-ner pathway. *Bio Med Research International*. 676934. 1-15.
  33. Mokhtarpour, H., Teh, C. B. S., Saleh, G., Selamat, A. B., Asadi, M. E., & Kamkar, B. (2010). Non-destructive estimation of maize leaf area, fresh weight, and dry weight using leaf length and leaf width. *Communications in Biometry and Crop Science*, 5(1): 19-26. [https://www.researchgate.net/publication/44259918\\_Non-destructive\\_estimation\\_of\\_maize\\_leaf\\_area\\_fresh\\_weight\\_and\\_dry\\_weight\\_using\\_leaf\\_length\\_and\\_leaf\\_width](https://www.researchgate.net/publication/44259918_Non-destructive_estimation_of_maize_leaf_area_fresh_weight_and_dry_weight_using_leaf_length_and_leaf_width)
  34. Naitormmbaidé, M., Djondang, K., Mama, V. J., & Koussou, M. (2015). Screening of some varieties of maize (*Zea mays* L.) for resistance to *Striga hermonthica* (Del) Benth in the Chadian savannas. *Journal of animal and plant sciences*. Pp 3722-3732. <https://www.m.elewa.org/JAPS/2015/24.1/4.pdf>
  35. N'guessan, A. H., N'guessan, K. F., Kouassi, K. P., Kouamé, N. N., & N'guessan, P. W., 2014. Population dynamics of the cocoa stem borer, *Eulophonotus myrmeleon* Felder (Lepidoptera: Cossidae) in the Haut-Sassandra region of Ivory Coast. *Journal of Applied Biosciences* 83: 7606-7614. <https://doi.org/10.4314/jab.v83i1.11>
  36. Nuss, E. T., & Tanumihardjo, S. A. (2011). Quality protein maize for Africa: Closing the protein inadequacy gap vulnerable populations. *Advances in Nutrition* 2 (3); 217-224. DOI:10.3945/an.110.000182



37. OECD/FAO. (2015). OECD and FAO, Agricultural outlook 2015-2024. <http://www.fao.org/3/a-i4738f.pdf>. (consulted on 17/12/2021 at 23:35)
38. Ouiam, L, Said, O, & Jean, F. L. (2002). The effect of drought and cultivar on growth parameters, yield and yield components of potato. *Agronomie*. 23 (2003): pp. 257-268.  
<https://dx.doi.org/10.1051/agro:2002089>
39. Patel, N. R., Mehta, A. N., & Shekh, A. M. (2001). Canopy Temperature and Water Stress Quantification in Rainfed Pigeonpea (*Cajanus cajan* (L.) Mill sp.). *Agricultural and Forest Meteorology*, 109, 223-232.  
[https://ui.adsabs.harvard.edu/link\\_gateway/2001AgFM..109..223P/doi:10.1016/S0168-1923\(01\)00260-X](https://ui.adsabs.harvard.edu/link_gateway/2001AgFM..109..223P/doi:10.1016/S0168-1923(01)00260-X)
40. Razmjoo, K. Heydarizadeh, P., & Sabzalian, M. R. (2008). Effect of salinity and drought stresses on growth parameters and essential oil content of *Matricaria chamomile*. *Int. J. Agric.Biol.*, 10: 451–454.  
<https://www.researchgate.net/journal/International-Journal-of-Agriculture-and-Biology-1814-9596>
41. Reynolds M. & Tuberosa R., 2008. Translational research impacting on crop productivity in drought-prone environments. *Curr. Opin. Plant Biol.*, 11:171–179. <https://doi.org/10.1016/j.pbi.2008.02.005>
42. Semassa, J. A., Padonou, W. S.; Anihouvi, B. V., Akissoé, H. N., Aly, D., Adjanohoun, A., & Baba-Moussa, L. (2016). Varietal diversity, quality and use of maize in West Africa. *European Journal of Scientific Research* 12(18): 1857-7881. Pp 197-217.  
<http://dx.doi.org/10.19044/esj.2016.v12n18p197>
43. Sengupta, M., Chakraborty, A., & Raychaudhuri, S. S., 2013. Ionizing radiation induced changes in phenotype, photosynthetic pigments and free polyamine levels in *Vigna radiat* (L.) Wilczek. *Applied Radiation Isotopes*. 75. 44-49.  
<https://doi.org/10.1016/j.apradiso.2013.01.036>
44. Soro, D., Ayolié, K., Gohi, Bi Z. F., Yao, Y. F., Konan-Kan, K. H., Sidiky, B., Téhua, A. P., & Yatty, K. J. (2015). Impact of organic fertilization on maize (*Zea mays* L.) production in a ferralitic soil of centre west côte d'ivoire, *Journal of Experimental Biology and Agricultural Sciences*, 3(6) : 556-565.  
[http://dx.doi.org/10.18006/2015.3\(6\).556.565](http://dx.doi.org/10.18006/2015.3(6).556.565)
45. Thompson, J. A., & Chase, D. L. (1992). Effect of limited irrigation on growth and yield of asemi-dwarf wheat in Southern New Wales. *Australian Journal of Experimental Agriculture* 32 (6) 725 – 730.  
<https://doi.org/10.1071/EA9920725>

46. Winkel, W., & Hudde, H., (1997). Long-term trends in reproductive traits of tits (*Parus major*, *P. caeruleus*) and pied flycatchers *Ficedula hypoleuca*. *Journal of avianbiology*, 187-190. <https://doi.org/10.2307/3677313>
47. Wopereis, M. C. S., Kropff, M. J., Maligaya, A. R., & Tuong, T. P., 1996. Drought-stress responses of two lowland rice cultivars to soil water status. *Field Crops Research*, 46, 21-39. [https://doi.org/10.1016/0378-4290\(95\)00084-4](https://doi.org/10.1016/0378-4290(95)00084-4)
48. Yuan, G., Luo, Y., Sun, X., & Tang, D. (2004). Evaluation of a crop water stress index for detecting water stress in winter wheat in the north china plain. *Agricultural Water Management* 64(1) : 29-40. <https://doi.org/10.1016/S0378-3774%2803%2900193-8>

## **Reproductive Performance of *Glossina palpalis gambiensis* (Diptera: Glossinidae) when fed frozen or fresh bovine blood meals**

***Soudah Boma***

Centre International de Recherche  
Développement sur l'Élevage en zone subhumide (CIRDES), Burkina Faso

***Ernest Wendemanegde Salou***

Centre International de Recherche  
Développement sur l'Élevage en zone subhumide (CIRDES), Burkina Faso

Département de Sciences biologiques/UFR-ST,

Université Nazi Boni (UNB), Burkina Faso

***Prudenciène Agboho***

***Cene Bila***

***Simon Kabore***

***Abdoul Rahim Sabo***

***Zakaria Bengaly***

***Charles Guiguigbaza Kossigan Dayo***

Centre International de Recherche

Développement sur l'Élevage en zone subhumide (CIRDES), Burkina Faso

[Doi:10.19044/esj.2022.v18n21p138](https://doi.org/10.19044/esj.2022.v18n21p138)

Submitted: 01 November 2021

Accepted: 21 June 2022

Published: 30 June 2022

Copyright 2022 Author(s)

Under Creative Commons BY-NC-ND

4.0 OPEN ACCESS

*Cite As:*

Boma S., Salou E.W., Agboho P., Bila C., Kabore S., Sabo A.R., Bengaly Z. & Kossigan Dayo C.G. (2022). *Reproductive Performance of Glossina palpalis gambiensis (Diptera: Glossinidae) when fed frozen or fresh bovine blood meals*. European Scientific Journal, ESJ, 18 (21), 138. <https://doi.org/10.19044/esj.2022.v18n21p138>

### **Abstract**

The tsetse and trypanosomoses control by sterile insect technique (SIT), requires mass production of quality tsetse pupae and consequently high-quality blood meal for the fly feeding. The reproductive performances of *Glossina palpalis gambiensis* (Diptera : Glossinidae), fed frozen or fresh blood meals has been studied. Three diets of slaughtered bovine blood stored at -18 °C for six months (R6), three months (R3) and one month (R1) were used in the present investigation. Fresh blood samples stored at 4°C and

renewed every four days were used as control (R0). The defibrinated blood was packaged in batches of 30 x 20 ml vials. For each blood meal, 30-day feeding tests were conducted at the beginning and end of freezing. All blood meal was irradiated using 137 caesium irradiation before being used. The parameters monitored daily were: the number of dead flies (fed and unfed), the number and weight of pupae and the emergence rate. No difference in survival rates was observed for the three regimes (df: 15; *Chi-square*: 7.53;  $p > 0.05$ ), on average 32.1% (R0), 32.4% (R6), 37.5% (R3) and 38.2% (R1). However, flies fed with the six-month-old frozen blood were less efficient in pupa production (df: 3; F: 6.  $p < 0.001$ ) and pupae weight (df: 3, F: 3.24,  $p < 0.05$ ) compared to the control. The mortality rate was affected by the duration of freezing: 26.7% for R6 and 8% for the other diets ( $p < 0.05$ ). The implications of our results in terms of blood meal management for efficient production of insectary pupae were discussed.

---

**Keywords:** *Glossina palpalis gambiensis*, frozen blood, fertility, survival

## Introduction

### 1. Background

African Trypanosomiasis is one of the neglected tropical diseases transmitted mainly by tsetse flies (*Glossina spp.*) that affect humans and animals in sub-Saharan Africa. The animal form of the disease also called "Nagana", is caused by the trypanosomes (*Trypanosoma spp.*) pathogens that infect domestic animals in Africa, namely: *Trypanosoma brucei*, *T. congolense* and *T. vivax*. The human form of the disease (HAT) presents in two forms, depending on the species of trypanosome. The chronic form (98% of HAT cases) is caused specifically by *T. brucei gambiense* in West and Central Africa and the acute form by *T. brucei rhodesiense* in East Africa (De Greef et al., 1989; Fèvre et al., 2001; Jackson et al., 2010). The socio-economic impact of tsetse in sub-Saharan Africa remains enormous, despite decades of control (Muhanguzi et al., 2015; 2017). Currently, no vaccine or prophylaxis against HAT is available, so it is a heavy burden for Africa (Fèvre et al., 2008).

Major studies have been undertaken concerning the biology of tsetse. The control of tsetse populations in an area is based on a coordinated, sequential and integrated strategy (Diall et al., 2017), which combines the deployment of appropriate control techniques, depending on the environmental context. The technique of sterile insects (SIT), which is an environmental-friendly technique, is recommended and used in a tsetse elimination or eradication campaign (Feldmann et al., 2001; Kristjanson et al., 1999; Vreysen, 2001). This technique is based on the principle that fertile female tsetse flies are unable to produce viable larvae when they have mated

with sexually sterile males (Dyck et al., 2005). To this end, the mass production of target tsetse fly species is an important step in the technical components of SIT (Parker, 2005).

The “Centre International de Recherche-Developpement sur l’Elevage en zones Subhumides” (CIRDES) in Bobo-Dioulasso (Burkina Faso) has been breeding three tsetse species since 1970: *Glossina palpalis gambiensis* (*G.p.g*), *Glossina morsitans submorsitans* (*G.m.s*) and *Glossina tachinoides* (*G.t*). The rearing of these tsetse populations allows, among other things, to make technologies and biological material available to all those involved in the control of trypanosomosis. *Glossina palpalis gambiensis* irradiated pupae were provided for vector control activities in Burkina Faso and Mali (Mutika et al., 2013). The demand for sterile male tsetse flies has recently increased, particularly in the context of Senegal's tsetse eradication project. In Senegal, approximately 1,000 km<sup>2</sup> are concerned for tsetse fly elimination using SIT (Bouyer et al., 2014; Bouyer et al., 2010). This necessitates a large number of pupae being produced by tsetse insectariums, including the CIRDES insectarium. The availability of adequate quality and quantity of blood from tsetse fly host animals remains a critical issue in the mass production of tsetse fly pupae. There are two methods for supplying blood meals to tsetse insectarium: host feeding and artificial membrane feeding. The first is the breeding of host animals that tsetse flies feed on, such as rabbits and small ruminants. This method is limited by the high cost of animal management and the tedious work involved in feeding the flies (Langley, 1971). The second is a steady supply of blood gathered from slaughterhouses to make up the fresh blood meals. Whole fresh blood has the advantage of containing all of the components required for tsetse flies' biological needs. It is an option in extreme circumstances that is limited by the shelf life of the blood supply, which should not be more than four days and thus necessitates a frequent supply. Furthermore, there is a risk of bacterial and chemical (antibiotic) contamination of the blood at the collection points, compromising the colony survival and performance (Kaaya et al., 1987). Despite irradiation to eliminate any microbes in the collected blood, high proportions of dead larvae have often recorded at the CIRDES insectarium. This necessitates a preliminary control of the sanitary quality of the blood via biological tests (bio-tests) prior to its use in feeding the colony. Freezing, defined as the process of preserving the biological structure and/or functions of living systems through low-temperature conservation, offers an intriguing solution to the problems associated with long-term sanitary quality control and preservation of blood products.

Previous research has shown that feeding tsetse flies blood meal that has been stored for several months reduces reproductive performance and, as a result, colony size (Wetzel & Luger, 1978). It would be interesting to know

if using frozen blood meals for a few months has no effect on the reproductive performance of the CIRDES *G. palpalis gambiensis* colony. The use of frozen bovine blood for several months would reduce pupa production. In this context, this study examined the effect of blood meal cold storage duration on the reproductive performance of *G. palpalis gambiensis*, with the goal of increasing the insectarium's productivity.

## **2. Material and methods**

### **2.1. Biological material**

The experiments used 720 teneral females and 240 male *Glossina palpalis gambiensis* flies from the CIRDES insectary colony. This CIRDES laboratory colony has been in existence since 1975 and is fed using an in vitro silicon membrane system. The experiment population was reared under the normal conditions of the insectary. The feeding schedule was six times per week, Monday through Saturday, using defibrinated bovine blood collected at the Bobo-Dioulasso slaughterhouse (Burkina Faso). The flies were kept in the insectary at 24 - 25°C, 75 - 80 percent relative humidity, and a photoperiod of 12:12 h. (L:D).

### **2.2. Blood collection and processing**

The blood was obtained from cattle slaughtered on the line, which had been certified as healthy and of good quality by the slaughterhouse's veterinary staff. The blood was collected in a mini jerry from the cut neck of the bovine and then poured into 10-litre sterile containers for defibrination. The goal of defibrination is to avoid rapid coagulation of the blood. A stainless steel electric paddle shaker was used to perform defibrination for 10 minutes. Blood was collected in two-litre bottles (Figure 1) and stored at -18°C overnight. A 72-hour bacterial test was used to assess blood microbial contamination. In order to perform the bacteriological culture, 1-ml of blood was inoculated into an agar culture medium at 45°C and incubated in an oven at 37°C. The microbiological quality of the incubated blood was evaluated by counting the colonies present with a colony counter (De Beer et al., 2012). After incubation, batches of blood meals with more than 10 colonies were discarded and incinerated. The microbiological test does not provide definitive information about the health history of the slaughtered animals. All blood products retained after bacteriological testing were irradiated for 1 hour and 40 minutes with (total dose of 1500 Gy: from 137 Cs source) before being used for tsetse flies feeding.





**Figure 1.** Blood collection in a 2-liter container and labeling for microbial screening

### **2.3. Storage of blood meals**

The blood meals used in this study were stored as follows. Frozen blood meal was kept at  $-18^{\circ}\text{C}$  in a freezer. Fresh blood meal batches were stored at  $4^{\circ}\text{C}$  for up to four days before use. The frozen blood batches were formed in November 2020 (R6), February 2021 (R3), and April 2021, respectively (R1). This corresponds to the experimental diets listed below: R6 represents blood stored at  $-18^{\circ}\text{C}$  for six months, R3 represents blood stored at  $-18^{\circ}\text{C}$  for three months, and R1 represents blood stored at  $-18^{\circ}\text{C}$  for one month. The comparison diet (R0 = fresh blood meal) was made up of batches of fresh blood stored at  $4^{\circ}\text{C}$  and renewed every four days.

### **2.4. Experimental design**

Sixteen (16) small (4.5 x 13 x 8 cm) teneral females were mated and fed every day (except Sunday) for 30 days. Flies were mated in a 3:1 sex ratio, which meant that 30 three-day-old females were mated with 10 five-day-old males. A 30-day feeding test was conducted for each diet in a randomized Square Latin arrangement of four cages per line. The cages were individually placed on a single larviposition box.

### **2.5. Feeding test**

At the beginning and end of the experiment period, 30-day feeding tests were performed for each diet. For comparison, fresh blood batches stored at  $4^{\circ}\text{C}$  were used (R0). Before freezing, the first series of three standard 30-

day feeding tests were performed to assess the nutritional value of blood meals (De Beer, Venter and Potgieter, 2012). A preliminary phase of 30-day feeding tests was performed on November 2020 (diet R6), February 2021 (diet R3), and March 2021 (diet R1) batches of frozen diets (diet R1). For the batches R1, R3, and R6, each test was followed by a 2x30-day consecutive test one month, three months, and six months later, respectively. A diet under control This second step of experimentation included whole fresh blood meals stored at 4°C and renewed every four days.

## **2.6. Biological data collection**

Daily biological parameters were collected in order to evaluate the blood quality factor (QF). Larviposition date, number of pupae deposited, individual weight of pupae deposited, and number of dead females were all used to calculate QF (separately fed and unfed females). These variables were combined in a standard formula to produce a blood meal nutritional quality (QF) value as an indicator of colony pupae production (De Beer et al., 2012). The parameters were entered into the blood processing database daily. This includes the number of dead females (fed and unfed), the number of larvae deposited (both living and dead larvae), and the weight of pupae, which was divided into three categories (A: 22 mg, B: 22 to 28 mg, C: 28 to 32 mg, D: 32 to 36 mg, and E: > 36 mg). For the purposes of the study, QF of 1.5 or above this value was considered acceptable and indicates that the blood regime is efficient and suitable for the production of quality pupae. The nutritional quality of each diet was established on the basis of information collected over 30 days period.

## **2.7. Data analysis**

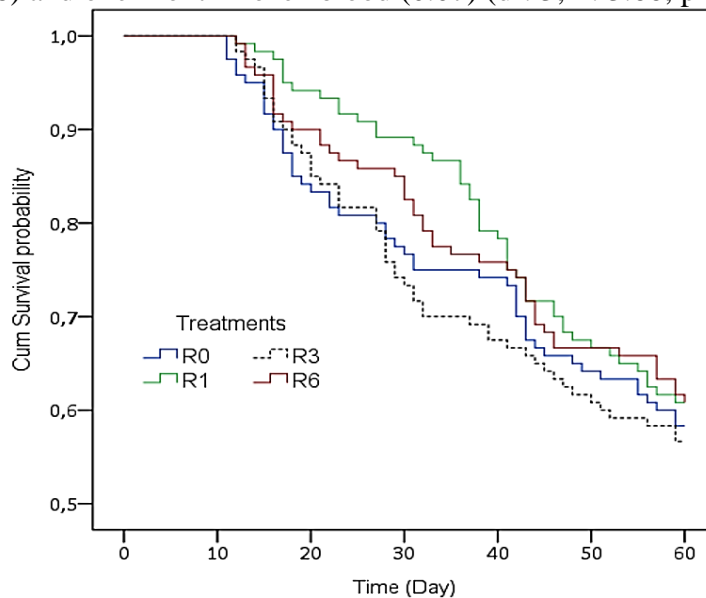
Kaplan-Meier survival curves (Cox, 1972; Tarone, 1975; Tarone and Ware, 1977) were calculated by taking into account each treatment (consisting of a cohort of 120 flies), the day of occurrence of each mortality. Each flies' mortality was recorded separately in an Excel database as an event (death). Then, coding in the database was performed considering "one" as the occurrence of mortality recorded in a fly at a given date. For each frozen blood treatment, QF before and after freezing was compared using the T-student test. A multivariate analysis of variance model was used to assess the cross-effect of treatments and flies' feeding status (fed and unfed) on average daily mortality. Post hoc multiple comparison tests were used to test differences in the number of pupae per day per initial female (APPFiD) and pupae weight means (F tests). The Tukey test was used to perform pairwise multiple comparisons. These tests are based on pairwise linearly independent comparisons of estimated marginal means. For data analysis, IBM SPSS V20 software was used.



### 3. Results

#### 3.1. Survival rate

Flies were fed frozen blood treatments on artificial membranes for one month, three months, and six months, with fresh blood control renewed every four days. During the 60-day monitoring period, there was no significant difference in fly survival rates between treatments (df: 15; Chi-Square: 7.53; p-value: 0.941; Figure 2). Thus, mortality rates for the control diet (R0) were relatively low, at 32.1%, compared to 32.4%, 37.5%, and 38.2% for R3, R6, and R1. Alternatively, the daily mortality of females before the first larviposition was not similar (df: 3; F: 68.62; p-value = 0.0001), ranging from  $0.6 \pm 0.3\%$  (R3) to  $2.71 \pm 0.9\%$  (R6), with  $1.7 \pm 0.7\%$  for the control (R0). Furthermore, the analysis revealed that the proportion of dead fed flies in six-month frozen blood was relatively high (0.27) when compared to whole fresh blood (0.08) and one-month frozen blood (0.07) (df: 3; F: 3.66; p = 0.013).



**Figure 2.** Survival curves of female flies fed with blood meals at different cold storage times (1: fresh blood 4°C, 2: frozen blood one month, 3: frozen blood three months, 4: frozen blood six months)

#### 3.2. Nutritional value of blood

Table 1 summarizes the effect of freeze storage duration on diet QF. A comparison of the reproductive performance analysis model values (QF) revealed a decrease in nutritional quality of the frozen blood that correlated with storage duration (df: 3; T-student: 5.76; S: 0.01 0.05; Table 1).

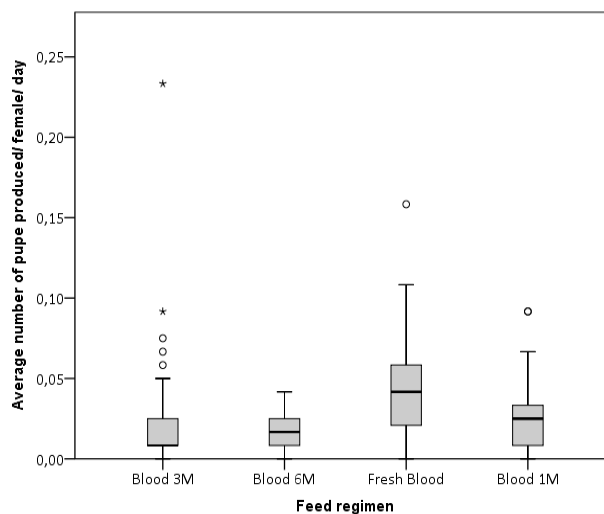
**Table 1.** Nutritional value (QF) of blood meal treatments tested on tsetse flies before and after freezing

QFs per Test	R 1	R 3	R 6
QF Test 1	1.65 ± 0.1	2.11 ± 0.14	1.29 ± 0.08
QF Test 2	0.94 ± 0.12	1.43 ± 0.27	1.05 ± 0.11
T-test (df: 3)	<i>T-student:</i> 5.76; <i>S:</i> 0.01 < 0.05	<i>T-student:</i> 2.45 <i>S:</i> 0.092 > 0.05	<i>T-student:</i> 2.93; <i>S:</i> 0.061 > 0.05

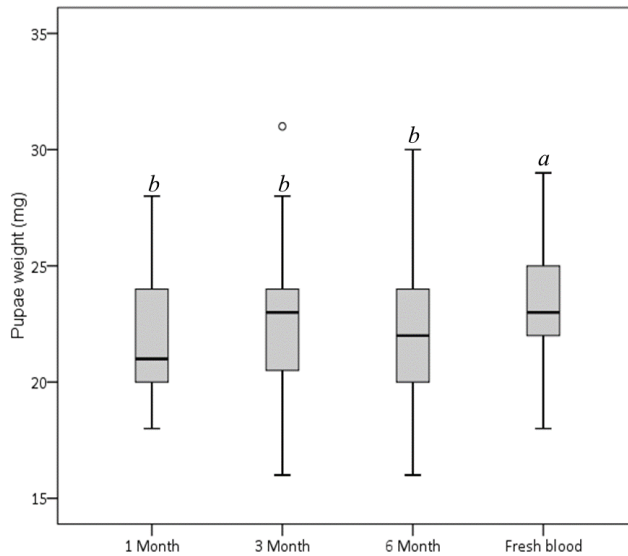
Treatment 1 to 3: frozen bovine blood at - 18 °C for 6 months, 3 months and 1 month, respectively.  
 QF: an indicator of the nutritional value of the blood meal in tsetse flies colony.

### 3.3. Female productivity

The flies fed fresh blood deposited their larvae on average 16.25 days earlier than the other treatments, where the first larvae were deposited between days 17 (R1 and R3) and day 18. (R6). After 60 days of rearing, the number of pupae per initial female was 2.64 (R0), 1.56 (R1), 1.5 (R3), and 1.02 (R6) (Figure 3). As a result of the decreased nutritional quality of the blood meal, flies performed poorly on the six-month-old frozen blood meal when compared to fresh blood meal (df: 3; F: 6.68;  $p < 0.001$ ; Table 1). The average pupae weight varied between 22.09 0.3 mg (R3) and 23.37 0.28 g (R0), with a statistically significant difference (Figure 3; df: 3, F: 3.24,  $p > 0.05$ ). Tukey's pairwise comparison, on the other hand, revealed comparable mean pupae weights for R6, R3, and R1 (Figure 4). Fly emergence was relatively low, at 93% for the R6 treatment compared to 96 percent for the R3, 96% for the R1, and 97% for the R2 (R0).



**Figure 3.** The average number of pupae per day per initial female (APPFiD) according to blood meal type after 60 days of feeding (M: month)



**Figure 4.** Average weight (mg) of pupae collected according to the duration of the blood storage. Data with different letters are significantly different ( $p < 0.05$ ) (Tukey univariate test)

## Discussions

The tsetse species reared at the insectary are fed with frozen blood, which provides consistent and adequate reserve treatment. Apart from the environmental breeding parameters that are more or less controllable in the breeding of these tsetse flies, biological parameters such as survival, fecundity, pupae size, etc., could be influenced by the nutritional value of the blood meal.

The survival rate recorded for all experimental blood diets is lower than the average value of 75.9% (for 50-days period) recorded by (Bauer & Aigner, 1978) in *G. palpalis palpalis* colony fed on the membrane with pig blood. The survival rates recorded for all frozen blood diets were comparable to those recorded by Camara et al., (2021) in the same insectary and by Pagabeleguem et al (2021). The survival rate of the control diet constituted with fresh blood was comparable to the proportion (56%) recorded by Wetzel & Luger (1978) with *G. palpalis palpalis* fed on fresh blood. The nutritional value of the blood meal was lost after a long period of freezing, according to QF analysis (Wetzel & Luger, 1978). The tsetse fecundity in the control treatment was higher than the previous results (1.35 and 1.25) obtained with the same CIRDES insectary (Percoma, 2006). According to Byamungu et al., (2011), a poor fecundity of 0.94 pupae per female was recorded after 30-days test with *G. austeni* when feeding with 5-year-old frozen blood. As an alternative to decreasing the nutritional value of frozen blood with negative consequences on tsetse fly reproduction, the study conducted by Wetzel &

Luger, (1978) shows that an addition of 10<sup>-3</sup> Moles of ATP to the blood meal improves tsetse fly fecundity. In the absence of ATP, which is relatively expensive, our results suggest that in terms of blood bank management and for better colony productivity, the stored blood should be used rapidly once the results of the 30-day feeding test are available.

Furthermore, our findings show that fresh blood is nutritionally superior to frozen blood because i) flies fed with fresh blood larviposited earlier, ii) these batches of flies produced an average of 25% more pupae than the flies in the frozen blood groups, and iii) their pupae weight was greater. Thus, the study showed a significant decrease in pupae production for the six-month blood treatment, with high mortality. However, although the control treatment showed better survival than the other treatments, overall daily losses of females were abnormally high, i.e. well above the acceptable value of 1.2% (Gooding et al., 1997). The poor performance of a colony fed with a whole fresh blood meal can be explained in this way if we consider the health problems concerning bacterial contamination (Bauer & Aigner, 1978; Kaaya et al., 1987; Wetzel & Luger, 1978) and/or the presence of antibiotic residues at low doses in the collected blood (Kaaya et al., 1987; Pooda et al., 2013). Using fresh blood for colony rearing may therefore expose the flies to health risks. In view of the above-mentioned health issues not elucidated in this study, research efforts in the insectary colony should focus on the detection of pathogens and chemical residues that may be present in blood meals before feeding.

## **Conclusion**

The study provides a template for the possible creation of a frozen blood bank that could conceivably reduce a continuous supply of slaughter blood for feeding the tsetse fly colony. To ensure mass production of pupae, the blood bank must be renewed within a period not exceeding one month after the feeding test. Nevertheless, additional studies aimed at determining the maximum time of freezing of the blood meal and at developing technologies allowing the detection of traces of chemical residues present in fresh blood meals are necessary for optimal management of the blood meal bank of the CIRDES insectarium.

## **Acknowledgements**

The work was supported by the CIRDES Bobo-Dioulasso (Burkina Faso). We thank Dr YAPI-GNAORE C. Valentine who agreed for data collection.

## **Conflic of interest**

The authors declare that they have no competing interests.

## References:

1. Bauer, B., Aigner, H., (1978). In vitro maintenance of *Glossina palpalis palpalis* (Robineau-Desvoidy) (Diptera: Glossinidae). Bull. Entomol. Res. 68, 393–400. <https://doi.org/10.1017/S0007485300009378>.
2. Bouyer, F., Seck, M.T., Dicko, A.H., Sall, B., Lo, M., Vreysen, M.J.B., Chia, E., Bouyer, J., Wane, A. (2014). Ex-ante Benefit-Cost Analysis of the Elimination of a *Glossina palpalis gambiensis* Population in the Niayes of Senegal. PLoS Negl. Trop. Dis. 8, e3112. <https://doi.org/10.1371/journal.pntd.0003112>.
3. Bouyer, J., Seck, M.T., Sall, B., Ndiaye, E.Y., Guerrini, L., Vreysen, M.J.B. (2010). Stratified Entomological Sampling in Preparation for an Area-Wide Integrated Pest Management Program: The Example of *Glossina palpalis gambiensis* (Diptera: Glossinidae) in the Niayes of Senegal. J. Med. Entomol. 47, 543–552. <https://doi.org/10.1093/jmedent/47.4.543>.
4. Byamungu, M., Matembo, S., Benedic, K., Mashenga, G. (2011). Storage time effect on blood diet for tsetse mass production in sterile insect technique. J. Vector Borne Dis. 48, 93–95.
5. Camara, K., Ilboudo, K., Salou, E., Gimonneau, G. (2021). Evaluation of different blood feeding frequencies on *Glossina palpalis gambiensis* performance in a mass rearing insectary. <https://doi.org/10.18167/DVN1/1SPLYD>.
6. Cox, D. R. (1972) Regression models and life tables (with discussion). Journal of the Royal Statistical Society, Series B, 34, 187-220.
7. De Beer, C.J., Venter, G.J., Potgieter, F.T. (2012). Developing Quality Control Procedures to Sustain a Supply of High Quality Blood for Mass Rearing Tsetse Flies.
8. De Greef, C., Imberechts, H., Matthyssens, G., Van Meirvenne, N., Hamers, R. (1989). A gene expressed only in serum-resistant variants of *Trypanosoma brucei rhodesiense*. Mol. Biochem. Parasitol. 36, 169–176. [https://doi.org/10.1016/0166-6851\(89\)90189-8](https://doi.org/10.1016/0166-6851(89)90189-8).
9. Diall, O., Cecchi, G., Wanda, G., Argilés-Herrero, R., Vreysen, M.J.B., Cattoli, G., Viljoen, G.J., Mattioli, R., Bouyer, J. (2017). Developing a Progressive Control Pathway for African Animal Trypanosomosis. Trends Parasitol. 33, 499–509. <https://doi.org/10.1016/j.pt.2017.02.005>.
10. Dyck, V.A., Hendrichs, J., Robinson, A.S. (Eds.) (2005). Sterile Insect Technique. Springer-Verlag, Berlin/Heidelberg. <https://doi.org/10.1007/1-4020-4051-2>.
11. Feldmann, U., Hendrichs, J., Nations, F. and A.O. of the U. (2001). Integrating the Sterile Insect Technique as a Key Component of Area-

- wide Tsetse and Trypanosomiasis Intervention. Food & Agriculture Org.
12. Fèvre, E., Coleman, P., Odiit, M., Magona, J., Welburn, S., Woolhouse, M. (2001). The origins of a new *Trypanosoma brucei rhodesiense* sleeping sickness outbreak in eastern Uganda. *The Lancet* 358, 625–628. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(01\)05778-6](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(01)05778-6).
  13. Fèvre, E.M., Wissmann, B. v., Welburn, S.C., Lutumba, P. (2008). The Burden of Human African Trypanosomiasis. *PLoS Negl. Trop. Dis.* 2, e333. <https://doi.org/10.1371/journal.pntd.0000333>.
  14. Gooding, R.H., Feldmann, U., Robinson, A.S. (1997). Care and maintenance of tsetse colonies, in: Crampton, J.M., Beard, C.B., Louis, C. (Eds.), *The Molecular Biology of Insect Disease Vectors*. Springer Netherlands, Dordrecht, pp. 41–55. [https://doi.org/10.1007/978-94-009-1535-0\\_5](https://doi.org/10.1007/978-94-009-1535-0_5).
  15. Jackson, A.P., Sanders, M., Berry, A., McQuillan, J., Aslett, M.A., Quail, M.A., Chukualim, B., Capewell, P., MacLeod, A., Melville, S.E., Gibson, W., Barry, J.D., Berriman, M., Hertz-Fowler, C. (2010). The Genome Sequence of *Trypanosoma brucei gambiense*, Causative Agent of Chronic Human African Trypanosomiasis. *PLoS Negl. Trop. Dis.* 4, e658. <https://doi.org/10.1371/journal.pntd.0000658>.
  16. Kaaya, G.P., Darji, N., Otieno, L.H. (1987). Effects of bacteria, antibacterial compounds and trypanosomes on tsetse reproduction and longevity. *Int. J. Trop. Insect Sci.* 8, 217–220. <https://doi.org/10.1017/S1742758400007232>.
  17. Kristjanson, P.M., Swallow, B.M., Rowlands, G.J., Kruska, R.L., de Leeuw, P.N. (1999). Measuring the costs of African animal trypanosomiasis, the potential benefits of control and returns to research. *Agric. Syst.* 59, 79–98. [https://doi.org/10.1016/S0308-521X\(98\)00086-9](https://doi.org/10.1016/S0308-521X(98)00086-9).
  18. Langley, P.A. (1971). Rearing of tsetse flies in the absence of a living host. *Trans. R. Soc. Trop. Med. Hyg.* 65, 220–221. [https://doi.org/10.1016/0035-9203\(71\)90224-0](https://doi.org/10.1016/0035-9203(71)90224-0).
  19. Muhanguzi, D., Mugenyi, A., Bigirwa, G., Kamusiime, M., Kitibwa, A., Akurut, G.G., Ochwo, S., Amanyire, W., Okech, S.G., Hattendorf, J., Tweyongyere, R. (2017). African animal trypanosomiasis as a constraint to livestock health and production in Karamoja region: a detailed qualitative and quantitative assessment. *BMC Vet. Res.* 13, 355. <https://doi.org/10.1186/s12917-017-1285-z>.
  20. Muhanguzi, D., Okello, W.O., Kabasa, J.D., Waiswa, C., Welburn, S.C., Shaw, A.P. (2015). Cost analysis of options for management of African Animal Trypanosomiasis using interventions targeted at cattle in Tororo District; south-eastern Uganda. *Parasit. Vectors* 8, 1–9.

21. Mutika, G.N., Kabore, I., Seck, M.T., Sall, B., Bouyer, J., Parker, A.G., Vreysen, M.J.B. (2013). Mating performance of *Glossina palpalis gambiensis* strains from Burkina Faso, Mali, and Senegal. *Entomol. Exp. Appl.* 146, 177–185. <https://doi.org/10.1111/j.1570-7458.2012.01305.x>.
22. Pagabeleguem, S., Toé, A.I., Pooda, S.H., Dera, K.M., Belem, A.S., Belem, A.M.G., Ouedraogo/Sanou, G.M.S., Ira, M., Kaboré, B.A., Percoma, L., Sidibé, I. (2021). Optimizing the feeding frequency to maximize the production of sterile males in tsetse mass-rearing colonies. *PLOS ONE* 16, e0245503. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0245503>.
23. Parker, A.G. (2005). Mass-Rearing for Sterile Insect Release, in: Dyck, V.A., Hendrichs, J., Robinson, A.S. (Eds.), *Sterile Insect Technique*. Springer-Verlag, Berlin/Heidelberg, pp. 209–232. [https://doi.org/10.1007/1-4020-4051-2\\_8](https://doi.org/10.1007/1-4020-4051-2_8).
24. Percoma, L. (2006). Memoire Online - Production de masse de glossines de qualité. Contribution à la campagne panafricaine d'éradication de la mouche tsé-tsé et des trypanosomoses (pattec). - Lissan PERCOMA [WWW Document]. Memoire Online. URL [https://www.memoireonline.com/03/20/11636/m\\_Production-de-masse-de-glossines-de-qualite-Contribution--la-campagne-panafricaine-d-eradicatio4.html](https://www.memoireonline.com/03/20/11636/m_Production-de-masse-de-glossines-de-qualite-Contribution--la-campagne-panafricaine-d-eradicatio4.html) (accessed 8.22.21).
25. Pooda, S.H., Mouline, K., De Meeûs, T., Bengaly, Z., Solano, P. (2013). Decrease in survival and fecundity of *Glossina palpalis gambiensis* vanderplank 1949 (Diptera: Glossinidae) fed on cattle treated with single doses of ivermectin. *Parasit. Vectors* 6, 165. <https://doi.org/10.1186/1756-3305-6-165>.
26. Tarone, R., and Ware J. (1977). On distribution free tests for equality of survival distributions. *Biometrika*, 64, 156-160.
27. Tarone, R. (1975). Tests for trend in life table analysis. *Biometrika*, 62, 679-682.
28. Vreysen, M.J. (2001). Principles of area-wide integrated tsetse fly control using the sterile insect technique. *Med. Trop. Rev. Corps Sante Colon.* 61, 397–411.
29. Wetzel, H., Luger, D. (1978). The use of deep frozen, stored bovine blood for in vitro feeding of tsetse flies. *Z. Fr Parasitenkd. Parasitol. Res.* 57, 163–168. <https://doi.org/10.1007/BF00927157>.

**Etude de l'effet antidépresseur de la décoction des rhizomes  
de *Cyperus Articulatus* (Cyperaceae) sur les souris blanches  
*Mus musculus* Swiss (Muridae)**

*Asta Madi, Msc*

*Salomon Taah Yamndou, Msc*

Centre de Recherche Agricole de Wakwa, Ngaoundéré Institut de Recherche  
Agricole pour le Développement (IRAD), Cameroun

*E. Ngo Bum, Professeur*

Université de Maroua, Cameroun

*E. Talla, Professeur*

*J. Njapdounke, Chargé de cours*

*G. Kantchoua, Chargé de cours*

Université de Ngaoundéré, Cameroun

[Doi:10.19044/esj.2022.v18n21p151](https://doi.org/10.19044/esj.2022.v18n21p151)

Submitted: 09 February 2022

Accepted: 23 June 2022

Published: 30 June 2022

Copyright 2022 Author(s)

Under Creative Commons BY-NC-ND

4.0 OPEN ACCESS

*Cite As:*

Madi A., Yamndou S.T., Bum E.N., Talla E., Njapdounke J. & Kantchoua G. (2022). *Etude de l'effet antidépresseur de la décoction des rhizomes de Cyperus Articulatus (Cyperaceae) sur les souris blanches Mus musculus Swiss (Muridae)*. European Scientific Journal, ESJ, 18 (21), 151. <https://doi.org/10.19044/esj.2022.v18n21p151>

## Resume

La présente étude porte sur l'évaluation des effets pharmacologiques de la décoction des rhizomes de *Cyperus Articulatus* sur le système nerveux central. *Cyperus Articulatus* est une plante utilisée en médecine traditionnelle par certaines populations d'Asie et d'Afrique pour le traitement de plusieurs maladies telles que l'épilepsie, l'insomnie, les céphalées. Différentes doses (524 ; 262 ; 131 et 52,4 mg/kg) de la décoction des rhizomes *C. Articulatus* ont été administrées aux souris par voie orale et ces propriétés antidépresseuses ont été évaluées selon trois méthodes psychopharmacologiques à savoir : le test de la nage forcée ; le test de suspension caudale et le test de l'arène ouverte. L'administration de la décoction de *C. Articulatus* a entraîné une diminution significative de la durée d'immobilité dans le test de la nage forcée et le test de suspension caudale. Cette durée est passée respectivement de  $232,40 \pm 43,96$  et  $262,60 \pm 84,00$  secondes chez les souris du lot contrôle



négatif à  $150,00 \pm 50,08$  et  $106,60 \pm 56,86$  secondes chez les souris traitées par la dose 524 mg/kg de la décoction. Dans le test de l'arène ouverte, nous n'avons pas noté une augmentation significative du nombre de rearing qui est de  $16,60 \pm 6,42$  chez les souris du lot contrôle négatif et  $21 \pm 20$  et  $24,60 \pm 9,23$  secondes pour les doses 524 mg/kg de *C. Articulatus* et d'imipramine (20 mg/kg). Tous ces effets indiqueraient la présence dans cette décoction des rhizomes de *C. Articulatus* des composés qui posséderaient des propriétés antidépressives justifiant son utilisation en médecine traditionnelle.

---

**Mots clés :** *Cyperus Articulatus*, antidépressive, nage forcée, suspension caudale, arène ouverte

---

### **Antidepressant effect of the decoction rhizomes of *Cyperus Articulatus* (Cyperaceae) in the white mice *Mus musculus* Swiss (Muridae)**

*Asta Madi, Msc*

*Salomon Taah Yamndou, Msc*

Centre de Recherche Agricole de Wakwa, Ngaoundéré Institut de Recherche Agricole pour le Développement (IRAD), Cameroun

*E. Ngo Bum, Professeur*

Université de Maroua, Cameroun

*E. Talla, Professeur*

*J. Njapdounke, Chargé de cours*

*G. Kantchoua, Chargé de cours*

Université de Ngaoundéré, Cameroun

---

#### **Abstract**

The present study reports the pharmacological effects of the decoction of *Cyperus Articulatus* rhizomes on the central nervous system. *Cyperus Articulatus* is a plant used in traditional medicine by some populations of Asia and Africa for the treatment of several diseases such as epilepsy, insomnia and headache. The decoction of *C. Articulatus* were orally administered to mice at various doses (524; 262; 131 and 52.4 mg/kg) and its anti-depressive properties evaluated according to different psycho-pharmacological methods (forced swimming test, tail suspension test, and open field test). The administration of the decoction of *C. Articulatus* to the mice led to a significant reduction in the duration of immobility in the forced swimming test and the tail suspension test. This duration reduced respectively from  $232.40 \pm 43.96$  and  $262.60 \pm 84.00$  seconds in the mice of the negative controls batch to

150.00 ± 50.08 and 106.60 ± 56.86 seconds in the mice treated with the dose of 524 mg/kg of the decoction. In the open field test, we did not notice a significant increase in the number of rearing positions; these values were 16.60 ± 6.42 seconds in the negative control batch mice and only 24.60 ± 9.23 and 21 ± 20 seconds for the positive control batch and the dose of 524 mg/kg of *C. Articulatus* respectively. All these effects indicate the presence of bioactive molecules in this decoction of the rhizomes of *C Articulatus* which would have anti-depressive properties justifying its use in traditional medicine.

---

**Keywords:** *Cyperus Articulatus*, anti-depressive, forced swimming, tail suspension, open field

## Introduction

La dépression est un trouble psychiatrique fréquent affectant la qualité de vie, la productivité en général (Malbreg et Schechter, 2005). Elle reste à ce jour un problème majeur de santé publique. En effet, cette pathologie touche environ 21 % de la population mondiale (Rainville JR., Hodes GE, 2019). La dépression peut survenir à tout âge ; de l'enfance, à la fin de la vie, et constitue un énorme fardeau pour la société. Le trouble provoque une détresse sévère et une perturbation de la vie liée à la mortalité (Miloyan B., Fried E., 2017). Elle se caractérise par des symptômes tels qu'une humeur dépressive pratiquement toute la journée et presque tous les jours, une diminution marquée de l'intérêt pour toute activité, une diminution de la capacité de réflexion et de concentration, des pensées de mort récurrentes et suicidaires. Ses causes sont diverses, associant facteurs génétiques et facteurs environnementaux (Henry et Gay, 2004). Elle se présente sous plusieurs formes, à savoir la dépression psychotique, bipolaire, majeure, atypique et la dysthymie. De nombreuses recherches ont été entreprises pour lutter contre cette pathologie qui, outre le bouleversement qu'elle représente pour un individu, s'avère également être un fardeau socio-économique majeur (Murray et Lopez, 1996).

Cependant, malgré les nombreuses possibilités thérapeutiques mises en place depuis de nombreuses années, 30 % des patients souffrant de dépression majeure restent réfractaires à tout traitement (Dunner et al., 2006 ; Rush et al., 2006). On parle alors de la dépression résistante. De plus, la dépression résistante est associée à un risque suicidaire plus élevé, une mauvaise réponse au traitement, un taux de rechute élevé, avec des dépenses de santé considérables (Dunner et al., 2006). Il a également été montré que de nombreux antidépresseurs actuellement disponibles ont un faible taux de réponse et de rémission, leur coût est généralement élevé et donc inaccessible (Malbreg et Schechter, 2005). La recherche de nouveaux antidépresseurs d'une grande efficacité sans effets secondaires ou nocifs et accessibles à tous les groupes sociaux est donc importante. L'utilisation de plantes médicinales est

une alternative importante pour résoudre ce problème (Lefebvre, 1996). Cependant, la médecine et les pratiques traditionnelles peuvent provoquer des effets indésirables si le produit est appliqué de manière inappropriée ou en association avec d'autres médicaments (OMS, 2008). Souvent, les propriétés thérapeutiques de certaines plantes restent hypothétiques ou agissent simplement comme placebo (Ngo Bum et al., 2004).

C'est en vue de revaloriser les plantes, d'évaluer leurs propriétés pharmacologiques, d'améliorer le bien-être des populations et de les alerter sur les méfaits de certaines plantes que notre choix s'est porté sur *Cyperus Articulatus* qui est une graminée rhizomateuse que l'on trouve principalement dans les régions humides et marécageuses (kerharo, 1974). Les propriétés médicinales de *Cyperus Articulatus* sont connues et exploitées traditionnellement depuis longtemps par les populations locales. En effet, cette plante est utilisée dans le traitement de plusieurs pathologies comme la toux, la fièvre, la coqueluche, les bactéries (Duarte M. et al., 2005). Il a également été prouvé dans le traitement des maladies du système nerveux central telles que l'épilepsie (Ngo Bum et al., 2004), l'insomnie (Rakotonirina V.S. et al., 2001), mais aucune étude n'a été réalisée sur la dépression.

Dans la présente étude, nous avons étudié les effets des rhizomes de *Cyperus Articulatus* sur la dépression chez des souris *Mus musculus* Swiss. Plus précisément, nous avons évalué l'activité antidépressive de la décoction de rhizomes de *Cyperus Articulatus* chez des souris blanches *Mus musculus* Swiss et déterminé les molécules actives des rhizomes de *Cyperus Articulatus*. Le test de la nage forcée, la suspension caudale et l'arène ouverte ont été utilisés comme tests pharmacologiques.

## **Materiel et Methodes**

### **Matériel végétal et préparation de la décoction des rhizomes de *C. Articulatus***

Les échantillons de rhizomes ont été récoltés à Yaoundé dans la région du Centre et identifiés à l'Herbier National de Yaoundé au Cameroun qui la répertorie sous le numéro Rakotonirina 002, référence 1256/HNC. Après la récolte, les rhizomes ont été lavés à l'eau, nettoyés pour enlever les racines, séchées à température ambiante à l'ombre, écrasées à l'aide d'un mortier puis enfin tamisées à l'aide d'un tamis de maille 0,5 mm de diamètre pour obtenir la poudre nécessaire à la préparation de la décoction. La poudre obtenue est conservée à la température ambiante dans un bocal fermé.

2,5 g de la poudre des rhizomes de *C. Articulatus* obtenue précédemment sont prélevés et mis dans un bécher contenant 25 mL d'eau distillée. Le mélange est macéré pendant 18 h puis porté à ébullition pendant 20 min sur une plaque chauffante réglée à 100°C. Après refroidissement le mélange est filtré à l'aide d'un papier filtre Wattman n°4 et le filtrat récupéré

constitue la solution mère. A partir de cette solution mère, des dilutions au 1/2, 1/4, 1/10 ont été réalisées pour obtenir les différentes doses test.

Le filtrat (solution mère) dont le volume mesuré 21 mL a été récupéré et porté à évaporation à l'étuve (80°C) pendant 24 h. Nous avons obtenu 1,31 g d'extrait sec de *C. Articulatus* soit un rendement de 0,524 % dont la concentration est 100 mg/mL. Le volume d'administration étant de 10 mL/kg, les différentes doses sont 524 ; 262 ; 131 ; 52,4 mg/kg.

### **Matériel animal**

Les souris blanches *Mus musculus* Swiss, naïves, adultes, des deux sexes, âgées d'environ deux mois et ayant une masse comprise entre 18 et 30 grammes ont été utilisées comme modèle animal pour les différents tests. Les souris ont été achetées au Laboratoire National Vétérinaire (LANAVET) de Garoua et acclimatés pendant 72 heures à la température ambiante ( $20 \pm 1$  °C) du laboratoire avant le début des manipulations. Ces animaux étaient soumis à un cycle de 12 heures de lumière et 12 heures d'obscurité et étaient nourris matin et soir à base de granulés.

### **Matériel chimique et préparation**

Dans nos tests nous avons utilisés comme substances chimiques :

- Un antidépresseur de préférence : l'imipramine fournie par Sigma-Aldrich, St. Louis/USA. Cette substance a été utilisée dans le test de la nage forcée, le test de la suspension caudale et le test de l'arène ouverte comme contrôle positif ;
- Inducteur de l'état dépressif : réserpine fournie par Sigma-Aldrich, Allemagne ;
- Alcool éthylique (70°C) utilisé dans l'arène ouvert pour nettoyer le dispositif.

L'imipramine vendue sous forme de poudre par Sigma-Aldrich, St. Louis/USA, a été utilisée à la dose de 20 mg/kg pour le test de la nage forcée, l'arène ouverte et à la dose de 25 mg/kg pour le test de la suspension caudale. Ces solutions d'imipramine de concentration 2 mg /mL, et 2,5 mg/mL ont été respectivement préparées par solubilisation de 4 mg et 5 mg d'imipramine dans 2 mL d'eau distillée. Ces solutions ont été administrées à un volume de 10 mL/kg de poids corporel aux souris du lot contrôle positif.

La réserpine utilisée dans nos expériences a été fournie par Sigma-Aldrich, Allemagne. Elle a été administrée aux souris à la dose de 2,5 mg/kg de poids corporel. Cette solution a été préparée à la concentration de 0,25 mg/mL par introduction de 2,2 mg de réserpine dans 8,8 mL d'eau distillée. Elle a été administrée à un volume de 10 mL/kg de poids corporel de souris au

cours des tests pharmacologiques. Cette solution a été utilisée pour induire l'état dépressif chez les souris dans le test de la réserpine.

### **Tests de caractérisation phytochimique**

Les tests préliminaires de caractérisation phytochimique de la décoction de *C. Articulatus*, ont été réalisés par des méthodes qualitatives colorimétriques (Harbone, 1973), pour la détermination des principaux groupes chimiques.

1. **Test des alcaloïdes.** Un millilitre de décoction des rhizomes de *C. Articulatus* a été mélangé à quelques gouttes d'acide sulfurique (2 %) et quelques gouttes de réactif de Meyer. La formation d'un précipité blanc indiquait la présence d'alcaloïdes dans le milieu.
2. **Test des saponines.** Un millilitre de décoction a été vigoureusement agité. Après agitation, la formation d'une mousse persistante après une durée de 15 min rendait compte de la présence de saponine dans le milieu.
3. **Test des flavonoïdes.** Deux millilitres de la décoction de *C. Articulatus* ont été mélangés à 2 mL de soude à 1N. La présence d'une coloration jaune qui disparaît aussitôt après addition de l'acide chlorhydrique a confirmé la présence des flavonoïdes dans le milieu.
4. **Test des tanins.** Deux millilitres de la décoction de *C. Articulatus* ont été mélangés à 2 mL de sulfate de cuivre. Au mélange, est ajouté 2 gouttes d'ammoniaque. La formation d'un précipité noir, bleu ou vert indique la présence de tanins dans le milieu.
5. **Test des triterpènes.** Trois millilitres de la décoction sont mélangés à quelques gouttes d'anhydride acétique puis à ajouter quelques gouttes d'acide sulfurique. La formation d'une coloration rouge violacée indique la présence des triterpènes dans le milieu.
6. **Test des anthraquinones.** Un millilitre de la décoction est mélangé au NaOH 50 %, et nous avons le développement d'une coloration rouge ou violette indiquant la présence effective des anthraquinones dans notre extrait

### **Tests pharmacologiques**

#### **Test de la nage forcée**

Le test de la nage forcée est le plus utilisé en pharmacologie pour évaluer les activités antidépressives des nouvelles molécules (Taiwe et al., 2010). Ce test consiste à placer la souris dans un bocal circulaire de diamètre 12 cm et de hauteur 20 cm, contenant de l'eau ( $25 \pm 1^\circ\text{C}$ ) à une hauteur de 15 cm, dans lequel l'animal ne peut s'échapper (Duraisami et al., 2008). L'animal commence à nager vigoureusement et tente de passer par-dessus bord, renonce et s'immobilise par périodes plus ou moins longues au cours desquelles il

n'effectue que des mouvements qui lui permettent de maintenir la tête hors de l'eau. Au bout d'un moment, il montre un comportement désespéré en arrêtant de nager. Ce test comporte deux phases : la phase de pré-test qui se fait 24 h avant la phase test, les souris réparties en 6 lots homogènes de 5 souris mâles et femelles chacun sont forcées à la nage pendant 15 min avant d'être retirées, séchées à l'aide d'une serviette et remises dans leurs cages respectives. Et la phase test au cours de laquelle les souris sont forcées à la nage. Pendant 6 min, les paramètres suivants sont enregistrés pour chaque animal à l'aide d'un chronomètre (Maria et al., 2005) : la durée de la nage (temps pendant lequel l'animal effectue des mouvements actifs) ; la durée d'escalade (temps pendant lequel l'animal tente de s'échapper en grimant sur les bords du cylindre). La durée d'immobilité (temps pendant lequel l'animal effectue des mouvements légers pour garder la tête hors de l'eau) a été enregistrée pendant les 4 dernières minutes. Les animaux reçoivent les différents traitements 24 h, 6 h, 1 h avant la session test. Un lot reçoit l'eau distillée (10 mL/kg) per os (p.o.) et constitue le contrôle négatif. Un autre lot reçoit l'imipramine (20 mg/kg) par voie intra péritonéale (i.p.) et constitue le contrôle positif. Les quatre autres lots reçoivent les différentes doses de la décoction des rhizomes de *Cyperus Articulatus* (524 ; 262 ; 131 ; 52,4 mg/kg, p.o.) et constituent les lots tests.

### **Test de suspension caudale**

Le test de la suspension caudale est un test caractéristique pour l'évaluation de l'activité antidépressive chez les rongeurs (Cryan et al., 2003). Ce test suit la méthode décrite par Umukoro et al. (2011). Les souris sont réparties en 6 lots homogènes de 5 souris chacun. Un lot reçoit l'eau distillée (10 mL/kg, p.o.) constituant le contrôle négatif, un autre reçoit l'imipramine (25 mg/kg) par voie intra péritonéale et constitue le contrôle positif. Les quatre autres lots reçoivent les différentes doses de la décoction des rhizomes de *Cyperus Articulatus* (524 ; 262 ; 131 ; 52,4 mg/kg, p.o.) et constituent les lots tests. 1 h après administration, les souris sont individuellement suspendues les unes après les autres à l'aide de leur queue sur une barre horizontale d'environ 50 cm de long placée à une distance de 70 cm du sol. La souris est placée de telle sorte que la base de sa queue soit alignée avec le bout de la barre à une distance de 1 cm à l'aide d'une bande adhésive (Umukoro et al., 2011). Les paramètres suivants sont enregistrés à l'aide d'un chronomètre pour chaque souris pendant 6 min. La durée d'agitation est enregistrée pendant les 6 minutes du test et la durée d'immobilité pendant les 4 dernières minutes. La souris est remise dans la cage et le dispositif est nettoyé à de l'alcool éthylique (70°) entre chaque passage.

## Test de l'arène ouverte

L'arène ouverte est une enceinte carrée close, éclairée en son centre et ne permettant à l'animal qui s'y trouve ni de s'échapper, ni de se cacher. Le dispositif utilisé à 40 cm de côté et divisé en 16 carreaux de 10 cm<sup>2</sup>. Les murs ont 19 cm de hauteur (Jenck, 1997). L'arène ouverte représente un nouvel environnement stressant pour l'animal et permet d'évaluer l'activité locomotrice, le niveau d'exploration et la réaction émotionnelle chez l'animal (Yuang et al., 2010). Les souris sont réparties en 6 lots homogènes de 5 souris chacun. Un lot reçoit l'eau distillée (10 mL/kg, p.o.) et constitue le contrôle négatif. Un autre lot reçoit l'imipramine (20 mg/kg, p.i) et constitue le contrôle positif. Les quatre autres lots reçoivent les différentes doses de la décoction des rhizomes de *C. Articulatus* (524 ; 262 ; 131 ; 52,4 mg/kg, p.o.) et constituent les lots tests. 1 h après administration, chaque souris est placée individuellement au centre de l'arène et l'explore librement pendant 5 min et les paramètres sur l'activité de chaque animal sont enregistrées. Il s'agit :

- Crossing (nombre de carrés traversés par l'animal) ;
- Rearing (nombre de fois que l'animal se tient sur ses pattes postérieures en s'appuyant sur la paroi de l'arène) ;
- Grooming (nombre de fois que l'animal se nettoie) ;
- Temps passé au centre de l'arène.

Après cinq minutes d'observation, la souris est remise dans une cage et le dispositif est nettoyé à de l'alcool éthylique (70°).

## Analyse statistique des résultats

Les données ont été analysées par la statistique descriptive : par la méthode du calcul des moyennes et des écart-types, avec l'utilisation de l'analyse de la variance (ANOVA) suivie du test de comparaison de Dunnett effectué à l'aide du logiciel GraphPad InStat. Les valeurs sont considérées comme significatives à partir de  $p \leq 0,05$ .

## Resultats

### Caractérisation phytochimique de la decoction des rhizomes de *C. Articulatus*

Les tests qualitatifs de caractérisation phytochimiques montrent la présence des tanins, triterpenes, saponines, alcaloïdes, flavonoïdes et des polyphénols.



**Tableau 1:** Composition phytochimique de la décoction des rhizomes de *C. articulatus*

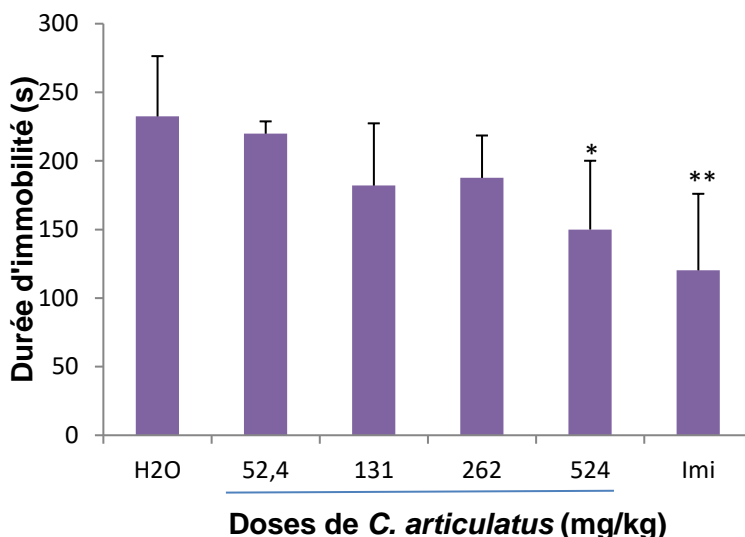
Familles de composés chimiques	Décoction
TANINS	+++
TRITERPÈNES	+++
SAPONINES	+
ANTHRAQUINONES	++
ALCALOÏDES	+++
FLAVONOÏDES	+++
POLYPHÉNOLS	+++

+: low positive, ++: average positive, +++: high positive

### Effets antidépresseurs de la décoction des rhizomes de *C. Articulatus* chez les souris au cours du test de la nage forcée

#### Effet de la décoction des rhizomes de *C. Articulatus* sur la durée d'immobilité chez les souris

L'administration de la décoction de *C. Articulatus* chez les souris a provoqué une diminution significative ( $p \leq 0,05$ ) de la durée d'immobilité par rapport à celles qui ont reçues l'eau distillée. La durée d'immobilité moyenne  $232,40 \pm 43,96$  secondes chez les souris du lot contrôle négatif est passée à  $150,00 \pm 50,08$  et  $120,20 \pm 55,80$  secondes respectivement pour la dose 524 mg/kg de *C. Articulatus* et la dose 20 mg/kg l'imipramine. Pour les doses 262 ; 131 ; 52,4, l'immobilité est passée respectivement à  $187,60 \pm 30,90$  ;  $182,00 \pm 45,37$  ;  $219,80 \pm 9,01$  ne montrant pas de différence significative avec les souris du lot contrôle négatif (**Figure 1**).

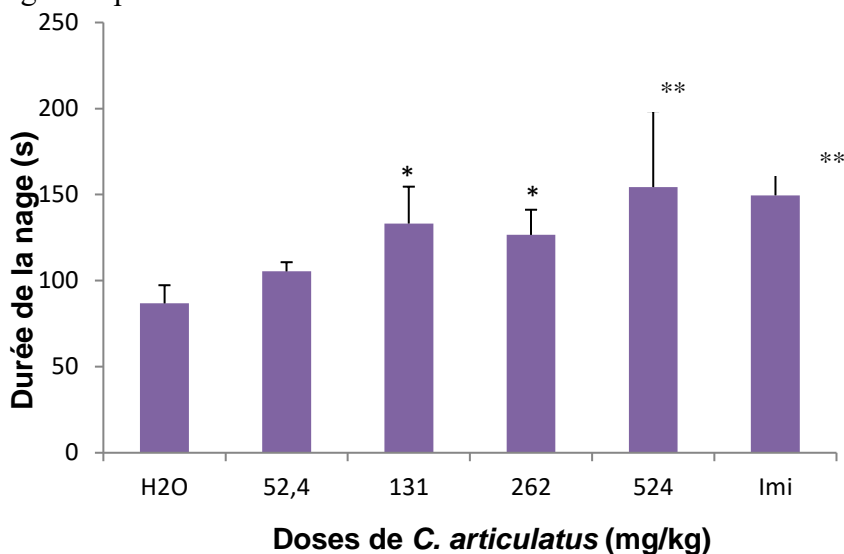


**Figure 1 :** Effet de la décoction de *C. Articulatus* sur la durée d'immobilité des souris. Chaque barre représente la moyenne  $\pm$  écart type.  $n = 5$ . H2O : Eau distillée (contrôle négatif); Imi: Imipramine (contrôle positif). \* $p \leq 0,05$  ; \*\*  $p \leq 0,01$  différence significative par rapport au contrôle négatif.



## Effet de la décoction de *C. Articulatus* sur la durée de la nage chez les souris

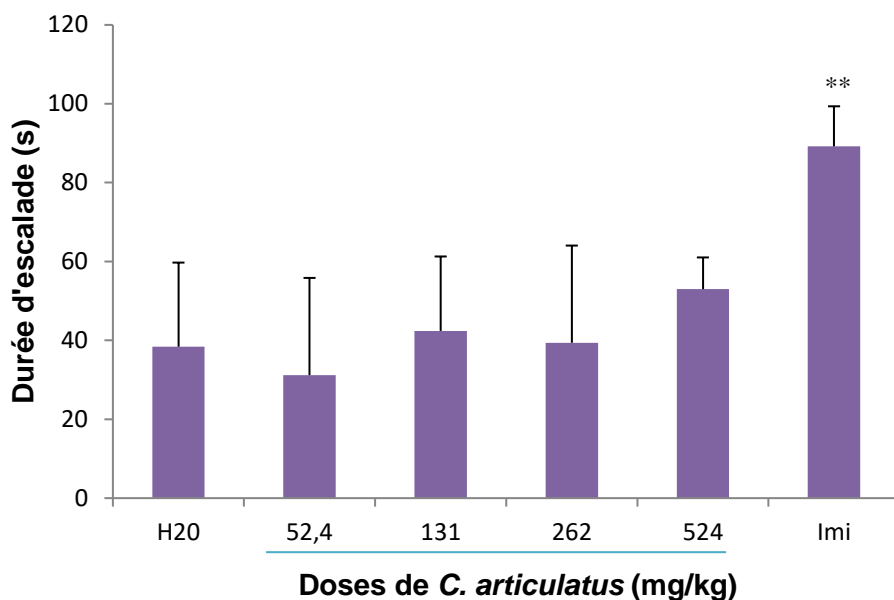
La figure 2 montre une augmentation de la durée de la nage chez les souris traitées par les différentes doses de la décoction de *C. Articulatus* et l'imipramine (20 mg/kg). La durée moyenne de la nage est passée de  $86,80 \pm 10,54$  seconde chez les souris du lot contrôle négatif à  $154,40 \pm 44,11$  ;  $126,60 \pm 14,60$  ;  $133,20 \pm 21,41$  et  $149,60 \pm 19,39$  secondes respectivement pour les doses 524 ; 262 ; 131 mg/kg de la décoction de *C. Articulatus* et la dose 20 mg/kg d'imipramine.



**Figure 2 :** Effet de la décoction de *C. Articulatus* sur la durée de la nage chez les souris. Chaque barre représente la moyenne  $\pm$  écart type ; n = 5. H2O: Eau distillée (contrôle négatif) ; Imi : Imipramine (contrôle positif). \* $p \leq 0,05$  ; \*\*  $p \leq 0,01$  différence significative par rapport au contrôle négatif.

## Effet de la décoction de *C. Articulatus* sur la durée d'escalade chez les souris

La figure 3 montre qu'il n'y a pas une augmentation significative de la durée d'escalade chez les souris traitées par les différentes doses de la décoction de *C. Articulatus* par rapport à celles traitées à l'eau distillée. La durée moyenne d'escalade est  $53,00 \pm 8,03$  ;  $39,40 \pm 24,64$  ;  $42,40 \pm 18,87$  ;  $31,20 \pm 24,64$  secondes respectivement pour les doses 524 ; 262 ; 131 ; 52,4 mg/kg de *C. Articulatus*. Par contre on observe une augmentation significative (\*\* $p \leq 0,01$ ) de la durée d'escalade chez les souris traitées par l'imipramine (20 mg/kg) par rapport à celles traitées à l'eau distillée. La durée moyenne d'escalade est passé de  $38,40 \pm 21,32$  secondes chez les souris traitées à l'eau distillée à  $89,20 \pm 10,15$  secondes chez les souris traitées par l'imipramine (20 mg/kg).

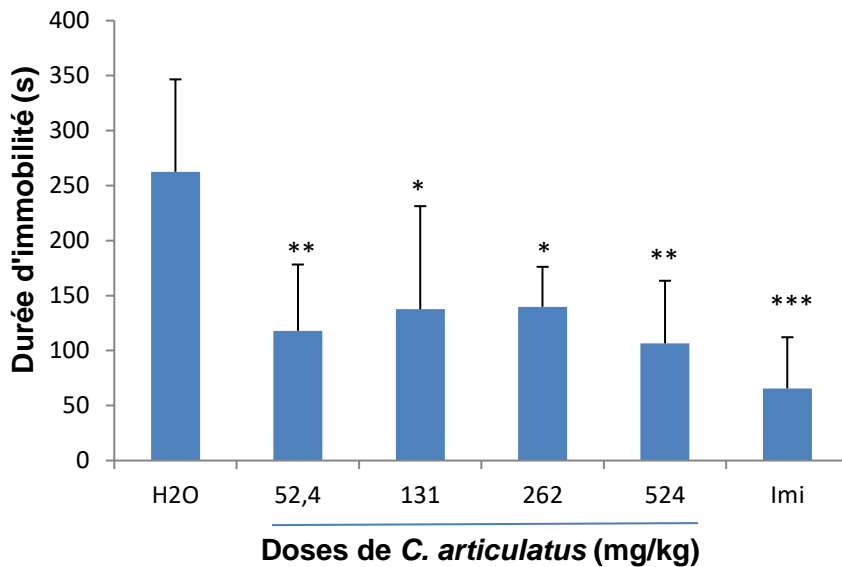


**Figure 3 :** Effet de la décoction *C. Articulatus* sur la durée d'escalade chez les souris  
Chaque barre représente la moyenne  $\pm$  écart type ; n = 5. H2O : Eau distillée (contrôle négatif)  
; Imi : Imipramine (contrôle positif) ; \*\*p  $\leq$  0,01 ; différence significative par rapport au  
contrôle négatif.

### **Effets antidépresseurs de la décoction des rhizomes de *C. Articulatus* pendant le test de suspension caudale chez les souris.**

#### **Effet de la décoction des rhizomes de *C. Articulatus* sur la durée d'immobilité**

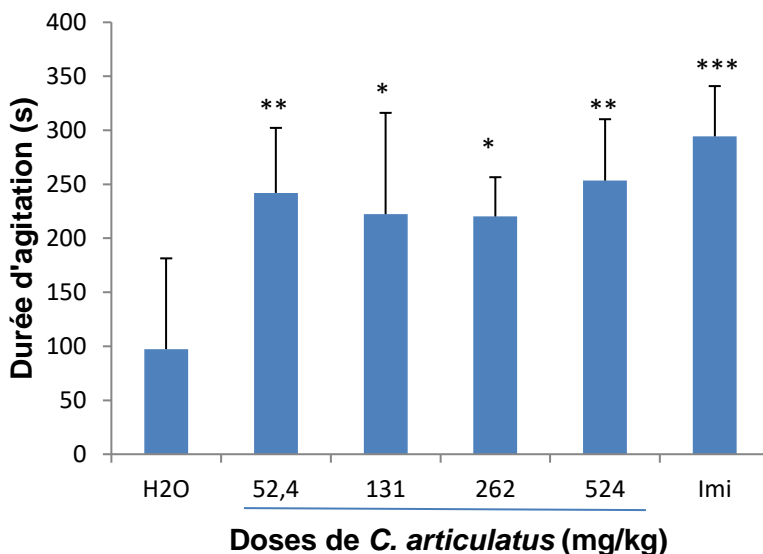
L'administration de la décoction de *C. Articulatus* entraîne une diminution significative de la durée d'immobilité chez les souris traitées aux doses 524 ; 52,4 ; 131 ; 262 mg/kg de la décoction de *C. Articulatus* et à la dose de 25 mg/kg d'imipramine comparées à celles du lot contrôle négatif traité à l'eau distillée. La durée d'immobilité moyenne est passée de  $262,60 \pm 84,00$  secondes chez les souris du lot contrôle négatif à  $106,60 \pm 56,86$  ;  $118,00 \pm 60,22$  ;  $137,60 \pm 93,72$  ; et  $139,80 \pm 36,35$  secondes respectivement pour les doses 524 ; 52,4 ; 131 ; 262 mg/kg de la décoction de *C. Articulatus*. Cette immobilité passe à  $65,60 \pm 46,53$  chez les souris traitées par la dose 25 mg/kg d'imipramine (**Figure 4**).



**Figure 4 :** Effet de la décoction *C. Articulatus* sur la durée d'immobilité chez les souris. Chaque barre représente la moyenne  $\pm$  écart type ; n = 5. H2O: Eau distillée (contrôle négatif); Imi: imipramine (contrôle positif). \* $p \leq 0,05$  ; \*\* $p \leq 0,01$  ; \*\*\*  $p \leq 0,001$  différence significative par rapport au contrôle négatif.

#### **Effet de la décoction *C. Articulatus* sur la durée d'agitation**

La décoction de *C. Articulatus* provoque une augmentation significative de la durée d'agitation chez les souris traitées par les doses 524 ; 52,4 ; 131 ; 262 mg/kg ainsi que celles traitées par d'imipramine à la dose 25 mg/kg comparées à celles du lot contrôle négatif traité à l'eau distillée. La durée moyenne d'agitation est passée de  $97,40 \pm 84,00$  secondes chez les souris du lot contrôle négatif à  $253,40 \pm 56,86$  ;  $242,00 \pm 60,22$  ;  $222,40 \pm 93,72$  et  $220,20 \pm 36,35$  secondes respectivement pour les doses 524 ; 52,4 ; 131 ; 262 mg/kg de la décoction de *C. Articulatus*. Cette durée d'agitation passe à  $294,40 \pm 46,53$  chez les souris traitées par 25 mg/kg d'imipramine (Figure 5).



**Figure 5 :** Effet de la décoction *C. Articulatus* sur la durée d'agitation

Chaque barre représente la moyenne  $\pm$  écart type ;  $n = 5$ . H2O: Eau distillée (contrôle négatif); Imi: imipramine (contrôle positif). \* $p \leq 0,05$  ; \*\* $p \leq 0,01$  ; \*\*\*  $p \leq 0,001$  différence significative par rapport au contrôle négatif.

### **Aactivité locomotrice de la décoction des rhizomes de *C. Articulatus* chez les souris dans le test de l'arène ouverte.**

Le Tableau 1 présente les effets des antidépresseurs sur l'activité exploratrice et locomotrice chez les souris. Il montre qu'il y a une différence significative ( $p \leq 0,05$ ) du nombre de grooming entre les souris traitées par la décoction de *C. Articulatus* par rapport à celle traitées par l'eau distillée. Le nombre de grooming est passé de  $1,40 \pm 0,54$  chez les souris du lot contrôle négatif à  $4,40 \pm 1,14$  et  $3,4 \pm 1,14$  respectivement pour les doses 524 et 52,4 mg/kg de *C. Articulatus*. On observe également une légère-augmentation du nombre crossing qui est passé de  $39,80 \pm 11,88$  secondes chez les souris du lot contrôle négatif à  $85,80 \pm 20,53$  secondes chez les souris traitées à la dose 262 mg/kg de *C. Articulatus*. La décoction de *C. Articulatus* et l'imipramine n'ont pas d'effet significatif sur le temps passé au centre du dispositif et sur le nombre de rearing par rapport aux souris du lot contrôle négatif dans le test de l'arène ouverte.

**Tableau 2 :** Effets de la décoction de *C. Articulatus* évalués dans l'Arène ouverte

Traitements	Activités évaluées				
	Doses mg/kg	crossing	rearing	grooming	temps passé au centre
H <sub>2</sub> O	10	39,90 ± 11,88	16,6 ± 6,42	1,40 ± 0,54	3,4 ± 2,70
<i>C. Articulatus</i>	52,4	74,60 ± 24,81*	20,20 ± 10,59	3,4 ± 1,14*	2, ± 0,70
<i>C. Articulatus</i>	131	66,40 ± 16,19	18,40 ± 5,85	2,20 ± 1,30	2,8 ± 1,788
<i>C. Articulatus</i>	262	85,80 ± 20,53**	24,40 ± 7,98	2,8 ± 0,8	5,8 ± 2,48
<i>C. Articulatus</i>	524	69,40 ± 22,22*	21 ± 200	4,40 ± 1,14**	6,6 ± 3,20
Imipramine	20	88,20 ± 17,51**	24,60 ± 9,23	2,40 ± 1,14	4,4 ± 3,20

Chaque valeur représente la moyenne ± écart type ; n = 5 ; H<sub>2</sub>O : eau distillée (contrôle négatif) ; Imipramine (contrôle positif). \*p ≤ 0,05 ; \*\*p ≤ 0,01 différence significative par rapport au contrôle négatif.

## Discussion

Le test de la nage forcée et celui de la suspension caudale sont deux modèles de dépression les plus utilisés pour déterminer le potentiel antidépresseur de nouvelles substances. Dans le test de la nage forcée, les résultats montrent que *C. Articulatus* diminue la durée d'immobilité. Ceci voudrait dire que *C. Articulatus* posséderait des propriétés antidépresseives. En effet, l'immobilité observée dans ce test est un signe de désespoir comportemental similaire à un état mental de dépression qui peut être réduit par les médicaments antidépresseurs (Song et Leonard, 2005). Ces résultats sont similaires à ceux observés par Mora et al. (2005) qui montre que toute substance qui diminue l'immobilité posséderait des propriétés antidépresseives. En outre, les résultats montrent une augmentation de la durée de la nage par rapport à l'escalade ce qui est contraire à ceux observés par Mora et al. (2005) qui démontre plutôt une augmentation de la durée d'escalade par rapport à celui de la nage. En effet, l'escalade est plus sensible aux antidépresseurs tricycliques (ATC) tel que l'imipramine et les inhibiteurs sélectifs de la recapture de la noradrénaline (ISRN), alors que la nage est sensible aux inhibiteurs sélectifs de la recapture de la sérotonine tel que la fluoxétine (Cryan et Lucki, 2000 ; Cryan et al., 2002). Nous pouvons dire que dans ce test *C. Articulatus* agirait comme la fluoxétine puisqu'elle augmente la durée de la nage par rapport à l'escalade ceci via la neurotransmission sérotoninergique.

De même, lors du test de la suspension caudale, le traitement de la décoction des rhizomes de *C. Articulatus* diminue significativement la durée d'immobilité et augmente la durée d'agitation chez les souris par rapport au

contrôle négatif. Ces résultats sont similaires à ceux obtenus par Umukoro et al. (2011) qui démontre que toutes substances capable de diminuer la durée d'immobilité en augmentant la durée d'agitation possède un effet antidépresseur. L'effet de la décoction des rhizomes de *C. Articulatus* serait donc comparable à celui d'un antidépresseur. Etant donné que les antidépresseurs agissent sur les récepteurs des monoaminergiques (Stahl, 2000) pour entraîner une diminution de la durée d'immobilité et une augmentation de la durée d'agitation, nos résultats suggèrent que la décoction des rhizomes de *C. Articulatus* posséderait des propriétés antidépressives via les récepteurs monoaminergiques.

Nous savons que la diminution de la durée d'immobilité observée dans le test de la nage forcée et la suspension caudale pourrait être due à un effet psychomoteur « faux positif », en effet, certaines substances agissent comme des drogues et leur effet est confondue à celui d'un antidépresseur (Kally C O'Reilly et al., 2006). Pour confirmer l'authenticité des résultats obtenus dans ces tests, le test de l'arène ouverte a été effectué. Ce test permet d'évaluer les effets des substances sur l'activité locomotrices et exploratrices des souris (Bibiana et al., 2010). Les résultats obtenus montrent qu'il n'y a pas de différence significative sur l'activité exploratrice rearing, le temps passé au centre chez les souris traitées par la décoction de *C. Articulatus* par rapport au souris du lot contrôle négatif. Ainsi ces résultats confirment que la diminution de la durée d'immobilité observée dans les deux tests serait due à un effet antidépresseur plutôt qu'un effet psycho-stimulateur de la décoction de *C. Articulatus*.

## Conclusion

L'étude menée sur la décoction des rhizomes de *C. Articulatus* a permis de mettre en évidence ses effets antidépresseurs. Cette décoction réduit la durée d'immobilité dans le test de la nage forcée et de la suspension caudale en augmentant respectivement la durée de la nage et d'agitation. De plus n'entraîne pas une augmentation significative du nombre de rearing et le temps passé au centre dans le test de l'arène ouvert. L'ensemble de ces observations laisse penser que *C. Articulatus* possède des propriétés réduisant la dépression. Propriétés qui seraient dues à la présence dans cette décoction des tanins et des flavonoïdes qui agirait sur les récepteurs monoaminergiques du système nerveux central. Bien que d'autres investigations soient nécessaires, ces résultats montrent que la décoction de *C. Articulatus* peut être utilisée comme traitement antidépresseur comme en médecine traditionnelle.

## Perspectives

Il serait important et Judicieux :

- D'étudier la toxicité aiguë et sub-chronique de la décoction *C. Articulatus* ;
- De rechercher les mécanismes d'action des différentes familles chimiques de la décoction *C. Articulatus*;
- De quantifier les différentes familles chimiques de la décoction *C. Articulatus* ;

## References:

1. Bibiana M., Gay, Marina Prigol, André L., Stein, Cristina W., Nogueira. (2010). Antidepressant-like pharmacological profile of 3-(4-fluorophenylselenyl)-2,5-diphenylselenophene: Involvement of serotonergic system, *Neuropharmacology*; 59: pp.172-179.
2. Cryan J.F., Hoyer D., Markou A. (2003). Withdrawal from chronic amphetamine induces depressive-like behavioral effects in rodents. *Biol Psychiatry*; 54: pp.49–58.
3. Cryan JF., Lucki I. (2000). Antidepressant-like behavioral effects mediated by 5-Hydroxytryptamine<sub>2c</sub> receptors. *J Pharmacology Exp*; 295: pp.1120– 6.
4. Cryan JF., Page ME., Lucki I. (2002). Noradrenergic lesions differentially alter the antidepressant-like effects of reboxetine in a modified forced swimming test. *Eur J Pharmacol*; 436:197–205.
5. Duarte M. (2005). "Anti-Candida activity of Brazilian medicinal plants." *J Ethnopharmacol*; 97(2): pp. 305-11.
6. Duarte M. (2005) : "Anti-Candida activity of Brazilian medicinal plants." *J Ethnopharmacol* 2005 ; 97 (2) : pp. 305-11
7. Dunner DL., Rush AJ., Russell JM., Burke M., Woodard S., Wingard P., Allen J. (2006). Prospective, long-term, multicenter study of the naturalistic outcomes of patients with treatment-resistant depression. *J Clin Psychiatry*; 67: pp. 688-695.
8. Duraisami R., Srinivasan D., Ramasamy S. (2008). Antidepressant and anxiolytic activities of bio flavonoid-gossypin *Pharmacologyonline*; 2: pp. 683-693.
9. Henry C., Gay C. (2004). Maladie maniaco-dépressive ou trouble bipolaire. *Encyclopédie Orphanet* ; p .1-7.
10. Jenck F., Moreau J. L., James R. M., Gavin J. K., Rainer K. R., Monsma F. J., Jr. Nothaker H. P., Civelli O. (1997). Orphanin FQ acts as an anxiolytic to attenuation behavioural responses to stress. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*; 94(7): pp.14854-14858.

11. Kally C O'Reilly, Jason Shumake, F. Gonzalez-Lima, Michelle A. Lane, and Sarah J. Bailey. (2006). Chronic Administration of 13-Cis-Retinoic Acid Increases
12. Keroharo j. (1974). La pharmacopée Sénégalaise Traditionnelle: Plantes médicinales et toxiques. Vigot Féres.
13. Lefebvre. (1996). Les médicaments traditionnels chinois. Bulletin d'information toxicologique ; 12 : pp. 15-37.
14. Malberg J.E., Schechter L.E. (2005). Increasing hippocampal neurogenesis: a novel mechanism for antidepressant drugs. Current Pharmaceutical Design; 11: pp.145–155.
15. Maria M., Campos, Elizabeth S., Fernandes, Juliano Ferreira, Adair R. S., Santos, João B., Calixto. (2005). Antidepressant-like effects of *Trichilia catigua* (Catuaba) extract: evidence for dopaminergic-mediated mechanisms. Psychopharmacology ; 182 : pp.45–53
16. Miloyan B., Fried E. (2017). A reassessment of the relationship between depression and all-cause mortality in 3.604.005 participants from 293 studies. World Psychiatry : 16(2): pp.219-220. doi: 10.1002/wps.20439.
17. Mora S., G. Diaz-Veliz , R. Millan , H. Lungenstrass , S. Quiros , T. Coto-Morales , M.C. Hellion-Ibarrola . (2005). Anxiolytic and antidepressant-like effects of the hydroalcoholic extract from *Aloesia polystachya* in rats. Pharmacology, Biochemistry and Behavior; 82: pp. 373 – 378.
18. Murray CJ., Lopez AD. (1996). Evidence-based health policy--lessons from the Global Burden of Disease Study. Science; 274: pp. 740-743.
19. Ngo Bum E. (2004). Détermination des effets anticonvulsants et certains mécanismes d'action des extraits des rhizomes de *Cyperus articulatus* (cypéracée). Thèse de PhD en neuropharmacologie. Université de Yaoundé1. Cameroun ; pp .1-14.
20. Ngo Bum E., Dawack L., Schmutz M., G.T., S.V Rakotonirima, Protet C., Olpe H-R, Herling P. (2004). Anticonvulsant activity of *Mimosa pudica* decoction. Fitoterapia ; 75 (3-4) : pp. 310-315.
21. OMS. (2003). Aide-mémoire n° 134. Genève ; p. 60.
22. OMS. (2008). Stratégie de l'OMS sur la médecine Traditionnelle. Genève ; p. 65.
23. Rainville JR., Hodes GE. (2019). Inflaming sex differences in mood disorders. Neuropsychopharmacology; 44(1): pp.184-199. doi: 10.1038/s41386-018-0124-7.
24. Rakotonirina S. V., Ngo Bum E., Rakotonirina A., Bopélet M. (2001). Sedative properties of the total extract of the rhizomes of *Cyperus articulatus* L. Fitoterapia; 72: pp. 22-29.



25. Rush AJ., Trivedi MH., Wisniewski SR., Nierenberg AA., Stewart JW., Warden D., Niederehe G., Thase ME., Lavori PW., Lebowitz BD., McGrath PJ., Rosenbaum JF., Sackeim HA., Kupfer DJ., Luther J., Fava M. (2006). Acute and longer-term outcomes in depressed outpatients requiring one or several treatment steps: a STAR\*D report. *Am J Psychiatry*; 163: pp. 1905-1917.
26. Song C., Leonard BE. (2005). The olfactory bulbectomized rat as a model of depression. *Neurosci Biobehav*; 29(6): pp. 27–47.
27. Stahl S.M. (2000). *Essential Psychopharmacology: Neuroscientific basis and practical*
28. Taiwe G.S., E. Ngo Bum, T. Dimo, E. Talla, N. Weiss, A. Dawe, F.C.O. Moto, N. Sidiki, P.D. Dzeufiet and M. De Waard. (2010). Antidepressant, Myorelaxant and Anti-Anxiety Like Effects of *Nauclea latifolia* Smith (Rubiaceae) Roots extract in Murine Models; *International Journal of Pharmacology*; 6(4) : pp. 326-333.
29. Umukoro Solomon, Alabi O. Akinyinka, Aderemi C. Aladeokin. (2011). Antidepressant activity of methyl jasmonate, a plant stress hormone in mice; *Pharmacology, Biochemistry and Behavior*; 98: pp.8-11.
30. Yuang H., Ping L., Guo D., Khalid R., Wang D., and Xie T. (2010). Antidepressant effect of extract YZ-50 from *Polygala tenuifolia* in chronic mild stress treated rats and its possible mechanism. *Pharmaceutical Biology*; 48(7): pp. 749-800.

## Post-flood waste characterization test in the Municipality of Athiémé

*Sebo Vifan Eric*

Geographer-Environmentalist

Ecole Nationale Supérieure des Travaux Publics (ENSTP/UNSTIM)  
Laboratoire de Géosciences, de l'Environnement et Application (LaGEA)

[Doi:10.19044/esj.2022.v18n21p169](https://doi.org/10.19044/esj.2022.v18n21p169)

Submitted: 15 February 2022

Accepted: 21 June 2022

Published: 30 June 2022

Copyright 2022 Author(s)

Under Creative Commons BY-NC-ND

4.0 OPEN ACCESS

*Cite As:*

Eric S.V. (2022). *Post-flood waste characterization test in the Municipality of Athiémé*. European Scientific Journal, ESJ, 18 (21), 169.

<https://doi.org/10.19044/esj.2022.v18n21p169>

### Abstract

In the municipality of Athiémé, recurrent and cyclical flood are serious generators of waste. These waste referred as post-flood waste, as it is not the subject of any information or study, are not consider neither the authorities responsible for the management of household waste nor the crisis management unit flooding in the municipality of Athiémé. This study was initiated to induce awareness among the various actors whose this responsibility fall. To make success the study, the methodological approach used proposes a characterization of post-flood waste. This characterization is done in two stages consisting of a typological characterization and a mass estimation of post-flood waste. The typological characterization relied mainly on the material goods and dwellings of the inhabitants, located in the geographical influence of the flood. As for the mass estimation of post-flood waste, it has been possible by multiplying the number of issues exposed to flood risk by the quantity of waste produced per unit of stakes, the issues here being the material goods and the buildings of inhabitants. The application of this methodological approach shows that in the Commune of Athiémé, post-flood waste consists mainly of waste resulting from the partial or total destruction of dwellings (48%), furniture waste (33%) and mixed waste (19%). All of this waste, according to the magnitude of the floods, gives an average mass which varies from 714,846 kg (ie 714,846 tons) with the big flood of 2010 to 139,672 kg (or 139,672 tons) in 2016. This colossal mass post-flood waste, although

reused at 38% for waste resulting from the destruction of the building, must be taken into account by the authorities at various levels in terms of their management. In this perspective, suggestions were made for their upstream estimation, with well-defined parameters, data and tools.

---

**Keywords:** Benin, Athieme, post-flood waste, characterization, typology, estimation

## Introduction

Many authors addressing the issue of waste regularly focus on household waste (AZONHE, 2009 ; SEBO, 2014). However, there are several types of waste including industrial waste, agricultural waste, etc. (ADEME, 1993 ; AFNOR, 1996). However, human activities, whether lucrative or not, are not the only factors that generate waste. There are also natural disasters such as earthquakes, volcanic eruptions, cyclones and floods. Global warming in recent years further increases the scale of disasters (GIEC, 2007). The Municipality of Athiémé is familiar with these floods since it suffers one every year. Its occurrence generates numerous partial or total destruction of homes and equipment, the submersion of rooms, deleterious microclimates in the rooms, etc. (AFFO, 2018). BONNEMAINS (2009) moreover defines this flood-related waste as « all materials, materials, objects and deposits which, following a natural or technological disaster, are unfit for consumption, unusable as they are, liable to have an impact on the environment, human health, public health or harm biodiversity » (BONNEMAINS, 2009). Despite the acuteness of the problem of post-flood waste and the importance of its political, social, cultural and environmental issue arising from the definition of BONNEMAINS (2009), it is observed in the Municipality of Athiémé, that only the populations develop management strategies for said endogenous waste applied in households or in affected towns. This failure to take post-flood waste into account in contingency plans by the authorities at various levels, waste managers and crisis managers, does not it denote their "ignorance" of the subject and of the multitude of related data that they must process? Indeed, post-flood waste management cannot be anticipated without a minimum of knowledge of the waste deposit. The production of precise knowledge on the quantification and nature of post-flood waste offers the possibility of obtaining the information necessary for the various actors to complete their crisis management system, anticipate and plan the management of waste linked to floods during periods of flooding. crisis, to reduce the vulnerability of their territory to the risk of flooding and thus to meet some of their regulatory obligations (BERAUD, et al., 2012). « However, local actors such as engineering do not yet have the tools to characterize the deposit resulting from submersion » (CEPRI, 2012). This gap constitutes the challenge

on which the present study is based, which thus tries to produce an estimation of the volume and the nature of the waste linked to the floods in the Municipality of Athiémé.

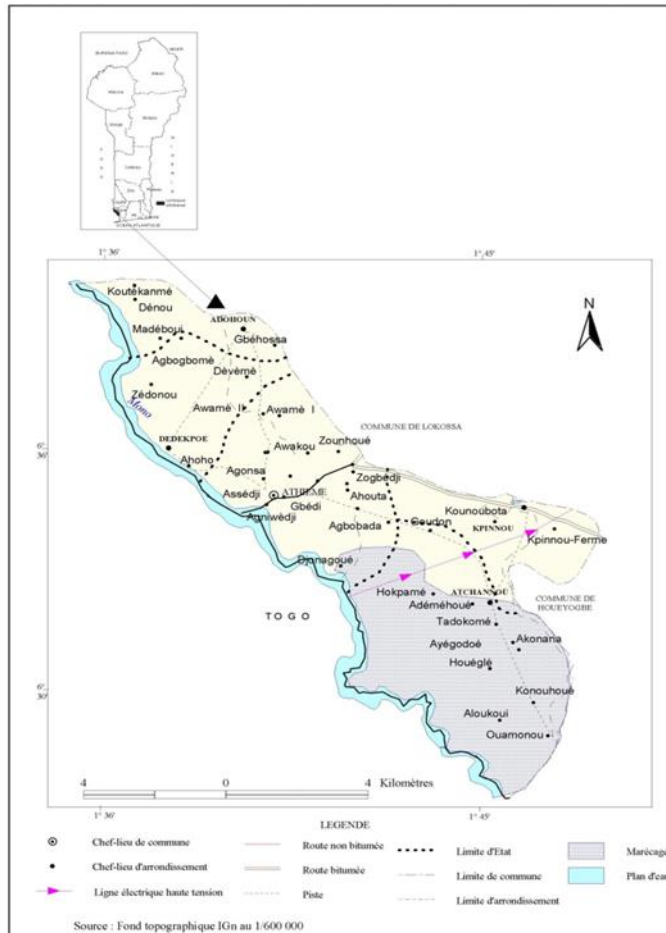
## **1. Area of Study**

The Municipality of Athiémé is located about 8 km from the city of Lokossa (by the Lokossa-Zounhouè-Athiémé axis) and 104 km from the city of Cotonou. It covers an area of 238 km<sup>2</sup>. It is bounded to the north by the Municipality of Lokossa, to the south by the Municipality of Grand-Popo, to the east by the Municipality of Houéyogbé and to the west by the Togolese Republic with which it shares a natural border which is the river. Mono (Djènantin, 2006; Sèbo, 2011; Etchiha, 2011). The Municipality of Athiémé is located between the parallels 6 ° 28 "and 6 ° 40" north latitude and the meridians 1 ° 35 "and 1 ° 47" east longitude (Figure 1).

It is characterized by a subequatorial climate with two rainy seasons alternated by two dry seasons (DJENONTIN, 2006). Its flat relief and eroded in places, is marked by numerous depressions and banks (cords) of sand and sandstone, which constitute watersheds or valleys of rivers and are sheltered by ponds, swamps and bas-fonds (DJENONTIN, 2006).

In addition, the soils in the study area are clayey, black hydromorphic clayey, sandy-clayey or sandy-clay, very suitable for pluriculture. They congeal with seasonal water and are mostly inundated by flood waters from the Mono River.

According to the overseas scientific and technical research office, the Mono river is the main watercourse of the municipality. The MONO is a 400 km long river. It flows from North to South. It has its source in the Bafilo mountains, some 20 km from Alédjo, at an altitude of around 800 km. It is an undeniable factor in the flooding phenomenon because of its overflow which has become annual.



**Figure 1:** geographical and administrative situation of the Municipality of Athiémé

## 2. Methodology

Since the floods in the Municipality of Athiémé usually come from the flooding of the Mono River, the speed of the flood current is such that it cannot move large materials such as pebbles and boulders. The post-flood waste observed is therefore only visible at the level of submerged or destroyed buildings since there is no other disposal area for said waste after the water has been withdrawn. In addition, this low speed of the submergence current combined with the rural and agricultural characteristics of the Municipality of Athiémé, allows the population to shelter electrical and electronic goods (refrigerators, freezers, appliances, TV, hi-fi, etc.) as well as vehicles. In addition, no post-flood waste management strategy has been designed and implemented by the crisis management unit in the Municipality of Athiémé. This information, resulting from preliminary investigations in a real environment, through direct observation, a summary documentary analysis,

and discussions with municipal authorities, guided the methodological approach adopted in the context of this study.

### **2.1. Unit of deposit considered**

Post-flood waste consists of waste from flooding of housing, waste from flooding of activities, and waste from flooding of the territory and the natural environment (BERAUD, 2013). In the present study, the unit of deposit considered constitutes waste from the housing.

### **2.2. Method of post-flood waste categorization**

The identification of post-flood waste is carried out through sampling and manual sorting of waste, according to predefined categories (BEN AMMAR, 2006). It is categorized by waste component. For that, 02 housing totally destroyed, 02 housing partially destroyed and 02 housing flooded but not destroyed were chosen since they are subject to flooding every year. The whole deposit of each selected housing is considered a sample of waste. It is this waste that was sorted by hand and classified into the various predefined categories as follows:

- furniture waste (furniture of residential accommodation);
- household and assimilated waste;
- demolition waste from the residential building..

### **2.3. Method of post-flood waste quantification**

In order to get the amount of post-flood waste ( $Q_d$ ), the number of houses affected ( $L_i$ ) by the flood is multiplied by the amount of waste produced per house ( $Q_{d/l}$ ).

$$Q_d = L_i \times Q_{d/l}$$

For this, the impacted dwellings were classified into "completely destroyed dwellings", "partially destroyed dwellings" and "flooded dwellings without destruction of the building". The different categories of waste were weighed by series of housing in order to determine the average weight of each category of waste potentially produced by a series of housing. It should be remembered that a category of waste consists of a set of goods present in a household or in a dwelling. The sum of the quantities of waste produced per unit or by type of goods present in a household or in a dwelling gives the quantity of waste produced per dwelling unit. The different categories of post-flood waste predefined in this study are as follows:

### ***furniture waste***

This category of post-flood waste consists of:

- beds,
- mattresses (made of foam or cotton residues or braided in straw)
- office furniture,
- kitchen furniture,
- garden furniture,
- interior furniture,
- carpet,
- textiles (curtains, interior blinds, valances, and bed bumpers).

### ***household and assimilated waste***

This denomination refer to non-hazardous household waste with the exception of waste electrical and electronic equipment (WEEE) and furniture waste. These are food, clothing, books, dishes, etc.

### ***waste resulting from the partial or total destruction of the residential building***

Waste from the destruction of the residential building can be of different types:

- inert: this is waste that does not decompose, does not burn and does not produce any other physical, chemical or biological reaction liable to harm the environment or health (concrete, concrete blocks, tiles and ceramics, glazing, cuttings, stones, etc.),
- dangerous: this is waste containing substances dangerous for the environment or health (asbestos, wood treated with dangerous substances, products containing tar, paints, varnishes, glues, solvents containing dangerous substances, polluted absorbent products hydrocarbons, etc.),
- non-hazardous: this is waste that is neither inert nor dangerous for the environment and health (metals and their alloys, raw or slightly added wood, paper, cardboard, plaster, plastics, mineral wools, etc.). They are also called Ordinary industrial waste.

In the present study, only inert waste and ordinary industrial waste are quantified.

In addition, it was necessary to determine exhaustively the number of houses affected by the floods. This was made possible by counting the houses affected by the flooding through a field survey.

Finally, Regarding the importance of the deposits, eight teams of five sorters/weighers were involved over an expert appraisal period of 30 days during the months of September and October from 2010 to 2016, ie over seven flood cycles.

### 3. Results

#### 3.1. A number of housing affected by flooding in the Municipality of Athiémé

Table I shows the number of houses destroyed by flooding in the Municipality of Athiémé during the research period.

**Tableau I :** Number of housing destroyed by flooding in the Municipality of Athiémé

Year	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	Average
Housing completely destroyed	82	75	63	47	51	27	22	52,43
Housing partially destroyed	200	101	85	35	40	34	30	75,00
Submersion of housing without destruction of the building	402	264	192	143	133	71	78	183

Source: results of field surveys, 2010-2016

The results of the field investigations (Table I) show that the total destruction of homes concerns on average 52 houses in each flood cycle. However, it is important to note that there is a great disparity in the number of houses totally destroyed from year to year. Thus, it has been observed that since the great flood of 2010, this number has decreased each year and has gone from 82 houses totally destroyed in 2010 to 22 houses totally destroyed in 2016. The same is true for partially destroyed houses, the average of which is 75 is very high compared to the number of partially destroyed dwellings recorded in 2016, which is 30. These disparities are no doubt explained by the magnitude of each flood episode, the largest among those considered being that of 2010 while in 2017, the Municipality of Athiémé, after the small-scale flooding of 2016, was hardly flooded. There is also the submersion without destruction of dwellings at which the same trend is observed: an average of 183 submerged dwellings over the seven years of the study with the maximum in 2010 with 402 dwellings concerned and the minimum in 2015 with 71 dwellings concerned. The photos on Plate 1 show the destruction of houses in the Municipality of Athiémé due to flooding.





**Photo 1 :** house completely destroyed at Athiémégan  
 Prise de vue : Caritas Bénin, 2010



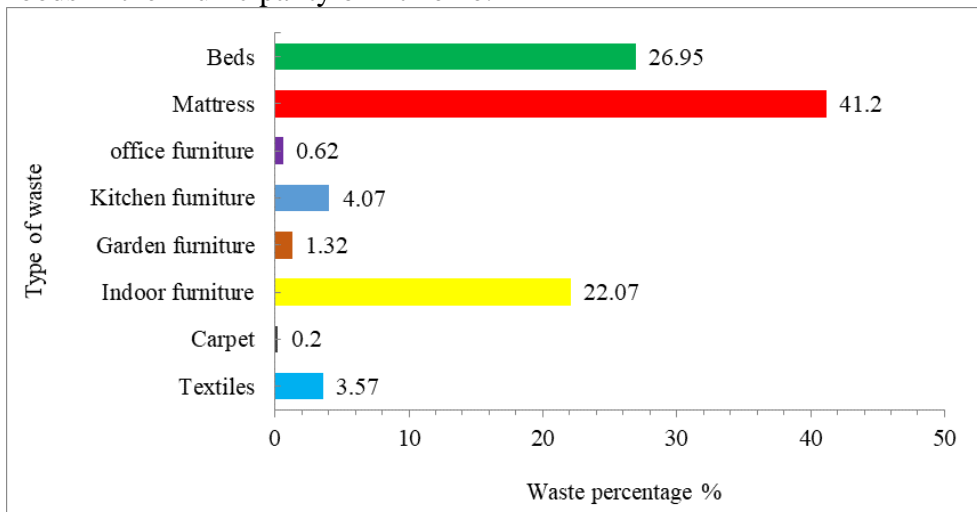
**Photo 2 :** house partially destroyed (falling) at Ahoho  
 Prise de vue : AFFO, 2016

**Plate 1:** houses totally or partially destroyed in the Municipality of Athiémé during the floods

Photo 1 of Plate 1 shows that it is no longer possible for the occupants of the completely destroyed house, who have moved in the meantime, to return to settle there after the water recedes. On the other hand, those whose houses are partially destroyed (photo 2) can, with a few summary modifications, remain in place.

### Nature of post-flood waste in the Municipality of Athiémé Furniture waste

Figure 2 shows the nature of the furniture waste resulting from the floods in the Municipality of Athiémé.



**Figure 2 :** type of furniture waste  
 Source: results of fields surbeys, 2010-2016

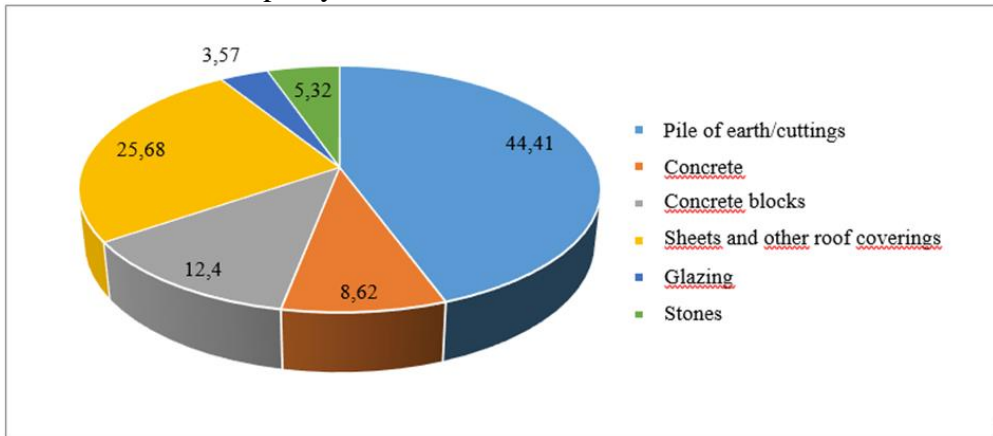
The analysis of the results presented in figure 2 shows that the mattresses (in foam or cotton residues or even woven in straw and other beds) constitute the most important elements in total weight of furniture waste (41,20 %). This high proportion is explained by the fact that households still have an element serving as a support for falling asleep, and all these supports are considered to be mattresses. Apart from mattresses, beds and interior furniture follow with 26.95% and 22.07% respectively. Indeed, all households with mattresses (foam or cotton residues or braided in straw) also have beds. This certainly explains the importance of this waste. In living rooms of accommodation, households always try to have at least chairs to sit on and make visitors sit; this also explains the high proportion of interior furniture. It must be said that the bed and interior furniture are mostly made of wood, metals and sometimes even plastic. This is certainly what makes the high weight they present. As for other types of furniture waste, these are often less important goods according to 88% of households. In addition, these are elements whose weight is generally low.

### **3.2.2. Household and assimilated waste**

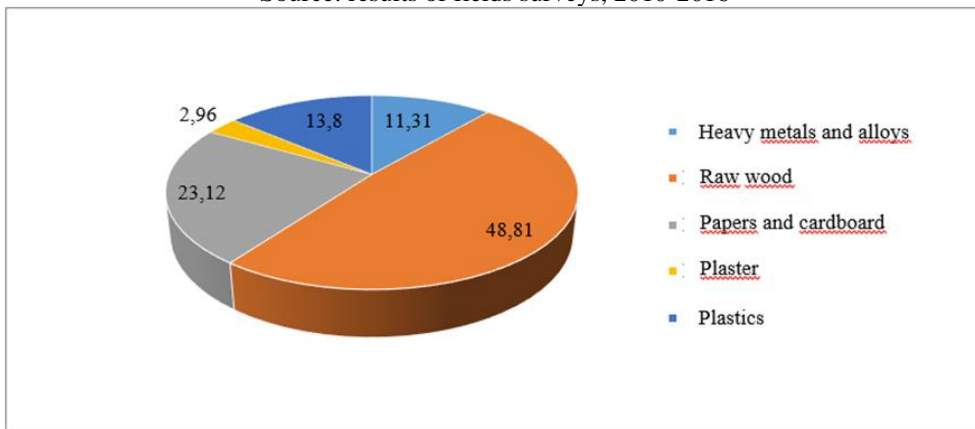
Apart from the destruction of houses, there is also degradation of goods such as clothing, food stocks, books and dishes. These goods are destroyed and transformed into waste respectively for 49.76%; 29.43%; 17.15% and 03.66% for the statistical units surveyed within the framework of this study. The small proportion of books shows that either these are unusual goods or they are goods for which households often do not have the means of purchase: they are therefore few goods. On the other hand, clothing, food stocks and crockery are generally goods available to households in large quantities and which are all exposed to flooding whether in a case of total or partial destruction of the home or in a case of simple submersion of dwellings

### 3.2.3. Waste from the destruction of residential buildings

The total or partial destruction of dwellings generates rubble made up of many elements including inert waste and ordinary industrial waste. Figures 3 and 4 show the nature of inert waste and common industrial waste from floods in the Municipality of Athiémé.



**Figure 3 :** nature of inert waste  
 Source: results of fields surveys, 2010-2016



**Figure 4 :** nature of ordinary industrial waste  
 Source: results of fields surveys, 2010-2016

Regarding inert waste (figure 3), it is mainly composed of cuttings (earth pile: 44.41%), metal sheets and other roof coverings (25.68%) and concrete blocks (12.40%). This waste comes mainly from the walls of destroyed houses. As for glazing (3.57%), it comes mainly from windows and doors. The same is true for part of the metals and alloys, the plaster and part of the woodwork which constitutes ordinary industrial waste. The rest of the metals and alloys come from the bowels of the concrete and the rest of the woodwork comes from the frames of destroyed houses.

However, it is important to note that the cuttings, cinder blocks and rubble from fallen walls are often fully reused (97.78%) for the construction of new residential buildings. It is the same for a good part (more than 75.36%) of the frame, doors and windows constituting the woodwork. The metal sheets, when they are not completely destroyed, are recovered and reused (67.89%).

### 3.2.4. The proportion of different categories of post-flood waste

Based on the different categories of post-flood waste, it was determined that waste from the partial or total destruction of homes accounts for 48% while furniture waste is 33%. Finally, the mixed waste is 19%. This is explained by the weight of the various constituent materials of degraded goods which turn into waste.

### 3.3. Mass composition of post-flood waste in the Municipality of Athiémé

The quantification of post-flood waste was done in kilograms. Table II presents the average results of post-flood waste production during the research period.

**Tableau II:** average post-flood waste production (in kg)

Types of waste	Années							Average
	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	
Building destruction waste	1218	729	515	657	604	211	287	≈ 603
Furniture waste	892	745	640	364	152	0	107	≈ 415
Mixed waste	421	375	318	284	276	0	0	≈ 239

Source: results of fields surveys, 2010-2016

These results clearly show that post-flood waste is dominated by rubble from the partial or total destruction of houses (around 603 kg on average) followed by furniture waste (around 415 kg on average) and finally mixed waste. (about 239 kg on average). In total, per flooded residential building, around 1,257 kg of post-flood waste is produced. These averages hide disparities from year to year. These disparities can certainly be explained by the magnitude of the flooding, which differs from year to year. The different consequences of the impact exerted by floods on residential buildings can also induce differentiation in the production of post-flood waste. Depending on the series of housing affected, the results obtained are rather as follows:

- housing totally destroyed: 1792 kg
- housing partially destroyed: 1129 kg
- housing flooded without destruction of the building: 851 kg

Table III presents the results of post-flood waste production by housing series.

**Tableau III:** quantification of post-flood waste production (in kg) per housing series

Year	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	Average
Houses totally destructed	146 944	134 400	112 896	84 224	91 392	48 384	39 424	<b>93 952</b>
Houses partially destructed	225 800	114 029	95 965	39 515	45 160	38 386	33 870	<b>84 675</b>
Submersion of housing without destruction of the building	342 102	224 664	163 392	121 693	113 183	60 421	66 378	<b>155 976</b>
<b>Total</b>	<b>714 846</b>	<b>473 093</b>	<b>372 253</b>	<b>245 432</b>	<b>249 735</b>	<b>147 191</b>	<b>139 672</b>	<b>334 603</b>

Source: results of fields surveys, 2010-2016

The results in Table III show that in terms of total house destruction, around 93,952 kg of post-flood waste is produced on average. However, it is important to note the great disparity in this production of post-flood waste relating to houses totally destroyed from one year to another. Thus, from 2010 to 2016, this production decreases each year and went from 146,944 kg in 2010 to 39,424 kg in 2016. The same is true for partially destroyed housing and flooded housing without destruction of the building. These disparities can certainly be explained by the magnitude of each flooding episode, the largest among those considered being that of 2010.

In addition, the largest deposits of post-flood waste recorded are observed in flooded housing without destruction of the building. In fact, the average post-flood waste production in flooded dwellings without destruction of the building amounts to 155,976 kg while the same average in partially destroyed dwellings is 84,675 kg.

In total, the average post-flood waste production recorded in the Municipality of Athiémé is 334,603 kg (i.e. 334.6 tonnes) within 2010, approximately 714 846 kg (i.e. 714.846 tonnes) and in 2016, approximately 139 672 kg (or 139.672 tonnes).

## Discussion

For several decades now, many efforts have been made in Benin in waste management, especially solid household waste. Unfortunately, these efforts are focused on urban areas (ADEGNIKA, 2004; GOMEZ, 2004; GBEDO, 2010; SAIZONOU, et al., 2010; TOPANOU, 2012). Rural areas such as the Municipality of Athiémé are therefore the poor relations of these efforts recorded in terms of waste management (AFFO, 2013; GADO, et al., 2014; SEBO, 2014). This degrading waste management situation is exacerbated in the Municipality by the recurring floods it suffers each year. While the management of flood cycles is planned through the National Civil Protection Agency and its territorial branches, the same is not true for the management of post-flood waste. And this seems normal when no information

is available on post-flood waste neither in Benin in general, nor in any flood-prone commune (or flood-prone territorial dismemberment) such as Athiémé in particular.

Therefore, this study has practiced showing how enormous post-flood waste can be in terms of mass. Although the reuse of cuttings, concrete blocks and rubble from fallen walls, the framework, doors and windows constituting the woodwork, sheets, for the construction of new residential buildings is common, and would lead to a significant reduction in the volume of post-flood waste, it is important that the management of flooding crisis take this type of waste into account, anticipate and plan its management. The present study, which is therefore a pioneer in the matter in Benin in general and in the Municipality of Athiémé, inevitably has limits which lead to propose that this first experience be re-edited so that the methodological approach proposed here is refined and strengthened. In this perspective, several parameters not included in this study could be introduced, because the estimated extent of the flooding phenomenon, the contiguity or not of the agglomerated space that it could affect, etc. inevitably define the importance of the volume of post-flood waste to be generated. However, if the present study was carried out downstream, the ideal is to have an estimate of post-flood waste whose management is planned by the crisis management unit, so an estimate must be made upstream: the studies to be and the parameters for quantifying post-flood waste must therefore contribute to it. This is why the following parameters, deriving from the limitations of the present study, are suggested:

- water level: the higher the water level in buildings, the more water reaches and damages many elements and goods which turn into waste;
- duration of submersion: the longer a flood, the more moisture it diffuses into property and buildings, thereby facilitating corrosion, etc. making the potential recovery and reuse of goods all the more hypothetical. It is therefore an aggravating factor in the production of post-flood waste;
- geographic influence: the larger the flooded area, the more the quantity of affected goods (potentially reducible to waste) increases;
- predictability of the flood and warning time: it offers the possibility of placing the goods (evacuation of vehicles from an area, securing of stocks of shops, means of production of industries, goods of the population, etc. .) sheltered and thus limit the quantity of waste produced by preventive measures: it depends in particular on the time available between the moment when the alert is given and when the water arrives;
- seasonality: it occurs above all for agricultural waste: if the fields exposed to the risk of flooding are flooded just before harvest, large



quantities of plant waste will be produced. This variable is less important in urban areas.

The combination of these parameters results in more or less significant and diversified post-flood waste production. It should be specify that these five parameters cited here as proposals in the refinement of a method for quantifying post-flood waste are already part of a French experiment on the quantification of the same waste (CEPRI, 2013) but much more in relation to sudden floods or floods induced by climatic extremes such as storms or cyclones. The French experience uses other parameters that are not suited to the Beninese context.

In addition, the parameters described above derive from the tools or data necessary for formulating the quantification of post-flood waste. The main data are the flooded area, rainfall amounts, topographical data, the results of recently exhaustive residential buildings, commercial or industrial, cultivated areas, etc.

## **Conclusion**

Through the results, this study makes awareness of the importance of post-flood waste deposits in Benin in general and in local authorities such as the Municipality of Athiémé in particular. Around 38% of this waste, consisting mainly of cuttings, concrete blocks and rubble from fallen walls, the framework, doors and windows represent the woodwork, sheets, for the construction of new residential buildings is reused. However, this does not solve the problem. Thus, beyond the awareness that it stipulates, the study suggests anticipation and planning of post-flood waste management. For this, it proposes parameters, data and tools to be used with an appropriate methodology in order to produce a mass characterization each year, and if this is useful a typological characterization, which will be used in decision-making at the level of the crisis management unit as well as at the usual waste management structures.

## **References:**

1. ADEGNIKA, F. M., (2004) : *La gestion des Déchets Solides Ménagers en milieu urbain d'Afrique sous la double contrainte de service public et d'efficacité économique : cas de Cotonou au Bénin*. Advanced Study Diploma thesis in Environmental Management, FLASH, University of Abomey-Calavi, 83 pages.
2. ADEME, (1993) : *Méthode de caractérisation des ordures ménagères*. ADEME, 61 pages.

3. AFFO, B., (2013) : *Paramètres environnementaux et infections respiratoires aiguës (IRA) dans la Commune d'Athiémé*. Master Thesis, DGAT/FLASH/UAC, 77 pages.
4. AFFO, B., (2018) : *Analyse des formes de gestion de salubrité post-inondation dans la commune de Athiémé*. Advanced Study Diploma thesis, UAC/FLASH/EDP, Cotonou, 79 pages.
5. AFNOR, (1996) : *Caractérisation d'un échantillon de déchets ménagers et assimilés*. Eds AFNOR, 24 pages.
6. AZONHE, T., (2009) : *Analyse systémique des déterminants environnementaux du paludisme et des maladies diarrhéiques chez les populations du secteur agricole dans la dépression des Tchi au sud du Bénin*. Single PhD Thesis, Bénin, University of Abomey-Calavi, 238 pages.
7. BEN AMMAR, S. (2006) : *Caractérisation des déchets ménagers pour le choix de traitements adaptés dans les pays en développement. Résultats de la caractérisation dans le Grand Tunis. Mise au point d'une méthode adaptée*. PhD under the supervision of G. Gillet et J.-L. Pineau, Polytechnic Institute of Lorraine, 326 pages.
8. BERAUD, H., JADOT, J., BARROCA, B., HUBERT, G., BAUDUCEAU, N., (2012) : *Estimation du volume et de la nature des déchets produits par une inondation. Éléments de réflexion pour l'élaboration d'une méthode*. 12th Congress Interpraevent, Apr 2012, Grenoble, France, 13 pages. <hal-01623810>
9. BERAUD, H., (2013) : *Initier la résilience du service de gestion des déchets aux catastrophes naturelles : le cas des territoires urbains et de l'inondation*. PhD Thesis in Urban Engineering, University of Paris-Est, 447 pages.
10. BONNEMAINS, J., (2009) : *Les déchets post catastrophe. Anticiper pour mieux gérer*. TSM, n° 3, pp. 60-69.
11. CARITAS BENIN, (2010) : *Projet d'assistance aux victimes des inondations dans le département du Mono*. Project document, rapport final, Cotonou, 23 pages. Document en ligne sur le site [www.caritas.org](http://www.caritas.org).
12. CEPRI, (2012) : *Gestion des déchets post-inondation, approche pour une méthodologie d'élaboration de plans de gestion*. Rapport, CEPRI, 148 p.
13. CEPRI, (2013) : *Méthode d'évaluation et de caractérisation des déchets post-inondation (MECaDePI)*. Les fiches du CEPRI, CEPRI, 48 pages.
14. GADO, R., SEBO, E., AZONHE, T., (2014) : *Etat de salubrité et morbidité diarrhéique dans le bassin géographique du fleuve Mono au sud du Bénin*. In Revue de Géographie du Bénin (BenGéO), Université



- d'Abomey-Calavi (Bénin), ISSN 1840-5800, N° 16, décembre 2014, pp. 104 à 124.
15. GBEDO, V., (2010) : *Problématique de la valorisation des déchets plastiques à Cotonou : approche pour une maîtrise des aspects technique et socio-économique*. Thèse de Doctorat, Université d'Abomey-Calavi, 237 pages.
  16. GIEC, (2007) : *Résumé à l'intention des décideurs : bilan 2007 des changements climatiques : impacts adaptation et vulnérabilité*. In M. L. O. F. Canziani, G.P. Paluticof, P. J. Van der Linden ; attributions du groupe de travail nd C. E. Hanson, (edi). Contribution du groupe de travail II au quatrième rapport d'évaluation. Rapport d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat. Cambridge University Press, Cambridge, Royaume-Unis.
  17. GOMEZ, A., (2004) : *La problématique de l'assainissement et de la santé dans les villes moyennes du Bénin : cas de Banté*. Mémoire de DEA en gestion de l'environnement, Ecole Doctorale Pluridisciplinaire d' Espace Culture et Développement, 91 pages.
  18. DJENONTIN, I., (2006) : *Monographie communale de Athiémé*. Cabinet Afrique Conseil, 40 pages.
  19. SAIZONOU, M., YEHOUENOU, B., BANKOLE, H., JOSSE, R., SOCLO, H., (2010) : *Impact des déchets de l'abattoir de Cotonou dans la dégradation de la qualité de la nappe phréatique*. J. Soc. OuestAfr.Chim, 030 79-91.
  20. SEBO, E., (2014) : *Analyse des facteurs de différenciation de la morbidité diarrhéique dans le bassin géographique sud-béninois du fleuve mono (Afrique de l'Ouest)*. Thèse de doctorat unique, UAC/FLASH/EDP, Cotonou, 339 p.
  21. TOPANOU, K. A. N., (2012) : *Gestion des déchets solides ménagers dans la ville d'Abomey-Calavi (Bénin) : caractérisation et essais de valorisation par compostage*. Thèse de Doctorat en cotutelle, Université d'Abomey-Calavi et Université d'Aix Marseille, 194 pages.



ESJ Natural/Life/Medical Sciences

## **Caractérisation physicochimique des eaux de la nappe phréatique de la vallée de Boghol, commune de Dabaga/Agadez (Niger)**

*Maman Bachar Ibrahima Oumarou*

*Mahaman Moustapha Adamou*

*Souley Tchagam Tchagam Agi*

Département Génie Rurale et Eaux et Forêt, Faculté d'Agronomie Université  
Abdou Moumouni de Niamey, Niamey, Niger

*Mamadou Sarra*

Laboratoire sol-eau-plante, Institut d'Economie Rurale (IER), Centre  
Régional de Recherche Agronomique de Sotuba, Bamako, Mali

[Doi:10.19044/esj.2022.v18n21p185](https://doi.org/10.19044/esj.2022.v18n21p185)

Submitted: 14 February 2022

Accepted: 14 June 2022

Published: 30 June 2022

Copyright 2022 Author(s)

Under Creative Commons BY-NC-ND

4.0 OPEN ACCESS

*Cite As:*

Ibrahima Oumarou M.B., Adamou M.M., Tchagam Agi S.T. & Sarra M. (2022). *Caractérisation physicochimique des eaux de la nappe phréatique de la vallée de Boghol, commune de Dabaga/Agadez (Niger)*. European Scientific Journal, ESJ, 18 (21), 185.

<https://doi.org/10.19044/esj.2022.v18n21p185>

### **Resume**

La vallée de Boghol est située dans la région d'Agadez au nord du Niger. Elle constitue un bassin de production où l'agriculture irriguée est la principale activité. Cette dernière occupe la grande majorité de la population et se pratique durant toute l'année avec l'eau souterraine comme l'unique source d'eau d'irrigation. Malgré la méconnaissance de la qualité de ces eaux, l'irrigation connaît une intensification susceptible d'impacter la nappe phréatique. L'objectif de ce travail est de contribuer à caractériser les eaux de ladite vallée. L'approche méthodologique s'est basée sur le prélèvement des échantillons d'eau au niveau des puits maraichers sur la base d'un transect permettant de couvrir toute la vallée. Ces eaux ont fait l'objet de mesures physiques sur le terrain et d'analyses chimiques au laboratoire par titrimétrie, puis photométrie. Outre l'analyse en composante principale, le traitement des résultats a été fait en utilisant le diagramme de Piper et celui de Schoeller-Berkaloff. Aussi, les méthodes du taux d'absorption du sodium (SAR), Wilcox et de carbonate de sodium résiduel (RSC) ont été utilisées. Les résultats de

l'étude montrent que les eaux sont de bonne qualité organoleptique. Quant au pH, les valeurs sont presque neutres dans tous les ouvrages. La conductivité électrique varie de 220,50 à 606,3  $\mu\text{s}/\text{cm}$  et présente le plus grand nombre de corrélation avec les autres paramètres physicochimiques. Tous les échantillons ont un faciès chimique bicarbonaté calcique et ont une bonne aptitude à l'irrigation. Cependant, il est constaté une augmentation spatiotemporelle du taux de minéralisation et celui du nitrate. D'où la nécessité de préserver cette qualité en adoptant des bonnes pratiques d'irrigation.

---

**Mots clés :** Qualité des eaux, Aptitude des eaux à l'irrigation, Vallée de Boghol, eaux souterraines, Minéralisation

---

## **Physicochemical characterization of groundwater of the Boghol valley, municipality of Dabaga/Agadez (Niger)**

*Maman Bachar Ibrahima Oumarou*

*Mahaman Moustapha Adamou*

*Souley Tchagam Tchagam Agi*

Département Génie Rurale et Eaux et Forêt, Faculté d'Agronomie Université  
Abdou Moumouni de Niamey, Niamey, Niger

*Mamadou Sarra*

Laboratoire sol-eau-plante, Institut d'Economie Rurale (IER), Centre  
Régional de Recherche Agronomique de Sotuba, Bamako, Mali

---

### **Abstract**

The Boghol Valley is located in the Agadez region in northern Niger. It is a production basin where irrigated agriculture is the main activity. The latter occupies the vast majority of the population and is practised all the year with groundwater as the only source of irrigation water. Despite the lack of knowledge about the quality of these waters, irrigation is being intensified and is likely to impact the water table. The objective of this work is to help characterize the waters of this valley. The methodological approach was based on the collection of water samples from vegetable wells/market garden wells based on a transect covering the whole valley. These waters were the subject of physical measurements in the field and chemical analyses in the laboratory by titrimetry, then photometry. In addition to the main component analysis, the results were processed using the Piper and Schoeller-Berkaloff diagrams. Also, the methods of sodium absorption rate (SAR), Wilcox and residual sodium carbonate (RSC) were used. The results of the study show that the water is of good organoleptic quality. As for pH, the values are almost neutral in all works. Electrical conductivity ranges from 220.50 to 606.3  $\mu\text{s}/\text{cm}$  and is

most correlated with other physicochemical parameters. All samples have a calcium bicarbonate chemical face and are good for irrigation. However, a spatiotemporal increase in the rate of mineralization and that of nitrate is observed. Hence, the need to preserve this quality by adopting good irrigation practices.

---

**Keywords:** Water Quality, Water Suitability for Irrigation, Boghol Valley, Groundwater, Mineralization

## 1. Introduction

L'eau douce est une ressource d'une importance capitale pour la vie biologique, environnementale et socio-économique. Toutefois, cette ressource qui était jadis de bonne qualité, se trouve actuellement menacée par diverses sources ponctuelles et diffuses de contamination dans beaucoup de régions (Belghiti *et al.*, 2013 ; Amadou, *et al.*, 2014). Plusieurs sources sont à l'origine de la pollution des eaux, dont les principales sont les activités agricoles, les rejets urbains et industriels (Berdai *et al.*, 2004). Partout dans le monde, la pression sur les ressources en eau et en particulier sur les ressources en eau souterraines est à la hausse, principalement en raison de la demande croissante et de la dégradation de la qualité de l'eau de surface (Nouayti, 2015). De ce fait, depuis quelques années, la protection et la conservation des milieux naturels, en particulier la qualité des eaux, est devenue une préoccupation majeure et un objectif principal dans les programmes de développement (Berdai, 2004). Au Niger, l'agriculture irriguée est très développée et constitue la stratégie du gouvernement pour faire face aux multiples sécheresses (Ehrnrooth *et al.*, 2011). Elle est pratiquée dans tout le pays sous diverses formes à partir des eaux de surface et souterraines (Nazoumou *et al.*, 2016). Dans les montagnes de l'Air, situés dans la partie nord du Niger, l'irrigation est essentiellement pratiquée grâce aux eaux des nappes alluviales (Alhassane, 2018). Ces dernières se rechargent à travers les écoulements saisonniers provenant des pluies. Autrefois, dans cette zone, l'agriculture irriguée se pratiquait sur des petites superficies, car elle visait à répondre aux besoins alimentaires. La fertilisation des sols se faisait à partir de la fumure organique avec une faible quantité (AcSSA, 2011). Cependant, ces dernières années, l'activité maraîchère connaît un bouleversement avec le « boom » de l'oignon qui procure un revenu important aux producteurs (PromAP, 2015). Cela a conduit ces derniers à une intensification de la production en faisant appel aux technologies innovantes, en augmentant les superficies exploitées et en utilisant des engrais chimiques (Mamadou, 2014). En effet, cette technique couplée aux doses d'eau excessives pratiquées par les agriculteurs peut entraîner des drainages importants et par conséquent un risque de pollution des eaux souterraines (Berdai, 2004 ; Gouaidia *et al.*, 2017). Aussi, lors des

forts évènements pluvieux, le lessivage des terres arables artificiellement fertilisées entraîne dans les masses d'eau de surface et souterraines une augmentation en nitrates et phosphates issus des engrais minéraux (Savoie, 2014 ; Bhurtun, 2018). Ainsi, les sels minéraux provenant de l'intensification des pratiques agricoles perturbent le développement des plantes et modifient la perméabilité et l'aération des sols (Douaoui, 2007). Compte tenu des pratiques développées dans la vallée de Boghol, celle-ci court un risque. En effet, l'agriculture irriguée continue son expansion avec l'utilisation des produits chimiques malgré la méconnaissance de la qualité des eaux. Ce qui n'est pas sans conséquence pour le devenir de l'irrigation. Dans ce contexte, la connaissance des caractéristiques des eaux de ladite vallée s'avère nécessaire.

## **2. Méthodologie**

### **2.1. Présentation de la zone d'étude**

La vallée de Boghol est située dans la commune rurale de Dabaga à 25 km du chef-lieu de la commune et à 30 km de la ville d'Agadez au Niger (**Figure 1**). La superficie du bassin versant de cette vallée est estimée à 169,11 km<sup>2</sup> dont 12% irrigables. Le réseau hydrographique est marqué par la domination du koris principal de Boghol qui se forme à la confluence de deux koris qui prennent naissance des montagnes de Dabaga-Est (PromAP, 2018). Le climat de la zone est de type tropical subdésertique caractérisé par une très grande aridité avec un très faible niveau pluviométrique (Karimoune, 2017). La pluviométrie est aléatoire et varie considérablement selon l'année de 24,2 à 225,10 mm/an observée pendant les 30 dernières années de 1985 à 2015 (PromAP, 2015). Le gradient thermique est caractérisé par des grandes amplitudes thermiques selon les saisons : (i) en saison froide (novembre à février) : inférieur à 10°C jusqu'à 35°C, (ii) en saison chaude (avril à juin) : de 25°C à 45°C. La zone est caractérisée par une évaporation intense et un vent fort (jusqu'à 20 km/h) et une très forte insolation (3192,9 heures/an en moyenne) qui exacerbent l'assèchement climatique (ETP de 2.500 à 2.600 mm/an) (PromAP, 2018). La végétation du bassin versant est surtout concentrée sur les bordures des cours d'eau constituant ainsi des cordons ripicoles (*Salvadora persica*, *Calotropis procera*, *Boscia senegalensis*, *Acacia raddiana*, etc.). La faune sauvage du site de Boghol renferme une diversité des espèces fauniques composée de mammifères, des espèces aviaires et des reptiles (le singe patas, le babouin, le chacal, l'écureuil, le lézard à queue épineuse, la vipère, etc.). Diverses activités socioéconomiques sont pratiquées dont la principale est l'agriculture irriguée (DRGR, 2016). Géologiquement, l'Aïr où se situe la zone d'étude est un témoin du socle ancien, de la vieille pénéplaine usée dont on retrouve les affleurements cristallins sous les sables de regs ou à la base des séries gréseuses qui constituent les Tassili (Chaïbou,

2005). Cette zone est caractérisée par la présence de quatre (4) formations géologiques qui sont de bas vers le haut : le socle, le complexe subvolcanique, le volcanisme récent et les formations sédimentaires (Alhassane, 2018). Du point de vue hydrogéologique, deux réservoirs coexistent dans le massif de l'Air (Joseph, 1992) : le premier est représenté à la base par le socle et se caractérise par une porosité et une transmissivité faible (Armand, 1987). Le second est constitué par des formations argilo-sableuses des alluvions d'oueds (koris) qui est un réservoir important du fait de sa capacité d'emmagasinement (Joseph et Diluca, 1986). Globalement les différents aquifères identifiés du bas en haut sont : les aquifères discontinus du socle ; les aquifères des altérites et les aquifères des alluvions (Alhassane, 2018).

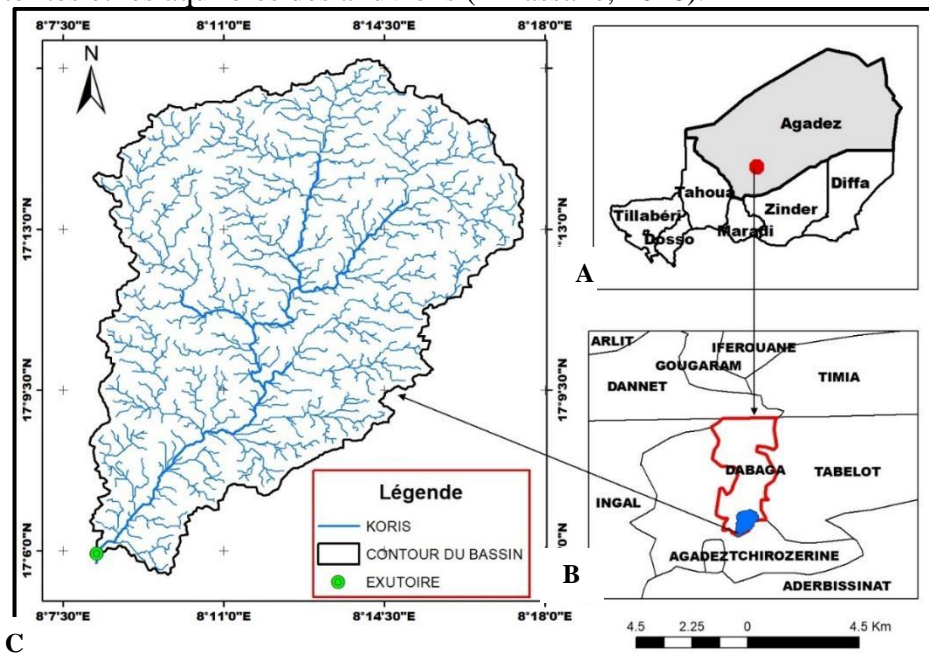


Figure 1: Localisation de la zone d'étude : Région d'Agadez (A) ; Commune rurale de Dabaga (B) ; Bassin versant de la vallée de Boghol extrait à partir de l'image SRTM (C)

## 2.2. Prélèvement d'échantillons d'eau

Les eaux ont été prélevées au niveau de six (6) puits maraîchers répartis le long de la vallée (Figure 2). Les échantillons d'eau sont prélevés dans les bouteilles de 0,5 litres, préalablement rincées à l'eau du puits. Chaque échantillon fait l'objet d'étiquetage (nom du puits, numéro de la bouteille, date de prélèvement, coordonnées du puits), avant d'être conditionné dans une glacière et acheminé au laboratoire de la direction régionale de l'hydraulique et de l'assainissement de Tahoua (Niger).



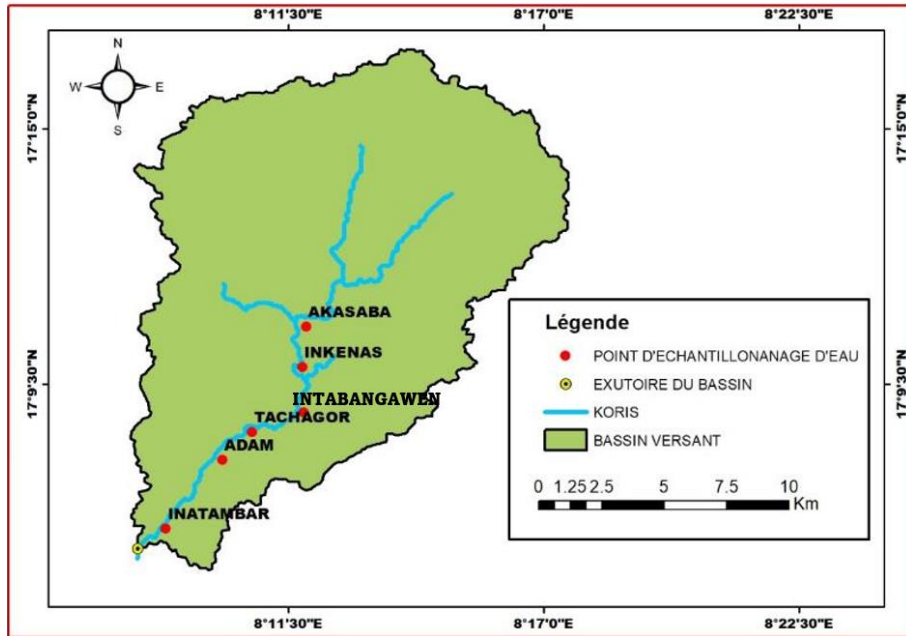


Figure 1 : Répartition des ouvrages échantillonnés

## 2.3. Analyses physicochimiques

### 2.3.1. Analyses *in situ*

Les analyses réalisées sur place à la date du 17/02/2021 ont concerné :

- les paramètres organoleptiques : l'odorat, le goût et la turbidité, déterminés par l'utilisation des organes de sens (les yeux, le nez et la langue).
- le pH, la conductivité électrique (CE) et le taux de matière dissoute (TDS), par lecture directe sur un Ph mètre / conductivimètre PC 450.

### 2.3.2. Titrimétrie

Le principe de mesure repose sur le dosage d'un échantillon de 100 ml d'eau, auquel on ajoute une solution tampon (catalyseur), un indicateur coloré (selon l'ion à rechercher), un titrage avec le réactif correspondant.

#### La dureté totale : $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$

La dureté totale est obtenue par l'ajout d'une solution tampon Hardness II de 2 ml. La présence des ions  $\text{Ca}^{2+}$  et  $\text{Mg}^{2+}$  est marquée par l'apparition d'une couleur rouge-violet. Le Man ver 2 a été utilisé comme indicateur coloré et la titration faite avec une solution d'Ethyl Diamine Tétra Acétique (EDTA) à 0,8N jusqu'à apparition de la couleur bleue. La valeur obtenue est la teneur en dureté totale de l'eau.

### **Dureté Calcique ou $\text{Ca}^{2+}$**

Il est ajouté 2 ml de solution NaOH à 8N. En présence des ions  $\text{Ca}^{2+}$ , on a l'apparition d'une coloration violette. Le Cal ver 2 est utilisé comme indicateur coloré. La titration est faite avec une solution d'EDTA à 0,8N jusqu'à apparition de la couleur bleu clair. La valeur obtenue est multipliée par 0,40, coefficient de la teneur en dureté calcique de l'eau.

### **Dureté Magnésienne ou $\text{Mg}^{2+}$**

Elle est obtenue par la relation 1 (Dardel, 2022) :

$$Mg = DT - Ca \quad (1)$$

Où :

Mg : Dureté magnésienne ;

DT : Dureté Totale ;

Ca : Dureté calcique.

### **Dureté temporaire ou bicarbonates $\text{HCO}_3^- / \text{CO}_3^{2-}$**

Elle est appelée dureté temporaire du fait qu'elle peut être éliminée par chauffage de l'eau. Un sachet de bromocrésol est ajouté dans l'échantillon d'eau comme indicateur coloré. Ainsi, l'apparition d'une coloration verte indique la présence des bicarbonates. La titration est faite à l'acide sulfurique à 1,6N jusqu'à apparition d'une couleur rouge clair qui est le point équivalent. La valeur obtenue correspond à la dureté temporaire. Ce même procédé a été utilisé pour les carbonates mais en utilisant la phénolphtaléine comme indicateur coloré.

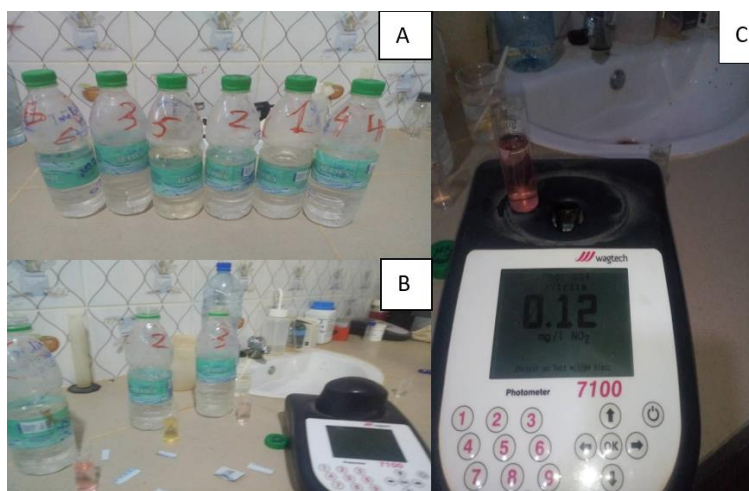
### **2.3.3. Photométrie**

Le principe repose sur le prélèvement de 10 ml d'eau dans une petite cuve, auquel on ajoute un sachet de réactif correspondant. En présence de l'ion recherché, on a l'apparition d'une coloration. Cette cuve est ensuite introduite dans le spectrophotomètre 7100 en sélectionnant la longueur d'onde et en calibrant l'appareil avec une eau sans réactif comme « blanc » (**Figure 3**). La teneur en ion recherché s'affiche sur le cadran de l'appareil selon la loi de Lee Lambert (1760) : « en spectrophotométrie, la teneur en ion recherché est proportionnelle à la quantité d'électricité absorbée par le passage du spectre lumineux traversant la cuve, à l'épaisseur de la cuve et à la longueur d'onde de l'ion à analyser ». Le **Tableau 1** présente la procédure d'analyse des différents éléments.



**Tableau 1 : Méthodes de mesure des éléments chimiques**

Eléments	Longueur d'onde	Réactif correspondant	Couleur	Valeur
Chlorures	31 nm	Sachet Diphenylcarbazone	Blanc-sale	Lecture
Florures	14 nm	5 ml de SPDNS	Rouge-claire	Lecture
Nitrites	64 nm	Sachet de Nitriver 3	Rose	Lecture x 3,3
Nitrates	63 nm	Sachet de Nitriver 5	Café-clair	Lecture x 4,4
Sulfates	32 nm	Sachet de Sulfaver 4	Blanche	Lecture
FeTot	19 nm	Sachet de Ferrover	Rouge	Lecture



**Figure 3 :** Analyses des échantillons d'eau (A : Echantillons en bouteille, B : Préparation des réactifs et C : Analyse avec le photomètre)

## 2.4. Interprétation des résultats

### 2.4.1. Contrôle de précision de l'analyse

La Balance ionique (BI) a été utilisée pour contrôler la validité des résultats analytiques des eaux. Ainsi, lorsque la valeur de la BI, obtenue par la formule 2 (Souleymane et *al.* 2020), est  $\leq 6\%$ , les résultats des analyses sont considérés valides, ce qui permet de poursuivre le traitement (Essouli et *al.* 2020).

$$BI = \frac{\Sigma \text{ cations} - \Sigma \text{ anions}}{\Sigma \text{ cations} + \Sigma \text{ anions}} \times 100 \quad (2)$$

### 2.4.3. Analyse statistique

L'analyse statistique est basée sur la méthode d'analyse en composante principale. Elle a pour but de comprendre les corrélations qui existent entre les différentes variables prises deux à deux, de choisir les différents axes factoriels, la contribution de chaque variable à la constitution des axes factoriels et les différents mécanismes qui interviennent dans la minéralisation des eaux souterraines (Moussa et *al.* 2015). Le seuil de corrélation significative a été fixé en considérant le coefficient de corrélation critique  $r=0.64$  (Amadou et *al.* 2014). Les résultats analytiques ont fait l'objet de

projection sur le diagramme de Piper (1953) et celui de Schoeller-Berkaloff (Adda, 2013) pour connaître le faciès des eaux.

#### 2.4.4. Détermination de l'aptitude des eaux à l'irrigation

Pour évaluer l'aptitude à l'irrigation de l'eau de la vallée de Boghol, trois (3) approches ont été abordées :

(i) *évaluation du risque lié au sodium* dans les eaux d'irrigation, en déterminant le taux d'absorption de sodium (SAR – sodium absorption ration) selon la formule 3 de Richards (1954) (Abbou et al., 2014) :

$$SAR (meq/l) = \frac{Na^{2+}}{\sqrt{\frac{Ca^{2+} + Mg^{2+}}{2}}} \quad (3)$$

Où :

$Na^{2+}$  : concentration en ion sodium ;

$Ca^{2+}$  : concentration en ion calcium ;

$Mg^{2+}$  : concentration en ion magnésium.

Les résultats ont été portés dans un tableau afin de dresser un diagramme dit de Richard 1954 (Adda, 2013) en fonction de la conductivité électrique. Ce diagramme permet de déterminer les classes des aptitudes des eaux à l'irrigation.

(ii) *Calcul du pourcentage du sodium* à travers la formule 4 (Souleymane et al. 2020) et établissement du diagramme de Wilcox (1955) qui permet de faire la classification des eaux selon leur aptitude à l'irrigation.

$$Na\% = \frac{(Na^{+}+K^{+})}{(Ca^{2+}+Mg^{2+}+Na^{+}+K^{+})} \times 100. \quad (4)$$

Où :

$Na^{2+}$  : concentration en ion sodium ;

$Ca^{2+}$  : concentration en ion calcium ;

$Mg^{2+}$  : concentration en ion magnésium ;

$K^{+}$  : concentration en ion potassium.

(iii) *Détermination de la concentration du Carbonate de Sodium Résiduel (RSC)* par la formule (5) d'Eaton (1950). Exprimé en méq/L, le RSC permet de définir le risque de salinisation et de sodisation des sols.

$$RSC = [HCO_3^- + CO_3^{2-}] - [Ca^{2+} + Mg^{2+}] \quad (5)$$

Où:

$HCO_3^-$  : Concentration des bicarbonates ;

$CO_3^{2-}$  : Concentration des carbonates ;

$Ca^{2+}$  : Concentration des calcium ;

$Mg^{2+}$  : Concentration des magnesium.

Les valeurs obtenues du RSC sont ensuite comparées au **Tableau 3**.

**Tableau 3** : Classification de l'aptitude des eaux pour l'irrigation selon les valeurs de RSC (Abdel, 2018)

Valeur du RSC	Aptitude de l'eau pour l'irrigation
] ← - 1,25]	Eau de bonne qualité pour l'irrigation
] 1,25 – 2,50 [	Eau de qualité moyenne pour l'irrigation
[2,50 - → [	Eau salée et impropre pour l'irrigation

### 3. Résultats

#### 3.1. Paramètres organoleptiques

Les eaux de la vallée de Boghol sont de couleur claire et limpide. Elles ne contiennent pas matières en suspension (MES) visibles à l'œil nu. Ces eaux ne présentent pas d'odeur particulière. Aucun gout particulier n'a été constaté. Elles gardent les mêmes qualités organoleptiques après leur conservation dans des conditions naturelles pendant plusieurs mois.

#### 3.2. Paramètres physiques

L'analyse des résultats des paramètres physiques des eaux de la vallée de Boghol présentés dans le **Tableau 4** montre que les pH sont compris entre 6,74 à 6,98 et tandis que la température moyenne des eaux est de 24,21°C. Quant à la conductivité électrique, elle varie entre 220,50 à 606,3 µs/cm, avec une moyenne de 375,63µs/cm.

**Tableau 4** : Paramètres physiques des échantillons d'eau prélevée

Puits	Température (°C)	pH	CE (µs/cm)
Akassaba	24,2	6,74	606,3
Inkenas	24,1	6,8	248,9
Intabangawen	24,3	6,86	366,1
Tachagor	24,3	6,84	275,6
Adam	24,3	6,84	220,5
Inatambar	24,1	6,98	536,4

#### 3.3. Paramètres chimiques

Le **Tableau 5** présente les résultats d'analyse des paramètres chimiques des eaux de la vallée. L'analyse du tableau montre que les valeurs moyennes des cations des eaux s'établissent dans l'ordre d'abondance suivant :  $Ca^{2+} > Na^{+} > Mg^{2+} > k^{+} > Fe$  T, avec respectivement 65,06 mg/L, 16,30 mg/L, 14,51 mg/L, 4,46 mg/L et 0,23 mg/L. Quant aux anions, leurs valeurs moyennes sont dans l'ordre croissant suivant :  $HCO_3^{-} > SO_4^{2-} > Cl^{-} > NO_3^{-} > NO_2^{-}$  avec respectivement 179,67 mg/L, 57,67 mg/L, 15,17 mg/L, 10, 65 mg/L et 0,22 mg/L. La balance ionique est comprise entre 1,34 et 5,25.

**Tableau 5 :** Paramètres chimiques des eaux de la vallée de Boghol (fevrier, 2021)

Puits	Cations (mg/L)				Anions (mg/L)						BI
	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	k <sup>+</sup>	Fer T	Na <sup>+</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	
<b>Akassaba</b>	96	36,48	5,38	0,2	16,19	136	25,52	0,39	18	296	1,34
<b>Inkenas</b>	39,59	3,89	4,53	0,3	14,47	47	6,16	0,13	15	118	5,9
<b>Intabangawen</b>	43,56	29,18	4,83	0,3	13,06	44	4,4	0,09	4	188	4,9
<b>Tachagor</b>	55,2	0	3,32	0,15	19,22	30	16,36	0,23	26	104	4,99
<b>Adam</b>	58,4	5,83	3,37	0,30	6,53	26	4,4	0,26	23	76	5,25
<b>Inatambar</b>	97,6	11,67	5,3	0,2	26,7	63	7,04	0,19	5	296	5,24
<b>Moyenne</b>	<b>65,06</b>	<b>14,51</b>	<b>4,46</b>	<b>0,23</b>	<b>16,3</b>	<b>57,67</b>	<b>10,65</b>	<b>0,22</b>	<b>15,17</b>	<b>179,67</b>	<b>4,6</b>

### 3.4. Dureté totale

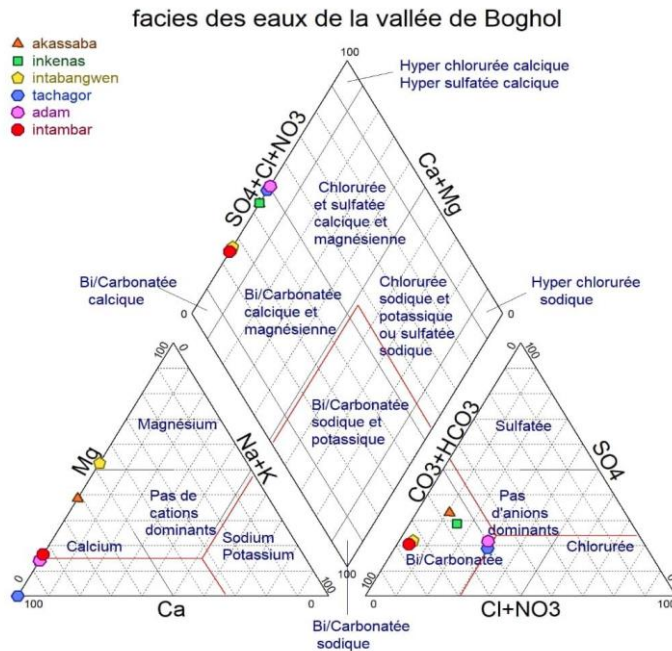
Le *Tableau 6* exprime la dureté des eaux. On constate qu'au niveau des puits Akassaba et Inatambar situés respectivement en amont et en aval de la vallée, les eaux sont dures contrairement aux autres ouvrages où elles sont douces. Les valeurs de la dureté des eaux des puits Inkenas et Inatambar sont comprises entre 79,18 mg/L et 195,20 mg/L.

**Tableau 6 :** Dureté des eaux

Puits	Titre hydrotimétrique (°dh)	Degrés français (°F)	Classe des eaux
Akassaba	192	19,2	Eaux dures
Inkenas	79,18	7,918	Eaux douces
Intabangawen	87,12	8,712	Eaux douces
Tachagor	110,4	11,04	Eaux douces
Adam	116,8	11,68	Eaux douces
Inatambar	195,2	19,52	Eaux dures

### 3.5. Faciès hydro chimique des eaux

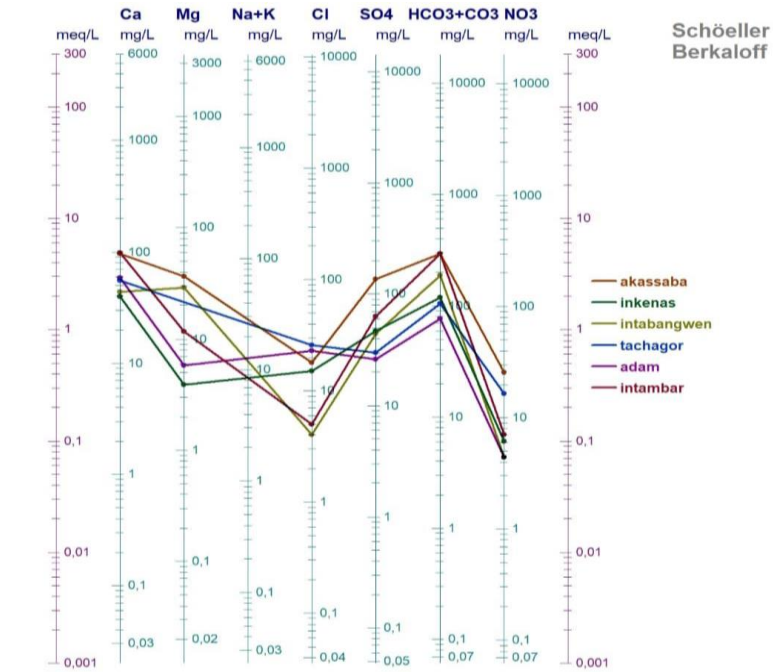
Le diagramme (*Figure 4*) montre que les anions et cations dominants sont respectivement le HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> et le Ca<sup>2+</sup>. Les autres ions sont dans des proportions acceptables. On peut ainsi dire que toutes les eaux de la vallée de Boghol ont un faciès chimique bicarbonaté calcique.



**Figure 4 :** Diagramme de Piper des eaux de la vallée de Boghol

### 3.6. Diagramme de Schoeller-Berkaloff

Le diagramme (*Figure 5*) montre deux (2) pics situés sur les axes des calciums et bicarbonates traduisant ainsi leur caractère bicarbonaté calcique. Les valeurs les plus importantes sont observées au niveau des puits Akassaba et Inatambar. Cependant, les plus faibles valeurs sont sur les axes des chlorures (puits Intabangawen et Inatambar) et nitrates (puits Adam et Intabangawen). Les courbes évoluent en parallèle, sauf au niveau de l'axe des chlorures où elles s'entrecroisent.



**Figure 5 :** Diagramme de Schoeller-Berkaloff des eaux de la vallée de Boghol

### 3.7. Corrélation entre les paramètres physicochimiques des eaux

Le *Tableau 7* représente la matrice de corrélation des paramètres physico-chimiques. Cette matrice montre des fortes corrélations positives entre :

- CE et  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{HCO}_3^-$  ;
- $\text{Ca}^{2+}$  et  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{HCO}_3^-$  ;
- $\text{Mg}^{2+}$  et  $\text{K}^+$ ,  $\text{HCO}_3^-$  ;
- $\text{K}^+$  et  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{HCO}_3^-$  ;
- $\text{SO}_4^{2-}$  et  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{HCO}_3^-$  ;
- $\text{NO}_3^-$  et  $\text{NO}_2^-$ .

On observe aussi des fortes corrélations négatives entre le :

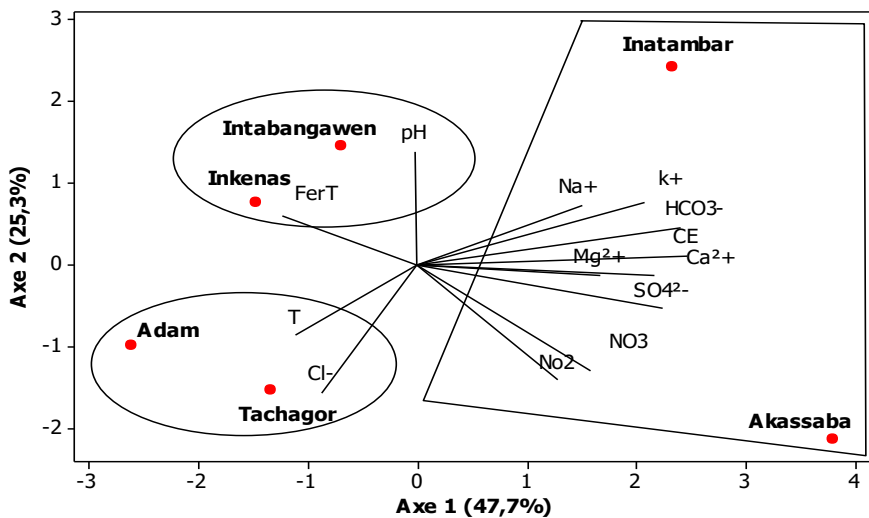
- $\text{K}^+$  et  $\text{Cl}^-$  ;
- le Fer T et  $\text{Na}^+$ ,  $\text{NO}_3^-$ .

**Tableau 7 : Matrice de corrélation entre les paramètres physicochimiques**

Variables	pH	CE	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Fer T	Na <sup>+</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>
pH	1.00											
CE	0.06	1.00										
Ca <sup>2+</sup>	0.20	<b>0.86</b>	1.00									
Mg <sup>2+</sup>	-0.31	<b>0.72</b>	0.39	1.00								
K <sup>+</sup>	0.08	<b>0.84</b>	0.55	<b>0.71</b>	1.00							
Fer T	-0.10	-0.45	-0.57	0.05	-0.02	1.00						
Na <sup>+</sup>	0.55	0.58	0.56	-0.03	0.47	<b>-0.69</b>	1.00					
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	-0.43	<b>0.86</b>	<b>0.70</b>	<b>0.76</b>	<b>0.73</b>	-0.31	0.24	1.00				
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	-0.57	0.56	0.52	0.41	0.21	<b>-0.69</b>	0.23	<b>0.76</b>	1.00			
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	-0.47	0.46	<b>0.66</b>	0.30	0.04	-0.48	-0.03	<b>0.66</b>	<b>0.80</b>	1.00		
Cl <sup>-</sup>	-0.53	-0.43	-0.13	-0.43	<b>-0.74</b>	-0.29	-0.37	-0.12	0.41	0.55	1.00	
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	0.18	<b>0.98</b>	<b>0.82</b>	<b>0.69</b>	<b>0.90</b>	-0.36	0.63	<b>0.79</b>	0.42	0.30	-0.57	1.00

### 3.8. Analyse factorielle

Les données sur les analyses physico-chimiques des eaux des puits et des localités soumises à l'analyse en composante principale (ACP) révèlent que, les deux premiers axes concentrent 70% de la variance totale. L'axe 1 centralise à lui seul 47,7% et le deuxième axe 25,3% de l'information contenue dans les axes (**Figure 6**). L'analyse du plan factoriel montre que les eaux des puits des villages de Inatambar et Akassaba contiennent plus de Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup>, HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>, CE, Mg<sup>2+</sup>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, NO<sub>2</sub><sup>-</sup> et Ca<sup>2+</sup> alors que ceux de Intabangawen et Inkenas ont des valeurs de pH et de Fer T plus élevées. Tandis que les eaux des puits des villages de Adam et de Tachagor présentent les valeurs les plus élevées de T et de Cl<sup>-</sup>.



**Figure 6 : Plan factoriel des paramètres physicochimiques**

### 3.9. Aptitude des eaux à l'irrigation

#### 3.9.1. Méthode du taux d'absorption de sodium (SAR)

Les valeurs du SAR calculées à partir des résultats analytiques sont présentées dans le **Tableau 8**. Elles sont comprises entre 0,3 meq /L (Adam) et 1,0 meq /L à Tachagor et Inatambar.

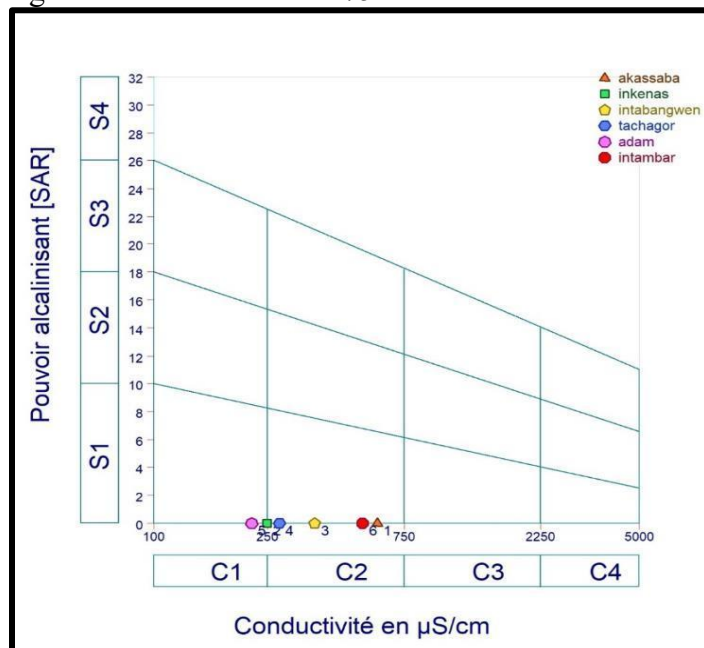
Ces valeurs correspondent à celles des eaux ayant un faible risque de salinisation des sols.

**Tableau 8 : Valeurs du SAR**

Puits	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup> + Mg <sup>2+</sup>	(Ca <sup>2+</sup> + Mg <sup>2+</sup> )/2	(Ca <sup>2+</sup> + Mg <sup>2+</sup> )/2 <sup>1/2</sup>	SAR	CE
Akassaba	2,4	1,5	0,7	3,9	2,0	1,4	0,5	606,3
Inkenas	1,0	0,2	0,6	1,2	0,6	0,8	0,8	248,9
Intabangawen	1,1	1,2	0,6	2,3	1,2	1,1	0,5	366,1
Tachagor	1,4	0,0	0,8	1,4	0,7	0,8	1,0	275,6
Adam	1,5	0,2	0,3	1,7	0,9	0,9	0,3	220,5
Inatambar	2,4	0,5	1,2	2,9	1,5	1,2	1,0	536,4

Les valeurs du SAR et de la conductivité à 25°C montrent les classes d'appartenance des échantillons (**Figure 7**). L'analyse de cette figure permet de distinguer deux classes (2) :

- la classe **C1S1** : qui est caractéristique d'une eau d'excellente qualité pour l'irrigation et ne présente aucun risque pour les cultures et les sols. Elle représente environ 25% des échantillons ;
- la classe **C2S1** qui représente une eau de bonne qualité pour l'irrigation couvrant environ 75% des échantillons.

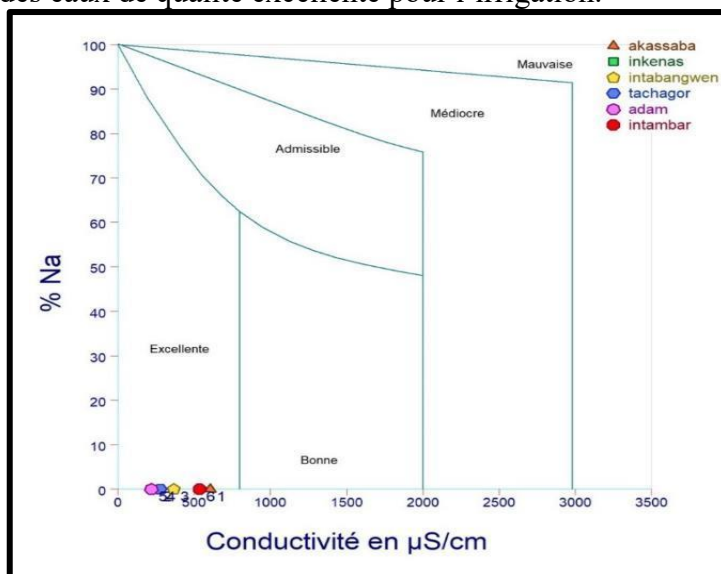


**Figure 7 : Diagramme de Richards pour les eaux de la vallée**



### 3.9.2. Méthode de Wilcox

Les valeurs exprimées en pourcentage (%) des teneurs en sodium et de la conductivité électrique ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) portées sur le diagramme de Wilcox (**Figure 8**), montrent que les eaux de la vallée de Boghol appartiennent à la catégorie des eaux de qualité excellente pour l'irrigation.



**Figure 8 :** Diagramme de Wilcox pour les eaux de la vallée de Boghol

### 3.9.3. Méthode de carbonate de sodium résiduel (RSC)

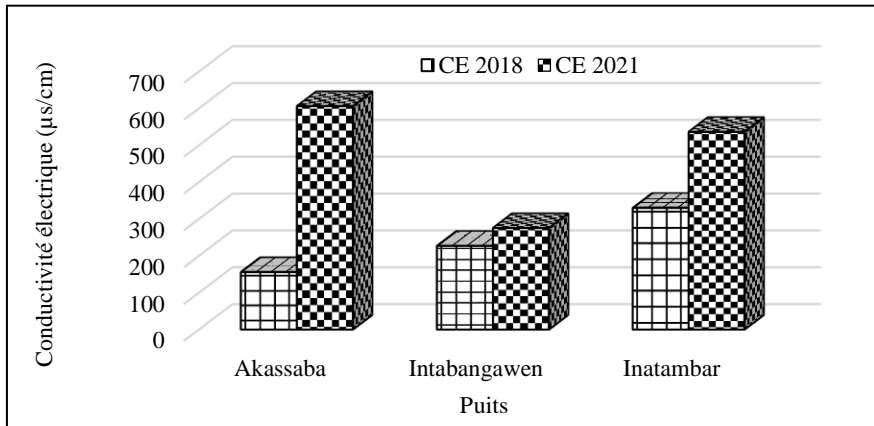
Les valeurs du RSC des eaux de la vallée de Boghol (**Tableau 9**) correspondent à une eau de bonne qualité pour l'irrigation. L'analyse des résultats montre que les valeurs des cinq (5) puits sont inférieures à 1,25, montrant que les eaux de ces ouvrages sont aptes pour la pratique de l'irrigation. Cependant, au niveau du puits Inatambar, la valeur du RSC est comprise entre 1,25 et 2,5, valeurs correspondant à la classe des eaux de qualité moyenne pour l'irrigation.

**Tableau 9 :** Valeurs de RSC des eaux de la vallée de Boghol

Puits	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Ca <sup>2+</sup> + Mg <sup>2+</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> + CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	RSC
Akassaba	2,40	1,52	4,85	3,92	4,85	0,93
Inkenas	0,99	0,16	1,93	1,15	1,93	0,78
Intabangawen	1,09	1,22	3,08	2,30	3,08	0,78
Tachagor	1,38	0,00	1,70	1,38	1,70	0,32
Adam	1,46	0,24	1,25	1,70	1,25	-0,46
Inatambar	2,44	0,49	4,85	2,93	4,85	1,93

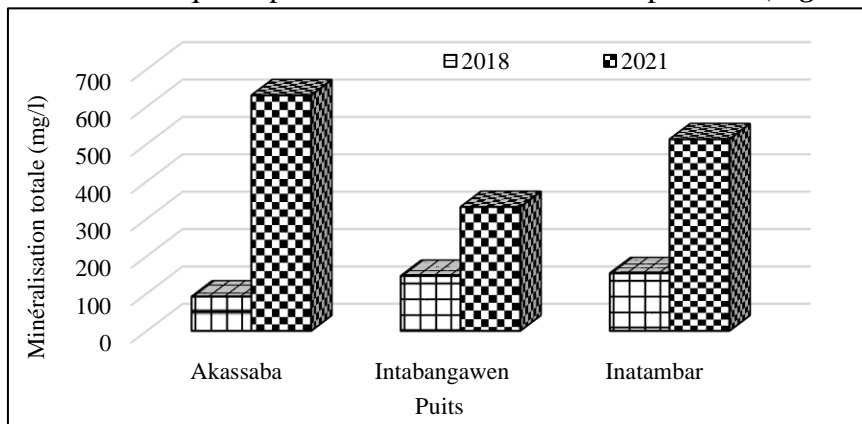
### 3.10. Evolutions spatiotemporelles de la conductivité électrique et de la minéralisation totale

La **Figure 9** illustre les variations moyennes annuelles de la conductivité électrique sur la période 2018-2021. On constate une augmentation de la conductivité électrique sur les trois ouvrages échantillonnés. Les valeurs élevées sont observées sur les eaux des puits amont et aval. La variation au niveau du puits Intabangawen dans le sous bassin central de la vallée reste légère.



**Figure 9 :** Evolution spatiotemporelle de la conductivité électrique

Tout comme pour la conductivité électrique, les variations significatives de minéralisation sont observées dans les parties amont et aval de la vallée tandis que la partie centrale reste moins importante (**Figure 10**).



**Figure 10 :** Evolution spatiotemporelle de la minéralisation totale

### 3.11. Evolution spatiotemporelle des nitrates

La **Figure 11** montre l'évolution de la quantité des nitrates dans les eaux de la vallée. On observe ainsi, pour les puits Akassaba et Inatambar une

forte augmentation du taux des nitrates entre les années 2018 et 2021. On constate cependant, une légère diminution dans le puits Tachagor.

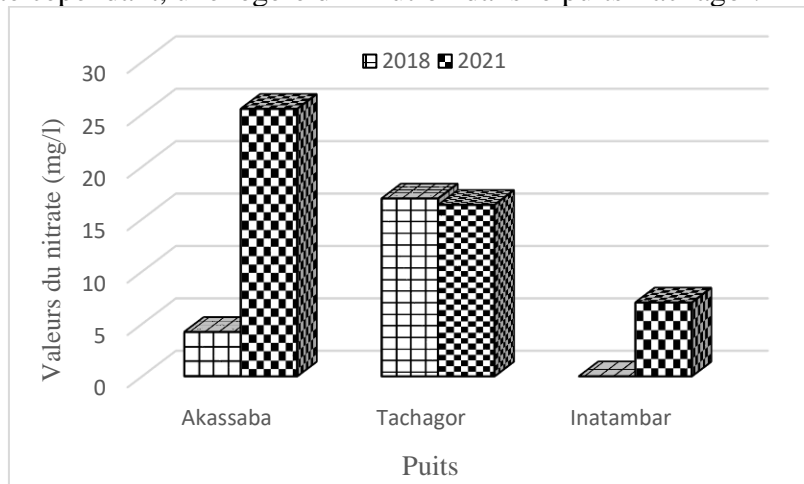


Figure 11 : Evolution spatiotemporelle des nitrates

## 4. Discussion

### 4.1. Paramètres physiques

Les résultats d'analyse des paramètres physiques montrent que les températures des eaux dans les puits sont proches de celle de l'air ambiant qui était de 24,9 °C à la date de prélèvement correspondant au 17 février 2021. Ces valeurs sont légèrement inférieures à celles trouvées par BuNEC (2018) dans la même vallée et qui varient entre 26,5 et 31,7°C. Les températures des eaux de la vallée sont caractéristiques des températures atmosphériques moyennes observées dans les régions arides à semi-arides Abdou (2012) et Alhassane (2018). Les eaux de la nappe alluviale sont légèrement acides à neutre avec des pH qui varient entre 6,74 et 6,98. Ces valeurs sont similaires à celles trouvées par BuNEC (2018) et Alhassane (2018) respectivement dans la vallée de Boghol et celle de Timia, toutes dans l'Aïr. La conductivité électrique est relativement faible (entre 220,50 et 606,30  $\mu\text{s}/\text{cm}$ ) montrant ainsi que les eaux de la vallée sont moyennement minéralisées. Ces valeurs sont supérieures à celles trouvées dans cette vallée par BuNEC (2018). Cette différence est conforme avec la variation de la minéralisation totale des eaux qui est donc responsable de la croissance de la conductivité électrique. L'augmentation de la conductivité électrique pourrait provenir de l'intensification de l'irrigation grâce à l'utilisation des engrais chimiques. En effet, jadis l'agriculture irriguée se pratiquait avec des moyens traditionnels et à petite échelle (AcSSA, 2011). Actuellement d'importantes superficies sont exploitées sur des sols pauvres en matière organiques (PromAP, 2015) nécessitant du coup un apport important en engrais chimiques. Bien que les

valeurs actuelles de la conductivité soient conformes aux normes de l'OMS (2011), leur probable évolution reste préoccupante (Zerhouni *et al.* 2015).

#### **4.2. Paramètres chimiques des eaux et analyses statistiques**

La minéralisation assez élevée observée au puits Akassaba peut être liée à la profondeur de la nappe qui est faible en période de haute eau avec des valeurs de niveau statique 246 cm et 80 cm respectivement en 2019 et 2020. Ainsi, le lessivage par les eaux de pluie des éléments en surface atteint facilement la nappe, surtout que ce puits est situé dans une zone à forte activité maraichère. Cette situation concerne également le puits Inatambar où la nappe a connu une remontée avec d'environ 1023 cm pendant la saison des pluies en 2019. Selon Berdai *et al.* (2004), les principaux ions susceptibles de provenir des engrais sont essentiellement les nitrates, les chlorures, les sulfates et le potassium. D'où l'augmentation du taux de nitrate dans les puits Akassaba et Inatambar. Ce qui est en adéquation avec Nouayti *et al.* (2015) montrant que de nombreuses activités humaines peuvent générer des apports de sulfates dans l'eau souterraine à travers l'application d'engrais sulfatés. Les sols de l'Air se caractérisent par une présence très faible quantité (0,07-0,35%) de matière organique (PromAP, 2015) d'où l'utilisation intensive des engrais chimiques par les producteurs maraîchers. Berdai *et al.* (2004) ont montré que la mise en culture intensive des terres agricoles au niveau des périmètres irrigués a engendré, depuis quelques années, l'apparition du problème de pollution des ressources en eau souterraine par les ions nitrates. En outre, les roches formants le réservoir contribuent à la minéralisation de cette eau comme le montre le regroupement des éléments dans un même ensemble en ACP. Cette affinité entre les paramètres, traduit qu'ils sont de mêmes origines qui sont d'une part interne, liée aux roches existantes au sein de l'alluvion et d'autre part externes due aux activités anthropiques. La forte corrélation entre la conductivité et les ions majeurs montre que ceux-ci rentrent dans le processus de minéralisation des eaux (Sandao, 2010). Au niveau de l'axe des nitrates, on remarque le croisement de ces lignes, ceci est dû aux activités anthropiques qui touchent les puits d'une manière sélective (Layachi, 2008).

#### **4.3. Aptitude des eaux à l'irrigation**

L'analyse de l'aptitude des eaux souterraines de la vallée à l'irrigation a montré que celles-ci sont de qualité excellente à bonne pour l'irrigation et ne présentent aucun risque de salinisation pour les sols. Ces résultats sont légèrement proches de ceux trouvés par Alhassane (2018) dans la vallée de Timia. Cependant, avec l'utilisation abusive des produits chimiques par les producteurs, le seuil de pollution pourrait être rapidement atteint, ce qui impactera le sol et les eaux, et par conséquent les cultures. Avec la dynamique actuelle, les eaux souterraines de vallée courent un risque de minéralisation

pouvant dépasser le seuil indiqué par l'OMS (2011), et par conséquent seront impropres à l'irrigation. Ceci conduira à un changement de type de cultures pratiquées (oignon, tomate, pomme de terre, laitue, etc.) pour migrer vers celles qui sont plus tolérantes à la pollution. D'où la nécessité de procéder au contrôle régulier de l'utilisation des engrais chimiques (Touati et *al.* 2018).

## Conclusion

Dans la vallée de Boghol, l'agriculture irriguée est la principale activité et occupe la grande majorité de la population. Elle se pratique essentiellement avec l'eau souterraine des nappes peu profondes qui subissent de plus en plus de pression. La présente étude montre que dans cette vallée, les eaux ont une très bonne qualité organoleptique. Le pH est globalement à tendance neutre. Quant à la conductivité électrique, elle est faible et les valeurs les plus élevées sont trouvées dans les puits Akassaba et Inatambar respectivement en amont et en aval dans la vallée. Il est observé des fortes corrélations positives entre CE et  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{HCO}_3^-$  contenus dans les ouvrages Akassaba et Inatambar. Ces eaux présentent toutes un faciès chimique bicarbonaté calcique et leur aptitude à irrigation est bonne. Cependant il est observé une augmentation du taux de minéralisation et des nitrates entre les années 2018 et 2021 dans presque tous les ouvrages. Ainsi avec cette situation il est indispensable d'adopter des bonnes pratiques d'irrigation et de procéder à un contrôle régulier la qualité des eaux afin de garantir leur durabilité.

## Remerciements

Les auteurs remercient Mr Hachimou Ali et Dr Zounon Christian Serge Félix respectivement laborantin à la DDH/A de Tahoua et chercheur à l'INRAN de Maradi pour leurs contributions à la réalisation de ce travail.

## References:

1. Abbou, M. B., Fadil, F., & El Haji, M., (2014). Évaluation de la qualité des cours d'eau de la ville de Taza utilisés dans l'irrigation des cultures maraîchères (Maroc). *Journal of Applied Biosciences* 77, 6462 - 6473
2. Abdou, B. M. S, (2012). Evaluation des ressources en eau en eau souterraine dans le bassin de Dargol (Liptako-Niger). Thèse de Doctorat, Université de Liège et Université Abdou Moumouni de Niamey, Belgique, 265 p
3. AcSSA. (2011). Etude sur les possibilités de développer la culture du blé et du maïs dans la région d'Agadez (Communes de Tchirozérine, Dabaga et Agadez). Rapport Final, 28p

4. Adda, M., (2013). Caractérisation hydro chimique et pollution des eaux souterraines en contexte urbain : cas de l'agglomération Oranaise (Algérie). Mémoire de Magistère. Université d'Oran, Algérie, 143p
5. Alhassane, I., (2018). Evaluation des ressources en eau souterraines du bassin de Timia (Massif de l'Aïr, Nord du Niger) : Impacts de la variabilité climatique et des activités anthropiques. Thèse de doctorat en hydrogéologie, Faculté des sciences et technique, université Abdou Moumouni de Niamey (Niger) 238 p
6. Amadou, H., Laouali, M. S., & Manzola, A.S. (2014). Caractérisation hydro chimique des eaux souterraines de la région de Tahoua (Niger). *Journal of Applied Biosciences* 80, 7161 - 7172
7. Belghiti, M. L., Chahlaoui, A., Bengoumi, D., & El, R. M., (2013). Etude de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux souterraines de la nappe plio-quadernaire dans la région de Meknès (Maroc). *Larhyss Journal*. n°14, 21-36
8. Berdai, H., Soudi, B., & Bellouti A., (2004). Contribution à l'étude de la pollution nitrique des eaux souterraines en zones irriguées : cas du Tadla. *Revue H.T.E.* N° 128 65-87
9. Bhurtun, P. (2018). Dynamique de la qualité des masses d'eau dans le bassin Artois-Picardie-Compréhension des mécanismes actuels et prévention des évolutions dans un contexte de changement climatique ; Thèse de doctorat, Université de Lille. 215p
10. Bhurtun, P., (2018). Dynamique de la qualité des masses d'eau dans le bassin Artois-Picardie-Compréhension des mécanismes actuels et prévention des évolutions dans un contexte de changement climatique ; Thèse de doctorat, Université de Lille, 215p
11. BuNEC. (2018). Suivi et contrôle des travaux de réalisation de dix-huit (18) forages piézométriques au niveau de certaines vallées dans le département de Tchirozérine (Région d'Agadez), Rapport de la mission, 65p
12. Dardel, F. (2022). Analyse d'eau, détails (dardel.info)
13. Douaoui, A., Hartani, T., (2007). Impact de l'irrigation par les eaux souterraines sur la dégradation des sols de la plaine du Bas-Chélib. Troisième atelier régional du projet Sirma. Nabeul, Tunisie, 5 p
14. DRGR. (2016). Plan d'aménagement du site de Boghol commune rurale de Dabaga. Rapport d'étude, 29p
15. Ehrnrooth, A., Dambo, L., & Jaubert, R., (2011). Projets et programmes de développement de l'irrigation au Niger (1960-2010) : Eléments pour un bilan, Rapport d'étude. (CEIPI). 115p.
16. Essouli, O. F., Miyouna, T., Kessimpou, E. P., Boudzoumou, F., Matini, L., Faye, S. (2020). Hydrochimie des eaux de surface et souterraines de la partie Nord de Brazzaville : origine et processus de

- minéralisation. Revue RAMReS – Sci. Appl. & de l’Ing., Vol. 2(1), pp. 1-15. ISSN 2630-1164
17. Essouli, O. F., Miyouna, T., Kessimpou, P. E., Boudzoumou, F., Matini, L., & Faye, S., (2020). Hydrochimie des eaux de surface et souterraines de la partie Nord de Brazzaville : origine et processus de minéralisation. Revue RAMReS – Sci. Appl. & de l’Ing., Vol. 2(1) 1-15.
  18. Gouaidia L., (2008). Influence de la lithologie et des conditions climatiques sur la variation des paramètres physicochimiques des eaux d’une nappe en zone semi-aride, cas de la nappe de Meskiana nord-est algérien. Thèse de doctorat. Université Badji Mokhtar, Annaba, 136p
  19. Gouaidia, L., Laouar M. S., Defaflia, N., & Zenati, N., (2017). Origine de la minéralisation des eaux souterraines d'un aquifère dans une zone semi - aride, cas de la nappe de la Merdja, Nord - Est Algérien. International Journal of Environment & Water. Vol 6 (2) 104-118
  20. Karimoune, S., Tanko, O. K. S., & Issiaka, H., (2017). Variabilités climatiques et évolution de l’occupation des sols dans l’oasis de Timia, Geo-Eco-Trop, 41 (3) 359 - 374
  21. Mamadou, A., (2014). Impacte de la petite irrigation sur la nappe de la vallée de Tabelot/Agadez/Niger. Mémoire de master en GIRE, Centre régional AGRHYMET/CILSS, Niamey (Niger) 52p
  22. Moussa, S. R., Alma, M. M. M., Laouali, M.S, Natatou, I., & Habou, I., (2018). Caractérisation physico-chimique des eaux des aquifères du Continental Intercalaire / Hamadien et du Continentalsiem Terminal de la région de Zinder (Niger). / Int. J. Biol. Chem. Sci. 12(5) 2395 - 2411
  23. Nazoumou, Y., Favreau, G., Adamou, M. M., & Maïnassara, I., (2016). La petite irrigation par les eaux souterraines, une solution durable contre la pauvreté et les crises alimentaires au Niger ? Cah. Agric. 25 (1) 15003
  24. Nouayti, N., Khattach, D., & Hilali, M., (2015). Evaluation de la qualité physico-chimique des eaux souterraines des nappes du Jurassique du haut bassin de Ziz (Haut Atlas central, Maroc). J. Mater. Environ. Sci. 6 (4) 1068-1081
  25. OMS. (2011). Guidelines for drinking-water quality. 4th ed. 564p.
  26. PromAP, (2018). Schéma d’aménagement de la vallée de Boghol, Rapport d’étude, 56p
  27. PromAP. (2015). Etude sur la gestion durable du sol et la gestion rationnelle de l’eau d’irrigation sur les sites d’intervention du PromAP. Rapport d’étude, 92p
  28. Sandao, I., (2013). Etudes Hydrodynamique, Hydrochimique et Isotopique des eaux souterraines du bassin versant de la Korama / Sud

- Zinder, Niger : Impacts de la variabilité climatique et des activités anthropiques. Thèse de doctorat. Université Abdou Moumouni de Niamey, 178p
29. Savoie, D., (2014). Pistes de solutions pour réduire l'utilisation des pesticides ou les risques de contamination de l'eau. Colloque sur la pomme de terre, 4p
  30. Souleymane, I. M. S., Abdou, B. M. S., Alhassane, I., & Boureima O., (2020). Caractérisations hydrogéochimiques et qualités des eaux de la nappe phréatique du haut bassin versant de la Korama, commune de Droum /région de Zinder (Niger /Afrique de l'Ouest). *Int. J. Biol. Chem. Sci.* 14 (5) 1862-1877
  31. Touati, M., Benhamza, M., & Bouhafs, F., (2018). Impact de la pollution agricole sur la qualité des eaux souterraines dans le périmètre irrigué Guelma-Bouhegouf (Nord Est Algérien). *Rev. Sci. Technol., Synthèse* 37 103-112
  32. Zerhouni, J., Rhazi, F. F., & Aboukacem, A., (2015). Qualité et facteurs de risque de pollution des eaux souterraines périurbaines de la ville de Sebaa Ayoun (Meknès, Maroc). *Larhyss Journal.* n°22 91-107





## **Evaluation de la Vulnérabilité des Nappes Phréatiques à la Pollution engendrée par la Mauvaise Gestion des boues de Vidange dans la Ville d'Aného au Togo**

***Hèzouwè Poromna***

Laboratoire de Microbiologie et de Contrôle de qualité des denrées alimentaires (LAMICODA), Université de Lomé, Togo  
Laboratoire de Gestion Traitement et Valorisation des Déchets (GTVD),  
Université de Lomé, Togo

***Asibi Rosalie Gado***

***Messanh Kangni-Dossou***

Laboratoire de Microbiologie et de Contrôle de qualité des denrées alimentaires (LAMICODA), Université de Lomé, Togo

***Kissao Gnandi***

Laboratoire de Gestion Traitement et Valorisation des Déchets (GTVD),  
Université de Lomé, Togo

***Yaovi Ameyapoh***

Laboratoire de Microbiologie et de Contrôle de qualité des denrées alimentaires (LAMICODA), Université de Lomé, Togo

[Doi:10.19044/esj.2022.v18n21p208](https://doi.org/10.19044/esj.2022.v18n21p208)

Submitted: 10 January 2022

Accepted: 02 June 2022

Published: 30 June 2022

Copyright 2022 Author(s)

Under Creative Commons BY-NC-ND

4.0 OPEN ACCESS

*Cite As:*

Poromna H., Gado A.R., Kangni-Dossou M., Gnandi K. & Ameyapoh Y. (2022). *Evaluation de la Vulnérabilité des Nappes Phréatiques à la Pollution engendrée par la Mauvaise Gestion des boues de Vidange dans la Ville d'Aného au Togo*. European Scientific Journal, ESJ, 18 (21), 208. <https://doi.org/10.19044/esj.2022.v18n21p208>

### **Resume**

L'étude menée présente l'état actuel de la vulnérabilité des nappes libres (la nappe du sable du cordon littoral et la nappe du continental terminal) de la ville d'Aného au Togo. Elle s'est basée sur la méthode dite « DRASTIC ». Les résultats ont permis de distinguer deux classes de vulnérabilité pour l'aquifère du continental terminal et de deux classes pour celui du sable du cordon littoral. Les degrés de vulnérabilité obtenue vont de « moyen » à « très élevés » et de « élevés » à « très élevés » pour l'aquifère du continental terminal d'après les classifications d'ALLER et de ENGEL. Ces degrés vont

de « élevés » à « très élevés » pour l'aquifère du sable du cordon littoral d'après les classifications d'ALLER et de ENGEL. Afin de confronter les résultats d'évaluation de vulnérabilité, plusieurs sondages et mesures de terrains ont été réalisés. Ainsi, il apparaît que les cartes de vulnérabilité obtenues sont valides dans la mesure où, sur le terrain, il existe des facteurs anthropiques qui rendent d'avantage les aquifères plus vulnérables. L'observation de l'environnement immédiat des puits a permis de constater que les puits présents à Aného sont traditionnels, non protégés et vétustes pour la plupart. Les ouvrages d'assainissement (fosses septiques, toilettes à chasse manuelles et puisards à fond perdu) sont à proximité des puits ce qui augmente le risque de pollution. L'eau des nappes et celle de la lagune ont été analysées et les germes indicateurs de contaminations fécales et les principaux polluants physico-chimiques ont été déterminés. Du point de vue bactériologique, les résultats ont montré que tous les échantillons ne sont pas satisfaisants par rapport aux germes recherchés. Un indice de contamination fécale a été calculé, il a permis de constater que les eaux étudiées sont fortement polluées. Les résultats d'analyse physico-chimiques ont indiqué une pollution en nitrates, sulfates et en chlorures dans les eaux.

---

**Mots clés :** Vulnérabilité, Pollution, Nappe phréatique, Méthode DRASTIC

## **Assessment of the Vulnerability of Groundwater to Pollution Caused by the Mismanagement of Sewage Sludge in the City of Aného in Togo**

***Hèzouwè Poromna***

Laboratoire de Microbiologie et de Contrôle de qualité des denrées  
alimentaires (LAMICODA), Université de Lomé, Togo  
Laboratoire de Gestion Traitement et Valorisation des Déchets (GTVD),  
Université de Lomé, Togo

***Asibi Rosalie Gado***

***Messanh Kangni-Dossou***

Laboratoire de Microbiologie et de Contrôle de qualité des denrées  
alimentaires (LAMICODA), Université de Lomé, Togo

***Kissao Gnandi***

Laboratoire de Gestion Traitement et Valorisation des Déchets (GTVD),  
Université de Lomé, Togo

***Yaovi Ameyapoh***

Laboratoire de Microbiologie et de Contrôle de qualité des denrées  
alimentaires (LAMICODA), Université de Lomé, Togo

---

### **Abstract**

This paper focuses on the current status of the vulnerability of the unconfined aquifers (the coastal sand aquifer and the terminal continental aquifer) of the city of Aného in Togo. It was carried out based on the "drastic" method. The results helped to distinguish between the two classes of vulnerability for the terminal continental aquifer and the two classes for the coastal sand aquifer. The degrees of vulnerability obtained range from "medium" to "very high" and from "high" to "very high" for the terminal continental aquifer according to the classification of Aller and Engel. These degrees also ranged from "high" to "very high" for the barrier sand aquifer according to the Aller and Engel classifications. In order to compare the results of the vulnerability assessment, several boreholes and field measurements were carried out. Thus, it appears that the vulnerability maps obtained are valid insofar as, in the field, there are anthropic factors that make the aquifers more vulnerable. Observation of the immediate environment of the wells revealed that the wells in Aného are traditional, unprotected, and mostly obsolete. Sanitation facilities (septic tanks, manual flush toilets and cesspools) are located near the wells, which increases the risk of pollution. Groundwater and lagoon water were analyzed and the indicator germs of fecal contamination and the main physico-chemical pollutants were determined. From a

bacteriological point of view, the results show that all the samples were not satisfactory with respect to the germs sought. An index of fecal contamination was calculated, indicating that the studied waters are strongly polluted. The results of physico-chemical analysis also show pollution in nitrate, sulphates, and chloride in the waters.

---

**Keywords:** Vulnerability, Pollution, Water table, DRASTIC Method

## 1. Introduction

Ces dernières décennies, les villes du Togo connaissent une croissance rapide de la population, à l'instar des villes des pays de l'Afrique Sub-saharienne. L'installation des populations dans les espaces urbains n'a généralement pas été accompagné par des aménagements adaptés de systèmes d'assainissement des eaux usées et de gestion des sous-produits, si bien que les activités anthropiques menacent l'environnement, notamment la qualité des ressources en eau (Singh et al., 2017 ; Traoré et al., 2021). Or, l'eau constitue une ressource naturelle indispensable dans la vie de tout être vivant. L'avoir à disposition en quantité suffisante et en qualité contribue au maintien de la santé et de la vie (Hounsounou et al., 2017 ; Diawara et al., 2021). Près de 90 % des maladies diarrhéiques sont imputables à la mauvaise qualité de l'eau de boisson et à un assainissement insuffisant des eaux usées. Ce fléau affecte plus les populations vulnérables et défavorisées.

Le Togo compte parmi ces nombreux pays d'Afrique Sub-saharienne où les taux de couverture en matière d'eau potable et d'assainissement restent les plus bas au monde (Soncy et al., 2015). En effet, seul 41% de la population togolaise ont un accès à l'assainissement et 57,22% à l'accès à l'eau (Passco, 2012). A part la capitale Lomé, toutes les autres villes ne disposent pas de Plan Directeur d'Assainissement (PDA) (Passco, 2012). La dégradation de la qualité des eaux de surface et souterraines résulte soit du manque d'infrastructures d'assainissement soit de leur dysfonctionnement (Ahoussi et al., 2013). Avec l'insuffisance du réseau conventionnel d'eau dans les villes du Togo, la plupart des populations, surtout en zones rurales ont recours à des sources d'eau alternatives de qualité douteuse (marigots, puits, citernes, rivières, étangs, etc.) pour les besoins domestiques (Soncy et al., 2015).

Aného, l'une des villes les plus touristiques du Togo n'est malheureusement pas épargnée des problèmes que connaissent les autres villes du Togo en matière d'accès à l'assainissement et à l'eau potable. En effet, la ville est couverte par un assainissement non collectif dont les ouvrages d'assainissement autonome en place sont insuffisants et ne respectent pas les plans standards de construction. Le traitement des boues de vidange fait également défaut ; ces dernières étant évacuées directement dans la nature en raison de l'absence d'une station de traitement (Akpaki et al., 2016). La qualité

des ressources en eaux (surfaces et souterraines) est alors mise à rude épreuve, à cause de la croissance des sources de pollution tant ponctuelles que diffuses. Pour prévenir les risques de pollution de l'eau souterraine, une des approches adaptées est la connaissance des zones vulnérables à la pollution (Hamza et al., 2008).

Depuis les années 1970 à nos jours, la détection croissante de contamination des eaux souterraines a suscité le développement du concept de vulnérabilité des aquifères à la pollution (Albinet, 1970). La vulnérabilité à la pollution d'un aquifère caractérise donc la faiblesse des défenses d'un aquifère contre l'invasion, par un polluant, de la nappe d'eau qu'il contient (Boualem et al., 2015). Cette vulnérabilité résulte d'une combinaison de plusieurs facteurs, à savoir : l'hydrogéologie, la réaction aquifère-contaminant et les sources de pollution (Murat et al., 2003). Les cartes de vulnérabilité sont élaborées pour illustrer les différents degrés de sensibilité de l'aquifère à la pollution ; ceci permet de fournir des informations utiles et nécessaires permettant d'orienter les choix des politiques de prévention et de gestion des risques de pollution des ressources en eau souterraine de la région dans la perspective d'une gestion durable (Ake et al., 2011). Ainsi, pour évaluer la vulnérabilité à la pollution des nappes phréatiques dans la ville d'Aného, nous nous sommes basés sur la méthode DRASTIC afin d'étudier la piézométrie et les facteurs de pollution des ressources en eaux puis de proposer des moyens et méthodes permettant de préserver les nappes et la santé des populations en tenant compte du contexte local.

## **2. Matériel et Methodes**

### **2.1. Présentation de la zone d'étude**

Notre étude a été réalisée dans la ville d'Aného au Togo, l'actuel chef-lieu de la commune des Lacs 1 situé au Sud-Est du Togo dans la région maritime à environ 45 km de Lomé (Figure 1). D'une superficie de 32 km<sup>2</sup>, la ville est côtière et frontalière du Bénin avec une population estimée à 27364 habitants en 2018 (Mairie d'Aného, 2020). La ville d'Aného, choisie comme notre cadre d'étude, présente des enjeux environnementaux majeurs liés à la densité de sa population, au manque d'infrastructures sanitaires adéquats, au contexte socio-économique précaire, à la vulnérabilité de ses ressources en eaux et surtout à l'insuffisance de son savoir-faire en matière de la gestion durable des déchets, dont les boues de vidange. Elle jouit d'un climat tropical de type guinéen avec des précipitations moyenne allant à 941 mm en moyenne par an selon les données de la Direction Générale de Météorologie Nationale (DGMN). Elle est bâtie entièrement sur les roches du bassin sédimentaire côtier du Togo où affleurent principalement les sables meubles détritiques du Quaternaire. La ville regorge d'importantes ressources en eau avec une lagune qui se jette directement dans la mer. La présence de l'aquifère de sable du

cordons littoraux à faible profondeur (10 à 15 m) favorise le creusement de nombreux puits qui captent la nappe phréatique.

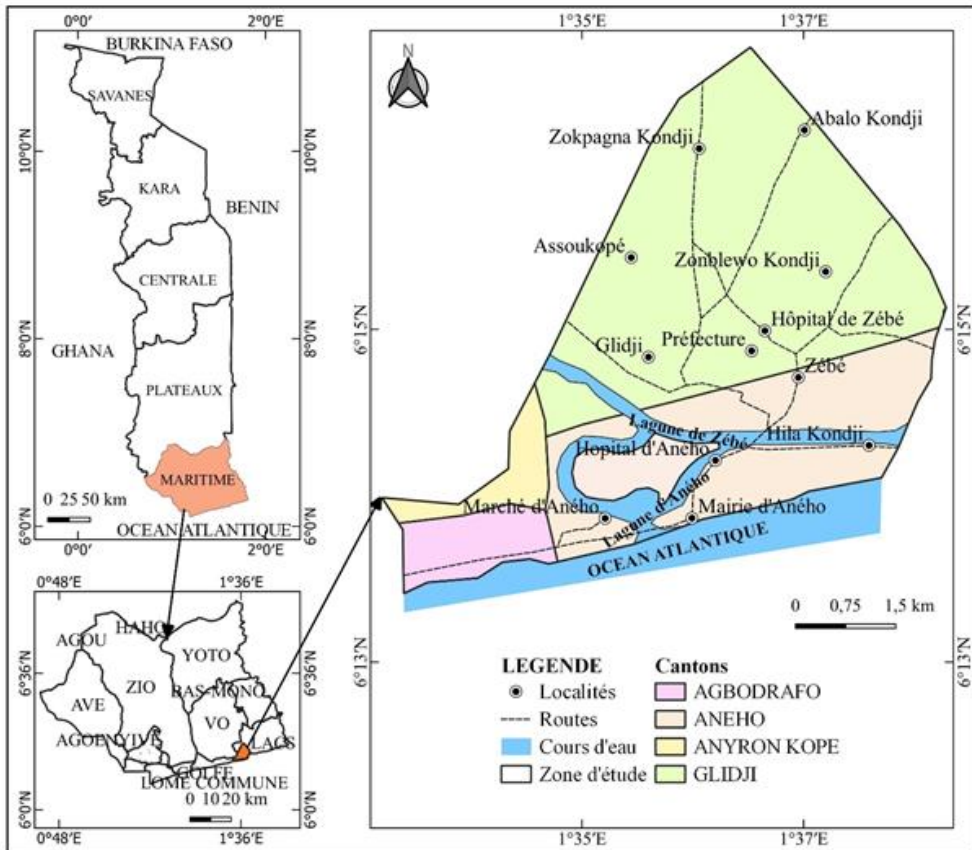


Figure 1. Carte de présentation de la ville d'Aného

## 2.2. Etude de la vulnérabilité à la pollution des nappes phréatiques dans la ville d'Aného par la méthode DRASTIC

Cette étude consiste à évaluer la sensibilité des deux nappes phréatiques dans la ville d'Aného à toutes formes de polluants introduits à partir de la surface du sol en se basant sur les propriétés physiques du milieu.

### 2.2.1. Principe de la méthode DRASTIC

La méthode DRASTIC est valide si et seulement si : le territoire d'application couvre plus de  $0,4 \text{ km}^2$ , le contaminant se propage dans le milieu à partir de la surface du sol par infiltration des précipitations et le type du contaminant n'intervient pas sur le degré de vulnérabilité. Cette méthode est basée sur l'évaluation de sept (07) paramètres représentant l'acronyme DRASTIC (Latifi & Chaab, 2017) : la profondeur de la nappe (**D**) ; la recharge efficace (**R**) ; les matériaux de l'aquifère (**A**) ; le type de sol (**S**) ; la topographie ou la pente (**T**) ; l'impact de la zone vadose ou zone aérée (**I**) et la perméabilité

ou la conductivité hydraulique de l'aquifère (C). Pour chaque paramètre, la plage de valeurs possibles est subdivisée en différents intervalles et une côte est attribuée à chacun d'eux (Tableau 1).

**Tableau 1.** Notations accordées aux paramètres de la méthode DRASTIC (Kouassi, 2015)

<b>D : Distance à la nappe, épaisseur de la zone non saturée</b>		<b>R : Recharge (pluie efficace)</b>	
Valeurs en mètres	Cotes	Valeurs en mm	Cotes
0 - 1,5	10	> 25,5	9
1,5 - 4,5	9	17,5 - 25,5	8
4,5 - 9	7	10 - 17,5	6
9 - 15	5	5 - 10	3
15 - 22	3	0 - 5	1
22 - 30	2	<b>S : Nature du sol</b>	
> 30	1		
<b>A : Nature de la zone saturée</b>		Peu épais ou absent	10
		Gravier	10
Calcaire karstique	10	Sable	9
Basalte	9	Argile, agrégats	7
Sable et Gravier	8	Limon sableux	6
Calcaire massif	6	Limon	5
Grès massif	6	Limon silteux	4
Shale en séquence	6	Limon argileux	3
Métamorphique altéré, gré lités, calcaires	4	Argile non agrégée et non fissurée	1
Métamorphiques	3	<b>I : Nature de la zone non saturée</b>	
Shale massif	2		
<b>T : Topographie, pentes</b>		Calcaire karstique	10
		Basalte	9
Valeurs en % de pente		Sable et gravier	8
0 - 2	10	Sable et gravier avec silt et argile	6
2 - 6	9	Calcaire lité, grés, shale	6
6 - 12	5	Grès	6
12 - 18	3	Calcaire	6
> 18	1	Shale	3
<b>C : Perméabilité en m/s</b>		Silt/Argile	1
		> $9,4 \cdot 10^{-4}$	10
		$4,7 \cdot 10^{-4}$ - $9,4 \cdot 10^{-4}$	8
		$32,9 \cdot 10^{-5}$ - $4,7 \cdot 10^{-4}$	6
		$14,7 \cdot 10^{-5}$ - $32,9 \cdot 10^{-5}$	4
		$4,7 \cdot 10^{-5}$ - $14,7 \cdot 10^{-5}$	2
$4,7 \cdot 10^{-7}$ - $4,7 \cdot 10^{-5}$	1		

Suivant les conditions d'occupation du sol, la méthode DRASTIC propose deux systèmes de pondération : un système de pondération dit



standard (occupation naturelle du sol) et un système dit Produits Phyto (occupation du sol par une activité agricole intensive utilisant par exemple des produits phytosanitaires) (Tableau 2).

**Tableau 2.** Facteurs de pondération des différents paramètres (Thioune et al., 2019a)

Critères	Facteurs de Pondération	
	"Standard" Poids	"Produits Phyto" Poids
D : Profondeur	5	5
R : Recharge	4	4
A : Milieu aquifère	3	3
S : Milieu sol au-dessus de la zone non saturée	2	5
T : Topographie	1	3
I : nature de la zone non saturée	5	4
C : perméabilité de l'aquifère	3	2

Un indice de vulnérabilité ( $I_{DRASIC}$ ) est alors calculé en additionnant la contribution des sept paramètres, pondérés selon l'importance de chacun de ces paramètres dans l'évaluation de la vulnérabilité, à l'aide de l'équation (Brou et al., 2013) :

$$I_{DRASIC} = Dc \times Dp + Rc \times Rp + Ac \times Ap + Sc \times Sp + Tc \times Tp + Ic \times Ip + Cc \times Cp$$

(équation 1)

Où "c" et "p" désignent respectivement la valeur de l'intervalle (Côte) et le Poids attribué à chaque paramètre. Les valeurs de l'indice DRASTIC obtenues représentent la mesure de la vulnérabilité hydrogéologique de l'aquifère, elles varient de 23 à 226 dans le cas de la version standard. D'une part, les valeurs obtenues sont regroupées, selon la classification d'Aller (Aller et al., 1987), en cinq classes dont chacune correspond à un degré de vulnérabilité. D'autre part, Engel propose la classification des valeurs en quatre autres classes (Engel et al., 1996) (Tableau 3).

**Tableau 3.** Classification des indices et leurs degrés de vulnérabilité selon Aller et Engel

Méthodes	Indice de vulnérabilité	Degré de vulnérabilité
DRASTIC (ALLER)	< 80	Très faible
	80 - 120	Faible
	121 - 160	Moyenne
	161 - 200	Elevé
	>200	Très élevé
DRASTIC (ENGEL)	< 101	Faible
	101 - 140	Moyen
	141 - 200	Elevé
	> 200	Très élevé



## 2.2.2. Etude des paramètres de la méthode DRASTIC

### 2.2.2.1. Profondeur du plan d'eau de la nappe souterraine (D)

La profondeur de l'eau dans l'aquifère est un facteur important dans l'étude de la vulnérabilité, car toute atténuation du polluant s'opère en relation avec la profondeur. Dans le cadre de cette étude, les mesures de la profondeur du plan d'eau dans les aquifères libres se sont déroulées en Décembre 2019 et ont concerné au total 79 puits pour l'aquifère du Sable du cordon littoral et 174 puits pour l'aquifère du Continental Terminal. Ces mesures ont été faites à l'aide d'une sonde électronique lumineuse et les coordonnées géographiques des points de mesure ont été relevées à l'aide du GPS Garmin. Les données obtenues ont permis de réaliser les cartes piézométriques selon la méthode de Krigeage. Le niveau piézométrique est calculé par différence entre la Côte (z) du sol (repère sur l'ouvrage), et la profondeur Hp de l'eau dans l'ouvrage selon la relation :

$$H = z - H_p \quad (\text{équation 2})$$

Avec : H = le niveau piézométrique (m) ; z = l'altitude du sol au niveau de l'ouvrage (m) et Hp = profondeur de la nappe d'eau (m).

Les cartes piézométriques ont été réalisées à l'aide du logiciel Surfer de Golden Software et ont permis de déterminer le sens de l'écoulement de l'eau souterraine.

### 2.2.2.2. Recharge nette de la nappe (R)

La quantité d'eau qui arrive au niveau de l'aquifère constitue la recharge nette de la nappe. Elle constitue le véhicule principal de transfert des polluants vers les eaux souterraines (Latifi & Chaab, 2017). L'estimation de la recharge annuelle (en mm/an) a été faite en utilisant les équations de Williams et de Kissel citée par Mba et al. (2019).

$$PI = (P - 15,05)^2 / (P + 22,57) \quad (\text{Equation 3})$$

Avec : PI = l'index de percolation et P = la précipitation totale annuelle

La formule concerne les sols argileux secs, limono - sableux et sablo-limoneux (Mba et al., 2019). Cette formule a été utilisée étant donné que toute la ville d'Aného est couverte par des sols sableux, sablo-argileux et argilo - sableux (Figure 4). La recharge nette des aquifères est estimée par la formule du bilan hydrique.

$$\text{Equation : } P = ETP + R + I \quad (\text{Equation 4})$$

Avec :

P : précipitation annuelle en mm

R : ruissellement en mm

$$I = 1/3R \quad (\text{Equation 5})$$

L'évapotranspiration annuelle est déterminée par la formule annuelle de Turc (1961). Dans le cadre de cette étude, les données nécessaires à l'estimation de la recharge R ont été fournies par la Direction Nationale de la Météorologie et ont concernées les données pluviométriques des années 1986 à 2019.

#### **2.2.2.3. Nature lithologique de l'aquifère (A)**

La nature des matériaux de l'aquifère détermine le comportement d'un éventuel contaminant dans cet aquifère. Les coupes lithologiques de forages ont permis de déterminer ce facteur (BRGM, 1986).

#### **2.2.2.4. Le type de sol (S)**

Les caractéristiques des sols revêtent une importance considérable pour le temps de transfert des polluants depuis la surface du sol vers les eaux souterraines (Brou et al., 2013). Ce paramètre est déduit de l'extrait de la carte pédologique de la région Maritime (1/50 000<sup>ème</sup>).

#### **2.2.2.5. Pente de terrain (T)**

La pente du terrain influe directement sur le temps de concentration des polluants. Elle contrôle la probabilité qu'un polluant a, à s'écouler ou à s'infiltrer dans le sol. La carte topographique au 1/50 000<sup>ème</sup>, la plus grande échelle existante pour la zone d'étude a permis d'estimer leurs altitudes pour le calcul des pentes et d'établir la carte des pentes de la ville d'Aného. La carte de pente a été réalisée dans le logiciel QGIS.

#### **2.2.2.6. Impact de la zone vadose (I)**

La zone non saturée correspond à la portion du terrain comprise entre le sol et le niveau supérieur de la nappe souterraine. La texture de cette zone détermine le temps de transfert du contaminant dans l'aquifère. Les coupes lithologiques de forages ont permis de déterminer ce facteur (BRGM, 1986).

#### **2.2.2.7. Conductivité hydraulique (C)**

La conductivité hydraulique est une caractéristique physique qui représente la facilité qu'a un matériau à permettre le transfert de fluide au travers d'un réseau connecté (Thioune et al., 2019a). Le coefficient de perméabilité traduit la vitesse à laquelle l'eau, transportant le polluant par dispersion, circule dans le sous-sol (Thioune et al., 2019a). Dans le cadre de cette étude, les valeurs de la conductivité hydraulique sont tirées directement de la littérature (Bleza et al., 2020).

### 2.2.3. Validation de la carte de vulnérabilité

En général, l'élaboration d'une carte de vulnérabilité est testée et validée par des mesures sur le terrain, l'analyse des données chimiques et microbiologiques des eaux souterraines. Plusieurs auteurs dont (Amharref et al., 2007; Ake et al., 2011; Brou et al., 2013; Mboudou et al., s. d.) ont vérifié la validité des méthodes d'évaluation de la vulnérabilité à la pollution en se basant sur des données chimiques des eaux souterraines. Dans le cadre de cette étude, la validation de la carte de vulnérabilité a été testée et validée par :

- Les mesures de la distance qui sépare les ouvrages d'assainissement et les puits ;
- La détermination de quelques paramètres physico-chimiques tels que : le pH, la conductivité électrique, le taux d'alcalinité (TAC), le Calcium ( $\text{Ca}^{2+}$ ), le Potassium ( $\text{K}^+$ ), le Sodium ( $\text{Na}^+$ ), le Magnésium ( $\text{Mg}^{2+}$ ), la Manganèse ( $\text{Mn}^{2+}$ ), les chlorures ( $\text{Cl}^-$ ), les sulfates ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) et les nitrates ( $\text{NO}_3^-$ ) ;
- La détermination des germes indicateurs de contaminations d'origines fécales (Coliformes fécaux (CF), *Escherichia coli* (EC ou *E. coli*), les Streptocoques Fécaux (SF) et les germes Anaérobies Sulfito-Réducteurs (ASR)). Un Indice de Contamination Fécale (ICF) (Orou et al., 2016) a été déterminé selon l'équation :  $\text{ICF} = \text{EC} + \text{SF} + \text{CF}$ . Le Tableau 4 montre les concentrations des éléments bactériologiques par classe.

**Tableau 4.** Classification des concentrations des variables des eaux par classes (Orou et al., 2016)

Classes Variables	1	2	3	4
<b>EC</b>	0	> 0 et ≤ 20	> 20 et ≤ 20000	> 20000
<b>SF</b>	0	> 0 et ≤ 20	> 20 et ≤ 10000	> 10000
<b>CF</b>	0	> 0 et ≤ 20	> 20 et ≤ 50000	> 50000

N.B : IFC est la somme des numéros de classe des trois (03) variables

La grille de degré de contamination fécale des eaux se présente comme suit (Tableau 5).

**Tableau 5.** Grille de degré d'indice de contamination fécale des eaux (Orou et al., 2016).

Classes	Valeur calculée	Indice de pollution
1	$0 < \text{ICF} \leq 3$	Pas de contamination
2	$3 < \text{ICF} \leq 6$	Contamination fécale modérée
3	$6 < \text{ICF} \leq 9$	Contamination fécale forte
4	$9 < \text{ICF} \leq 12$	Contamination fécale excessive ou forte

Pour les analyses au laboratoire, 50 échantillons d'eau issus de la zone d'étude ont été prélevés. Les analyses des paramètres physico-chimiques ont été réalisées selon les méthodes d'analyse d'eau potable (Rodier et al., 1996). L'analyse microbiologique a concerné les germes indicateurs de contamination fécale : les Coliformes fécaux (CF), *Escherichia coli* (*E. coli*),

les Streptocoques Fécaux (SF) et les germes Anaérobies Sulfito-Réducteurs (ASR). Le dénombrement des bactéries s'est fait par ensemencement sur milieu de culture sélectif selon la méthode décrite par (Rodier et al., 1996). Ainsi les CF y compris *E. coli*, SF et ASR sont déterminés par ensemencement dans la masse, respectivement sur les milieux de culture Violet Red Bile Agar, Brillance *E. coli*, Slanetz et Bartley Agar et Tryptone Sel Néomycine Agar.

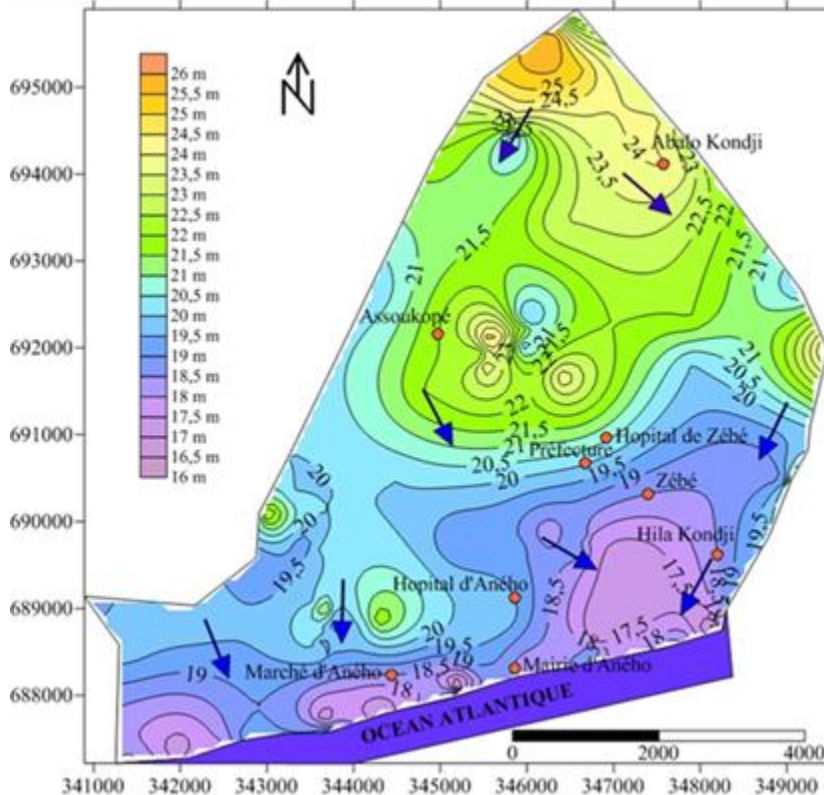
### 3. Resultats

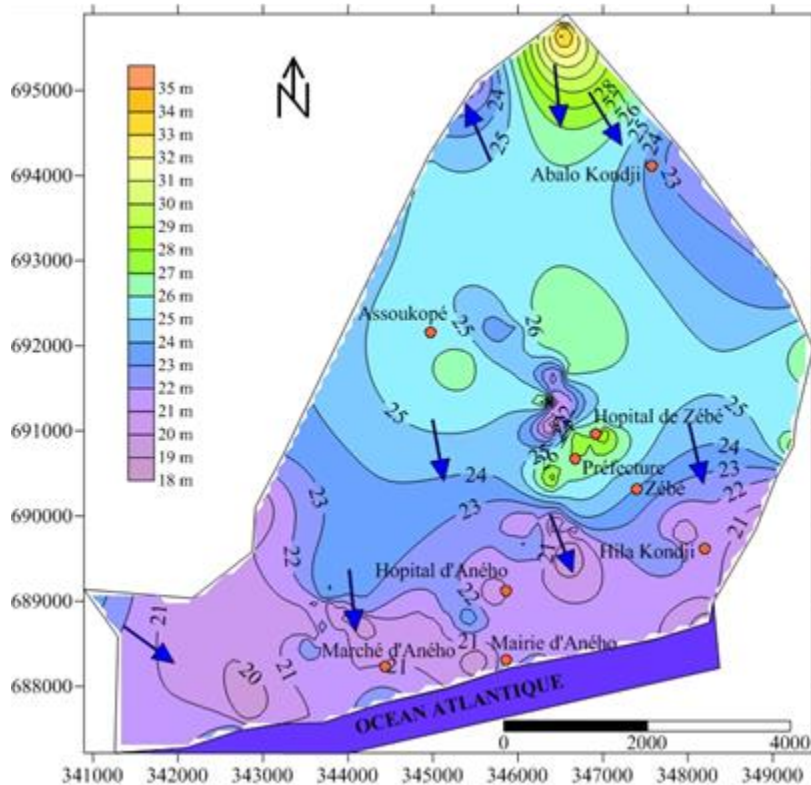
#### 3.1. Etude de la vulnérabilité des aquifères libres par la méthode DRASTIC

##### 3.1.1. Etude de la profondeur du plan d'eau (D) et attribution des côtes

Les résultats du sondage de la profondeur (D) des nappes libres montrent que 77,21% des puits sondés ont une profondeur comprise entre 1,5m et 4,5m et 22,78% ont une profondeur comprise entre 4,5m et 9m pour ce qui concerne l'aquifère du sable du cordon littoral (Figure 2). L'aquifère du continental terminal présente 8,7% de profondeurs comprises entre 0m et 1,5m, 86,6% entre 1,5m et 4,5m et 4,8% entre 4,5m et 9m (Figure 3). Ces résultats ont permis d'établir les cartes piézométriques de la nappe du sable du cordon littoral et de la nappe du continental terminal (Figure 2 et 3).

Figure 2. Carte piézométrique de la nappe du sable du cordon littoral





**Figure 3.** Carte piézométrique de la nappe du Continental Terminal

### 3.1.2. Recharge nette de la nappe (R)

La recharge nette (R) des deux nappes est faite par l'estimation de l'index de percolation. D'après les résultats, la précipitation annuelle moyenne de 1986 à 2019 est de 924,51 mm d'où l'index de percolation (PI) est égale à 879,03 mm/an. L'index de percolation (PI) est égal à 879,03 mm/an soit 73,25 mm/mois. Etant donné que le PI mensuel est supérieur > 25,5 mm, une côte 9 a été attribuée à la recharge nette (R) des nappes du sable du cordon littoral et du Continental Terminal

### 3.1.3. Nature lithologique de l'aquifère (A)

Les coupes lithologiques des forages ont permis de déduire les matériaux (A) des aquifères étudiés. D'après les résultats, ils sont constitués essentiellement du sable. Une côte 8 a été attribuée aux deux aquifères.

### 3.1.4. Le type de sol (S)

Les types de sol rencontrés à Aného sont : le sol sableux, le sol sablo-argileux, le sol argilo-sableux et le sol argileux (Figure 4)

- Le sol sableux : ce type de sol est rencontré en bordure de l'océan et peut couvrir jusqu'à 1km à l'intérieur du continent. Il présente une

texture sableuse avec absence total de la matière organique ; ainsi la côte 10 a été attribuée à ce type de sol.

- Le sol sablo-argileux : il s'agit d'un mélange de sable avec de l'argile. Le sable prédomine l'argile. Une côte de 8 a été attribuée à ce type de sol.
- Le sol argileux : ce type de sol se rencontre dans les marécages, en bordure des lagunes et marais. La cote 7 a été attribuée à ce type de sol.
- Le sol argilo-sableux : un mélange d'argile et de sable avec la prédominance d'argile dans le sol. Une côte de 7 a été attribuée à ce type de sol.

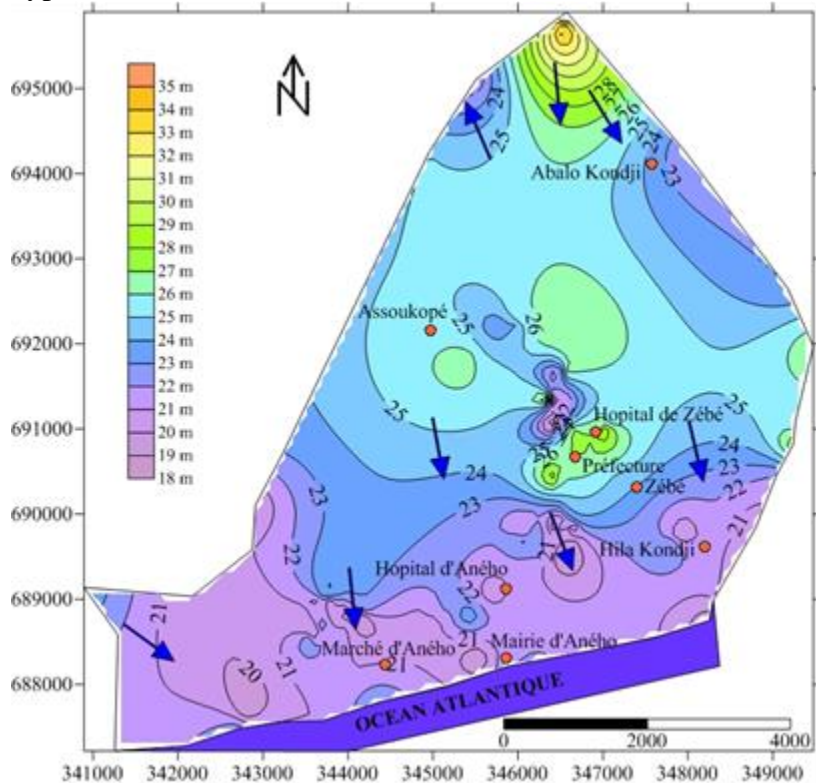


Figure 4. Nature lithologique du sol à Aného (Lamouroux, 1969, modifiée)

### 3.1.5. Pente de terrain (T)

La ville d'Aného présente des pentes faibles en majorité (Figure 5).



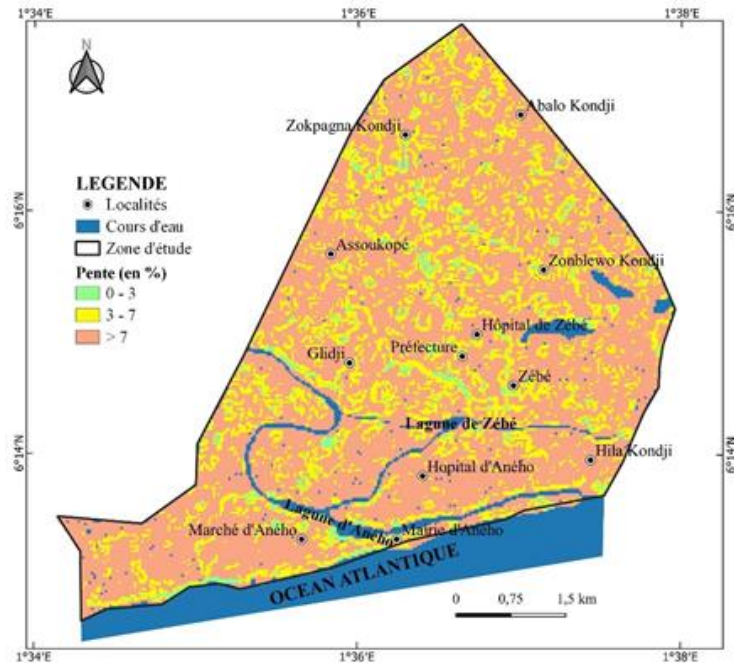


Figure 5. Carte de la répartition des pentes à Aného

### 3.1.6. Impact de la zone vadose (I)

D'après les coupes lithologiques de forage, la zone vadose est composée essentiellement de sable, du sable argileux et d'argile sableuse d'où les côtes de 8 et 6 ont été attribuées.

### 3.1.7. Conductivité hydraulique (C)

La Conductivité hydraulique est de  $9,6 \cdot 10^{-4}$  pour le sable du cordon littoral et de  $6,28 \cdot 10^{-4}$  pour le Continental Terminal d'où les côtes 10 et 8 sont attribuées respectivement à l'aquifère du sable du cordon littoral et au Continental Terminal.

### 3.2. Indice de vulnérabilité (IDRASTIC)

Les résultats de l'estimation de l'indice de vulnérabilité font distinguer deux classes de vulnérabilité pour l'aquifère du continental terminal et de deux classes pour celui du sable du cordon littoral (Figure 6 et 7). Les degrés obtenus vont de « moyens » à « très élevés » et de « élevés » à « très élevés » pour l'aquifère du continental terminal d'après les classifications d'ALLER et de ENGEL. Ces degrés vont de « élevés » à « très élevés » pour l'aquifère du sable du cordon littoral d'après les classifications d'ALLER et de ENGEL.

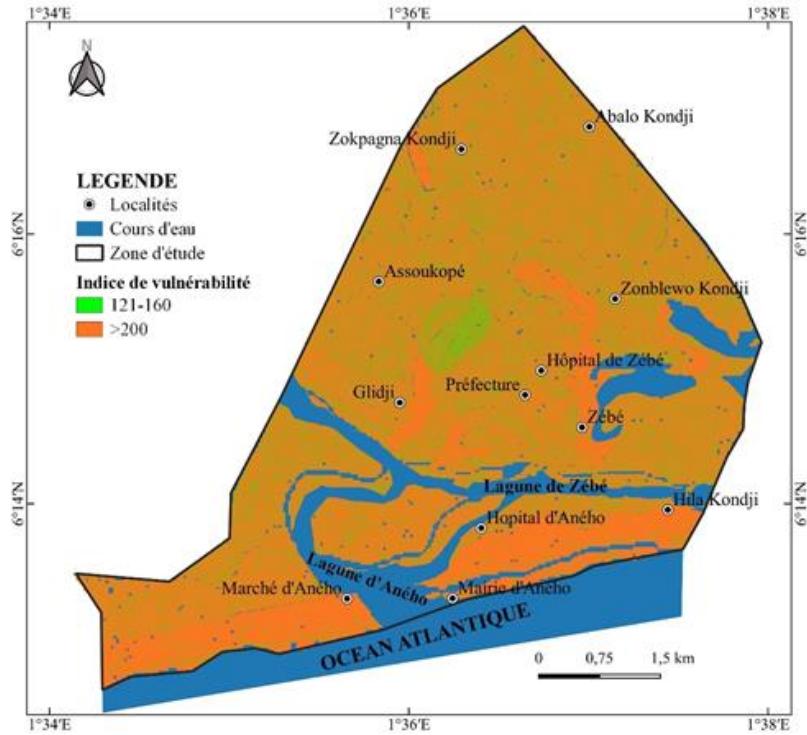


Figure 6. Carte de vulnérabilité de l'aquifère du continental terminal à Aného

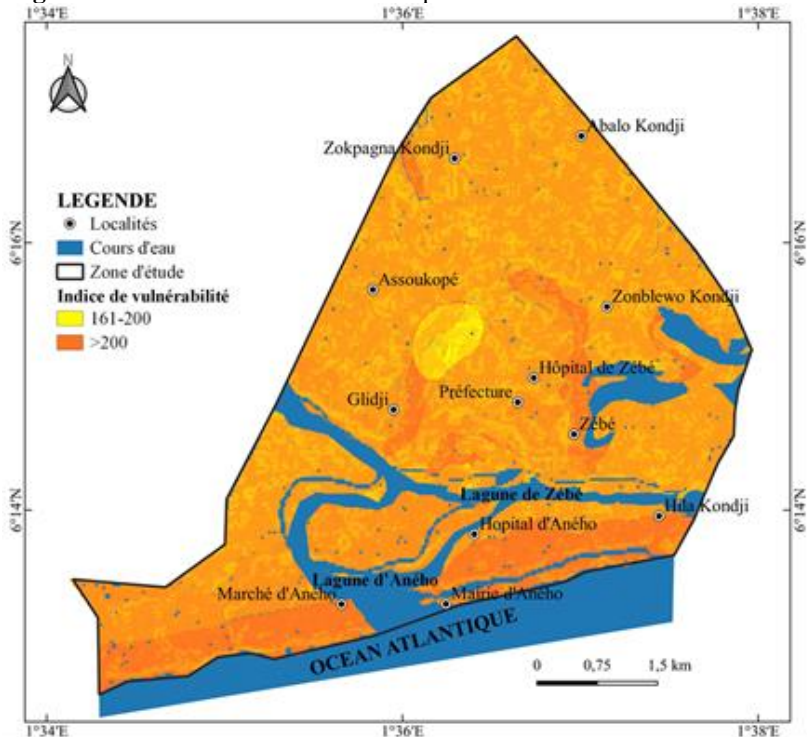


Figure 7. Carte de vulnérabilité de l'aquifère du sable du cordon littoral à Aného



### 3.3. Validation de la carte de vulnérabilité

#### 3.3.1. Mesure de la distance qui sépare les ouvrages d'assainissement et les puits

Les résultats de mesure des distances qui séparent les fosses des puits sont présentés respectivement sur les Figures 8 et 9 pour les nappes du sable du cordon littoral et du Continental Terminal. D'après ces résultats, la distance qui sépare les fosses des puits est de 3,5m minimale et de 25m maximale avec une moyenne de 13,44 m pour la nappe du sable du cordon littoral. Pour la nappe du continental terminal, la distance est de 0,5m minimale et de 39m maximale avec une moyenne de 11,73m.

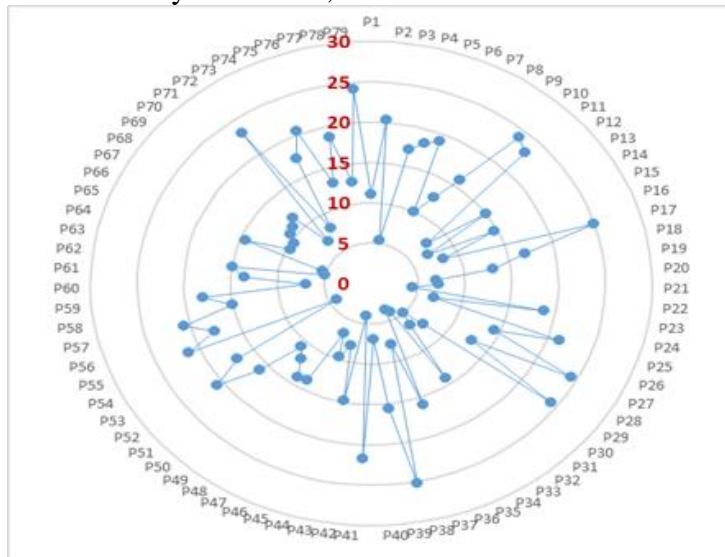


Figure 8. Distances Fosses – Puits pour la nappe du « sable du cordon littoral »

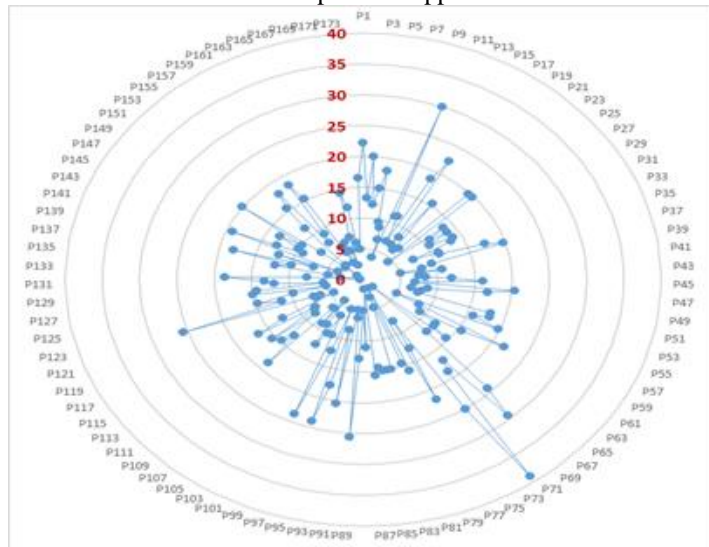


Figure 9. Distances Fosses – Puits pour « la nappe du Continental Terminal »

### 3.3.2. Détermination des germes indicateurs de contaminations d'origine fécale

Les résultats de détermination des germes indicateurs de contamination d'origine fécale sont présentés par types de nappes dans le Tableau 6.

**Tableau 6.** Statistique élémentaire des paramètres bactériologiques des eaux étudiées

Types de nappes			Nappe du sable du cordon littoral			Nappe du continental terminal			Lagune		
Germes recherchés	Unités	Critères UE 2007	Min	Max	Moy	Min	Max	Moy	Min	Max	Moy
<i>E. Coli</i>	UFC/ml	<1/ml	0	22	1,9	0	7	1,4	0	2	0,7
Coliforme Fécaux	UFC/ml	100/ml	10	5160	651	8	2764	742,4	6	764	243,2
Anaérobie Sulfuro-réducteurs	UFC/ml	2/20ml	0	15	2,2	0	7	1,3	0	4	0,8
Streptocoques Fécaux	UFC/ml	<1/ml	0	167	38	0	21	6,5	7	78	35

Les valeurs de l'Indice de Contamination Fécale (ICF) obtenues, vont de 5 à 9 avec une moyenne de 6,73 pour la nappe du sable du cordon littoral, de 5 à 7 avec une moyenne de 6,1 pour la nappe du continental terminal et de 6 à 8 avec une moyenne de 7 pour l'eau de la lagune (Tableau 7).

**Tableau 7.** Statistiques élémentaires et répartition d'ICF en fonction des classes

Valeurs d'ICF Classes d'ICF	Type de classes	Nappe du sable du cordon littoral	Nappe du continental terminal	Lagune
$0 < ICF \leq 3$	Pas de contamination fécale	0%	0%	0%
$3 < ICF \leq 6$	Contamination fécale modérée	43,33%	60%	30%
$6 < ICF \leq 9$	Forte contamination fécale	56,66%	40%	70%

### 3.3.3. Caractérisation physico-chimique des eaux de puits, de forages et de la lagune

Les résultats de caractérisation physico-chimiques des eaux étudiées sont présentés par types de nappes (Tableau 8).

**Tableau 8.** Statistiques élémentaires des paramètres physico-chimiques des eaux étudiées

Types de nappes			Nappe du sable du cordon littoral			Nappe du continental terminal			Lagune		
Paramètres recherchés	Unités	Normes OMS	Min	Max	Moy	Min	Max	Moy	Min	Max	Moy
Conductivité Electrique	( $\mu$ S/Cm)	500	134	1230	723,22	1041	1460	1310,48	134	1230	723,22
Température	°C	-	29,1	31,2	29,99	29,30	30,7	30,01	29,1	31,2	29,99
pH	-	6,5 – 8,5	6,5	8	7,39	6,20	7,65	7,12	6,5	8	7,39
TAC	°f	-	4,5	16,5	10,95	1,50	15	7,45	4,5	16,5	10,95
Chlorure	(mg/L)	250	25,65	325,2	183,95	65,10	657,12	259,23	25,65	325,2	183,95
Sulfates	(mg/L)	400	48,3	343	161,95	22,13	307,90	87,98	48,3	343	161,95
Nitrates NO <sub>3</sub>	(mg/L)	50	22,6	109,4	65,29	25,84	165,35	79	22,6	109,4	65,29
Calcium Ca	(mg/L)	75	8,83	352,2	135,06	0,75	320,24	159,08	8,84	352,30	135,06
Potassium K	(mg/L)	12	1,28	46,63	27,54	1,15	47,15	22,53	1,28	46,63	27,54
Sodium Na	(mg/L)	200	56,96	86,37	74,64	15,18	114,34	71,28	56,96	86,37	74,64
Magnésium Mg	(mg/L)	150	7,0	27,56	21,94	8,91	29,51	21,85	7,00	27,57	21,95
Manganèse Mn	(mg/L)	0,4 – 0,05	0,001	0,040	0,006	0,001	0,086	0,009	0,001	0,040	0,006

### Caractérisation de l'eau de la nappe du continental terminal

Les résultats de la caractérisation physico-chimiques de l'eau de la nappe du continental terminal sont présentés sur les figures 10 (a, b, c, d, e, f, g, h, i, j et k).

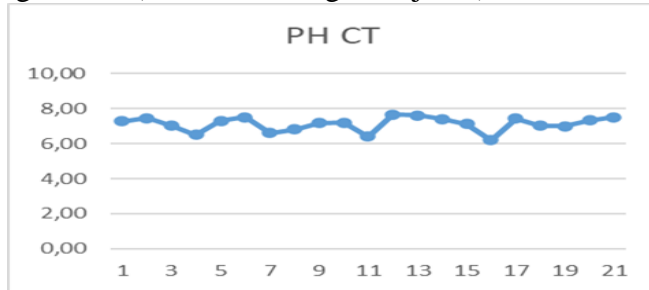


Figure 10a. Valeur du PH dans le CT

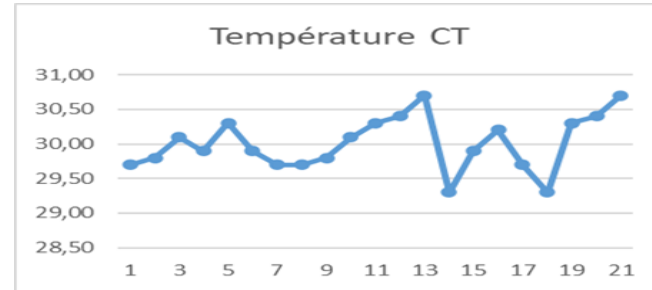


Figure 10b. Valeur de la Température dans le CT

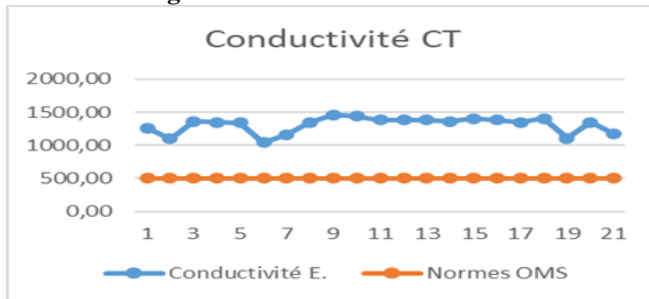


Figure 10 c. Valeur de la Conductivité Electrique

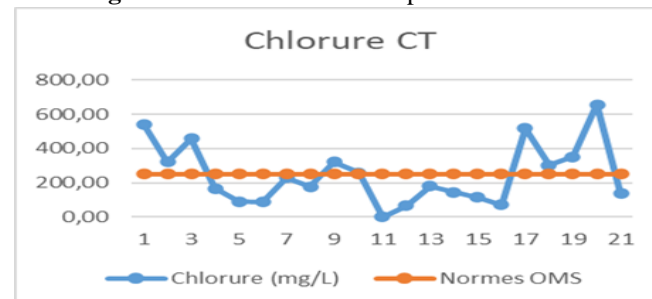
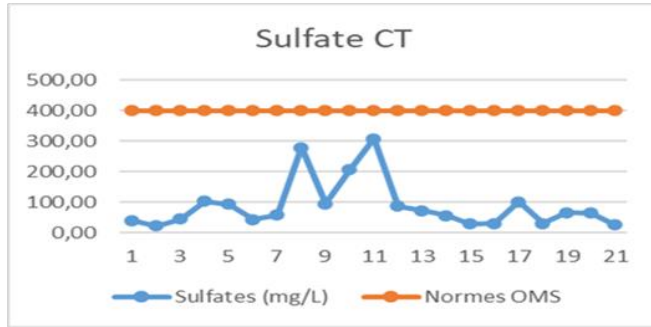
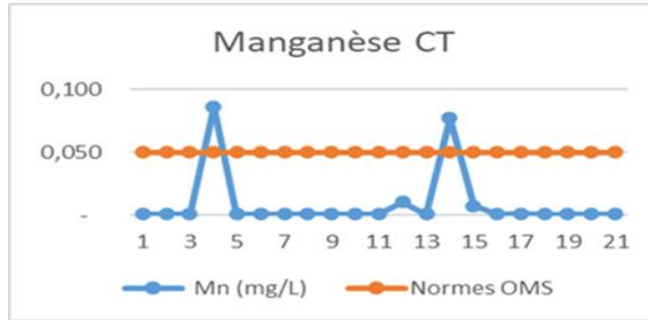


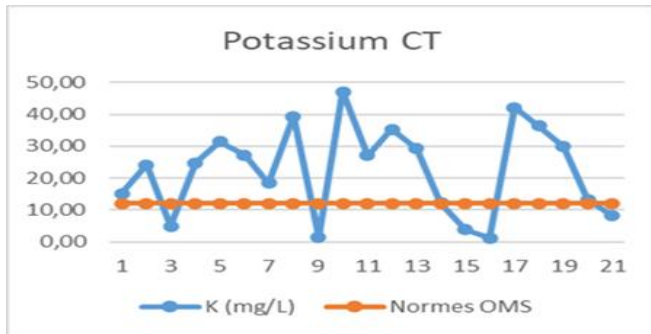
Figure 10 d. Teneur des Chlorures dans CT



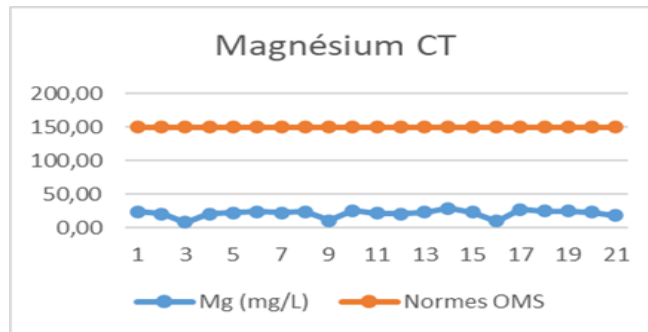
**Figure 10 e.** Teneur des Sulfates dans CT



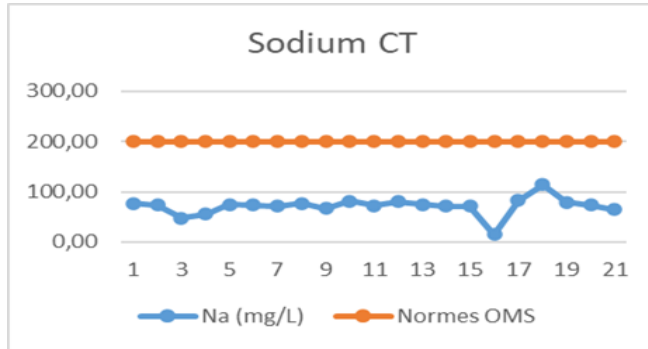
**Figure 10 f.** Teneur du Manganèse dans le CT



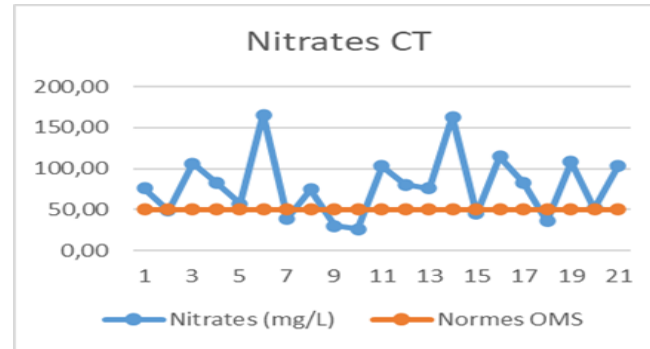
**Figure 10 g.** Teneur du potassium dans CT



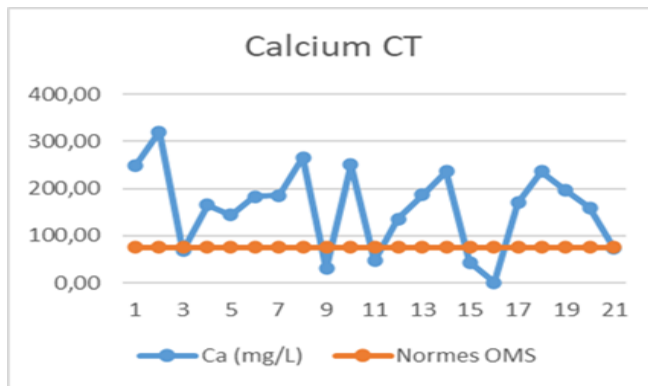
**Figure 10 h.** Teneur du magnésium dans CT



**Figure 10 i.** Teneur du Sodium dans le CT



**Figure 10 j.** Teneur des Nitrates dans le CT



**Figure 10 k.** Teneur du Calcium dans le CT

### Caractérisation de l'eau de la nappe du **Sable du Cordon Littoral (SCL)**

Les résultats de la caractérisation physico-chimiques de l'eau de la nappe du Sable du Cordon Littoral sont présentés sur les figures 11 (a, b, c, d, e, f, g, h, i, j et k).

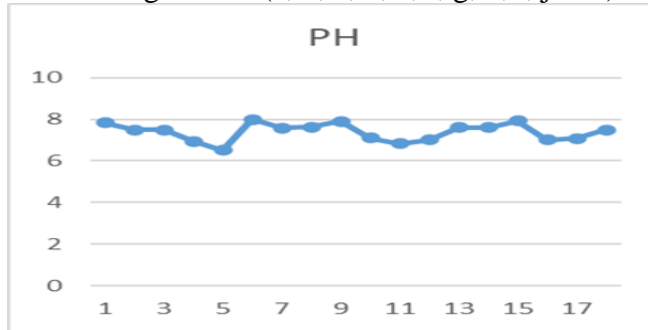


Figure 11 a. Valeur du PH dans le SCL

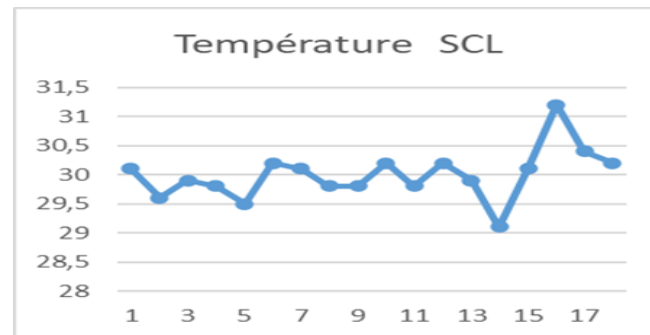


Figure 11 b. Valeur de la température dans le SCL

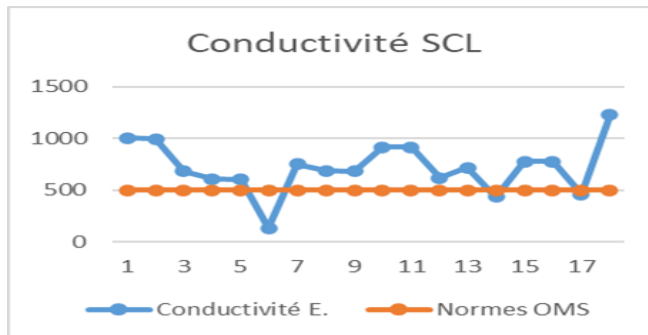


Figure 11 c. Valeur de la Conductivité électrique

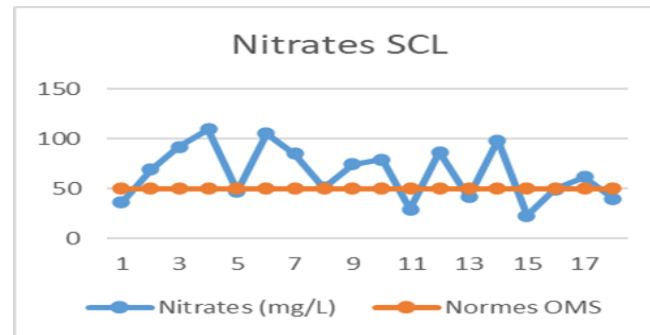


Figure 11 d. Teneur des nitrates dans le SCL

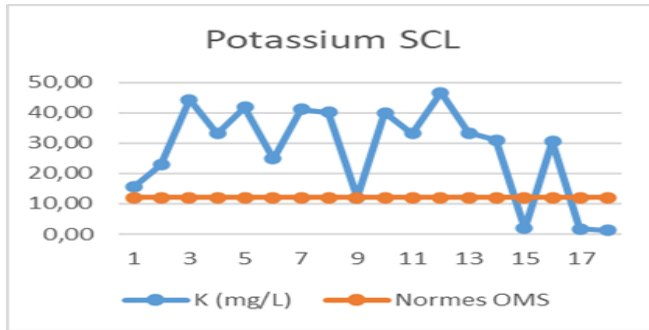


Figure 11 e. Teneur du Potassium dans le SCL

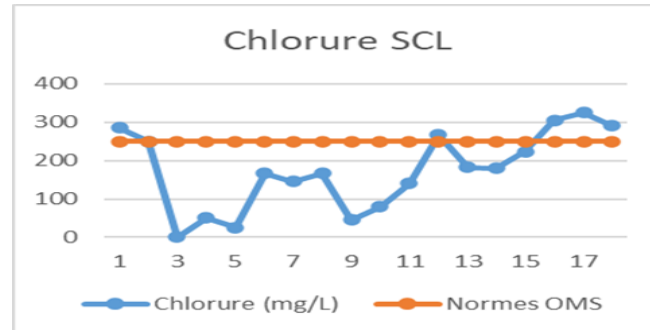


Figure 11 f. Teneur des Chlorures dans le SCL

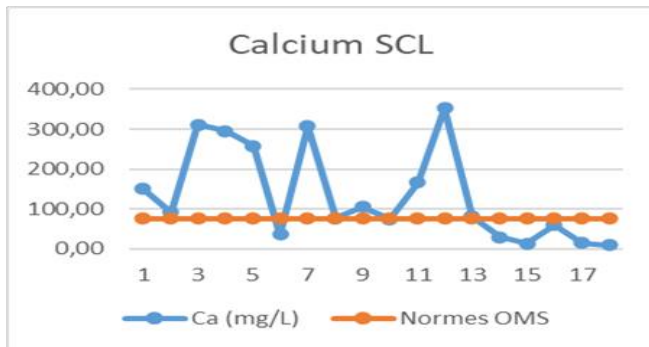


Figure 11 g. Teneur du Calcium dans le SCL

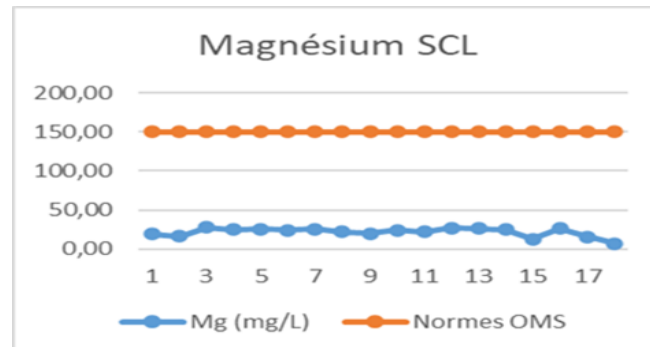


Figure 11 h. Teneur du Magnésium dans le SCL



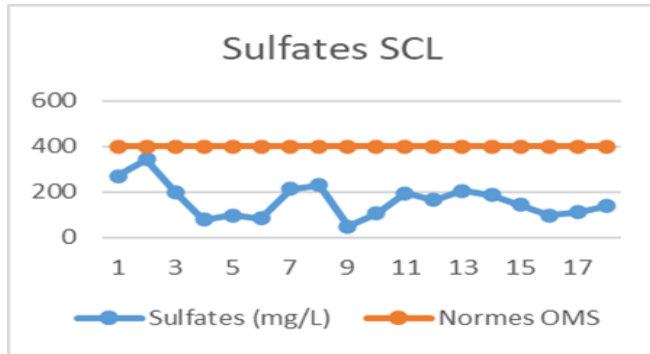


Figure 11 i. Teneur des Sulfates dans le SCL

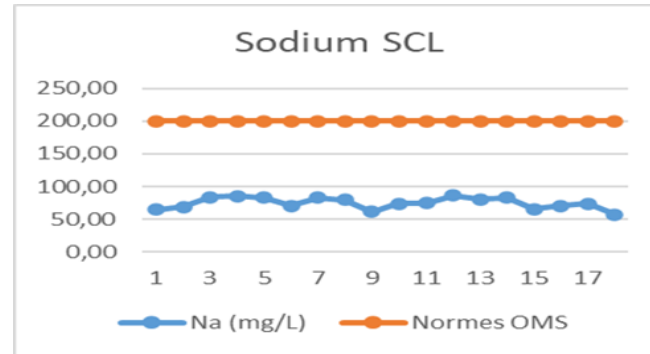


Figure 11 j. Teneur du Sodium dans le SCL

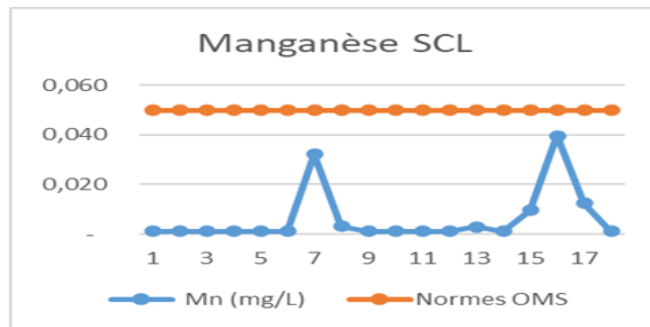


Figure 11 k. Teneur du Manganèse dans le SCL

### Caractérisation de l'eau de la Lagune (Lagune)

Les résultats de la caractérisation physico-chimiques de l'eau de la lagune sont présentés sur les figures 12 (a, b, c, d, e, f, g, h, i, j et k).

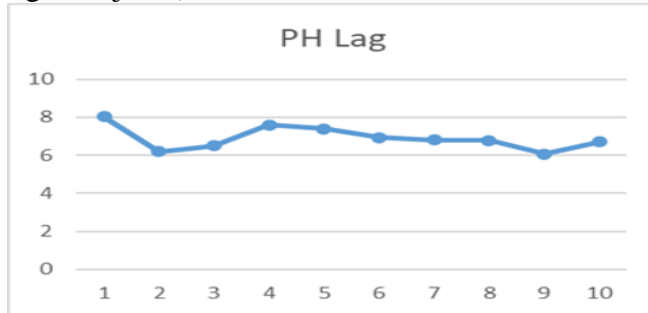


Figure 12 a. Valeur du PH dans la lagune

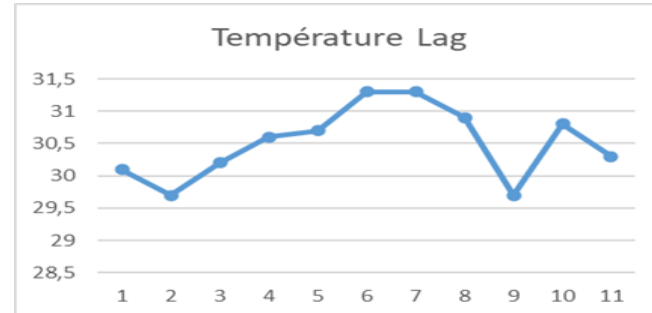


Figure 12 b. Valeur de la température dans la lagune

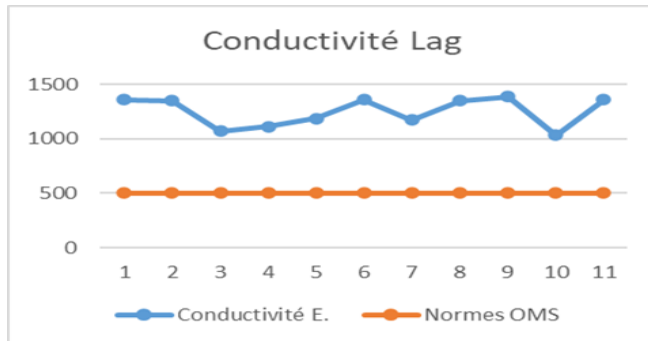


Figure 12 c. Valeur de la Conductivité dans la lagune

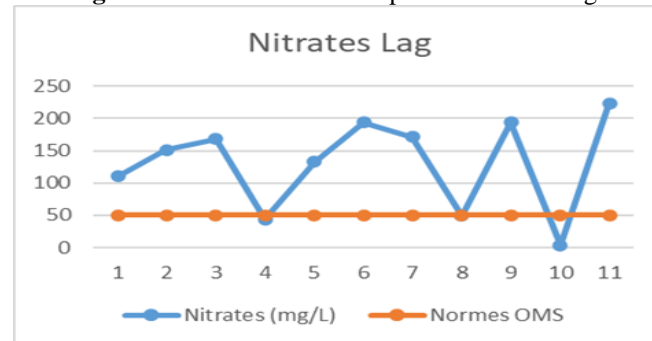
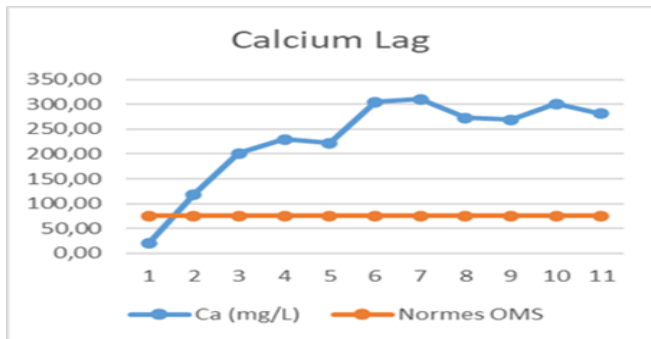
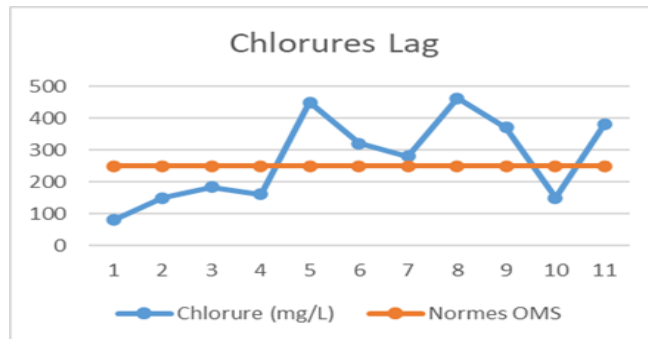


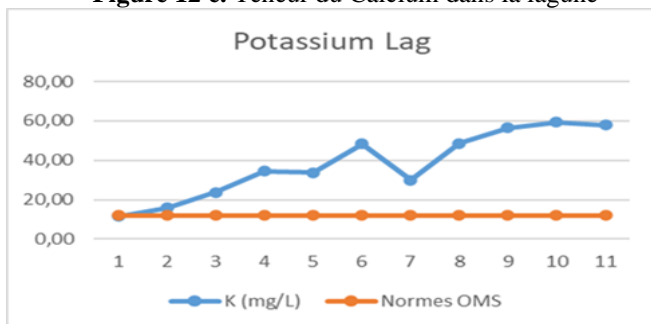
Figure 12 d. Teneur des Nitrates dans la lagune



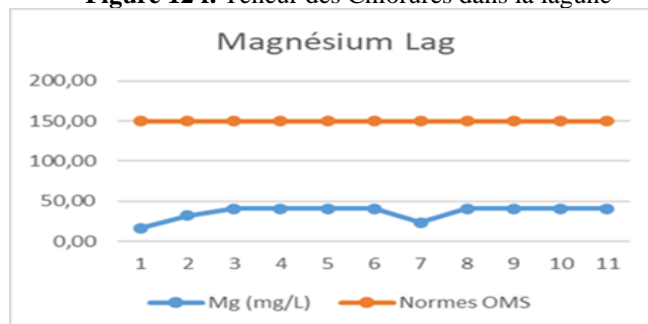
**Figure 12 e.** Teneur du Calcium dans la lagune



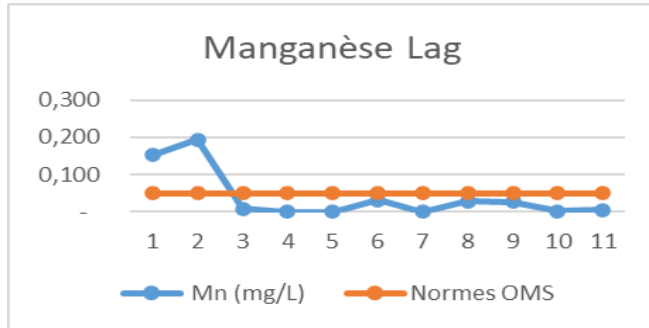
**Figure 12 f.** Teneur des Chlorures dans la lagune



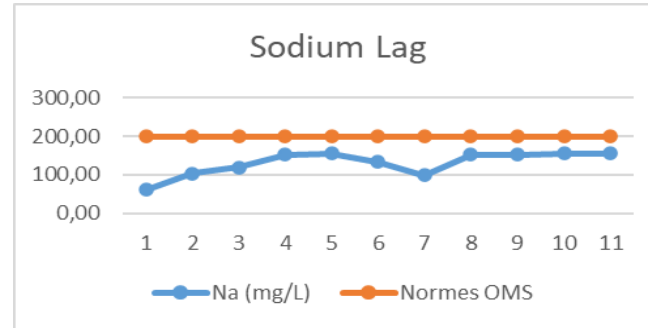
**Figure 12 g.** Teneur du Potassium dans la lagune



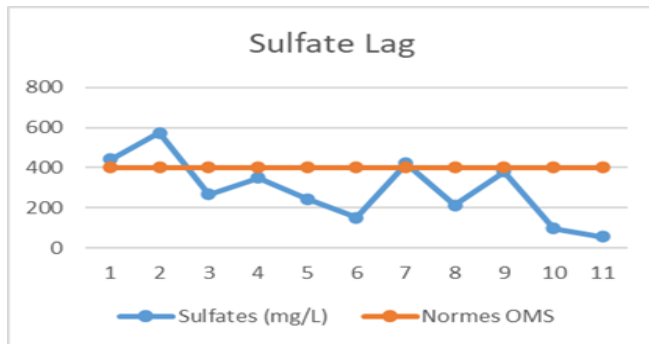
**Figure 12 h.** Teneur du Magnésium dans la lagune



**Figure 12 i.** Teneur du Manganèse dans la lagune

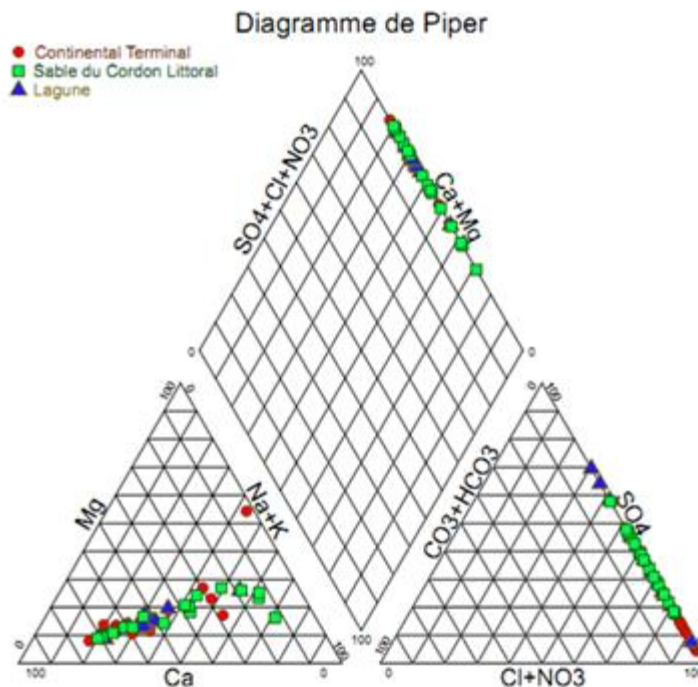


**Figure 12 j.** Teneur du Sodium dans la lagune



**Figure 12 k.** Teneur des Sulfates dans la lagune

Les résultats de la caractérisation physico-chimique ont permis de représenter les paramètres analysés sur le diagramme de piper (fig. ou Figure 13) afin de déterminer les différents faciès hydro chimiques des eaux étudiées. D'après les résultats, toutes les eaux sont hyper chlorurées calciques et sulfatées. L'eau du continental terminal présente plus de chlorures et de nitrates que les autres eaux étudiées.



**Figure 13.** Diagramme de piper montrant les différents faciès hydro chimiques des eaux à Aného

## Discussions

Notre étude a utilisé la méthode DRASTIC pour étudier les facteurs de pollution des eaux des deux nappes libres (la nappe du sable du cordon littoral et la nappe du continental Terminal) dans la ville d'Aného au Togo. L'étude de la profondeur d'eau (D) dans les nappes a révélé que les nappes libres sont de faible profondeur (en moyenne 5m pour la nappe du continental terminal et 3,5 m pour la nappe du sable du cordon littoral) à Aného ; ce qui augmente le risque de contamination de la nappe. Plusieurs études ont montré que plus la nappe est de faibles profondeurs plus elle devient vulnérable à la pollution (Kanhin et al., 2018). L'étude de la profondeur des nappes a permis de réaliser les cartes piézométriques. L'analyse de ces cartes piézométriques montre des niveaux de courbes concentriques ; ces anomalies observées au niveau des courbes piézométriques se traduisent par la présence des cônes de dépression et des dômes. Au niveau des cônes de dépression, les écoulements sont centripètes alors qu'ils sont centrifuges au niveau des dômes. Les cônes sont observés plus au nord - est et les dômes sont observés au sud. L'analyse des cartes montre que l'eau coule dans les deux nappes du Nord au Sud et de l'Ouest à l'Est. Pour ce qui est du paramètre de la recharge, l'estimation a donné une valeur de 58,48mm, largement supérieur à 25mm ce qui a fait qu'un

côte de 9 a été attribué. Quant à la nature du matériau de l'aquifère, les deux aquifères sont constitués essentiellement du sable d'après les données lithologiques de forages enregistrées (Bleza et al., 2020). Ce qui veut dire que nous sommes dans un contexte d'aquifère continu et que l'eau circule en continu et en permanence dans les deux nappes ; ce qui augmente aussi un risque de contamination et surtout de propagation d'un polluant si ce dernier arrivait à atteindre la nappe. Le type de sol a été étudié en se basant sur la carte pédologique de la zone d'étude. La ville est couverte en majorité de sable et d'argile sableux dans les zones marécageuses. L'étude de la topographie présente la ville d'Aného comme étant une zone plate avec des pentes nulles à faibles (0 à 5%) en majorité. La ville a la même configuration géomorphologique que celle de la plupart des villes de la côte (Zinsou et al., 2016 ; Lagnika et al., 2014 ; Ahoussi et al., 2018). L'étude du milieu vadose s'est faite en se basant sur les données lithologiques de forage et selon les endroits, on y rencontre que du sable et d'argile sableuse. Cette texture sableuse du milieu vadose contribue elle aussi à la vulnérabilité des nappes d'autant plus qu'elle devrait servir de couche de protection de la nappe. Tous ces paramètres étudiés cas par cas en plus de la grande perméabilité des aquifères qui est de  $9,6 \cdot 10^{-4}$  pour le sable du cordon littoral et de  $6,28 \cdot 10^{-4}$  pour le continental terminal, ont permis de distinguer trois classes de vulnérabilité pour l'aquifère du continental terminal et de deux classes pour celui du sable du cordon littoral. Les degrés obtenus vont de moyens à très élevés et de élevés à très élevés pour l'aquifère du continental terminal d'après les classifications d'ALLER et de ENGEL. Ces degrés vont de élevés à très élevés pour l'aquifère du sable du cordon littoral d'après les classifications d'ALLER et de ENGEL.

Les sondages et les mesures de terrains réalisés lors de cette étude ont permis de confronter les données des cartes de vulnérabilité réalisées. Ainsi, il apparaît que les cartes de vulnérabilité obtenues sont valides dans la mesure où, sur le terrain, il existe des facteurs anthropiques qui rendent d'avantage les aquifères plus vulnérables. L'observation de l'environnement immédiat des puits permet de constater que les puits présents à Aného sont traditionnels, non protégés et vétustes pour la plupart. La présence à proximité des ouvrages d'assainissement constitués essentiellement de fosses septiques, les toilettes à chasse manuelles et de puisards à fond perdu dans un contexte géologique fait de sable où les nappes sont peu profondes augmente suffisamment le risque de vulnérabilité des aquifères étudiés. Les ménages évoquent des raisons de manque d'espace dans les parcelles pour justifier cette proximité des puits près des ouvrages d'assainissement (Gautier, 2015; Hounsounou et al., 2017).

L'eau de la lagune d'Aného et l'eau des nappes étudiées ont été analysées au laboratoire. A cet effet, les germes indicateurs de contaminations fécales et les principaux polluants physico-chimiques ont été déterminés. Les

résultats obtenus confirment l'état de vulnérabilité des nappes étudiées. Les eaux vont de modérément contaminées à très fortement contaminées par rapport à l'indice de contamination fécale calculé. Les résultats montrent que du point de vue bactériologique, aucun des échantillons prélevés ne répond à la norme pour les paramètres recherchés. Des observations similaires ont été rapportées à Lomé (Djeri et al., 2016 ; Soncy et al., 2015 ; Sokegbe et al., 2018) et dans plusieurs pays de la sous-région (Dansou, 2015 ; Salah et al., 2015 ; Mba et al., 2019 ; Heriarivony, 2015). La forte contamination fécale observée peut s'expliquer par la présence des ouvrages d'assainissement ne respectant pas les normes standards de construction à proximité des points d'eau (Dovonou et al., 2018). Elle s'expliquerait aussi par la forte perméabilité du sol, la faible profondeur des nappes et la mauvaise gestion des eaux usées et des boues de vidange qui sont jetées directement dans la nature sans aucun traitement préalable (Poromna et al., 2020).

Les eaux contaminées deviennent impropres pour la consommation car elles sont sources des maladies hydriques (Vissin et al., 2017 ; Prisca, 2021). Les travaux de Soncy et al. (2014) ont montré la présence des germes indicateurs de contaminations fécales dans les jus frais obtenus à partir des fruits lavés à des eaux de puits de Lomé. Ce qui voudrait dire, qu'il faudrait être prudent quant à ce qui concerne leurs usages dans le quotidien (laver les aliments destinés à la consommation cru, se brosser les dents, donner du bain aux bébés etc.). Il est important de traiter ces eaux avant leurs usages. Plusieurs méthodes de traitement permettent de purifier l'eau avant sa consommation ; elles vont des plus simples (bouillir l'eau, chloration avant toutes consommations) à des méthodes plus sophistiquées (station de traitement des eaux) (Markarian, 2010).

## **Conclusion**

Cette étude a pour but d'étudier la vulnérabilité des nappes libres dans la ville d'Aného au Togo. Elle a permis de distinguer trois classes de vulnérabilité pour la nappe du continental terminal et deux classes pour la nappe du sable du cordon littoral. La vulnérabilité des deux nappes a été étudiée par la méthode DRASTIC. L'étude de chaque paramètre composant l'acronyme DRASTIC a montré que les nappes libres sont de faible profondeur, elles s'alimentent essentiellement par des pluies efficaces avec un taux de recharge élevé. Les deux aquifères sont constitués de sable et ont une grande perméabilité. Au-dessus des nappes se trouve un sol majoritairement sableux exposant ainsi les nappes à une vulnérabilité élevée dans un contexte topographique dominé par une plaine à basse altitude. Le milieu situé entre le sol et les nappes (zone dite vadose) ne favorise pas non plus la protection des nappes car il est fait de sable et d'argile sableuse. Pour confronter les résultats obtenus de l'estimation de la vulnérabilité à la réalité de terrain, quelques

sondages et mesures ont été effectués sur le terrain. Ceci a permis de conclure que les activités anthropiques contribuent énormément à la vulnérabilité des nappes libres. En effet, les ménages n'ont pas respecté non seulement les normes standards de construction mais aussi la distance minimale de 15 m recommandée. La plupart des ménages ont construit les ouvrages d'assainissement à proximité des puits pour des raisons de manque d'espace dans les parcelles. L'analyse physico-chimique et microbiologique réalisée sur les eaux ont permis de montrer que les eaux sont fortement polluées par les polluants physico-chimiques tels que les chlorures, les nitrates et les sulfates rendant ainsi l'eau brute impropre à la consommation. Elles nécessitent d'être traitées avant d'être utilisées.

### References:

1. Ahoussi, E. K., Keumean, N. K., Kouassi, M. A., & Koffi, B. Y. (2018). Etude des caractéristiques hydrogéochimiques et microbiologiques des eaux de consommation de la zone périurbaine de la ville de Man : Cas du village de Kpangouin (Côte d'Ivoire). *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 11(6), 3018. <https://doi.org/10.4314/ijbcs.v11i6.37>
2. Ahoussi, K., Koffi, Y., Kouassi, A., Soro, G., & Biemi, J. (2013). Étude hydrochimique et microbiologique des eaux de source de l'ouest montagneux de la Côte d'Ivoire : Cas du village de Mangouin-Yrongouin (sous-préfecture de Biankouman). *Journal of Applied Biosciences*, 63(1), 4703. <https://doi.org/10.4314/jab.v63i1.87245>
3. Ake, G., Kouadio, H., Dongo, K., Dibi, B., Kouame, F., & Biemi, J. (2011). Application des méthodes DRASTIC et SI pour l'étude de la vulnérabilité à la pollution par les nitrates (NO<sub>3</sub>) de la nappe de Bonoua (Sud-Est de la Côte d'Ivoire). *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 4(5). <https://doi.org/10.4314/ijbcs.v4i5.65557>
4. Akpaki, O., Baba, G., Koledzi, K. E., & Segbeaya, K. N. (2016). *Quantification et valorisation en biogaz des boues de vidange du site d'Attidjin à Lomé*. 7.
5. Albinet, M. (1970). *LES CARTES DE VULNÉRABILITÉ DES NAPPES D'EAU SOUTERRAINE À LA POLLUTION*. 31.
6. Aller, L., Bennet, T., Lehr, J., Petty, R., & Hackett, G. (1987). DRASTIC : A Standardized System for Evaluating Ground Water Pollution Potential Using Hydrogeologic Settings. EPA- 600/2-87-035, 455 p.
7. Amharref, M., Aassine, S., Bernoussi, A. S., & Haddouchi, B. Y. (2007). Cartographie de la vulnérabilité à la pollution des eaux souterraines : Application à la plaine du Gharb (Maroc). *Revue des sciences de l'eau*, 20(2), 185-199. <https://doi.org/10.7202/015812ar>



8. *BASSIN SEDIMENTAIRE COTIER. SONDAGE 1 A 108.pdf.* (1986).
9. Bleza, A., Gnazou, M. D.-T., & Gnazou, M. E. (2020). *CONTRIBUTION A L'ETUDE HYDROGEOLOGIQUE DE L'AQUIFERE DU CONTINENTAL TERMINAL A L'OUEST DU COURS D'EAU ZIO (TOGO).* 12. Rech. Sci. Univ. Lomé (Togo), 2020, 22(3)
10. Boualem, B., Aziez, Z., & Salah, B. M. (2015). Contribution de la Méthode de Vulnérabilité Intrinsèque GOD à l'Etude de la Pollution de la Nappe Libre d'Ouargla (SE Algérie) International Journal for Environment & Global Climate Change ISSN 2310-6743. *Global Climate Change*, 3(4), 9.
11. Brou, D., Lazare, K. K., Innocent, K. K., Seraphin, K. K., Moussa, S., Brice, K. A., & Dago, G. (2013). *Evaluation de la vulnérabilité à la pollution des aquifères des formations altérites à partir des méthodes DRASTIC et SYNTACS : Cas de la ville de M'bahiakro, Centre de la Côte d'Ivoire.* 2(4), 13. International Journal of Innovation and Applied Studies ISSN 2028-9324 Vol. 2 No. 4 Apr. 2013, pp. 464-476 © 2013 Innovative Space of Scientific Research Journals <http://www.issr-journals.org/ijias>
12. Dansou, B. S. (2015). *Facteurs de dégradation des eaux de puits à usage domestique dans la commune de Pobè au Sud-Est du Bénin.* 10. Afrique SCIENCE 11(6) (2015) 367 - 376 ISSN 1813-548X, <http://www.afriquescience.info>
13. Deh, S., Kouame, K., Saley, M., Tanoh, K., Anani, E., Signo, K., Jourda, J., & Biemi, J. (2012). Evaluation de la vulnérabilité spécifique aux nitrates (NO<sub>3</sub>) des eaux souterraines du District d'Abidjan (Sud de la Côte d'Ivoire). *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 6(3), 1390-1408. <https://doi.org/10.4314/ijbcs.v6i3.40>
14. Dekkiche Issam (2019). *Etude comparative de trois méthodes pour la cartographie de la vulnérabilité de l'aquifère alluviale à la pollution, plaine alluviale de Khemis Miliana.* Mémoire (102 p).
15. Diawara, H., Ahimir, S., Berthé, T., & Guindo, A. (2021). Etude De La Contribution Des Forages Dans L'amélioration De L'accès À L'eau Potable Dans Le Quartier De N'Tabacoro Cité Extension À Bamako. European Scientific Journal, ESJ, 17(40), 106. <https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n40p106>
16. Djeri, B., Awussi, A., Anani, K., Boguido, G., Soncy, K., Adjrah, Y., Tchacondo, T., Ameyapoh, Y., Bawa, L., & Karou, D. (2016). Évaluation des propriétés antimicrobiennes des javels vendues à Lomé sur quelques germes isolés de l'eau de consommation. *Journal of Applied Biosciences*, 97(0), 9152. <https://doi.org/10.4314/jab.v97i1.2>

17. Dovonou, F. E., Alassane, A., Adjahossou, V. N., Agbodo, B., Djibril, R., & Mama, D. (2018). Impacts de l'assainissement autonome sur la qualité des eaux de puits dans la Commune de Sèmè-Podji (Sud-Bénin). *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 11(6), 3086. <https://doi.org/10.4314/ijbcs.v11i6.42>
18. Engel, B.A., Navulur, K.C.S., Cooper, B.S., & Hahn, L. (1996). Estimating groundwater vulnerability to non-point source pollution from nitrates and pesticides on a regional scale. *Int. Assoc. Hydrol. Sci.*, 235. 521-526.
19. Gautier, K. W. (2015). Stratégies d'accès à l'eau potable dans un quartier défavorisé : Cas de Gobelet dans la commune de Cocody (Abidjan-Côte d'Ivoire). *Revue Canadienne de Géographie* / *Canadian Journal of Tropical Geography* RCGT (En ligne) / *CJTG* (Online) ISSN : 2292-4108 Vol. 2 (2) : 60-72 <http://laurentienne.ca/rcgt>
20. Hamza, M. H., Added, A., Francès, A., Rodriguez, R., Ajmi, M., & Abdeljaoued, S. (2008). Évaluation de la vulnérabilité à la pollution potentielle de la nappe côtière alluvionnaire de Meltine-Ras Jebel-Raf Raf (Nord-Est tunisien) selon les méthodes paramétriques DRASTIC, SINTACS et SI. *Revue des sciences de l'eau*, 21(1), 75-86. <https://doi.org/10.7202/017932ar>
21. Heriarivony (2015). *Caractères physico-chimiques et bactériologiques de l'eau de consommation (puits) de la Commune Rurale d'Antanifotsy, Région Vakinankaratra, Madagascar*. 11. Larhyss Journal, ISSN 1112-3680, n°24, Décembre 2015, pp. 7-17 © 2015 All rights reserved, Legal Deposit 1266-2002
22. Hounsounou, E. O., Agassounon Djikpo Tchibozo, M., Kelome, N. C., Vissin, E. W., Mensah, G. A., & Agbossou, E. (2017). Pollution des eaux à usages domestiques dans les milieux urbains défavorisés des pays en développement : Synthèse bibliographique. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 10(5), 2392. <https://doi.org/10.4314/ijbcs.v10i5.35>
23. Kanohin, F., Otchoumou, E., Yapou, O. B., Dibi, B., & Bonny, A. C. (2018). Caractérisation physico-chimique et bactériologique des eaux souterraines de Bingerville. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 11(5), 2495. <https://doi.org/10.4314/ijbcs.v11i5.43>
24. Kouassi kouadio\_auguste (2015). *Cartographie de la vulnérabilité à la pollution de la nappe d'Abidjan (Sud-est de la Cote d'Ivoire)*. *Mémoire* 36 p
25. Lagnika, M., Ibikounle, M., Montcho, J. C., Wotto, V. D., & Sakiti, N. G. (2014). Caractéristiques physico-chimiques de l'eau des puits dans

- la commune de Pobè (Bénin, Afrique de l'ouest). *Journal of Applied Biosciences*, 79(1), 6887. <https://doi.org/10.4314/jab.v79i1.13>
26. Latifi, S., & Chaab, S. (2017). *Evaluation et cartographie de la vulnérabilité à la pollution des eaux souterraines, selon les méthodes DRASTIC et GOD, dans la plaine alluviale de Guelma, Nord-Est Algérien*. 15. Rev. Sci. Technol., Synthèse 34 : 48 -62 (2017)
27. Markarian, A. (2010). *Couplage d'un procédé biologique sur charbon actif en poudre à un procédé membranaire pour le traitement des eaux potables*. Library and Archives Canada = Bibliothèque et Archives Canada.
28. Mba, F. F., Temgoua, E., Kengne, P. D., & Kamhoua, S. N. (2019). Vulnérabilité des eaux souterraines à la pollution dans la ville de Dschang, Ouest-Cameroun. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 13(5), 39. <https://doi.org/10.4314/ijbcs.v13i5.3S>
29. Mboudou, G. E., Ombolo, A., Kan, J. K., Bon, A. F., & Bineli, E. (s. d.). *Evaluation de la vulnérabilité intrinsèque des aquifères du bassin versant de la Mingosso (région de Yaoundé) par les méthodes paramétriques DRASTIC, SI et GOD*. 1. International Journal of Innovation and Applied Studies ISSN 2028-9324 Vol. 12 No. 1 Jul. 2015, pp. 266-286 © 2015 Innovative Space of Scientific Research Journals <http://www.ijias.issr-journals.org/>
30. Murat, V., Paradis, D., Savard, M. M., Nastev, M., Bourque, E., Hamel, A., Lefebvre, R., & Martel, R. (2003). *Vulnérabilité à la nappe des aquifères fracturés du sud-ouest du Québec : Évaluation par les méthodes DRASTIC et GOD* (N° 2003-D3 ; p. 2003-D3). <https://doi.org/10.4095/214216>.
31. Orou, R. K., Coulibaly, K. J., Tanoh, G. A., Ahoussi, E. K., Kissiedou, P. E. K., & Soro, D. T. (2016). *QUALITÉ ET VULNÉRABILITÉ DES EAUX D'AQUIFÈRE D'ALTÉRITES DANS LES SOUS-PRÉFECTURES DE GRAND-MORIÉ ET D'AZAGUIÉ DANS LE DÉPARTEMENT D'AGBOVILLE AU SUD-EST DE LA CÔTE D'IVOIRE*. 31. Rev. Ivoir. Sci. Technol., 28 (2016) 243 - 272 243 ISSN 1813-3290, <http://www.revist.ci>
32. *POLITIQUE NATIONALE SECTORIELLE EN MATIÈRE D'APPROVISIONNEMENT EN EAU POTABLE ET ASSAINISSEMENT EN MILIEU RURAL ET SEMI URBAIN - Copie.pdf*. (2012).
33. Poromna, H., Lare, F., Sossou, S. K., Kangni-dossou, M., Gnandi, K., & Ameyapoh, Y. (2020). *Quantification et caractérisation des boues de vidange dans la ville d'Aného au Togo pour le choix d'un traitement approprié*. 49(2), 13. International Journal of Innovation and Scientific Research ISSN 2351-8014 Vol. 49 No. 2 Jul. 2020, pp. 288-300 ©

- 2020 Innovative Space of Scientific Research Journals  
<http://www.ijisr.issr-journals.org/>
34. Prisca, D.R. (2021). Les contraintes socio-environnementales du manque d'eau potable au sein des villages Avikam du cordon littoral de Grand-Lahou (Côte d'Ivoire). *European Scientific Journal, ESJ*, 17(14), 70. <https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n14p70>
35. PSSAC Togo (2012). POLITIQUE SOUS-SECTORIELLE DE L'ASSAINISSEMENT COLLECTIF AU TOGO Volume2.pdf.
36. Rodier, J., Bazin, C., Chanbon, P., Broutin, J.P., Champsaur, H., & Rodi, L. (1996). *L'analyse de l'eau : eaux naturelles, eaux résiduaires et eaux de mer*. 8ème Ed. Dunod, Paris: 1383p.
37. Salah, B.M., Salah, C., Rabah, K., & Younes, H. (2015). CARACTÉRISATION HYDROCHIMIQUE DES EAUX SOUTERRAINES: CAS DU NAPPE LIBRE ET COMPLEXE TERMINAL DE L'OUED RIGH: SAHARA ALGÉRIEN. *International Journal for Environment & Global Climate Change* ISSN 2310-6743. *Global Climate Change*.
38. Singh, S., Mohan, R. R., Rathi, S., & Raju, N. J. (2017). Technology options for faecal sludge management in developing countries: Benefits and revenue from reuse. *Environmental Technology & Innovation*, 7, 203-218. <https://doi.org/10.1016/j.eti.2017.02.004>
39. Sokegbe, O. Y., Djeri, B., Kogno, E., Kangnidossou, M., Mensah, R. T., Soncy, K., & Ameyapoh, Y. (2018). Les risques sanitaires liés aux sources d'eau de boisson dans le district n°2 de Lomé-commune : Cas du quartier d'Adakpamé. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 11(5), 2341. <https://doi.org/10.4314/ijbcs.v11i5.31>
40. Soncy, K., Djeri, B., Anani, K., Eklou-Lawson, M., Adjrah, Y., Karou, D., Ameyapoh, Y., & De Souza, C. (2015). Évaluation de la qualité bactériologique des eaux de puits et de forage à Lomé, Togo. *Journal of Applied Biosciences*, 91(1), 8464. <https://doi.org/10.4314/jab.v91i1.6>
41. Thioune, P. B. D., Ndao, S., Diouf, M., Diallo, M. S., & Diaw, E. H. B. (2019a). *Evaluation de la vulnérabilité de la nappe libre de la zone des Niayes (Sénégal) par les méthodes DRASTIC, SINTACS et Index de Susceptibilité (SI)*. 26(4). *International Journal of Innovation and Applied Studies* ISSN 2028-9324 Vol. 26 No. 4 Jul. 2019, pp. 965-984 © 2019 Innovative Space of Scientific Research Journals, <http://www.ijias.issr-journals.org/>
42. Thioune, P. B. D., Ndao, S., Diouf, M., Diallo, M. S., & Diaw, E. H. B. (2019b). *Evaluation de la vulnérabilité de la nappe libre de la zone des Niayes (Sénégal) par les méthodes DRASTIC, SINTACS et Index*

- de Susceptibilité (SI)*. 26(4). International Journal of Innovation and Applied Studies ISSN 2028-9324 Vol. 26 No. 4 Jul. 2019, pp. 965-984  
© 2019 Innovative Space of Scientific Research Journals  
<http://www.ijias.issr-journals.org/>
43. Traore, F., Konare, M.A., Sossou, S., Andrianisa, H. A., & Samakea, Y. (2021). Contribution AL'amélioration De L'accès a L'eau, L'hygiène Et L'assainissement Dans La Commune Rurale De Zan Coulibaly au Mali. *European Scientific Journal, ESJ*, 17(40), 196. <https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n40p196>
  44. Vissin, E. W., Aimade, H. S. S., Dougnon, L. D., Sohounou, M., Atiye, E. Y., & Atchade, G. A. A. (2017). Qualité de l'eau et maladies hydriques dans la commune de Toffo (Bénin, Afrique de l'ouest). *Journal of Applied Biosciences*, 106(1), 10300. <https://doi.org/10.4314/jab.v106i1.10>
  45. WHO (2017). *Guidelines for Drinking-water Quality*. Weltgesundheitsorganisation. Regional büro für Europa. <https://apps.who.int/iris/handle/10665/329520>
  46. Zinsou, H. L., Attingli, A. H., Gnohossou, P., Adandedjan, D., & Laleye, P. (2016). Caractéristiques physico-chimiques et pollution de l'eau du delta de l'Oueme au Benin. *Journal of Applied Biosciences*, 97(0), 9163. <https://doi.org/10.4314/jab.v97i1.3>

## **Consommation Des Aphrodisiaques Chez Les adolescents Et Adultes À Kinshasa : Prévalence Et Facteurs Associés**

***Didier Mbombo Ndombe***

Bureau d'Étude et de Gestion de l'Information Statistique (BÉGIS), RDC  
Département des Sciences de la Population et du Développement,  
Université de Kinshasa, RDC  
Save African Youth (SAY), RDC

***Manuel F. Manun'Ebo***

Bureau d'Étude et de Gestion de l'Information Statistique (BÉGIS), RDC  
Institut Supérieur des Techniques Médicales (ISTM), Lubumbashi, RDC

***Blandine Ilunga Muleka***

Département des Sciences de la Population et du Développement,  
Université de Kinshasa, RDC

[Doi:10.19044/esj.2022.v18n21p245](https://doi.org/10.19044/esj.2022.v18n21p245)

Submitted: 08 February 2022

Accepted: 14 June 2022

Published: 30 June 2022

Copyright 2022 Author(s)

Under Creative Commons BY-NC-ND

4.0 OPEN ACCESS

*Cite As:*

Ndombe D.M., Manun'Ebo M.F. & Muleka B.I. (2022). *Consommation Des Aphrodisiaques Chez Les adolescents Et Adultes À Kinshasa : Prévalence Et Facteurs Associés*. European Scientific Journal, ESJ, 18 (21), 245. <https://doi.org/10.19044/esj.2022.v18n21p245>

### **Resume**

Une enquête transversale selon un échantillonnage randomisé à plusieurs degrés a été menée en juillet 2020 à Kinshasa. Cette étude auprès des hommes de 15 à 49 ans visait à déterminer la prévalence de la consommation des aphrodisiaques, identifier les produits les plus consommés, les principales raisons et les facteurs associés à l'utilisation. Plus de la moitié de 713 répondants avaient déjà utilisé des aphrodisiaques au cours de leur vie, avec comme principales raisons l'obtention des rapports sexuels prolongés et l'augmentation de l'excitation. L'âge, la fréquence des rapports sexuels et le district de résidence sont les trois facteurs associés à cette consommation. Les hommes de 35 à 49 ans sont 2,53 fois [IC 95 % : 1,20 à 5,31] plus susceptibles de consommer les aphrodisiaques que ceux de 15 à 24 ans. Les participants ayant eu deux rapports sexuels dans les quatre semaines précédant l'enquête courent 4,98 fois [IC 95 % : 3,06 à 8,09] le risque de consommer des aphrodisiaques que ceux qui ont un seul rapport sexuel (la référence). De trois



à cinq rapports sexuels le risque était de 10,26 fois [IC 95 % : 6,21 à 16,94] plus que la référence, et à partir de 6 rapports le risque était 8,54 fois [IC 95 % : 4,51 à 16,15]. À part le sildénafil, des ingrédients à base des plantes imbues des boissons alcoolisées sont plus consommés dans un but récréatif. Une campagne d'information et sensibilisation est recommandée pour contrôler au maximum le risque de consommation abusive des aphrodisiaques.

---

**Mots clés :** Aphrodisiaque, Usage récréatif, Médicament améliorant l'érection, Dysfonctionnement sexuel, Kinshasa

---

## **Aphrodisiac Consumption Among Adolescents and Adults in Kinshasa: Prevalence and Explanatory Factors**

*Didier Mbombo Ndombe*

Bureau d'Étude et de Gestion de l'Information Statistique (BÉGIS), RDC  
Département des Sciences de la Population et du Développement,  
Université de Kinshasa, RDC  
Save African Youth (SAY), RDC

*Manuel F. Manun'Ebo*

Bureau d'Étude et de Gestion de l'Information Statistique (BÉGIS), RDC  
Institut Supérieur des Techniques Médicales (ISTM), Lubumbashi, RDC

*Blandine Ilunga Muleka*

Département des Sciences de la Population et du Développement,  
Université de Kinshasa, RDC

---

### **Abstract**

A cross-sectional survey using a multi-stage randomised sampling was conducted in July 2020 in Kinshasa. This study among men aged 15-49 years aimed to determine the prevalence of aphrodisiac use, identify the most commonly used products, the main reasons and factors associated with use. More than half of the 713 respondents had used aphrodisiacs in their lifetime, with the main reasons being to obtain prolonged sexual intercourse and to increase arousal. Age, frequency of sex and district of residence were the three factors associated with use. Men aged 35-49 were 2.53 times [95% CI: 1.20-5.31] more likely to use aphrodisiacs than those aged 15-24. Participants who had two sexual encounters in the four weeks prior to the survey were 4.98 times [95% CI: 3.06 to 8.09] more likely to use aphrodisiacs than those who had only one sexual encounter (the reference). From three to five sexual encounters the risk was 10.26 times [95% CI: 6.21 to 16.94] higher than the reference, and from 6 encounters the risk was 8.54 times [95% CI: 4.51 to 16.15]. Apart from sildenafil, herbal ingredients imbibed in alcoholic

beverages are consumed more for recreational purposes. An information and awareness campaign is recommended to control the risk of abuse of aphrodisiacs as much as possible.

---

**Keywords:** Aphrodisiac, Recreational use, Erectile enhancement drug, Sexual dysfunction, Kinshasa

## Introduction

Ces dernières années, les aphrodisiaques ou médicaments améliorant l'érection chez les hommes sont devenus populaires suite à l'augmentation de la prévalence des problèmes sexuels dans le monde où l'incidence du problème pourrait dépasser 320 million en 2025 (Ayta et al., 1999 cité par Bhagavathula et al., 2016). Malheureusement, les aphrodisiaques disponibles sur prescription sont abusés ou détournés vers l'utilisation récréative. (Lévy et Garnier, 2006). La consommation de ces médicaments ne semble pas être formellement accompagné d'une prescription médicale ; ils sont souvent obtenus sans prescription médicale et/ou sans ordonnance (Aldridge et Measham, 1999 ; Chu et al., 2003 ; Sherr et al., 2000). Ils sont en vente sur le marché, les grands artères et carrefours et aussi sur internet (Ndianyama, 2018).

Les aphrodisiaques provoquent des effets variables sur les différentes dimensions de la sexualité (désir, excitation, réponse sexuelle, sensibilité corporelle et génitalité) selon le contexte, la dose et la durée d'utilisation (Lévy et Garnier, 2006).

Plusieurs chercheurs ont travaillé sur diverses substances végétales ou animales considérées comme aphrodisiaques dont les usages et la nomenclature dépendent d'une société à une autre. Selon Müller-Ebeling (cité dans Lévy et Garnier, 2006), on dénombrerait plus de 1000 plantes utilisées pour des fins sexuelles. Elles proviennent de différentes régions du monde et sont utilisées ou consommées sous diverses formes (infusions, décoctions, plats cuisinés, onguents, poudres, inhalations, etc.) afin de maintenir et améliorer les fonctions sexuelles (Lévy et Garnier, 2006).

La population congolaise en général et kinoise en particulier n'est pas épargnée par le phénomène. À cause d'une prolifération des produits indigènes sur le marché, la consommation d'aphrodisiaques est dorénavant une pratique répandue à Kinshasa où ces substances sont employées par des vieux, des jeunes, et même des adolescents. Plusieurs variétés d'aphrodisiaques traditionnels et modernes sont exposées sur le trottoir à travers la capitale (Ndianyama, 2018). Afin de satisfaire le désir sexuel, les aphrodisiaques à base des plantes et racines naturelles sont de plus en plus consommés en RDC, mais les conséquences pour la santé peuvent être néfastes (Kasereka, 2017).



Les résultats de la plupart des travaux réalisés ailleurs sur la consommation des aphrodisiaques montrent que la grande majorité de ces produits contribuent aux dysfonctions sexuelles en réduisant le désir, l'excitation et l'orgasme ; leurs effets pourraient entraîner des dysfonctions sexuelles chez 30 à 60 % des consommateurs (Lévy et Garnier, 2006). Par contre, il y a une carence de données probantes pour l'Afrique en général et particulièrement pour la RDC. Ainsi, pour contribuer des données récentes sur le problème, nous avons mené une enquête transversale comprenant des entretiens de face à face avec les adolescents et les adultes âgés entre 15 et 49 ans. Les principaux objectifs de cette étude ont été de mesurer l'ampleur, déterminer les facteurs associés à la consommation des aphrodisiaques dans la ville de Kinshasa, identifier les aphrodisiaques les plus fréquemment consommés ainsi que les principales raisons justifiant la consommation de ces produits.

## **Méthodes**

Le protocole de l'étude ainsi que tous les outils de collecte ont été examinés et approuvés par le Comité d'éthique de l'École de santé publique de l'Université de Kinshasa (RDC) sous le N° d'approbation : ESP/CE/033/2020.

## **Design de l'étude**

Il s'agit d'une étude transversale rétrospective composée d'un sondage (face à face) sur questionnaire structuré auprès des hommes âgés de 15 à 49 ans, sélectionnés selon un échantillonnage randomisé à plusieurs degrés dans tous les quatre districts de Kinshasa.

## **Détermination de la taille de l'échantillon**

Afin de déterminer le nombre minimum des participants à qui administrer le questionnaire sur la consommation des aphrodisiaques, la formule suivante a été utilisée :

$$n = \frac{Z_{1-\alpha/2}^2 \times p \times (1 - p)}{e^2} = 384$$

$Z_{1-\alpha/2} = 1,96$  est la valeur critique de la distribution normale à  $\alpha/2$  dont pour un niveau de confiance de 95%,  $\alpha = 0,05$  ;  $e = 0,05$  est la marge d'erreur et la proportion attendue de la population est de 50 % ( $p=0,50$ ).

Par conséquent, un minimum de 384 personnes devait être interrogées. Enfin, tenant compte des non-réponses et des données manquantes (en supposant un taux de 20 %), la taille de l'échantillon de départ  $n_0$  est d'au moins 480 participants.

## **Méthode d'échantillonnage**

En vue de garantir le caractère aléatoire tout en améliorant la représentativité de l'échantillon, le prélèvement des participants à l'étude a été effectué à quatre degrés dans tous les quatre districts administratifs de la ville de Kinshasa, entendu, le district de la Funa, le district de la Lukunga, le district de Mont-amba et le district de la Tshangu.

Dans chaque district, la première étape a consisté à sélectionner au hasard un nombre de quartiers à partir d'une liste complète de tous les quartiers du district.

Dans la deuxième étape, à l'intérieur de chaque quartier (ou segment du quartier) sélectionné dans la première étape, quelques rues (4 ou 5) ont été tirées de manière aléatoire après un recensement complet de toutes les rues se trouvant dans ce quartier (ou segment). Cette opération a été facilitée par l'application Aléatoire Ux.

Dans la troisième étape, à l'intérieur de chaque rue sélectionnée dans la deuxième étape et après un recensement exhaustif, des parcelles d'habitation ont été tirées au hasard, suivant un pas d'échantillonnage obtenu en divisant le nombre de parcelles dénombrées par le quota de la taille de l'échantillon alloué à la rue.

Le quota par quartier variait légèrement en fonction du nombre minimum d'entretiens journaliers par enquêteur initialement fixé à 12, mais facilement dépassé selon les conditions de travail sur terrain pour atteindre un minimum de 17 entretiens.

Enfin, dans la quatrième étape, à l'intérieur de chaque parcelle d'habitation tirée au sort lors de la troisième étape, les ménages à interviewer ont été sélectionnés au hasard. S'il y a plusieurs ménages en son sein, on commence par tirer un ménage au hasard et recruter ensuite un seul participant répondant aux critères d'inclusion pour être interviewé.

## **Procédures d'étude**

Les équipes de terrain étaient composées d'un total de huit enquêteurs et un superviseur. Tous les membres des équipes de terrain ont suivi 3 jours de formation intensive couvrant les objectifs de l'étude, les procédures d'étude pour la collecte des données et la description détaillée de toutes les questions.

La collecte des données a été réalisée au domicile du participant par un entretien de face à face à l'aide d'un questionnaire structuré, préétabli et programmé sur les tablettes mobiles. Le questionnaire a été administré exclusivement aux adolescents et adultes de sexe masculin dont l'âge variait entre 15 et 49 ans, résidant dans la ville de Kinshasa depuis au moins six mois au moment de l'enquête et ayant donné un consentement oral pour participer à l'étude. Pour les répondants n'ayant pas atteint l'âge de la majorité (18 ans), le consentement devrait être accompagné d'une autorisation parentale.

## **Gestion des données**

Des procédures de contrôle de la qualité ont été mises en place pendant la collecte des données, puis lors de la vérification des données. Des contrôles de cohérence rigoureux ont été créés afin de réduire les erreurs pendant la saisie réalisée instantanément à l'aide d'un masque de saisie créé sur Kobo collect et installé sur la tablette mobile. Cette dernière a permis le transfert des données par le truchement d'une synchronisation constante avec le serveur Kobotoolbox en mode online.

## **Variables de l'étude**

La consommation des aphrodisiaques était la variable dépendante utilisée dans l'analyse de régression logistique de cette étude. Il s'agit de la consommation des aphrodisiaques au cours de douze derniers mois qui ont précédé l'enquête.

Les variables indépendantes suivantes ont été explorées : l'âge au dernier anniversaire ; le statut matrimonial (marié, non-marié) ; la religion pratiquée ; le niveau d'instruction atteint, c'est-à-dire le dernier diplôme obtenu, le cas échéant ; le district de résidence ; la profession ou l'occupation professionnelle ; et la fréquence des rapports sexuels au cours de quatre dernières semaines précédant l'enquête.

Les autres variables recherchées auprès des répondants comprenaient les principales raisons justifiant la consommation des aphrodisiaques et les produits plus fréquemment consommés.

## **Analyse des données**

Les informations recueillies à l'aide de l'application Kobo collect ont été transférées dans Excel pour l'apurement et SPSS for Windows pour les analyses.

La consommation des aphrodisiaques a été croisée avec chacun des facteurs sociodémographiques, socioculturels, socio-économiques et comportemental sexuel, et un test de khi-deux d'indépendance a été calculé pour déterminer leur degré d'association. En outre, des modèles de régression logistique ont été ajustés avec la consommation des aphrodisiaques comme variable dépendante. Tous les facteurs ont été inclus dans le modèle afin de déterminer ceux qui seraient associés de manière indépendante à la consommation des aphrodisiaques auprès des adolescents et adultes âgés de 15 à 49 ans à un niveau de signification prédéterminé inférieur à 0,05. L'anti-log des estimations et l'intervalle de confiance à 95% (CI) ont été calculés pour obtenir les rapports des cotes.

## Considérations éthiques

En plus de l'examen et approbation obtenue du comité d'éthique, pendant la mise en œuvre de l'étude, le principe de justice, égalité et du respect de la personne enquêtée, y compris le respect de ses croyances, ses opinions et ses convictions ont été garantis et observés.

Les enquêtes ont été conduites de manière à respecter l'intimité des enquêtés et ceux-ci devraient, à tout moment, s'assurer qu'ils ne courent aucun risque quelconque et qu'ils n'éprouvent aucune gêne du fait de leur participation à l'étude.

Ainsi, avant le début de chaque entrevue, chaque participant a donné son consentement. Il a été informé qu'il a le droit et peut, soit refuser de répondre à une question qu'il juge embarrassante, soit carrément mettre fin à sa participation et ainsi clôturer ou interrompre l'entretien sans crainte de courir un quelconque préjudice.

Tous les formulaires ont été anonymes et ne comportaient que les numéros d'identification. Cependant, au moment de l'exploitation des données aucune information permettant d'identifier le répondant s'y trouvait dans la base des données.

## Résultats

Au total, 40 quartiers ont été tirés et visités, dans lesquels 713 hommes éligibles ont été recrutés et enquêtés. À cause d'une variation technique du quota journalier d'entretiens par équipe de terrain, ce nombre est au moins 40% de plus que la taille calculée de l'échantillon de départ. Les adolescents (15 – 19 ans) ont constitué une sous-population moins importante de répondants contrairement aux adultes (20 – 49 ans) qui représentent la grande majorité (86,1 %). Les résultats présentés dans le Tableau 1 montrent que plus de la moitié (56,5 %) des enquêtés ont achevé avec succès le niveau secondaire d'études, suivi du niveau de graduat (19,8 %) et du primaire (16,3 %). Très peu de répondants ont atteint le niveau universitaire, soit 7 % et seulement 3 répondants qui n'avaient aucune instruction.

Un peu plus de trois sur quatre (76,9 %) enquêtés étaient célibataires au moment de l'enquête et que près d'un quart (22,4 %) vivait en union. Dans le cadre de cette enquête, ont été considérés comme étant en union tous les hommes mariés légalement ainsi que toutes les personnes vivant en union consensuelle. Seulement 5 sur les 713 répondants, soit 0,7% étaient en rupture d'union ou divorcés.

La religion apparaît être une caractéristique différentielle des participants dont plus de quatre sur dix ont déclaré être chrétiens membres des « églises de réveil », et près d'un cinquième ont confessé être des chrétiens catholiques. Une frange non négligeable n'a déclaré aucune religion.

Quant aux principales activités professionnelles, 28,6 % des répondants sont des étudiants ou élèves, la même proportion (28,3 %) a été observée pour les commerçants ou ceux qui sont dans les débrouillardises et 12,5 % sont des ouvriers ou dans l'artisanat. Par contre, un peu plus d'un sur dix (11,2 %) répondants exercent un travail qualifié ; ils sont cadres de direction (employés), enseignants, militaires ou fonctionnaires de l'État alors que 8,6 % sont dans les autres professions. La proportion des chômeurs dans l'échantillon n'est pas si grande, soit cinq sur cent (5,5 %) personnes sont sans occupation. Il faudra noter aussi qu'environ cinq pour cent de la population enquêtée était constituée des conducteurs automobiles et/ou des motards.

Dans l'ensemble, 403 répondants (56,5 %) ont déjà consommé un aphrodisiaque ou produit améliorant l'érection au moins une fois au cours de la vie, alors que la prévalence en la consommation au cours des 12 derniers mois précédant l'enquête est de 44,9 %.

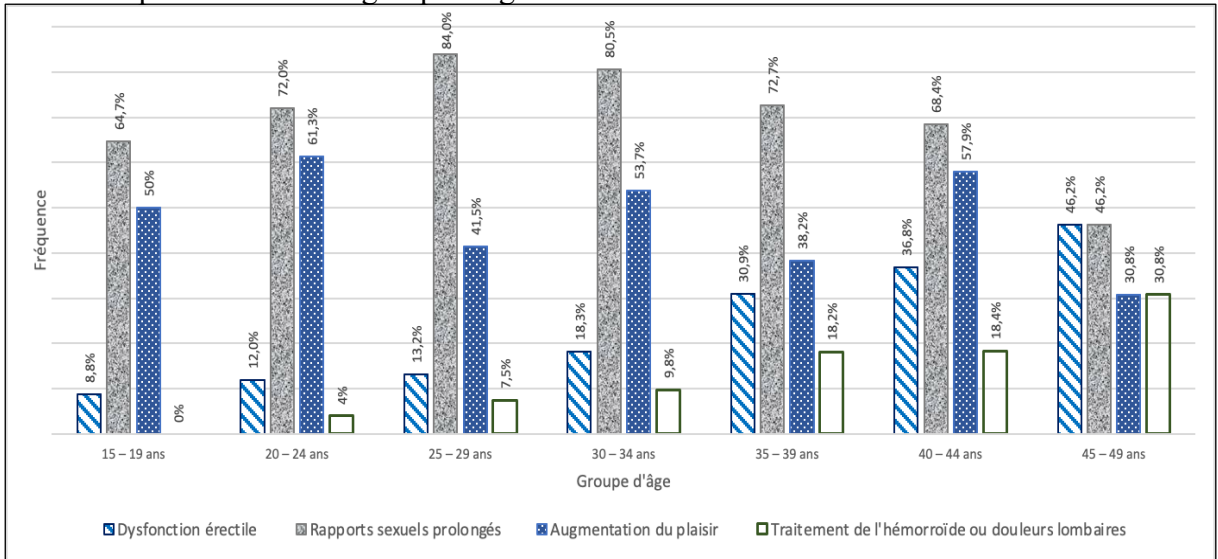
**Tableau 1.** Résumé des caractéristiques sociodémographiques et professionnelles des participants

<b>Caractéristiques sociodémographiques</b>	<b>N = 713<sup>1</sup></b>
<b>Tranche d'âge</b>	
15 – 19	99 (13,9%)
20 – 24	166 (23,3%)
25 – 29	186 (26,1%)
30 – 34	121 (17,0%)
35 – 39	73 (10,2%)
40 – 44	50 (7,0%)
45 – 49	18 (2,5%)
<b>État matrimonial</b>	
Marié ou en union libre	160 (22,4%)
Célibataire (jamais marié)	548 (76,9%)
Divorcé/ Séparé	5 (0,7%)
<b>Niveau d'instruction</b>	
Aucun	3 (0,4%)
Primaire	116 (16,3%)
Secondaire	403 (56,5%)
Graduat	141 (19,8%)
Universitaire	50 (7,0%)
<b>Religion du répondant</b>	
Autres religions	126 (17,7%)
Catholique	138 (19,4%)
Églises de réveil	318 (44,6%)
Pas de religion	38 (5,3%)
Protestante	93 (13,0%)
<b>Occupation professionnelle</b>	
Artisanat/ouvrier	89 (12,5%)
Autres professions	61 (8,6%)
Chômeur/sans occupation	39 (5,5%)
Commerçants/ Débrouillard	202 (28,3%)
Étudiant / Élève	204 (28,6%)
Motard / chauffeur	38 (5,3%)
Travailleur secteur public ou privé	80 (11,2%)

<sup>1</sup>Statistics presented: n (%)

Parmi les raisons les plus fréquemment citées pour justifier cette pratique, il y a les rapports sexuels prolongés (75 %), soit plus de  $\frac{3}{4}$ , l'augmentation du plaisir ou l'excitation sexuelle et la dysfonction érectile avec près d'un sur cinq répondants (19, 4%) ; une frange non négligeable de la population (10 %) a cité le traitement de l'hémorroïde et douleurs lombaires

comme une des raisons. Les données résumées dans la Figure 1 donne la répartition selon le groupe d'âge.



**Figure 1.** Principales raisons qui poussent les hommes (15-49) à consommer les aphrodisiaques selon l'âge

L'analyse bivariée (Tableau 2 et Tableau 3) pour tester l'association entre les différents facteurs et la consommation des aphrodisiaques chez les adolescents et les adultes de 15 à 49 ans a montré que les facteurs tels que l'âge de l'individu, son statut matrimonial, son district de résidence et le comportement sexuel de l'individu, notamment la fréquence des rapports sexuels étaient étroitement liés ( $p < 0,001$ ) à la consommation des aphrodisiaques. Il se dégage aussi une relation statistiquement significative ( $p = 0,001$ ) entre la consommation des aphrodisiaques et le niveau d'instruction de l'individu. Enfin, l'occupation professionnelle de l'individu ainsi que son appartenance religieuse étaient aussi statistiquement liées au seuil d'un pourcent ( $p = 0,004$ ) avec la consommation des produits améliorant l'érection chez les hommes.

Selon les données résumées dans le Tableau 2, la consommation des aphrodisiaques varie avec l'âge. Parmi les consommateurs, le sous-groupe de 15 – 24 ans avec 31,3 %. Par contre ces proportions sont un peu plus élevées chez les plus âgés, respectivement la moitié (50,2 %) parmi les jeunes de 25 – 34 ans a utilisé un aphrodisiaque au cours des 12 derniers mois et près de 6 sur 10 répondants (58,9 %) pour le groupe de 35 – 49 ans.

La répartition selon le statut matrimonial indique que ce sont les hommes en union qui en consomment plus que les non-mariés. Le Tableau 2 indique qu'il y a un écart considérable entre les deux groupes ; environ 6 sur 10 hommes en union (58,1 %) ont consommé des aphrodisiaques au cours des 12 derniers mois contre 41 % pour les homologues non en union.

Les proportions sont très variées entre les sous-groupes en ce qui concerne le niveau d'instruction. Elles varient entre 31 % pour le sous-groupe du niveau inférieur et un peu plus de la moitié (52,9 %) pour celui du niveau supérieur ou universitaire. Globalement, les plus instruits consomment plus des aphrodisiaques que les moins instruits.

Il se dégage une relation statistiquement significative entre la consommation des aphrodisiaques et la religion. Selon le Tableau 2, les non-croyants viennent en première position avec 65,8 %, suivis des chrétiens catholiques avec un peu plus de la moitié (52,9 %). Concernant la religion protestante, la proportion des consommateurs des aphrodisiaques est d'environ ½, soit 48,4 % ; alors qu'il n'y a pas de grand écart entre les églises de réveil et les autres religions (kimbanguiste, musulmane, etc.) respectivement avec 39,6 % et 40,5 %.

La ventilation par rapport à l'occupation professionnelle révèle qu'il y a des fortes variations parmi les différentes catégories professionnelles (Tableau 2). Parmi les répondants qui ont consommé des aphrodisiaques au cours des 12 derniers mois précédant l'enquête, la proportion la plus élevée est observée chez les chauffeurs/motards (60 %), suivis de la catégorie de travailleurs du secteur public ou privé avec un plus de la moitié (51,2 %) ; alors qu'on ne remarque pas de différence entre les autres professions, les ouvriers et les débrouillards où cette proportion est autour de 50%. Par ailleurs, ces proportions varient entre 32,8 et 43,6 % respectivement chez les élèves/étudiants et les chômeurs ou sans occupation.

Il ressort de ces résultats que le niveau de consommation est un peu plus bas (31,4 %) dans le district de la Funa contrairement aux trois autres districts où les proportions nous paraissent presque les mêmes, respectivement 50,3 % pour Mont-Amba, 49,7 % pour Lukunga et 48,9 % pour la Tshangu.



**Tableau 2.** Association entre la consommation des aphrodisiaques et les différentes caractéristiques des participants

Caractéristiques (variables)	Consommation des aphrodisiaques au cours des douze derniers mois		p- value <sup>2</sup>
	Non =393 (55,1%) <sup>1</sup>	Oui= 320 (44,9%) <sup>1</sup>	
<b>Tranche d'âge</b>			<0,001
15 – 24	182 (68,7)	83 (31,3)	
25 – 34	153 (49,8)	154 (50,2)	
35 – 49	58 (41,1)	83 (58,9)	
<b>Statut matrimonial</b>			<0,001
Marié ou en union	67 (41,9)	93 (58,1)	
Non-marié	326 (59,0)	227 (41)	
<b>Niveau d'instruction</b>			0,001
Inférieur	82 (68,9)	37 (31,1)	
Secondaire	221 (54,8)	182 (45,2)	
Supérieur/universitaire	90 (47,1)	101 (52,9)	
<b>Religion pratiquée</b>			0,004
Catholique	65 (47,1)	73 (52,9)	
Protestante	48 (51,6)	45 (48,4)	
Églises de réveil	192 (60,4)	126 (39,6)	
Autres religions	75 (59,5)	51 (40,5)	
Pas de religion	13 (34,2)	25 (65,8)	
<b>Occupation professionnelle</b>			0,004
Artisanat/ouvrier	45 (50,6)	44 (49,4)	
Autres professions	31 (50,8)	30 (49,2)	
Chômeur/sans occupation	22 (56,4)	17 (43,6)	
Commerçants/ Débrouillard	104 (51,5)	98 (48,5)	
Étudiant / Élève	137 (67,2)	67 (32,8)	
Motard / chauffeur	15 (39,5)	23 (60,5)	
Travailleur secteur public ou privé	39 (48,8)	41 (51,2)	
<b>District de résidence</b>			<0,001
Funa	127 (68,6)	58 (31,4)	
Lukungu	86 (50,3)	85 (49,7)	
Mont-Amba	85 (49,7)	86 (50,3)	
Tshangu	95 (51,1)	91 (48,9)	

<sup>1</sup>Statistics presented: n (%)

<sup>2</sup>Statistical tests performed: chi-square test of independence

Les données résumées dans le Tableau 3 révèlent que la fréquence de consommation des aphrodisiaques augmente avec le nombre des rapports sexuels. Cette proportion est d'environ ¼ pour les gens qui ont eu une seule activité sexuelle au cours de quatre dernières semaines, et près de 6 sur 10

(58,2 %) pour ceux qui ont eu deux activités sexuelles et près de trois quarts (73,8 %) pour les répondants qui ont atteint au moins trois rapports sexuels au cours de quatre dernières semaines.

**Tableau 3.** Association entre la consommation des aphrodisiaques et la fréquence des rapports sexuels

Fréquence des rapports sexuels au cours de quatre dernières semaines	Consommation des aphrodisiaques au cours des 12 derniers mois		p-value <sup>2</sup>
	Non =335 (51,2%) <sup>1</sup>	Oui = 319 (48,8%) <sup>1</sup>	
Aucune fois	39 (90,7)	4 (9,3)	<0,001
Une fois	179 (73,4)	65 (26,6)	
Deux fois	56 (41,8)	78 (58,2)	
Au moins trois fois	61 (26,2)	172 (73,8)	

<sup>1</sup>Statistics presented: n (%)

<sup>2</sup>Statistical tests performed: chi-square test of independence

Du modèle de régression logistique ajusté, il ressort que la fréquence des rapports sexuels est indépendamment liée à la consommation des aphrodisiaques (Tableau 4). On a observé que la consommation des aphrodisiaques avait une tendance d'augmenter avec la fréquence des rapports sexuels. En effet, les participants ayant eu deux rapports sexuels au cours des quatre dernières semaines précédant l'enquête sont 4,98 fois [IC 95 % : 3,06 à 8,09] plus susceptibles de consommer des produits aphrodisiaques que ceux qui n'ont eu qu'un seul rapport sexuel. Cette proportion a doublé chez les hommes qui ont eu trois à cinq rapports sexuels, soit 10,26 fois [IC 95 % : 6,21 à 16,94] par rapport à leurs homologues qui en ont eu une fois. Cependant, cette probabilité se réduit de deux unités, soit 8,54 fois [IC 95 % : 4,51 à 16,15] lorsque les rapports sexuels passent à 6 fois ou plus au cours dans les quatre semaines.

Des observations similaires ont été faites concernant l'âge du participant. Nous avons trouvé une tendance d'utilisation des aphrodisiaques croissante avec l'âge. Les hommes de 35 à 49 ans sont 2,53 fois [IC 95 % : 1,20 à 5,31] plus susceptibles de consommer les aphrodisiaques que les plus jeunes de 15 à 24 ans. Dans la tranche d'âge intermédiaire la consommation était 1,56 fois plus que les plus jeunes, mais ce résultat peut avoir été un fait du hasard comme l'IC comprenait le 1.

Un autre facteur qui impacte indépendamment sur la consommation des aphrodisiaques est le district de résidence. Les répondants qui résident le district de Lukunga courent 2,9 fois [IC 95 % : 1,64 à 5,11] le risque de consommer des aphrodisiaques que ceux de la Funa. Et ceux de Mont-Amba sont 2,57 fois [IC 95 % : 1,48 à 4,45] plus susceptibles d'en consommer que

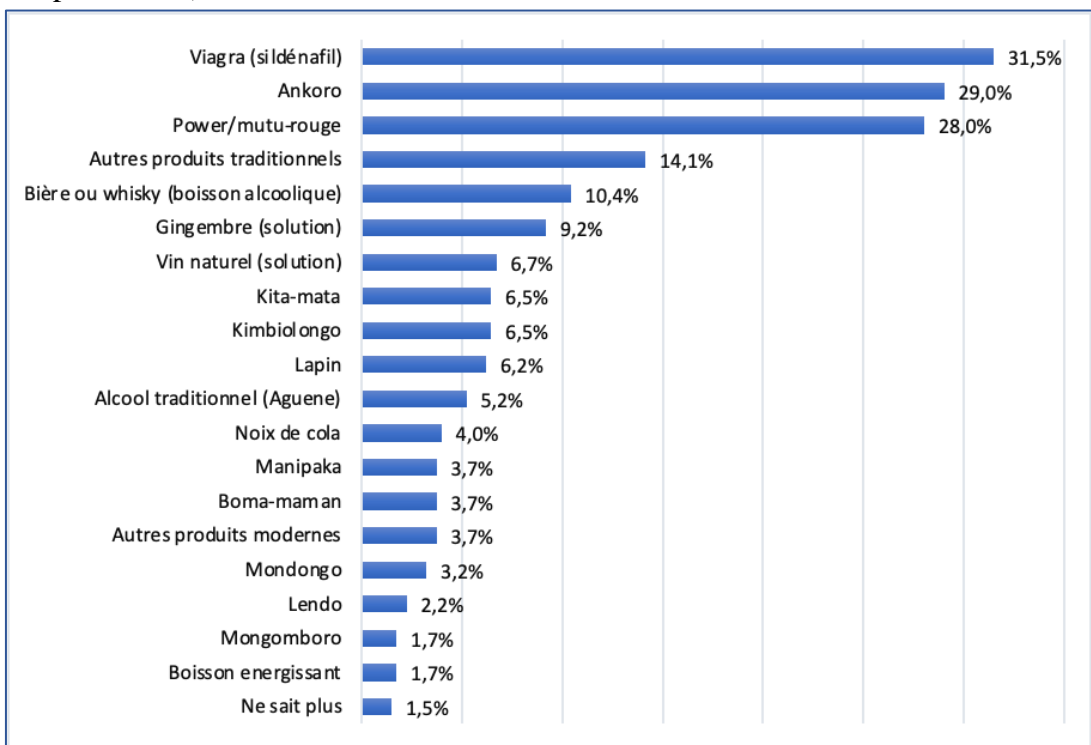
leurs homologues de la Funa. À l'inverse, un lien statistiquement non significatif est observé entre le district de la Tshangu et la consommation des aphrodisiaques (p=0,07).

**Tableau 4.** Modèles de régression logistique multiniveaux avec la consommation des aphrodisiaques comme variable dépendante

	Modèles univariés		Modèle multivarié	
	OR (95% CI)	P value	OR (95% CI)	P value
<b>Religion pratiquée</b>				
Catholique	Réf		Réf	
Protestante	0,83 (0,49 ; 1,41)	0,50	0,81 (0,42 ; 1,57)	0,53
Autres religions	0,61 (0,37 ; 0,99)	0,04*	0,78 (0,42 ; 1,47)	0,44
Églises de réveil	0,58 (0,39 ; 0,87)	0,01*	0,67 (0,40 ; 1,12)	0,12
Pas de religion	1,71 (0,81 ; 3,62)	0,16	1,07 (0,41 ; 2,78)	0,89
<b>Occupation professionnelle</b>				
Chômeur / sans occupation	Réf		Réf	
Commerçant / Débrouillard	1,22 (0,61 ; 2,43)	0,57	1,33 (0,55 ; 3,19)	0,53
Artisanat / Ouvrier	1,27 (0,59 ; 2,70)	0,54	1,18 (0,46 ; 3,07)	0,73
Élève / Étudiant	0,63 (0,32 ; 1,27)	0,20	1,37 (0,56 ; 3,35)	0,49
Travailleur secteur public ou privé	1,36 (0,63 ; 2,94)	0,43	0,88 (0,33 ; 2,35)	0,79
Autres professions	1,25 (0,56 ; 2,81)	0,59	1,05 (0,38 ; 2,89)	0,93
Motard / chauffeur	1,98 (0,80 ; 4,92)	0,14	1,89 (0,61 ; 5,89)	0,27
<b>Statut matrimonial</b>				
Marié / en union	Réf		Réf	
Non marié / pas en union	0,50 (0,35 ; 0,72)	<0,001*	0,76 (0,42 ; 1,37)	0,36
<b>Age</b>				
15 – 24	Réf		Réf	
25 – 34	2,21 (1,57 ; 3,11)	<0,001*	1,56 (0,93 ; 2,62)	0,09
35 – 49	3,14 (2,05 ; 4,80)	<0,001*	2,53 (1,20 ; 5,31)	0,01*
<b>Niveau d'instruction</b>				
Inférieur	Réf		Réf	
Secondaire	0,40 (0,25 ; 0,65)	<0,001*	1,350 (0,75 ; 2,43)	0,32
Supérieur / Universitaire	0,73 (0,52 ; 1,04)	0,08	1,565 (0,77 ; 3,17)	0,21
<b>District de résidence</b>				
Funa	Réf		Réf	
Lukunga	2,16 (1,41 ; 3,33)	<0,001*	2,90 (1,64 ; 5,11)	<0,001*
Mont-Amba	2,22 (1,44 ; 3,41)	<0,001*	2,57 (1,48 ; 4,45)	<0,001*
Tshangu	2,10 (1,37 ; 3,20)	<0,001*	1,63 (0,95 ; 2,79)	0,07
<b>Fréquence des rapports sexuels</b>				
Une fois	Réf		Réf	
Deux fois	3,84 (2,46 ; 5,99)	<0,001*	4,98 (3,06 ; 8,09)	<0,001*
Trois à cinq fois	7,86 (4,99 ; 12,39)	<0,001*	10,26 (6,21 ; 16,94)	<0,001*
Six fois et plus	7,57 (4,22 ; 13,60)	<0,001*	8,54 (4,51 ; 16,15)	<0,001*

Par ailleurs, le statut matrimonial, le niveau d'instruction, la religion et l'occupation professionnelle ne paraissent pas avoir une liaison statistique avec la consommation des aphrodisiaques.

Les participants à l'étude ont été interrogés sur les aphrodisiaques qu'ils ont déjà utilisés (Figure 2). En tête des produits plus fréquemment utilisés se retrouvent le viagra (sildénafil), « l'Ankoro » et le « Power et/ou Mutu-rouge » avec respectivement 31,5 %, 29,0 % et 28,0 % de cas. Par ailleurs un sur dix participants (10,4 %) a cité la boisson alcoolique. Comme on peut l'observer sur la Figure 2, la majorité des aphrodisiaques cités par les répondants sont des produits indigènes issus d'un mélange de plusieurs substances en formulations très variées (poudre, boissons, racines ou pommades).



**Figure 2.** Pourcentage des hommes de 15 à 49 ans selon les aphrodisiaques les plus fréquemment consommés

## Discussion

La consommation des aphrodisiaques a été évaluée auprès de 713 sujets mâles âgés de 15 à 49 ans dans la ville de Kinshasa. Les résultats obtenus dans cette étude sont comparables à ceux rapportés ailleurs en termes de la prévalence, des principales motivations, des produits les plus fréquemment consommés et des facteurs associés à la consommation des aphrodisiaques chez les hommes (Manortey et al., 2018 ; Makwana et al., 2013 ; Tabil, 2016 ; Sanchez et al., 2006 ; Pantalone et al., 2008 ; Beck et al., 2014 ; Loeb, 2004 ; Colfax et al., 2005; Fisher, 2006).

La consommation des aphrodisiaques, aussi bien au cours des douze derniers mois qu'au cours de la vie, est prépondérante parmi les participants à notre étude, avec une prévalence considérablement élevée comparée aux résultats d'une étude menée aux Etats-Unis par Pantalone et al. (2008). La présente étude a révélé que 403 (56,5 %) parmi les personnes interrogées avaient déjà utilisé des aphrodisiaques au cours de leur vie et 320 (44,9 %) ont utilisé ces produits au cours des douze derniers mois précédant l'enquête. Le résultat désagrégé par statut matrimonial révèle que le niveau de consommation était de 58% chez les personnes qui cohabitaient avec leurs partenaires contre 41% chez les personnes qui n'étaient pas en union. Des chiffres plus ou moins similaires ont été fournis dans une étude réalisée dans la municipalité de Ashaiman au Ghana portant sur les facteurs associés à l'usage des aphrodisiaques chez les adultes males, où l'on a constaté que 52,6 % des hommes interviewés avaient déjà utilisé des aphrodisiaques ou médicaments améliorant l'érection (Manortey et al., 2018). Une prévalence plus faible (26 %) a toutefois été signalée par Makwana et al. (2013) dans une enquête en ligne. Près de  $\frac{3}{4}$  (74%) des consommateurs des aphrodisiaques avaient moins de 35 ans d'âge, la moitié (50,2 %) parmi les jeunes de 25 – 34 ans ; alors que les plus jeunes se trouvant dans le sous-groupe de (15 – 24 ans) ne sont pas épargnés, un peu plus de 3 sur 10 (31,3 %) parmi eux ont consommé des aphrodisiaques au cours des 12 derniers mois précédant l'enquête. Cette tendance de forte consommation a été rapportée par Ahmed et al. (2017) qui ont constaté que la plupart (67,2%) des consommateurs de médicaments améliorant l'érection chez les hommes avaient tout au plus 45 ans. Ceci suggère que la consommation d'aphrodisiaque est élevée parmi les populations jeunes, ce qui constitue une préoccupation de santé publique (Manortey et al., 2018).

La présente étude a révélé que 75% des consommateurs des aphrodisiaques justifient cette pratique par la recherche de la performance sexuelle ou des rapports sexuels prolongés et seulement 19,4% ont cité le dysfonctionnement érectile comme principal motif d'utilisation. Ce résultat est similaire à celui de l'étude de Manortey et al. (2018), qui a révélé que ces personnes consomment souvent ces médicaments en l'absence de maladie

diagnostiquée, mais uniquement pour améliorer leurs performances sexuelles, sans tenir compte des effets néfastes d'un usage chronique sur la santé. Dans le même sens, Amidu et al. (2010) ont indiqué que de nombreuses personnes qui consomment des médicaments pour améliorer leur vie sexuelle n'en ont pas réellement besoin.

Il est important de noter que la grande majorité des aphrodisiaques consommés sont des produits indigènes issus d'un mélange de plusieurs substances en formulations très variées : poudre, boissons, racines, etc. Cela corrobore des études de Manortey et al. (2018) et de Tabil (2015) au Ghana qui ont montré que la majorité de la population étudiée consommait des aphrodisiaques à base de plantes et des boissons alcoolisées mélangées à des aphrodisiaques.

L'étude actuelle a révélé que l'âge, la fréquence des rapports sexuels et le district de résidence étaient associés à l'utilisation des aphrodisiaques. C'est intéressant de constater l'association entre la consommation des aphrodisiaques et l'âge, les hommes plus âgés les consommant plus fréquemment que les plus jeunes. Ce résultat est contraire à celui de l'étude réalisée par Fisher et al. (2006) qui n'a trouvé aucun effet de l'âge sur la consommation de viagra mais en accord avec celui de Sanchez et al. (2006) qui a trouvé l'augmentation de l'âge comme un des facteurs explicatifs de la consommation des aphrodisiaques. Le même constat a été fait par Manortey et al. (2018) qui a trouvé que l'âge était parmi les facteurs démographiques significativement associés à la consommation des aphrodisiaques. Ce fait suggère un certain lien avec la perte de virilité ou la perte de la fonction sexuelle qui intervient avec le vieillissement et qui entraîne les hommes plus âgés à faire recours aux médicaments qui amélioreraient l'érection (Diamond, 1997 cité par Potts et al., 2006).

La présente étude a suggéré une association entre la consommation des aphrodisiaques et la fréquence des rapports sexuels. Plus un individu a des rapports sexuels, plus il est exposé à consommer un aphrodisiaque. Ces résultats sont appuyés par Ahmed et al. (2017) qui ont constaté un lien étroit entre la fréquence des rapports sexuels et la consommation des aphrodisiaques.

L'impact indépendant du district de résidence ressorti de l'analyse suggère un rôle important que peut jouer le milieu socio-culturel dans la consommation des aphrodisiaques. Il nous semble que les habitants de Lukunga et Mont-Amba, plus susceptibles de consommer ces substances que leurs homologues de la Funa auraient une plus grande ouverture culturelle vis-à-vis de ce phénomène que les habitants du district de la Tshangu où le lien n'a pas été observé. Selon Kalambayi (2007), il y a une plus grande probabilité de retrouver les jeunes gens sexuellement actifs dans les ménages aisés ainsi que dans ceux dont les chefs sont les plus instruits.

Au cours des analyses bivariées, des associations statistiquement significatives ont été trouvées entre le statut matrimonial, le niveau d'instruction, la religion, l'occupation professionnelle et la consommation des aphrodisiaques. Les mêmes résultats ont été trouvés par Manortey et al., (2018). Mais ces associations ont disparu en présence d'autres variables.

## **Conclusion**

La consommation des aphrodisiaques est bien prévalent chez les adolescents et les adultes kinois. Ces produits ou médicaments sont les plus fréquemment consommés chez les hommes en union par rapport à leurs homologues qui ne vivent pas en union. On a aussi constaté que les personnes âgées avaient plus de chance de consommer les aphrodisiaques que les plus jeunes. On a également découvert que la fréquence des rapports sexuels avait une influence très significative sur la consommation d'aphrodisiaques, car les personnes qui entendent avoir des rapports sexuels plus fréquents sont plus susceptibles de consommer ces médicaments que celles qui en ont le moins possible. Un autre facteur trouvé est le district de résidence qui prédisait indépendamment la consommation d'aphrodisiaques. Les avantages que ces hommes âgés de 15 à 49 ans prétendent tirer de la consommation des aphrodisiaques sont plutôt d'ordre récréatif. En général, il a été perçu que les principales raisons de la consommation des aphrodisiaques étaient d'obtenir des rapports sexuels prolongés et l'augmentation de l'excitation au cours des rapports sexuels. À part le sildénafil (viagra), la majorité des aphrodisiaques les plus fréquemment consommés étaient des produits indigènes à base de plantes et des boissons alcoolisées mélangées à des aphrodisiaques.

Ces résultats peuvent permettre à l'autorité sanitaire de cibler des interventions qui limiteraient l'usage de ces produits sans ordonnance médicale pour ainsi réduire les risques possibles de dysfonctions érectiles, l'impuissance sexuelle, les problèmes cardiaques et autres liés à l'usage abusif des aphrodisiaques.

Quoique les résultats dégagés ici paraissent intéressants, ils ne sont pas à l'abri de certaines limites. Cette étude présente deux principales limites. Tout d'abord, la portée territoriale de nos résultats appelle à quelques réserves. En effet, cette étude est bien représentative de la ville de Kinshasa, mais ses résultats ne sont pas par ailleurs, généralisables au niveau de chaque municipalité, moins encore pour chacun de ses quartiers car l'unité d'analyse a été plutôt l'ensemble des aires géographiques, entendu la ville de Kinshasa. La seconde limite est la non-identification de l'orientation sexuelle des participants alors que la plupart des études ont fait état d'une consommation fréquente des aphrodisiaques chez les hommes ayant des rapports sexuels avec des hommes.

D'un côté, cette étude présente plusieurs points forts notamment un échantillon de grande taille et la rigueur scientifique dans le processus d'échantillonnage qui a conféré une pertinence aux résultats et apporté un éclairage nouveau et inédit sur la consommation des aphrodisiaques à Kinshasa, en République Démocratique du Congo.

### **Remerciements**

Nous tenons à remercier tous les membres de l'équipe de terrain qui ont participé à la collecte des données pour leur professionnalisme et leur travail acharné. De plus, nous voulons reconnaître le soutien du Bureau d'Étude et de Gestion de l'Information Statistique (BÉGIS) et la disponibilité de tous les participants aux enquêtes.

### **Conflits d'intérêts**

Les auteurs n'ont déclaré aucun conflit d'intérêts.

### **Contributions des auteurs**

La conception du protocole de l'étude et l'élaboration des outils de collecte des données ont été réalisées par D.M.N. A effectué l'analyse de données et a rédigé la première version du manuscrit : D.M.N. La rédaction et approbation du document final : tous les auteurs.

### **References:**

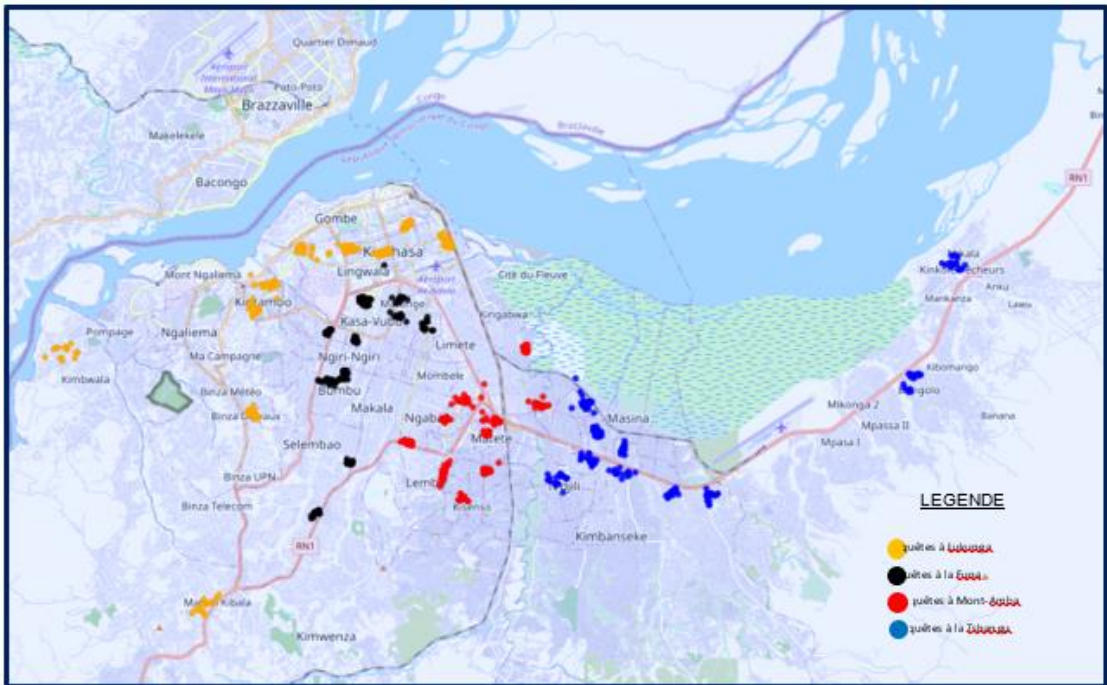
1. Ahmed, A.F., Alshahrani, S., Morgan, A., Gabr, A.H., Abdel-Razik, M. and Daoud, A. (2017). Demographics and Sexual Characteristics of Sex-Enhancing Medication Users: Study of a Web-Based Cross-Sectional Sample of Sexually Active Men. *Arab Journal of Urology*, 15, 366-371. <https://doi.org/10.1016/j.aju.2017.09.003>
2. Aldridge, J. and Measham, F. (1999). Sildenafil (Viagra) is used as a recreational drug in England. *BMJ.*, 318-669. <https://doi.org/10.1136/bmj.318.7184.669>
3. Aytac, A., McKinlay, J.B., Krane, R.J. (1999). The likely worldwide increase in erectile dysfunction between 1995 and 2025 and some possible policy consequences. *Br. J. Urol. Int.* 84, 450-456. DOI: 10.1046/j.1464-410x.1999.00142.x
4. Amidu, N., Owiredu, W.K.B., Woode, E., Addai-Mensah, O., Gyasi-Sarpong, K.C. and Alhassan, A. (2010). Prevalence of Male Sexual Dysfunction among Ghanaian Populace: Myth or Reality. *International Journal of Impotence Research*, 22, 337-342. <https://doi.org/10.1038/ijir.2010.24>



5. Bhagavathula, A.S., Elnour, A.A. and Shehab, A. (2016). Pharmacovigilance on Sexual Enhancing Herbal Supplements. *Saudi Pharmaceutical Journal*, 24, 115-118.  
DOI: 10.1016/j.jsps.2015.01.018
6. Chu PL, McFarland W., Gibson, S., et al. (2003). Viagra use in a community recruited sample of men who have sex with men, San Francisco. *J Acquir Immune Defic Syndr.*, 33, 191–193.  
DOI: 10.1097/00126334-200306010-00012
7. Colfax, G., Coates T.J., Husnik, M.M.J, et al. (2005). Longitudinal patterns of methamphetamine, popper (amyl nitrite), and cocaine use and high-risk sexual behavior among a cohort of San Francisco men who have sex with men. *J Urban Health*, i62, 62–70. DOI: <https://doi.org/10.1093/jurban/jti025>
8. Fisher, G., Malow, R. et al. (2006), Recreational Viagra Use and Sexual Risk among Drug Abusing Men. *Am J Infect Dis*, 2(2), 107–114. DOI: 10.3844/ajidsp.2006.107.114
9. Beck, F., Guignard, R. et Richard, J.B. (2014). Usages des nitrites d'alkyle en France. *Med Sci (Paris)*, 30(10), p.916-921. DOI:<https://doi.org/10.1051/medsci/20143010020>
10. Kalambayi, B. (2007). *Sexualité des jeunes et comportements sexuels à risque à Kinshasa (R.D. Congo)* [Thèse de doctorat, Université catholique de Louvain]. <http://hdl.handle.net/2078.1/4845>
11. Kasereka, C. (2017, 17 octobre). La dangereuse popularité des produits aphrodisiaques en RDC. Voaafricque. récupéré le 2 février 2021 de <https://www.voaafricque.com/a/la-dangereuse-popularite-des-produits-aphrodisiaques-en-rdc/4064180.html>
12. Lévy, J. J. and Garnier, C. (2006). Drogues, médicaments et sexualité. *Drogues, santé et société*, 5 (2), 11– 48. DOI : <https://doi.org/10.7202/015693ar>
13. Loeb, L. (2004). Viagra: the science and politics of drugs, sex, and risk. *Focus*, 19(6), pp.4–7.  
<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/15386851/>
14. Makwana, S., Solanki, M., Raloti, S. and Dikshit, R. (2013). Evaluation of Recreational Use of Aphrodisiac Drugs and Its Consequences: An Online Questionnaire Based Study. *International Journal of Research in Medical*, 2, 51-59.  
[https://ijorim.com/siteadmin/article\\_issue/1368096341Ijorim12.pdf](https://ijorim.com/siteadmin/article_issue/1368096341Ijorim12.pdf)
15. Manortey, S., Mensah, P.A. and Acheampong, G.K. (2018). Evaluating Factors Associated with the Use of Aphrodisiacs among Adult Male Residents in Ashaiman Municipality, Ghana. *Open Access Library Journal*, 5(9):1-13 DOI: 10.4236/oalib.1104876

16. Ndianyama, D. (2018, 5 mai). La consommation d’aphrodisiaque, une pratique répandue à Kinshasa. Actualite.cd. Récupéré le 2 février 2021 de <https://actualite.cd/2018/05/05/rdc-la-consommation-daphrodisiaque-une-pratique-repandue-kinshasa>
17. Pantalone, D. W., Bimbi, D. S., and Parsons, J. T. (2008). Motivations for recreational use of erectile enhancing medications in urban gay and bisexual men. *Sexually Transmitted Infections*, 84, 458–462. DOI: 10.1136/sti.2008.031476
18. Potts, A., Grace, V.M., Vares, T., Gavey, N. (2006). Sex for life? Men’s counter-stories on “erectile dysfunction”, male sexuality and ageing. *Sociol. Health Illn.* 28, 306-329. <https://doi.org/10.1111/j.1467-9566.2006.00494.x>
19. Sanchez, T.H., Gallagher, K.M. (2006). Factors associated with recent sildenafil (viagra) use among men who have sex with men in the United States. *J AIDS.*, 42, 95–100. DOI: 10.1097/01.qai.0000218361.36335.77
20. Sherr, L., Bolding, G., et al. (2000). Viagra use and sexual risk behaviour among gay men in London. *AIDS.*, 14, 2051–2053. DOI: 10.1097/00002030-200009080-00024
21. Swearingen, S. G. and Klausner, J. D. (2005). Sildenafil use, sexual risk behavior, and risk for sexually transmitted diseases, including HIV infection. *The American Journal of Medicine*, 118 (6), 571–577. DOI: 10.1016/j.amjmed.2005.01.042
22. Tabil, E. (2016). Consumption of Alcoholic Beverages Mixed with Aphrodisiacs in the Okaikoi Sub-Metropolis. [Master's thesis, University of Ghana]. <http://197.255.68.203/handle/123456789/5576>

### Annexe : Cartographie des enquêtes dans la ville de Kinshasa



**Figure 3.** Cartographie des enquêtes dans les différents districts de la ville de Kinshasa  
Source : Cette carte est produite par nous même à partir des coordonnées géographiques du domicile de chaque participant à l'étude



## **Caractérisation des parcs de Karité (*Vitellaria paradoxa* Gaertn) des terroirs de Kénioto et Samécouta (Kédougou, Sénégal)**

**Massamba Thiam, Doctorale, Agroforesterie et Productions Végétales**

**Madior Diouf, MA, Ingénieur forestier**

**Ousmane Ndiaye, PhD, Maître de Conférences, CAMES**

**Cheikh Oumar Samb, PhD, Ingénieur forestier**

**Saliou Ndiaye, PhD, Professeur Titulaire, CAMES**

Ecole Nationale Supérieure d'Agriculture,

Université Iba Der Thiam de Thiès, Sénégal

[Doi:10.19044/esj.2022.v18n21p267](https://doi.org/10.19044/esj.2022.v18n21p267)

Submitted: 01 May 2022

Accepted: 01 June 2022

Published: 30 June 2022

Copyright 2022 Author(s)

Under Creative Commons BY-NC-ND

4.0 OPEN ACCESS

### *Cite As:*

Thiam M., Diouf M., Ndiaye O., Samb C.O. & Ndiaye S. (2022). *Caractérisation des parcs de Karité (*Vitellaria paradoxa* Gaertn) des terroirs de Kénioto et Samécouta (Kédougou, Sénégal)*. European Scientific Journal, ESJ, 18 (21), 267.

<https://doi.org/10.19044/esj.2022.v18n21p267>

### **Resume**

Cette présente étude a été réalisée dans la zone de Kédougou, plus précisément dans les terroirs de Kénioto et Samécouta. Les parcs agroforestiers sont essentiellement constitués d'arbres à *Vitellaria paradoxa* Gaertn qui assurent des fonctions écologiques et socio-économiques. Cependant, sous les pressions démographiques et climatiques, ces parcs se dégradent. Ainsi, l'objectif de l'étude est de caractériser la végétation ligneuse de ces parcs agroforestiers. Pour ce faire, un inventaire floristique et des analyses physico-chimiques de sols ont été réalisés. Des observations et des enquêtes sur les pratiques culturelles, l'alternance champ-jachère, les modes de gestion des arbres de karités... ont complété ces investigations. Les résultats révèlent la présence de 33 espèces ligneuses réparties en 13 familles. Le karité occupe une densité de 28,4 ind./ha dans les champs cultivées et 29 ind./ha dans les jachères. Les parcs à karités cultivés sont marqués par la prédominance des sujets à gros diamètres dont la majorité est concentrée dans la classe de hauteur de 6 à 18 m. Les jachères constituent l'entité dont le peuplement ligneux est le plus évolué avec des valeurs d'indice de Shannon (2,54) et d'équitabilité

plus élevées que dans les champs cultivés. Les paramètres étudiés montrent une nette différence entre les entités Champs et Jachères avec une richesse spécifique (23 espèces) et un recouvrement (23,13%) plus élevés en dans les parcs cultivés. Si la jachère enrichit le sol en azote, les parcs cultivés sont plus riches en phosphore. Les initiatives participatives de régénération assistée permettraient une gestion durable de ces parcs et une meilleure conservation de l'espèce *V. paradoxa* Gaertn.

---

**Mots clés :** Caractérisation, Champs, Jachères, Parc agroforestier, *Vitellaria paradoxa*

---

## **Characterization of shea-tree parcs (*Vitellaria paradoxa* Gaertn) in the aeras of Kenioto and Samecouta (Kedougou, Sénégal)**

*Massamba Thiam, Doctorale, Agroforesterie et Productions Végétales*

*Madior Diouf, MA, Ingénieur forestier*

*Ousmane Ndiaye, PhD, Maître de Conférences, CAMES*

*Cheikh Oumar Samb, PhD, Ingénieur forestier*

*Saliou Ndiaye, PhD, Professeur Titulaire, CAMES*

Ecole Nationale Supérieure d'Agriculture,

Université Iba Der Thiam de Thiès, Sénégal

---

### **Abstract**

This present study was carried out in the Kedougou area, more precisely in the terroirs of Kenioto and Samecouta. Agroforestry parks are essentially made up of trees with *Vitellaria paradoxa* Gaertn that provide ecological and socio-economic functions. However, under demographic and climatic pressures, these parks are deteriorating. Thus, the objective of the study is to characterize the woody vegetation of these agroforestry parks. To do this, a floristic inventory and physico-chemical analyses of soils were carried out. Observations and surveys on cultivation practices, field-fallow alternation, shea tree management methods... have completed these investigations. The results reveal the presence of 33 woody species divided into 13 families. Shea occupies a density of 28.4 ind./ha in cultivated fields and 29 ind./ha in fallow land. Cultivated shea tree parks are marked by the predominance of large diameter subjects, the majority of which are concentrated in the height class of 6 to 18 m. Fallow land is the entity with the most evolved woody stand with higher Shannon index values (2.54) and equitability values than in cultivated fields. The parameters studied show a

clear difference between the Fields and Fallow entities with a specific richness (23 species) and a higher recovery (23.13%) in cultivated parks. If fallow land enriches the soil with nitrogen, cultivated parks are richer in phosphorus. Participatory assisted regeneration initiatives would allow sustainable management of these parks and better conservation of the species *V. paradoxa* Gaertn.

---

**Keywords:** Characterization, Fields, Fallows, Agroforestry Park, *Vitellaria paradoxa*

## 1. Introduction

Le Sénégal exportait en 2011 environ 200 tonnes d'amandes de karité *Vitellaria paradoxa* Gaertn issue de zone de Kédougou de Tambacounda et la Haute Casamance (CBI, 2016). Cette espèce est associée avec les cultures annuelles sous forme de parcs agroforestiers (Larrue, 2005). Les parcs satisfont plusieurs besoins et exercent des fonctions allant de la production agricole à la production des produits forestiers ligneux et non ligneux (Diop et al., 2005). Les arbres des parcs jouent un rôle de premier plan dans la sécurité alimentaire des populations grâce à leur production de fruits, de noix et de feuilles comestibles (Codjia, 2003). Le karité est l'une des espèces dominantes dans les systèmes agraires soudano-sahéliens (Kaboré et al., 2012). Le karité arbore les pentes colluviales des sols moyennement humides, profonds, riches en matière organique où les précipitations sont comprises entre 600 et 1400 mm avec une saison sèche de 5 à 8 mois (Hall et al., 1996). Il est peu abondant au bord des cours d'eau Kaboré (2012). Le karité est un arbre caducifolié moyennement haut avec un certain nombre de caractéristiques (Dubut, 2012). Le système racinaire du karité est pivotant sur une profondeur de l'ordre de 0,75 à 1 m (Bamba, 1985) voire 1,5 m (Larrue, 2005) avec des racines latérales (Bonkougou, 1987). Ces agrosystèmes fondés sur les cultures pluviales subissent une forte dégradation liée à la péjoration climatique et la forte anthropisation (Diouf et al., 2002). La demande en surface cultivable jointe à la raréfaction de terres disponibles entraîne une réduction de la durée des jachères gages de la durabilité des systèmes de culture agroforestiers (CIRAD-Forêt, 1996). En dépit de ces potentialités, les parcs à karité sont confrontés au vieillissement de certains sujets, à l'insuffisance de régénération naturelle par endroits et au niveau d'anthropisation élevé. En vue d'apporter des solutions, pour la protection et la conservation de cette espèce, une étude sur la caractérisation de la diversité ligneuse des parcs à *V. paradoxa* Gaertn dans les villages de Kénioto et Samécouta a été proposée. Ainsi l'objectif général est de contribuer à une meilleure connaissance des parcs à *V. paradoxa* dans le département de Kédougou notamment dans les villages de Kénioto et Samécouta. De manière spécifique, il s'agira de :



- ✚ inventorer les espèces présentes dans les parcs à karité au niveau des champs et jachères;
- ✚ déterminer l'effet des pratiques et modes d'utilisation des terres (champs et jachères) sur ces parcs.

## 2. Matériel et méthodes

Le climat est de type soudano-guinéen avec une pluviométrie annuelle de 1300 mm (ANSD, 2010). Le site est caractérisé par l'importance des sujets de *V. paradoxa* Gaertn dans les champs et jachères d'âges variés avec des unités d'exploitation de beurre de karité. Des études écologiques, végétales et pédologiques ont été menées dans la zone (Marone, 2017 ; Camara, 2016 ; Seck, 2012, Mabiata, 2000). Le matériel technique utilisé pour l'inventaire forestier est composé de GPS, ruban métrique, compas forestier, blume Leiss, boussole Suunto, tarière manuelle et fiches de comptage,. La cartographie des deux principaux parcs agroforestiers de *V. paradoxa* Gaertn a été réalisée. Les parcs constituent des champs de 9,58ha à Kénioto et 8,54ha à Samécouta mais également des jachères de 2,78 ha à Kénioto et 8,54 ha à Samécouta ; soit 22,9ha au total (Figure 1 ; 2 et 3).



Figure 1: Carte administrative de la région de Kédougou

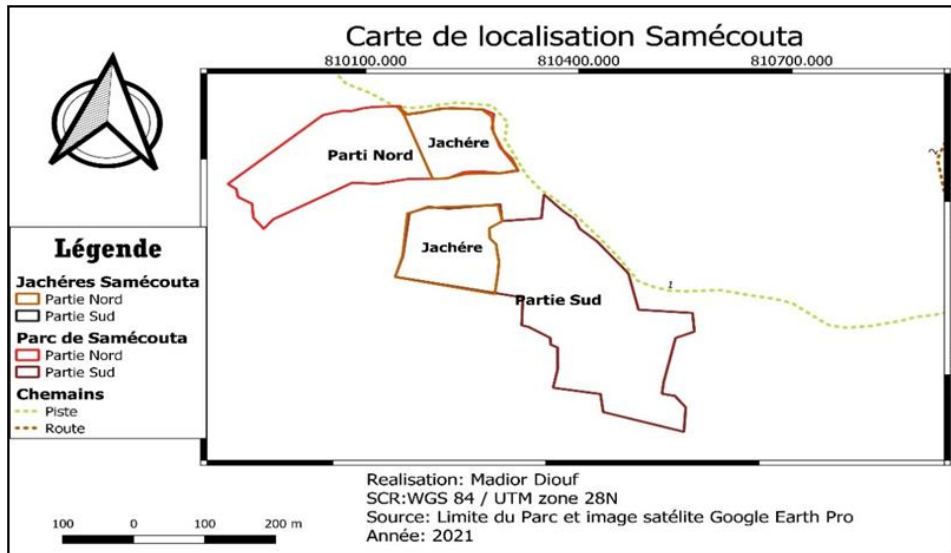


Figure 2: Localisation du parc à Karité dans le village de Kénioto, Kédougou

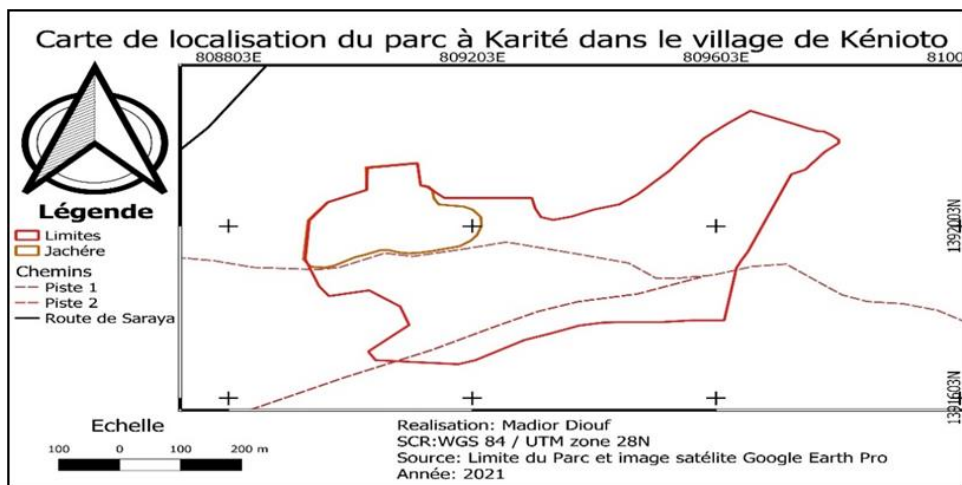


Figure 3: Localisation du parc à Karité dans le village de Samécouta, Kédougou

Un échantillonnage aléatoire, a permis de tirer 9 placettes carrées de 50 m de côté chacun comme effectué avec Kaboré et al. (2012) et Doignet (2018). Le taux de sondage est déterminé par la formule suivante :

$$\text{Taux de sondage} = \frac{N \times \text{Surface d'une placette}}{\text{surface considérée}}$$

La zone étudiée s'étend sur 22,9 ha, le taux de sondage de 20% et le nombre de placettes retenues est de 18 soit 09 placettes pour chaque parc. La régénération a concerné les individus de karité dont la taille est inférieure à un (1) mètre comme défini par Kabore (2010).



Une enquête a été menée auprès des 08 propriétaires des parcelles dans le parc afin de cerner les pratiques culturales pouvant influencer sur la dynamique et la diversité du peuplement de karité. Les présidentes des groupements féminines impliqués dans le ramassage et la transformation du karité ont été concernées par l'enquête.

Les données d'enquêtes ont été gérées et traitées avec le logiciel Sphinx (version : 5.0.0.82), et SPSS. Le logiciel RStudio (Version 1.2.5) a été utilisé pour les analyses de variances avec les tests de comparaison de moyenne au seuil de 5%.

### **Analyse de la végétation ligneuse des parcs**

Les données de l'inventaire ont permis de réaliser les structures horizontale et verticale du peuplement mais aussi les paramètres de diversité et de répartition. La richesse spécifique a été évaluée à travers la richesse spécifique totale et la richesse spécifique moyenne. La richesse spécifique totale (S) est le nombre total d'espèces que comporte le peuplement considéré dans un écosystème donné (Ramade, 2003). La richesse spécifique moyenne correspond au nombre moyen d'espèces par relevé pour un échantillon donné (Ngom, 2014).

La densité relative correspond à la proportion des d'individus d'une espèce par rapport aux individus de toutes les espèces. Elle est égale à l'effectif d'une espèce sur l'effectif total de l'échantillon multiplié par 100 :

$$Dr = \frac{N_i}{N} \times 100$$

Avec Dr = densité relative exprimée en pourcentage (%) ; Ni = l'effectif des individus de l'espèce i dans l'échantillon et N = l'effectif total de l'échantillon. **L'Indice Spécifique de Régénération** est obtenu à partir du rapport de pourcentage entre l'effectif des jeunes plants d'une espèce et l'effectif total des jeunes plants dénombrés (Akpo et Grouzis, 1996) :

$$ISR = \frac{\text{Effectif des jeunes plants d'une espèce}}{\text{Effectif total des jeunes plants dénombrés}}$$

**L'indice diversité spécifique de Shannon-Weaver (H')** caractérise le nombre plus ou moins grand d'espèces présentes dans un peuplement. Plus les espèces présentes sont différentes, plus sa valeur augmente de façon logarithmique (Calu, 2019). Cet indice est exprimé en BIT (binary digit) par la formule suivante :

$$H' = - \sum P_i \log_2(P_i)$$

Pi est l'abondance relative de chaque espèce qui est égale au nombre d'individus de l'espèce i (Ni) sur le nombre d'individus du total des espèces rencontrées.

**L'Indice d'équitabilité de Piélou (E)** (1966) renseigne sur la distribution des abondances des espèces dans le peuplement. Il traduit le degré de diversité atteint par rapport au maximum théorique (Blondel, 1979). Il est compris entre 0 et 1. L'indice est minimal quand tous les individus appartiennent à la même espèce. Il est maximal quand chaque individu représente une espèce distincte (Devineau et al., 1984).  $E = H'/H_{\max}$ . Avec **H'** étant l'indice de Shannon ;  $H_{\max} = \log_2 S$ , la diversité maximale et **S** la richesse spécifique totale.

**Le recouvrement global (R en %)** est calculé à partir de la surface de la couronne qui est la somme des surfaces de la couronne de tous les individus du peuplement (Rondeux, 1993).

$$R (\%) = \frac{\text{Surface de la couronne totale}}{\text{surface de l'échantillon considéré en ha}} \times 100 \quad \text{Avec } Sc = \sum \left( \pi \times \frac{D^2}{4} \right)$$

**La surface terrière G (m<sup>2</sup>/ha)** désigne la proportion de la surface d'un échantillon occupée par l'aire d'ancrage (évaluée à 1,3m de la base) d'un individu, d'une espèce ou d'un peuplement (Ngom, 2014) via la formule :

$$G = \frac{\sum \pi \left( \frac{D}{2} \right)^2}{S_E}$$

**La densité réelle (ind/ha)** ou densité observée (Dob) est obtenue par le rapport de l'effectif total des individus adultes dans l'échantillon (N) par la surface échantillonnée (S).

La Caractérisation des sols est faite sur la base d'un échantillonnage des sols et de la recherche des indicateurs de fertilité des sols à travers les résultats d'analyses physico-chimiques des sols étudiés. Les échantillons de sol ont été prélevés au hasard de huit (08) dans chaque mode d'occupation des terres (Champs et Jachères). Les prélèvements ont concerné les horizons de 0-20 cm à l'aide d'une tarière manuelle.

**Les analyses physico-chimiques** ont été effectuées au laboratoire de l'ENSA et ont concerné les paramètres suivants : pH<sub>eau</sub> (potentiomètre), granulométrie (pipette de Robinson), carbone organique total (spectrophotométrie de Anne modifiée), phosphore total (Spectrophotométrie de Bray), et azote total (Kjeldahl modifiée).

### **3. Résultats**

#### **3.1. Caractérisation de la végétation ligneuse**

##### **3.1.1. Diversité et répartition**

Suivant le mode d'utilisation des terres, la richesse spécifique est plus importante dans les champs avec un total de 23 espèces dénombrées contre 18 espèces rencontrées dans les jachères. Dans l'ensemble 33 espèces différentes ont été notées dans ces parcs à karité. Ces espèces ligneuses appartiennent à 13 familles avec une forte représentativité des *Fabaceae* suivi des *Combretaceae* et des *Moraceae*. Les familles comme *Anacardiaceae*, *Apocynaceae*, *Bombacaceae*, *Ebenaceae*, *Meliaceae*, *Myrtaceae*, *Rubiaceae*, *Sapotaceae*, *Simaroubaceae* et *Polygalaceae* sont faiblement représentées.

La valeur de l'indice de Shannon des champs (2,52 Bit) est inférieure à celle des jachères (2,54 Bit). L'indice de Shannon-Weaver (H') des parcs est de 2,73 Bit.

L'équitabilité est plus élevée dans la zone des jachères que dans les champs. Ainsi il y a une meilleure distribution des espèces dans les peuplements de champs (0,56) que dans les peuplements de jachères (0,6).

La surface terrière est plus élevée dans les champs (7,26 m<sup>2</sup>/ha) avec des arbres de gros diamètres comparés aux jachères (6,80 m<sup>2</sup>/ha). La dominance de la population de karité dans les deux unités, fait qu'elles contribuent fortement à la surface terrière avec 5,29 m<sup>2</sup>/ha dans les champs et 4,2 m<sup>2</sup>/ha.

Le recouvrement aérien est plus ferme dans les champs (23,13%) comparé aux jachères (18,13%). Les arbres de karité en contribuent fortement aussi avec 18,99 % dans les champs et 15,19 % dans les jachères. Dans ces parcs la couronne des arbres de *V. paradoxa* Gaertn s'étend sur un diamètre moyen de  $8,5 \pm 2,65$  m.

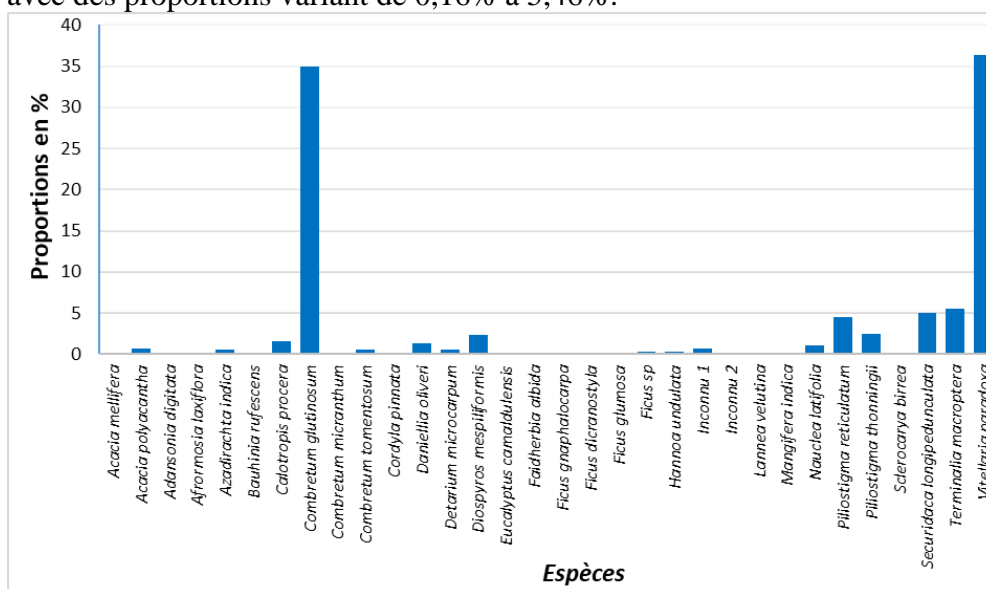
La plus grande valeur de densité du peuplement qui est observée dans la zone des jachères, témoignent des conditions favorables du milieu bien que la différence ne soit pas significative.

**Tableau 1:** Paramètres du peuplement selon les modes d'utilisations des terres

Paramètres	Champs	Jachères
<i>Richesse spécifique totale</i>	23	19
<i>Indice de Shannon-Weaver (H') en BIT</i>	2,52	2,54
<i>Indice maximale de Shannon-Weaver (Hmax)</i>	4,52	4,25
<i>Indice d'équité de Pielou (E)</i>	0,55	0,6
<i>Recouvrement global (R en %)</i>	23,13	18,13
<i>Surface terrière G (m<sup>2</sup>/ha)</i>	7,26	6,80
<i>Densités réelles (ind/ha)</i>	44,8	46
<b><i>Vitellaria Paradoxa Gaertn</i></b>		
<i>Recouvrement global (R en %)</i>	18,99	15,19
<i>Surface terrière G (m<sup>2</sup>/ha)</i>	5,29	4,2
<i>Densités réelles (ind/ha)</i>	28,4	29

### ➤ Densité relative

L'analyse globale des fréquences (figure 4) montre que les espèces *V. paradoxa* Gaertn et *Combretum glutinosum* Perr. sont fortement fréquentes dans les parcs (avec des proportions respectives de 36,38% et 34,91%), du fait de la protection des sujets de karité dans les parcs et de la forte régénération de *Combretum glutinosum* Perr.. Les autres espèces sont faiblement présentes avec des proportions variant de 0,16% à 5,46%.



**Figure 4:** Densité Relative des espèces

### ➤ Indice spécifique de régénération

Les valeurs d'indices spécifiques de régénération les plus élevées sont notées au niveau de *Combretum glutinosum* Perr. (40,75%) suivi de l'espèce *Vitellaria paradoxa* Gaertn avec un pourcentage de (31,02%) (Figure 5). Les

valeurs d'indice spécifique de régénération sont très faibles pour d'autres espèces comme *Piliostigma reticulatum* Hochst., *Terminalia macroptera* Guill. & Perr. et *Diospyros mespiliformis* Hochst.

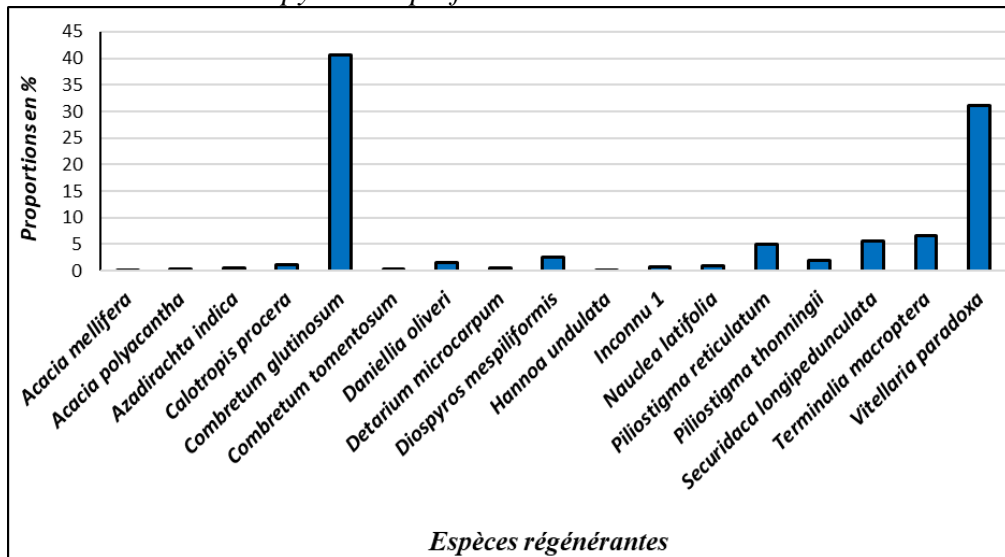


Figure 5: Indice Spécifique de Régénération du peuplement

### 3.1.2. Structures du peuplement des parcs

#### 3.1.2.1. Structures du peuplement adultes

La répartition des effectifs des sujets adultes et juvéniles dans les champs cultivés et les jachères est présentée en fonction des classes de hauteurs et des classes de diamètres (Figure 6). La distribution verticale des individus adultes révèle que dans les champs cultivés 34,82% des individus ont une hauteur inférieure à 6m tandis que dans les jachères la part de cette frange est de 42,39%. Plus de la moitié des sujets adultes ont une hauteur dépassant 6m dans les champs (65,18%) comme dans les jachères (57,61%) d'où les valeurs positives de Skewness de 0,35 pour les champs cultivés et 0,16 pour les jachères. L'analyse globale de la structure verticale montre que 61,76% des arbres du peuplement des parcs ont plus de 6m et qu'il y a plus d'arbres de haute taille dans les champs cultivés (35%) que dans les jachères (26%). Dans les parcs cultivés la hauteur moyenne des arbres est  $7,12 \pm 0,72$  m tandis que dans les jachères, la hauteur moyenne des arbres est de  $5,86 \pm 0,62$  m.

Du point de vue de la structure horizontale du peuplement des parcs, la distribution des individus adultes en fonction des classes de diamètres suivant les types d'utilisation des terres est présentée dans la figure 6. Le diamètre moyen est plus élevé dans les parcs cultivés ( $37,01 \pm 4,89$ cm) comparé aux parcs en jachères ( $32,85 \pm 5,83$  cm). La structure horizontale du peuplement dans les parcs révèle que le quart des effectifs des sujets ont des

diamètres inférieurs à 10cm aussi bien dans les champs cultivés que dans les jachères. Dans les champs cultivés, les individus de diamètre supérieur à 50cm représentent 40,85% tandis que dans les jachères les sujets de cette frange de diamètre ne représentent que 24,19% de l'effectif. Dans l'ensemble des parcs 33% des individus ont des diamètres supérieurs à 50cm. Ainsi les individus adultes de gros diamètres sont plus nombreux dans les champs cultivés que dans les jachères. Les valeurs de Kurtosis positives attestent la prépondérance des gros diamètres contrairement à la hauteur des sujets pour lesquels les valeurs de Kurtosis sont négatives.

La surface terrière dans les champs cultivés est de 7,25m<sup>2</sup>/ha tandis que dans les jachères le bois n'occupe que 6,80m<sup>2</sup>/ha soit 0,45m<sup>2</sup>/ha de moins. Les parcs révèlent une importante présence de jeunes individus dans les jachères et de vieux individus dans les champs cultivés.

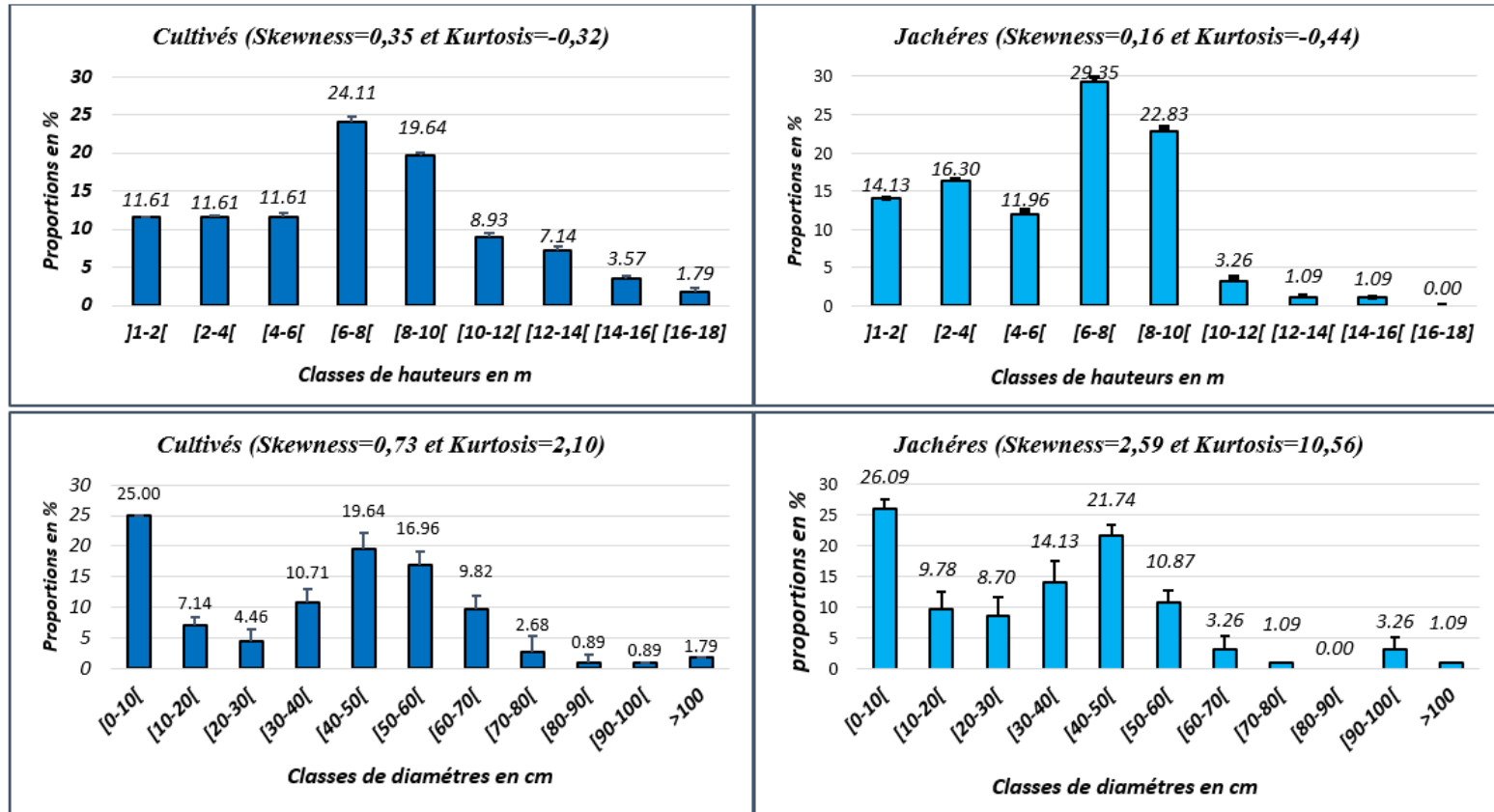


Figure 6: Structures verticale et horizontale du peuplement adulte des parcs (Cultivés et Jachères)

### 3.1.2.2. Structure de la régénération

La structure verticale de la régénération naturelle à l'intérieur des parcs (Figure 7), révèle une distribution asymétrique à droite dans les parcs cultivés (Skewness 0,11) contrairement à celle des juvéniles de la jachère qui tend vers la gauche (Skewness -0,32). Ainsi les individus juvéniles du peuplement dans les parcs cultivés de hauteur inférieure à 40 cm ne représentent que 3,13% tandis que cette part est multipliée par 6 dans les jachères. L'analyse globale de la structure verticale du peuplement juvénile des parcs met en évidence la diminution des individus juvéniles dans les classes de hauteurs inférieures à 40cm. Cette réduction est plus intense dans les parcs cultivés que dans les jachères.

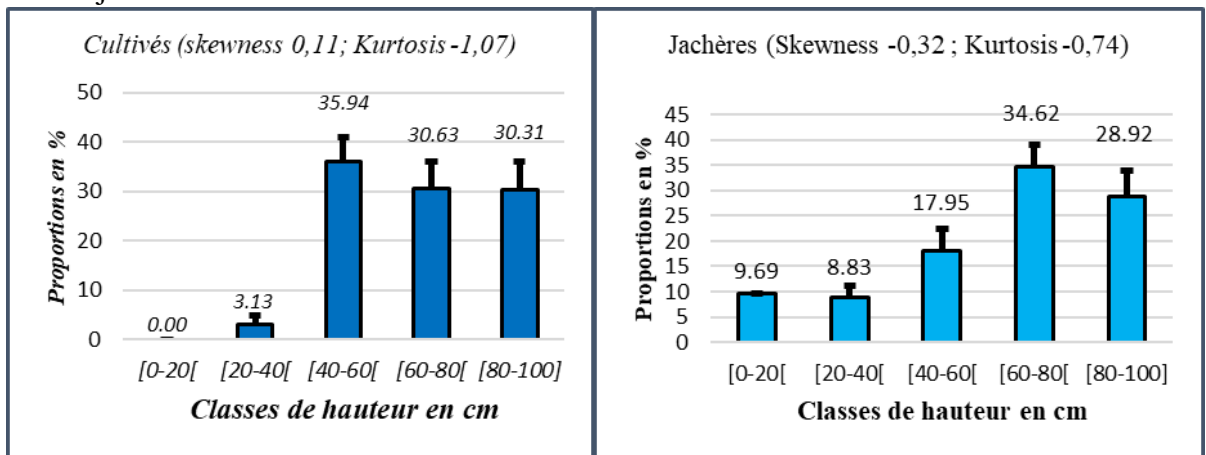


Figure 7: Structures verticales de la régénération dans les parcs (Cultivés et Jachères)

### 3.1.3. Structures de la population de *V. paradoxa* C. F. Gaertn

Les proportions des effectifs des arbres et de la régénération de karité des parcs cultivés ou en jachères sont présentées en fonction des classes de hauteurs (Structure verticale) et des classes de diamètres (Structure horizontale).

#### 3.1.3.1. Structure verticale de la population adulte de *V. paradoxa* Gaertn

Dans les parcs cultivés (figure 8), la hauteur des arbres de Karité a atteint 16,46 m avec une moyenne de  $8,27 \pm 0,77$  m. Ainsi plus de la moitié des individus adultes de Karité (61%) se répartissent dans les classes des hauteurs de [6-8[ et [8-10[ m.

Dans les jachères les pieds de *V. paradoxa* Gaertn (figure 8) atteignent 15 m de haut avec une moyenne de  $6,81 \pm 0,70$  m. Plus de la moitié des arbres de karité (61%) se répartissent dans les classes des hauteurs de [6-8[ et [8-10[ m. Toute fois les distributions des individus par classes de hauteurs montrent une asymétrie avec un allongement vers la droite (vers des valeurs de hauteurs élevées) aussi bien dans les parcs cultivés que dans les jachères.

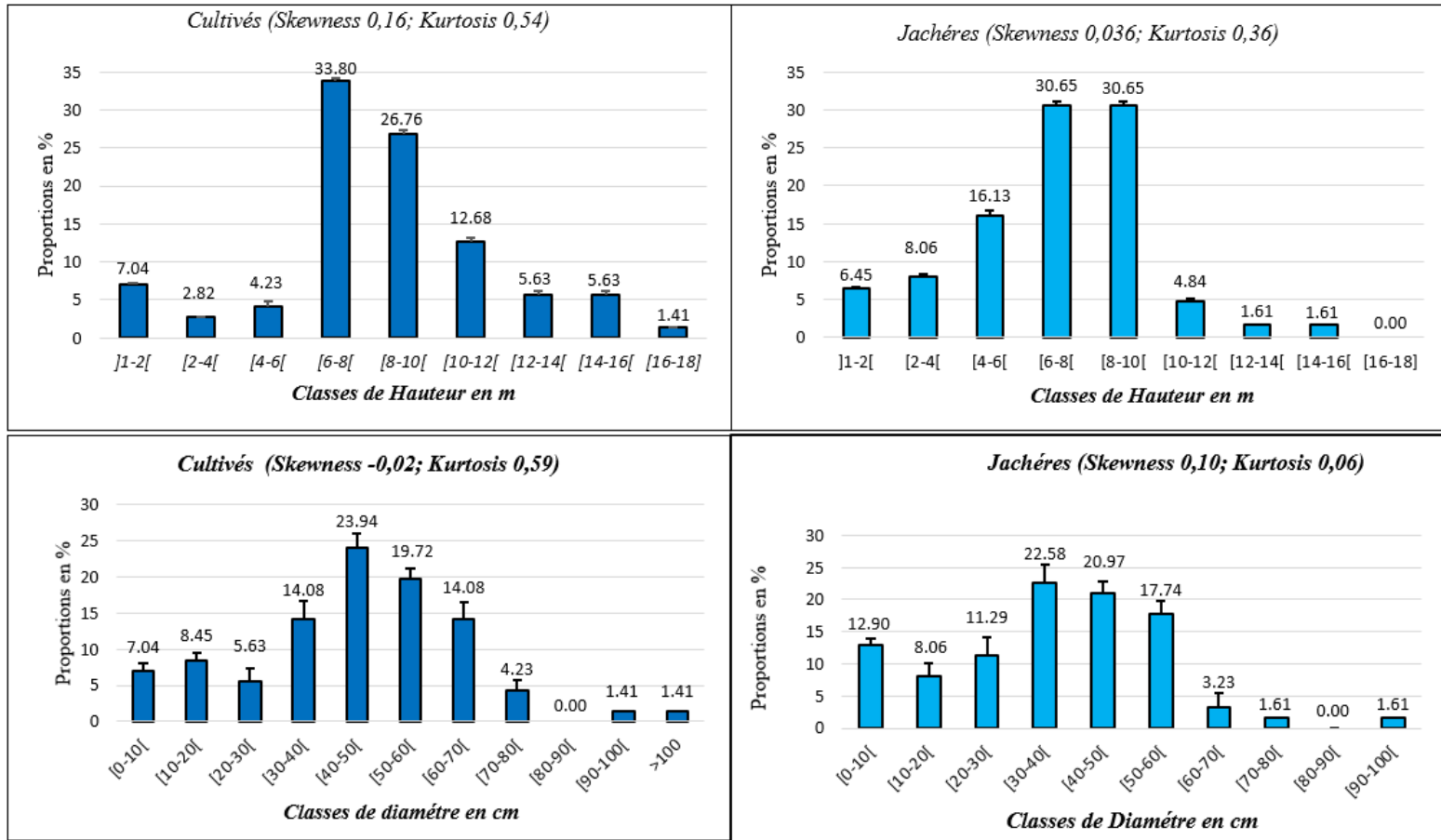


➤ **Structure horizontale de la population adulte de *V. paradoxa* Gaertn**

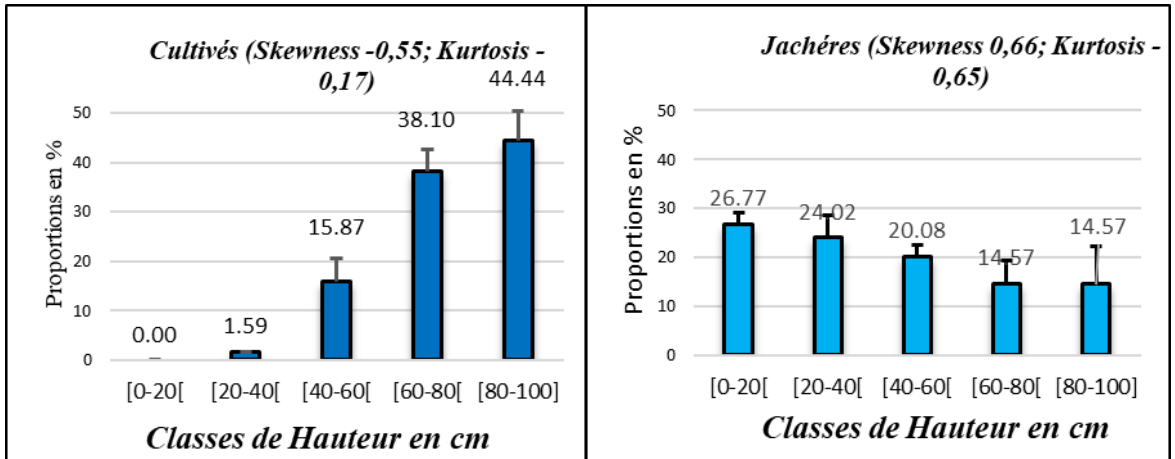
La structure horizontale du peuplement de karité dans les champs (Figure 8), présentent des diamètres atteignant 105 cm, avec une valeur moyenne de  $44,26 \pm 4,77$  cm. Cependant la distribution des arbres de *V. paradoxa* Gaertn dans les jachères (Figure 8) présente des diamètres atteignant une valeur maximale de 92cm et une valeur moyenne de  $36,96 \pm 4,76$  cm. Les distributions des arbres en classes de diamètres révèlent une asymétrie avec un allongement à gauche (Skewness= -0,02) dans les parcs cultivés contrairement aux parcs mis en jachères où l'asymétrie est marquée par un allongement à droite (Skewness=0,10). Les valeurs des coefficients d'asymétrie sont voisines de zéro surtout dans les parcs cultivés.

➤ **Structure verticale de la régénération de *V. paradoxa* Gaertn**

La structure verticale de la population juvénile du karité dans les champs cultivés (Figure 8) montre que les effectifs augmentent les classes de hauteurs contrairement à la distribution observée dans les parcs de jachères où le nombre d'individus diminue de façon inversement proportionnelle à la hauteur des tiges. C'est ainsi les coefficients d'asymétrie est négatif (-0,55) pour la distribution des jeunes tiges régénérant dans les parcs cultivés et positif (0,66) au niveau des jachères. La hauteur moyenne du karité juvénile est de  $0,70 \pm 0,04$  m dans les parcs cultivés. Il y a une diminution considérable des effectifs des individus juvéniles qui passent de la classe de régénération au recrutement avec une plus forte dispersion des individus au tour des classes hauteurs. La hauteur moyenne du karité de la régénération dans les jachères est de  $0,42 \pm 0,03$ m (Figure 9).



**Figure 8:** Structures verticale et horizontale de la population adulte du *V. paradoxa* Gaertn (Champs et Jachères)



**Figure 9 :** Structure verticale de la régénération dans les parcs à karité (Champs Jachères)

### 3.2. Perception des populations sur les facteurs limitant la régénération

Des observations et des enquêtes auprès des populations ont révélé que les facteurs limitant la régénération naturelle sont la divagation du bétail, les feux de brousse et la traction animale.

Plus de la moitié des personnes enquêtées (62,5%) affirment que pendant la saison sèche, la plus part des parcs notamment à Kénioto, (village peulh), deviennent des zones de pâturage pour les animaux domestiques (les jeunes pieds sont vulnérables au piétinement du bétail). En outre des animaux et leurs traces ont été observées durant l'étude au terrain sauf dans la zone de Samécouta (Figure 10).



**Figure 10:** Animaux domestiques et leurs traces dans le parc

Les enquêtes ont permis d'énumérer les mesures de protections et également des soins sont apportés aux arbres de karité : la taille de certains arbres pour éviter les frondaisons exubérantes, la protection contre les feux de brousse et le bannissement de la coupe des arbres. Les observations sur le terrain ont montré que les mesures de protection restent insuffisantes et non généralisées (certaines parties ne bénéficient d'aucune protection) (Figure 11).



**Figure 11:** Feux de brousse dans le parc

La régénération de la population de karité dans les parcs est limitée dans les champs cultivés où les sujets sont souvent coupés lors des défrichements et la traction animale (Figure 12).



**Figure 12:** État de champs du parc après défrichements

Dans les jachères, les plantules de karité se développent difficilement à cause du surpâturage, de la concurrence des autres espèces des *Combretaceae* qui se régénèrent rapidement et des feux incontrôlés (Figure



13). La quantité de litière constituée en bonne partie des feuilles libérées par le Karité limite la germination des graines de *V. paradoxa* (Figure 13).

Néanmoins dans la zone de Samécouta, la régénération du Karité est soutenue par les cultivateurs à travers le démariage et d'autres actions de protections.



**Figure 13:** Plantules de *V. paradoxa* Gaertn, et dépôt important de litière

Malgré les mesures de protections menées, 87,5% des personnes enquêtées affirment que les feux de brousse sont les principales menaces qui affectent la croissance de l'arbre, la production de fruit et sa pérennisation (Figure 13). Par ailleurs 50% des enquêtés déclarent les animaux comme menaces surtout durant la saison sèche. Concernant la jachère : 37,5 % des personnes enquêtées observent cette pratique culturale. À cet effet, les Jachères occupent 20,87% des parcs et les champs cultivés occupent 79,12%. En définitive, la culture permanente maintient les arbres préexistants, mais elle affecte la régénération tandis que la jachère est favorable à la germination du Karité.

### **3.3. Caractéristiques physico-chimiques des sols du parc à Karité**

De manière générale dans le site, les teneurs en éléments chimiques varient de 0,452 % à 0,790 % pour le carbone, de 0,029 % à 0,080 % pour l'azote. Par contre la teneur en phosphore est très faible avec des pourcentages variant de 0,003 % à 0,015% en ppm. Également, les sols étudiés sont acides avec un pH variant entre 5,49 et 6,68 (Tableau 2). L'ANOVA a été utilisée avec des tests de Fisher pour réaliser une analyse comparative des paramètres centraux des variables liées aux caractéristiques des sols. Valeur moyenne  $\pm$  écart type, les chiffres affectés de la même lettre ne sont pas statistiquement

différents au seuil de 5%, l'unité des valeurs des champs cultivés et jachères en %. L'analyse chimique de sols présente des proportions presque similaires pour le pH eau, les teneurs en Carbone, en Matière Organique et le rapport C/N entre les parcs cultivés et les jachères. En revanche, les sols des jachères présentent des teneurs en Azote supérieures à celles des sols cultivés (p-value=0,027). Par contre, le Phosphore des sols cultivés présentent un taux de Phosphore significativement élevé (0,008%) que celui des sols de jachères (0,003%) (p-value=0,007). L'analyse granulométrique présente de manière générale des sols à texture sableuse (53,4 à 83,7% de sable) avec de modestes pourcentages de limon (0,07 à 24,3%) et d'argile (7,75 à 16 %).

**Tableau 2:** Caractéristiques chimiques des sols

<i>Paramètres</i>	<i>Sols cultivés</i>	<i>Jachères</i>	<i>Probabilité</i>	
Paramètres chimiques	pH-eau	6,213 ± 0,351 <b>a</b>	5,605 ± 0,123 <b>a</b>	0,12
	Carbone (C)	0,517 ± 0,108 <b>a</b>	0,658 ± 0,121 <b>a</b>	0,855
	MO	0,891 ± 0,187 <b>a</b>	1,135 ± 0,209 <b>a</b>	0,425
	Azote (N)	0,048 ± 0,016 <b>a</b>	0,058 ± 0,003 <b>b</b>	<b>0,027</b>
	C/N	11,052 ± 3,962 <b>a</b>	12,098 ± 1,632 <b>a</b>	0,179
	Phosphore(P)	0,008 ± 0,005 <b>a</b>	0,003 ± 0,001 <b>b</b>	<b>0,007</b>
Paramètres physiques	Argile %	16,37 ± 4,87 <b>a</b>	12,68 ± 3,54 <b>a</b>	0,615
	Limon T %	10,00 ± 10,32 <b>a</b>	11,10 ± 6,92 <b>a</b>	0,528
	Sable T%	73,62 ± 14,97 <b>a</b>	76,21 ± 9,45 <b>b</b>	<b>0,047</b>

## Discussions

Les parcs agroforestiers à Karité situés à Kénioto et Samécouta constituent un système agroécologique composé de champs cultivés et de jachères temporaires pour restaurer les capacités de production. De ces deux modes d'utilisation des terres, les champs cultivés présentent une richesse spécifique ligneuse plus importante que dans les jachères. Ces mêmes résultats ont été obtenus par Sarr et *al.* (2014) dans la zone de Kaffrine. Paradoxalement, la valorisation des terres agricoles via la culture attelée a été souvent perçue comme réductrice de la diversité ligneuse avec la destruction des plantules lors de la préparation du sol et des opérations de désherbage. Par ailleurs le processus de reconstitution de la végétation dans les jachères est perturbé par les effets cumulés de forts pâturages, de la recherche de bois, des feux de brousse. Cependant en termes de nombre d'espèces par relevé, les deux modes d'utilisations des terres sont similaires avec deux espèces en moyenne par relevé. Les jachères constituent l'entité dont le peuplement ligneux est le plus évolué que les champs cultivés du fait de son indice de Shannon plus élevé (2,54). En effet, par Sarr et *al.*, (2014), indique que l'indice de Shannon augmente progressivement jusqu'à avoisiner 05 BIT au stade final de maturation. Toutefois, ces modes d'utilisation sont en évolution du fait d'une perturbation continue et persistante. L'équitabilité en zone de jachères

est plus élevée que dans les champs cultivés. A cet effet, les jachères présentent une répartition des espèces plus équitables en se référant aux auteurs dont Ramade (1990) et Ngom (2014). La surface terrière plus élevée des champs cultivés serait liée à nombre de sujets à gros diamètres plus élevé. En effet, les populations de *V. paradoxa* Gaertn, de *Daniellia oliveri* Hutch. & Dalz., de *Cordyla pinnata* Lepr. et du genre *Ficus* y sont les mieux représentées avec un recouvrement aérien également plus élevé. Même si l'ombrage est perçu comme un facteur de gêne pour les cultures annuelles dans les champs (Sarr, 2009), l'arbre de karité a un houppier peu encombrant et aussi large que haut. La surface terrière faible en jachère, est liée aux pâturages des troupeaux et des prélèvements de bois à usage divers (Floret et al., 1993). En termes de densité relative, *V. paradoxa* Gaertn et les espèces de la famille des Combretaceae sont plus nombreuses. Les essences les plus connues en cette zone soudano-guinéenne (*Khaya senegalensis*, *Azelia africana*, *Pterocarpus erinaceus*, *Daniellia oliveri*, *Chlorophora regia*, *Ceiba pentandra*, etc.) selon Boyé (2001), sont par contre très peu représentées dans ces zones. Des espèces pionnières (*Combretum glutinosum* Perr.), des espèces épineuses (*Acacia polyacantha* Willd., *Acacia mellifera* Benth.) ou des espèces indicatrices de sols pauvres (*Piliostigma*) dotées d'une grande capacité de colonisation indiquent le caractère anthropisé de la zone. Ces caractéristiques rapprochent le milieu d'une végétation de type sahéenne (Hiernaux et Le Hierou, 2006). Ainsi les *Combretaceae* régénèrent mieux suivies de *V. paradoxa* Gaertn. *Combretum glutinosum* Perr. domine la régénération de ces types d'exploitation. Par contre, les autres espèces sont plus sensibles aux modes de valorisations des terres d'où leur indice spécifique de régénération (ISR) plus faible. Il s'agit de *Diospyros mespiliformis* Hochst., *Hannoa undulata* Guill. & Perr., *Nauclea latifolia* Smith, etc... Les espèces constituant les strates supérieures ont des valeurs d'ISR très faibles, avec le vieillissement et les difficultés de dissémination. Dans les cas de *Adansonia digitata* L., *Detarium microcarpum* Guill. & Perr. et *Cordyla pinnata* Lepr., l'absence ou la rareté de leurs rejets serait au transport et à la commercialisation. Par ailleurs, les courtes durées de jachère ne favorisent pas le développement de la régénération des espèces arborées, ce qui a un effet néfaste d'après Ouédraogo (1985) et Devineau (1984). Les pratiques culturelles limitent la régénération dans les champs contrairement aux jachères. Ces résultats sont similaires à ceux trouvés par Kaboré (2010) qui signale à Sobaka, en zone sud soudanienne du Burkina Faso, que la régénération est plus élevée dans les jachères que dans les champs cultivés. Les parcs à karités cultivés sont marqués par la prédominance des sujets à gros diamètres dont la majorité est concentrée dans la classe de hauteur de 6 à 18 m. Les jachères sont caractérisées par la prédominance des individus de petits diamètres, une structure classique souvent observée dans les écosystèmes

forestiers non perturbés (Ouédraogo, 2006). Ce résultat corrobore celui de Soumana et *al.*, (2010) qui ont trouvé, dans la réserve de faune de Tamouau Niger, une structure de *Vitellaria paradoxa* Gaertn, de *Parkia biglobosa* Jacq. et *Adansonia digitata* L. dominée par des individus de diamètres supérieurs à 50 cm. Selon Seignobos (1982), la dominance des vieux sujets est le résultat d'un façonnage par les activités agricoles. Ainsi, l'absence de renouvellement des adultes fait communément penser que la régénération est en difficulté ou absente des champs. En réalité, l'enquête sur les pratiques agricoles montre que la majorité des agriculteurs n'épargnent pas les plantules de karité lors des opérations culturales. Leur faible rythme de croissance n'encourage pas les paysans à les élever. Comme disait Kaboré et *al.* (2012), les conséquences de ces pratiques sur la dynamique de *Vitellaria paradoxa* Gaertn sont évidentes : vieillissement des peuplements de karités. La prédominance d'individus jeunes dans les jachères confirme Kaboré et *al.* (2012) pour qui le site de prédilection de la régénération reste la jachère. Dans ces zones, les principaux facteurs anthropiques néfastes à la régénération sont entre autres le manque d'entretien, les feux de brousse, le surpâturage (Ouédraogo et Devineau, 1996). Les sols étudiés ont une texture de type sableuse qui leur confère un bon drainage, une bonne circulation de l'air et une pénétration facile des racines mais une faible capacité de rétention en eau (Mulaji *et al.*, 2016). Les teneurs en argile sont faibles (entre 8 et 16 %) avec certains inconvénients (Baize, 2000). Les caractéristiques chimiques des sols sont différentes selon le type d'utilisation des terres surtout pour phosphore et l'azote. En effet la légère différence en réserves organiques et minérales serait due aux mécanismes de reconstitution de la fertilité par la jachère qui reposent sur l'activité biologique et sur le rôle de protection contre l'érosion. Cette végétation accroît peu à peu les teneurs en matière organique du sol. Ainsi Bertrand et Gigou (2000) expliquent que les racines profondes des ligneux remontent en surface les éléments, minéraux libérés dans les couches profondes du sol par le biais des feuilles, fleurs, fruits ou brindilles qui tombent sur le sol. En fin la jachère contribue par excellence au rajeunissement naturel de la population de karités et au mécanisme de reconstitution et d'amélioration de la fertilité. Cependant avec la pression foncière, les durées de jachère se sont raccourcies, laissant la place à la culture continue.

## Conclusion

Cette étude a été menée dans le but de caractériser les parcs à *Vitellaria paradoxa* C. F. Gaertn dans le département de Kédougou notamment à Kénioto et Samécouta. L'inventaire, les enquêtes et observations ont permis de connaître la composition floristique, d'évaluer les indices de diversité de la végétation ligneuse, d'évaluer la régénération et d'appréhender certains problèmes de diverses origines pesant sur les peuplements de ces parcs. La



végétation ligneuse des parcs est diverse de 32 espèces réparties dans 13 familles. L'étude a fourni un premier niveau de connaissance sur l'état et les caractéristiques structurales de ces 2 types physiologiques de parcs à karité. La régénération des parcs (Champs cultivés et Jachères) est confrontée aux défrichements pour les besoins agricoles, feux de brousse, surpâturage.... L'état actuel des parcs à karité dans les champs cultivés traduit un déséquilibre écologique car les pratiques agricoles courantes limitent la régénération. Ce qui se manifeste par la dominance des sujets adultes et vieillissants. Néanmoins les résultats ont montré aussi que la jachère est la méthode par excellence pour le rajeunissement naturel de la population de karités. Parmi les rôles généralement attribués à la jachère notamment la restauration de la fertilité agronomique des sols et le maintien des parcs agroforestiers est moins souvent cité et pourtant ce rôle est fondamental dans le cas des parcs à karité. Cependant, des efforts restent à mener pour améliorer la régénération et la production du karité dont l'enjeu sur l'économie du pays est potentiel.

#### **Conflits d'intérêts:**

Les auteurs déclarent n'avoir aucun conflit d'intérêt pour cet article.

#### **References:**

1. ANSD. (2010). Situation Economique et Sociale Régionale : Service Régional de la statistique et de la démographie de Kédougou. Ministère de l'Economie et des Finances.
2. Akpo L. E. et Grouzis M. (1996). Influence du couvert sur la régénération de quelques espèces ligneuses sahéliennes (Nord-Sénégal, Afrique occidentale). *Webbia* 50 (2) : 247-263.
3. Baize, D. (2000). Guide des analyses en pédologie, 2nd Ed. France, *INRA Editions*, 257 P.
4. Bamba K. (1985). Systèmes aériens et racinales de quelques essences. Spontanées et exotiques dans la région de Saponé. *Mém. Ing. des Eaux et For. Ouagadougou*, p. 135.
5. Bertrand R. et Gigou L. (2000). La fertilité des sols tropicaux. Editions Maisonneuve et Larose, 397 p.
6. Blondel J. (1979). L'analyse des peuplements d'oiseaux, éléments d'un diagnostic écologique I. la méthode des échantillonnages fréquentiels progressifs (E.F.P). *Rev. Ecol, la Terre et la Vie*, 29 : 533-589.
7. Bonkougou E. G. (1987). Monographie du Karité (*Butyrospermum paradoxum* Gaertn. f Hepper) , espèce agroforestière à usages multiples. IRBET / CNRST, 67 p.

8. Boyé A. (2001). Situation des ressources génétiques forestières du Sénégal, Note Thématique sur les Ressources Génétiques Forestières, en collaboration avec la FAO, l'IPGRI et le CIRAF, article, p20.
9. Camara N. (2016). Contribution du *Vitellaria paradoxa* (karité) dans la sécurité alimentaire du village de Kénioto, commune de Kédougou, Mémoire de fin d'études, C.N.F.T.E.F.C.P.N, Sénégal, 43p.
10. CBI. (2016). Exporting shea butter for cosmetics to Europe; Updated on Thursday, November 24,
11. Codjia J.T.C. (2003). Diversité et valorisation au niveau local des ressources végétales alimentaires du Bénin, p : 321-331.
12. CIRAD-Forêt. (1996). Agroforesterie et conservation des sols, présentation synthétique du programme, 270p.
13. Devineau J, Lecordier C. et Vattoux R. (1984). Evolution de la diversité spécifique du peuplement ligneux dans une succession préforestière de colonisation d'une savane protégée des feux (Lamto, Côte d'Ivoire). Conservatoire et Jardin Botanique Genève, 133p.
14. Dubut O. (2012). Les beurres : karité (*Butyrospermum parkii*), cacao (*Theobroma cacao*), kokum (*Garcinia indica*) et illipé (*Shorea stenoptera*), thèse, Université de Nantes Faculté de Pharmacie, 128p
15. Diouf M, Akpo LE, Rocheteau A., Goudiaby V. et Diagne. (2002). Dynamique du peuplement ligneux d'une végétation (Afrique de l'ouest). Journal des Sciences. 2 :1-10
16. Diop M, Kaya B, Niang A et Olivier A. (2005). Les espèces ligneuses et leurs usages : les préférences des paysans dans le Cercle de Ségou, au Mali. ICRAF, Working Paper N° 9. Nairobi : World Agroforestry Centre, 26 p.
17. Floret C. h., Pontanier R, Serpantié G. (1993). La Jachère en Afrique Tropicale. Dossier Mab16, UNESCO : Paris ; 86p.
18. Calu G. (2019). Observatoire de Biodiversité : Les indices de diversité en écologie des écosystèmes, Louernos Nature, 2019-2021-Blog géré par Guillaume Calu, Repéré à <https://louernos-nature.fr/indices-de-diversite-ecologie-ecosystemes/>
19. Hall, J. B., Aebischer, D.P., Tomlinson, H.F., OSEI-AMANING, E. et Hindle J.R. (1996). *Vitellaria paradoxa*. A Monograph. School of Agricultural and Forest Sciences. University of Wale Bangor, 105 p.
20. Hiernaux P, Le Hierou HN. (2006). Les parcours du Sahel. Sécheresse, 17(1-2) : 51-71.
21. Kaboré B. (2012). Dynamique du karité, *Vitellaria paradoxa*, dans les systèmes agraires du Burkina Faso, Université de Ouagadougou, Unité de formation et de recherche en sciences de la vie et de la terre Laboratoire de biologie et écologie végétales, 50 p.

22. Kaboré S. A. (2010). Etude de la dynamique de régénération du karité (*Vitellaria paradoxa* C. F. Gaertn.) dans le terroir de Sobaka (zone sud soudanienne du Burkina Faso) en champs et en jachères, mémoire, DEA/UNIVERSITE DE OUAGADOUGOU, 96p.
23. Kaboré SA, Bastide B, Traoré S et Boussim JI. (2012). Dynamique du karité, *Vitellaria paradoxa*, dans les systèmes agraires du Burkina Faso. Bois et Forêt des Tropiques, 313(3)
24. Larrue S. (2005). Contribution au débat sur l'absence relative de karité au Sénégal : fondements naturels, raisons sociales ? Article, 12p.
25. Mabilia C. (2000). Caractérisation des sols du Sénégal oriental en vue de leur mise en valeur : cas des sols de Tinkoto mémoire de DEA en Géosciences Option. Environnement Sédimentaire, 85p.
26. Marone M. (2017). Contribution à la mise en œuvre des activités du P.A.D.A.E.R en matière de DRS/CES dans la Région de Kédougou : cas d'aménagement du bassin versant d'Habibou, mémoire, ENSA-UIDT de Thiès, p70.
27. Mulaji, C. Disa-Disa, P., Kibal, I. et Culot M. (2016). Diagnostic de l'état agro-pédologique des sols acides de la province de Kinshasa en république démocratique du Congo (RDC), Comptes rendus Chimie.
28. Ngom D. (2014). Biodiversité et services écosystémiques dans les réserves de biosphère : réserve de biosphère du ferlo en Afrique de l'ouest. Verlag, Presses académiques francophones 184p.
29. Ouédraogo J. (1985). Contribution à l'étude du dynamisme des formations naturelles du Burkina : Reconstitution des jachères dans la zone de Kaibo, Niaogho. Mémoire de fin d'étude, IDR/ORSTOM, Ouagadougou, 63p.
30. Ouédraogo A. (2006). Diversité et dynamique de la végétation ligneuse de la partie orientale du Burkina Faso. Thèse de Doctorat, Université de Ouagadougou, Burkina Faso, 196p.
31. Ouédraogo S.J. et Devineau J.L. (1996). Rôle des jachères dans la reconstitution du parc à karité (*Butyrospermum paradoxum*) dans l'ouest du Burkina Faso, Article, 9p.
32. Piéluou E. C. (1966). Species diversity and pattern diversity in the study of ecological succession, These. Biol.1: pp. 370-383.
33. Ramade F. (2003). Eléments d'Écologie : Écologie Fondamentale (3ème édition). Dunod, Paris ; 690p.
34. Sarr O, Ngom D., Diatta S., Ngaryo F. T. et Akpo L.E. (2014). Etat de la végétation ligneuse dans trois unités d'utilisation des terres d'une zone agropastorale au Sénégal (région de Kaffrine), Article in International Journal of Biological and Chemical Sciences, Département d'Agroforesterie, Université Assane Seck de Ziguinchor, Sénégal 17p.

35. Sarr O. (2009). Caractéristiques des ligneux fourragers dans les parcours communautaires de Lour Escale (région de kaffrine centre-Sénégal). DEA, FST, UCAD, 61p.
36. Seck O. (2012). Etude comparative des caractéristiques de germination de onze (11) écotypes de *Vitellaria paradoxa* Gaertn. F. dans la région de Kédougou, Bambey-Sénégal mémoire de fin de cycle ISFAR ex ENCR 47p.
37. Seignobos C. (1982). Végétations anthropiques dans la zone soudano-sahélienne : la problématique des parcs. Revue de géographie du Cameroun, 1-23p.
38. Soumana D., Rabi, C., Mahamane, A. et Dabi, N.H. (2010). Etat actuel de dégradation des populations de quatre espèces ligneuses fruitier en zone Sahélo-soudanienne du Niger Reserve total de faune de tameraux. 210p.

# **Reconstitution Paléoenvironnementale des Formations Maastrichtiennes, Cénomaniennes et Albiennes Basée sur les Données Sédimentologiques et Ichnologiques Issues des Carottes du Puits FIM-1X dans le Bassin Sédimentaire Offshore de la Cote d'Ivoire**

*Isaac Fea, PhD*

*Able Guiako Jonas, PhD*

*Kamagate Djodjo Maria, Msc*

PETROCI, Centre d'Analyses et de Recherche (CAR),

Abidjan, Côte d'Ivoire

*Assalé Fori Yao Paul, PhD*

Université Félix Houphouët Boigny, UFR des Sciences de la Terre et des  
Ressources Minières, Abidjan, Côte d'Ivoire

[Doi:10.19044/esj.2022.v18n21p292](https://doi.org/10.19044/esj.2022.v18n21p292)

Submitted: 15 June 2021

Accepted: 08 June 2022

Published: 30 June 2022

Copyright 2022 Author(s)

Under Creative Commons BY-NC-ND

4.0 OPEN ACCESS

*Cite As:*

Fea I., Jonas A.G., Maria K.D. & Yao Paul A.F. (2022). *Reconstitution Paléoenvironnementale des Formations Maastrichtiennes, Cénomaniennes et Albiennes Basée sur les Données Sédimentologiques et Ichnologiques Issues des Carottes du Puits FIM-1X dans le Bassin Sédimentaire Offshore de la Cote d'Ivoire*. European Scientific Journal, ESJ, 18 (21), 292. <https://doi.org/10.19044/esj.2022.v18n21p292>

## **Résumé**

Les études sédimentologiques et ichnologiques détaillées du puits FIM-1X ont été effectuées. Les analyses physiques ont été réalisées sur les échantillons de carottes. L'objectif principal est de caractériser la diversité de faciès rencontrés dans les formations maastrichtiennes, cénomaniennes et albiennes afin de déterminer les différents paléoenvironnement rencontrés dans le puits FIM-1X du bassin offshore de Côte d'Ivoire. Les résultats sédimentologiques indiquent que les successions lithologiques des échantillons de carottes comprennent quatre grands groupes de lithofaciès : galets (PS), grès propre (S), sable argileux (SM) et argile (HM, ML, MJ & M). Ces groupes de lithofaciès ont ensuite été subdivisés en faciès constitutifs basés principalement sur des structures sédimentaires. Le groupe des galets comprend uniquement les granules. Le groupe de grès propre comprend trois

faciès : grès massif, grès laminé et grès à rides. Le groupe de sable argileux comprend deux faciès à savoir les sables argileux laminés et déformés. Le groupe d'argile comprend trois faciès principaux, à savoir les structures hétérolithiques à dominance argileuses, les argiles calcareuses, et les argiles pures. Une diversité d'ichnofossiles a été identifiée dans les carottes, notamment : *Ophiomorpha*, *Palaeophycus*, *Thalassinoides*, *Spyrophyton* et *Scolicia*. L'intégration des données sédimentaires (faciès de granules, grès, sable argileux et argile) et des ichnofossiles reconnues a permis de caractériser des environnements de chenaux du front deltaïque, de complexe chenaux – levées et de milieux marins côtiers (Shoreface) dans ces formations carottés d'âge Maastrichtien, Cénomaniens et Albien. Ces conditions d'environnements bien préservés pourraient constituer de possibles bons réservoirs d'hydrocarbures.

---

**Mots-clés:** Côte d'Ivoire, ichnofossiles, structures sédimentaires, paléo-environnements, faciès

---

**Paleo-Environmental Reconstitution Base on  
Sedimentological and Ichnological Data from Maastrichtian,  
Cenomanian and Albian Formations of FIM-1X Well,  
Offshore Sedimentary Basin of Cote d'Ivoire**

*Isaac Fea, PhD*

*Able Guiako Jonas, PhD*

*Kamagate Djodjo Maria, Msc*

PETROCI, Centre d'Analyses et de Recherche (CAR),

Abidjan, Côte d'Ivoire

*Assalé Fori Yao Paul, PhD*

Université Félix Houphouët Boigny, UFR des Sciences de la Terre et des  
Ressources Minières, Abidjan, Côte d'Ivoire

---

**Abstract**

Detailed sedimentological and ichnological studies of FIM-1X well were performed. Physical analyses were carried out on the core samples. The main target is to characterize the diversity of facies encountered in the Maastrichtian, Cenomanian and Albian formations in order to determine the different paleoenvironments encountered in the FIM-1X well of the Côte d'Ivoire offshore basin. The sedimentological results indicate that the lithological successions of the core samples include four major groups of lithofacies: pebbles (PS), clean sandstone (S), muddy sandstone (SM) and

mudstone (HM, ML, MJ & M). These lithofacies groups were then subdivided into constituent facies based mainly on sedimentary structures. The group of pebbles includes only the granules. The clean sandstone group includes three facies: massive sandstone, laminated sandstone and ripple sandstone. The muddy sandstone group includes two facies namely the laminated and deformed muddy sandstone. The mudstone group includes three main facies, namely heterolithic structures predominantly mudstone, calcareous mudstone, and pure mudstone. A variety of ichnofossils have been identified in cores, including: *Ophiomorpha*, *Palaeophycus*, *Thalassinoides*, *Spyrophyton* and *Scolicia*. The integration of sedimentary data (granule, sandstone, muddy sandstone and mudstone facies) and recognized ichnofossils made it possible to characterize the environments of delta front channels, complex channels - levees and shallow marine environments (Shoreface) in these Maastrichtian, Cenomanian and Albian formations. These well preserved environments conditions could be a possible good hydrocarbon reservoirs.

---

**Keywords:** Côte d'Ivoire, ichnofossils, sedimentary structures, paleo environments, facies

## 1. Introduction

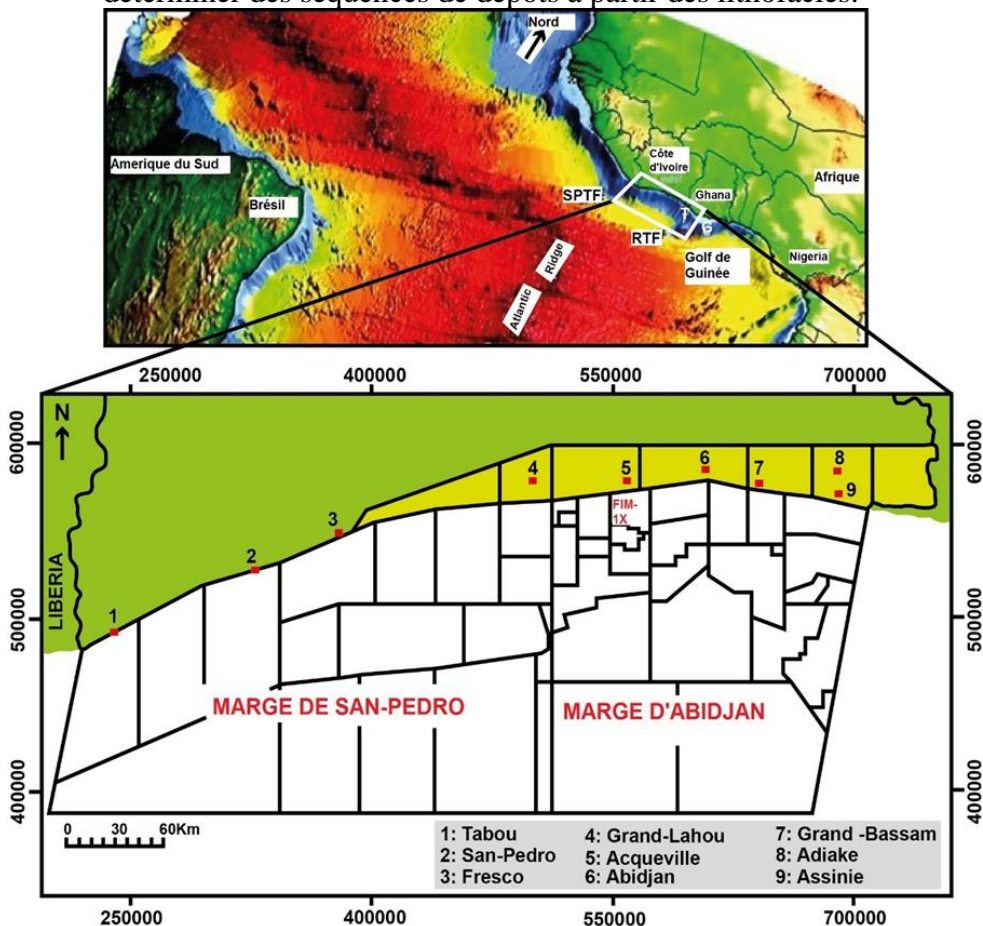
L'exploration pétrolière repose sur la nécessité d'identifier des zones propices à l'accumulation et au piégeage des hydrocarbures présents dans les bassins sédimentaires. En raison de la complexité des conditions de mise en place des bassins sédimentaires et de la genèse des hydrocarbures, nombreux sont des puits forés sans succès malgré l'amélioration et l'existence des techniques d'exploration de plus en plus performantes. Afin de limiter des pertes financières et de temps liées à cette situation, il importe de bien cerner l'histoire géologique du bassin sédimentaire à explorer. Disposer des informations précises sur les structures sédimentaires mises en place lors des phénomènes hydrodynamiques ou encore sur les ichnofaciès devient important.

En Côte d'Ivoire, l'exploration pétrolière remonte aux années 1950 (PETROCI & BEICIP, 1990). Même si le début de l'exploration pétrolière est ancien, il existe très peu d'informations obtenues de l'étude des carottes et sur les environnements de dépôt. Depuis quelques années, nombreux sont les scientifiques qui s'intéressent à l'étude des carottes prélevées offshore (Fea *et al.*, 2018 ; 2019 ; 2022). Les données du puits FIM-1X utilisées dans cette étude proviennent du bassin sédimentaire offshore de la Côte d'Ivoire (Figure 1). Le forage de ce puits d'une longueur de 17,85 m a permis d'obtenir les carottes utilisées dans la présente étude, qui vise la reconstitution des conditions environnementales ayant prévalu pendant le dépôt des traces fossiles et des lithofaciès.



L'objectif principal de cet article consiste à déterminer les paléo environnements de dépôt à partir des structures sédimentaires et des ichnofaciès des formations d'âge maastrichtien, cénonanien et albien du bassin offshore ivoirien. Il est assorti de trois objectifs spécifiques à savoir :

- déterminer la nature lithologique, l'épaisseur des couches, la variation verticale de la granulométrie et les différentes configurations structuro-stratigraphiques ;
- décrire avec précision la disposition des couches, repérer les différentes figures sédimentaires laissées par les agents de transport et les traces fossiles (habitation, alimentation, etc..) des organismes dans les sédiments ;
- déterminer des séquences de dépôts à partir des lithofaciès.



**Figure 1 :** Carte de localisation du puits FIM-1X sur le bassin sédimentaire de Côte d'Ivoire, Afrique de l'Ouest



## 2. Matériel et Méthode

L'essentiel du matériel utilisé dans ce travail provient des carottes conventionnelles du puits FIM-1X foré dans le bassin sédimentaire de Côte d'Ivoire. Au total, 17,85 m de carotte ont été décrits. Une description numérique détaillée des carottes a été réalisée à l'aide du logiciel WELLCAD à une échelle de 1m : 20 m. Les carottes ont été décrites selon les standards de l'industrie et comprennent la description lithologique, la granulométrie (Wentworth, 1922), les structures sédimentaires, le tri (sorte GEO Charte), la détermination du granoclassement et de la morphologie (CORELAB), la minéralogie du ciment (en utilisant 10% HCL), la couleur (MUNSELL Chart), la détermination des lithofaciès et ichnofossiles (Pemberton *et al.*, 2009). Les lithofaciès ont été identifiés par des codes (Reijers, 1995), basés sur la lithologie dominante et les structures sédimentaires. Toutes ces analyses ont été effectuées au Centre d'Analyses et de Recherche de la PETROCI (Société des Opérations Pétrolières de Côte d'Ivoire)

## 3. Résultats

### 3.1. Description macroscopique des carottes du puits FIM-1X

La description macroscopique des carottes a mis en évidence 4 grandes unités. L'évolution strato- et granocroissante ou décroissante dans les unités a permis d'identifier 5 séquences de dépôt. Les carottes ont été interprétées en détail dans la direction du forage. Les codes de lithofaciès correspondants sont indiqués entre parenthèses.

#### 3.1.1. Unité 1: 2375 m - 2383.84 m

Cette unité est caractérisée par une épaisseur de 7,08 m (Fig. 2). Elle consiste à une succession d'épaisse couche de granules (PS), de grés (S) inter laminés avec de fines couches de sable argileux (SM) au sommet. Les grains de sable sont très grossiers à fins, sub-anguleux à sub – arrondis. Ils sont très mal à modérément triés et bien consolidés. Le granoclassement est normal et souvent inverse. Les structures sédimentaires observées se composent de claste d'argiles, de nodules de sidérites, de nodules de pyrites, de fragment de coquilles et d'injection de sable. Le ciment est généralement siliceux localement calcaire. Cette unité comporte une séquence de dépôt composée de:

- Couches de granules à matrice sableuse (PS), de couleur jaune brun à gris (Photo 1 A). Ces granules disposent de grains de sable dont la dimension va de moyen à très grossier. Ils sont très mal triés, modérément à très consolidés, avec un granoclassement normal. Leur matrice sableuse est marquée par des clastes d'argiles (plus de 6 cm de diamètre entre les cotes 2380,56 m – 2381,51 m), les nodules de sidérites (plus de 6 m de diamètre entre 2376,93 m – 2377,47 m), les

nodules de pyrite, les fragments de coquilles, les injections de sable, les débris carbonés et de local ciment calcaire (PS5- 3m, ic, fs, py, sid, calc).

- Grès massifs (Sm) localement laminé de couleur brun jaunâtre pâle, jaune grisâtre, rouge grisâtre à brun rougeâtre (Photo 1 B). Ils se composent de grains fins à très grossiers, subanguleux à sub-arrondis, mal à moyennement bien triés, souvent bien triés et moyennement bien consolidés. À l'intérieur des lits se trouvent des débris carbonés, des nodules de sidérite, des clastes d'argile et des micas. Le ciment est calcaire (Sm,sid,ic,calc).
- Sables argileux laminés (SMI) de couleur gris foncé moyen (Photo 1 C). Les structures sédimentaires observées se composent de clastes d'argile, de fragments et de laminations de débris carbonés (SMI,ic)

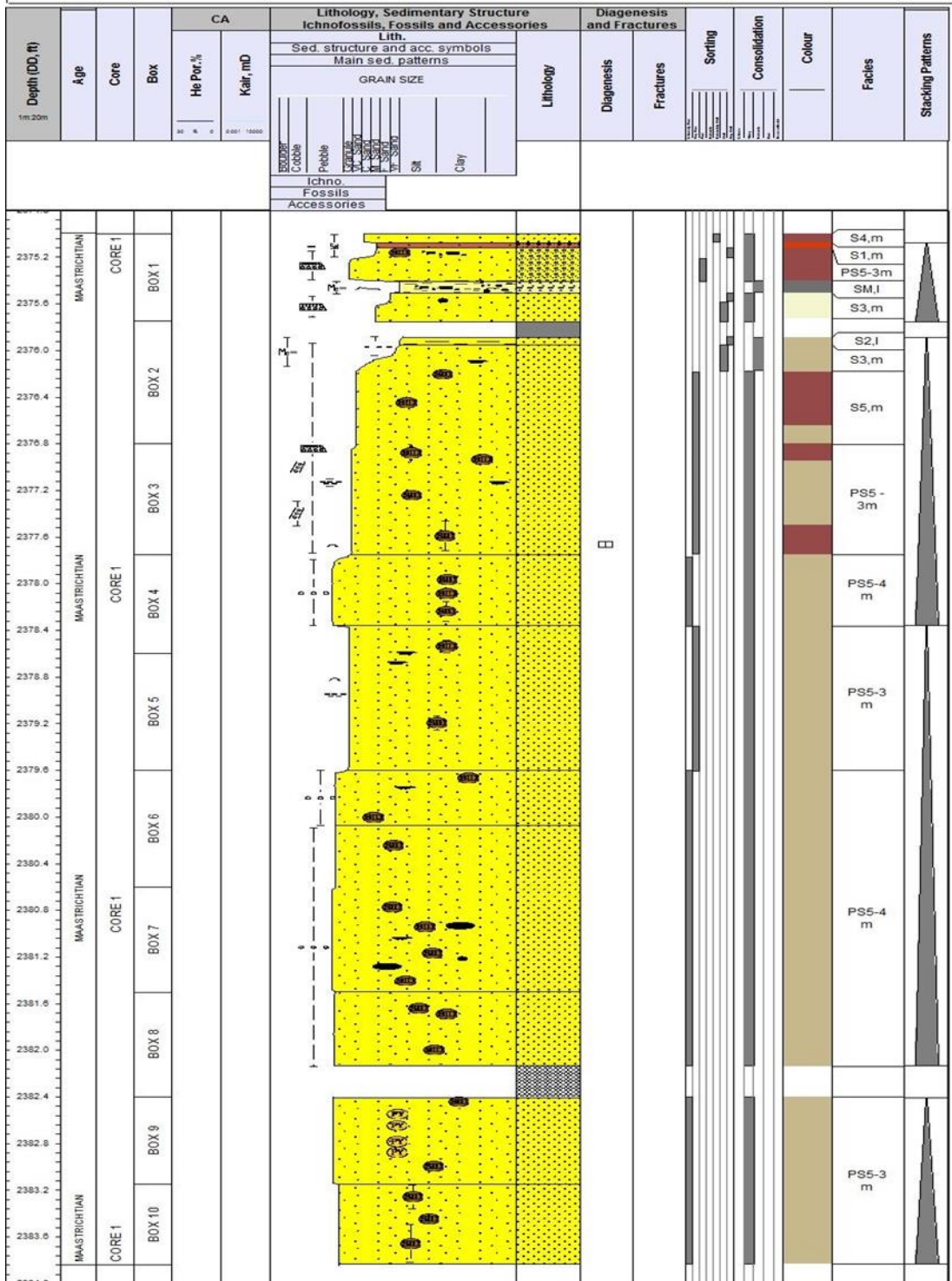
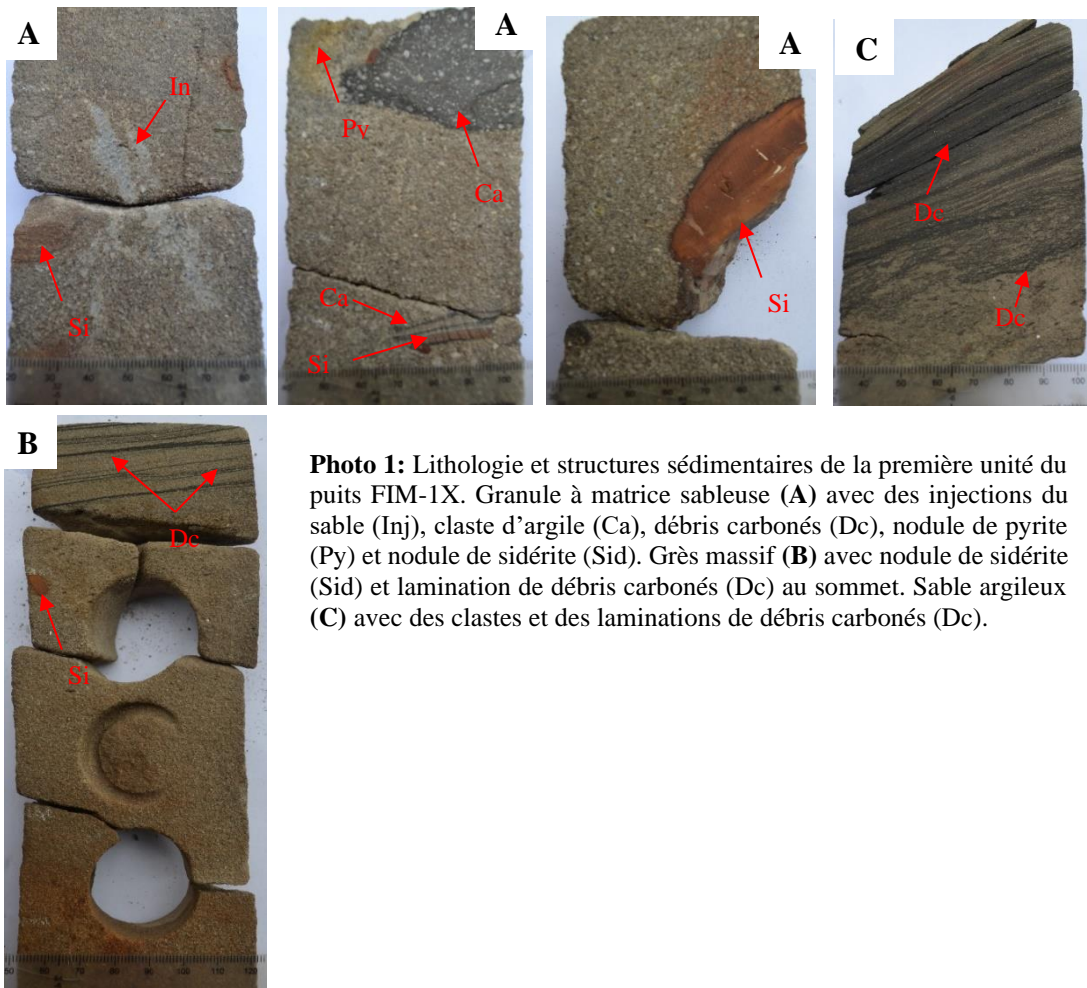


Figure 1: Nature lithologique des carottes de l'unité 1 du puits FIM-1X



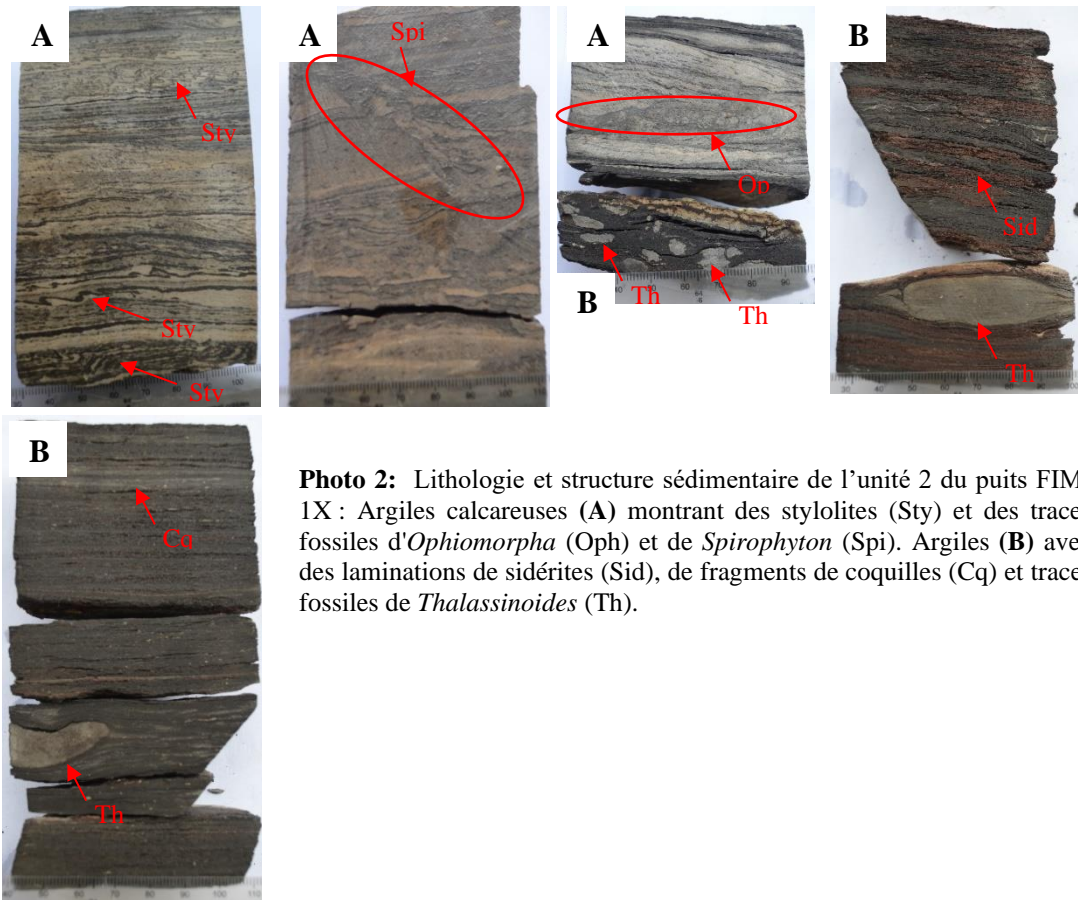
**Photo 1:** Lithologie et structures sédimentaires de la première unité du puits FIM-1X. Granule à matrice sableuse (A) avec des injections du sable (Inj), claste d'argile (Ca), débris carbonés (Dc), nodule de pyrite (Py) et nodule de sidérite (Sid). Grès massif (B) avec nodule de sidérite (Sid) et lamination de débris carbonés (Dc) au sommet. Sable argileux (C) avec des clastes et des laminations de débris carbonés (Dc).

### 3.1.2. Unité 2: 2559 m - 2565.3 m

L'unité 2 est caractérisée par une épaisseur d'environ 6,04 m, (Fig. 3). Elle est composée d'une épaisse couche d'argile (M) avec des couches d'argile calcaireuse (ML) à ses extrémités. Cette unité comprend une séquence dépôt composée de :

- Couches d'argiles calcaireuses (ML) (à la base 2563,54m – 2565,3m et au sommet 2559 m – 2559, 34 m) de couleurs gris clair à gris sombre souvent orange. Elles sont caractérisées par les structures sédimentaires telles que les stylolites, les microfractures, les fragments de coquilles et les bioturbations. Les bioturbations sont issues des traces fossiles de *Ophiomorpha* et *Spirophyton* (Photo 2 A). Le ciment est calcaire (ML,sty,b,calc).
- Épaisse couche d'argile laminée (2559,34m – 2563,54m), de couleur gris sombre, brun noir, noir rougeâtre et gris clair (Photo 2 B). Les

structures sédimentaires sont marquées par les spectres de débris carbonés, les laminations de pyrite, les laminations de sidérites, les fragments de coquilles, les lentilles de sables locales, les laminations ondulés locales et les bioturbations issues des traces fossiles de *Thalassinoides* (Ml,py,sid,ic,w,b).



**Photo 2:** Lithologie et structure sédimentaire de l'unité 2 du puits FIM-1X : Argiles calcaireuses (A) montrant des stylolites (Sty) et des traces fossiles d'*Ophiomorpha* (Oph) et de *Spirophyton* (Spi). Argiles (B) avec des laminations de sidérites (Sid), de fragments de coquilles (Cq) et traces fossiles de *Thalassinoides* (Th).



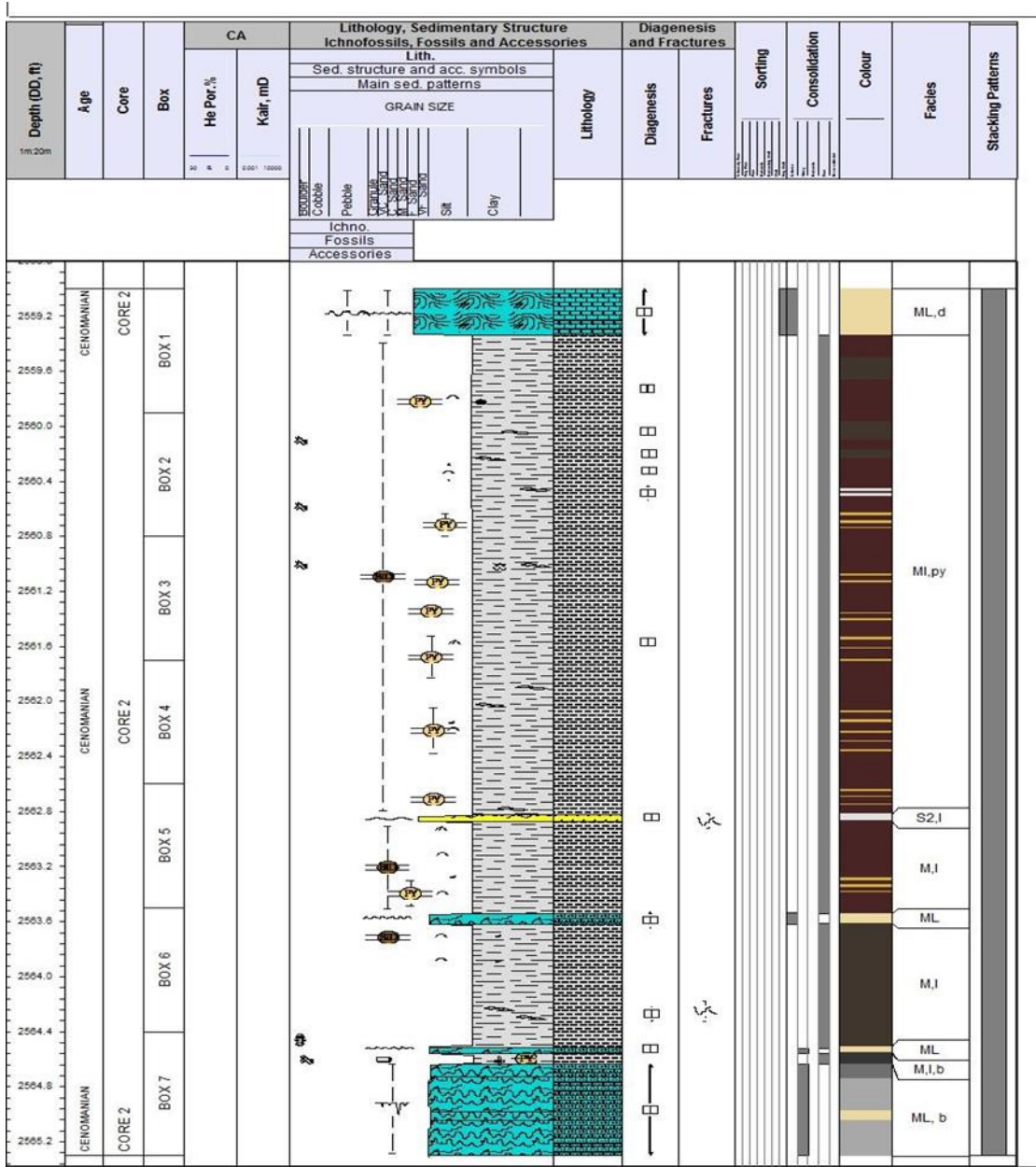


Figure 2: Nature lithologique des carottes de l'unité 2 du puits FIM-1X

### 3.1.3. Unité 3: 2608 m – 2608,5 m

L'unité 3 est caractérisée par une épaisseur de 0,44 m (Fig. 4). Elle est marquée par une succession de grès (S) de sable argileux (SM) et de structure hétérolithique à dominante argileuse (HM). Cette unité comprend une séquence de dépôt composée de :

- Grès massif de couleur gris sombre (Photo 3 A). Ils ont des grains de sable qui varient de très fins à fins et sont très bien classés. Les structures sédimentaires observées se composent de rides grimpantes, de fragments de débris carbonés et de micas. Le ciment est calcaire (Sm,r,ic,calc).
- Sables argileux de couleur gris clair (Photo 3 B). Ils sont déformés et très bioturbés. Les bioturbations sont issues des traces fossiles d'*Ophiomorpha* et *Palaeophycus* (SM,l,d,b).

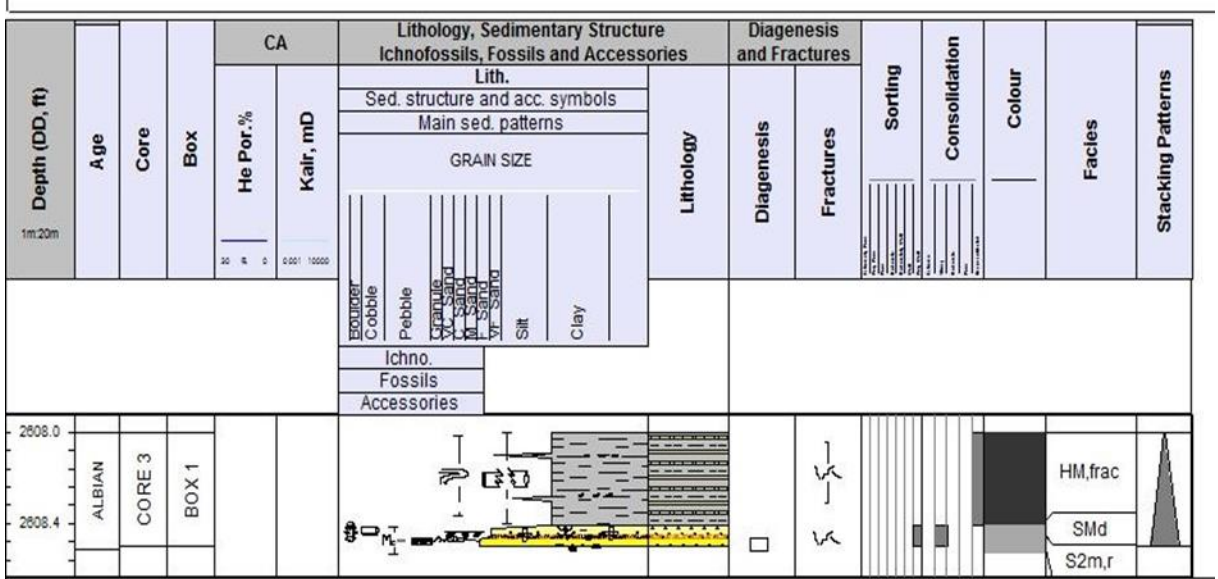


Figure 3: Nature lithologique des carottes de l'unité 3 du puits FIM-1X

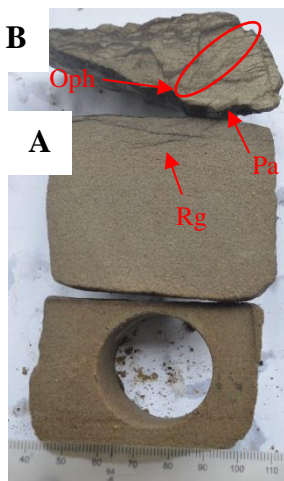


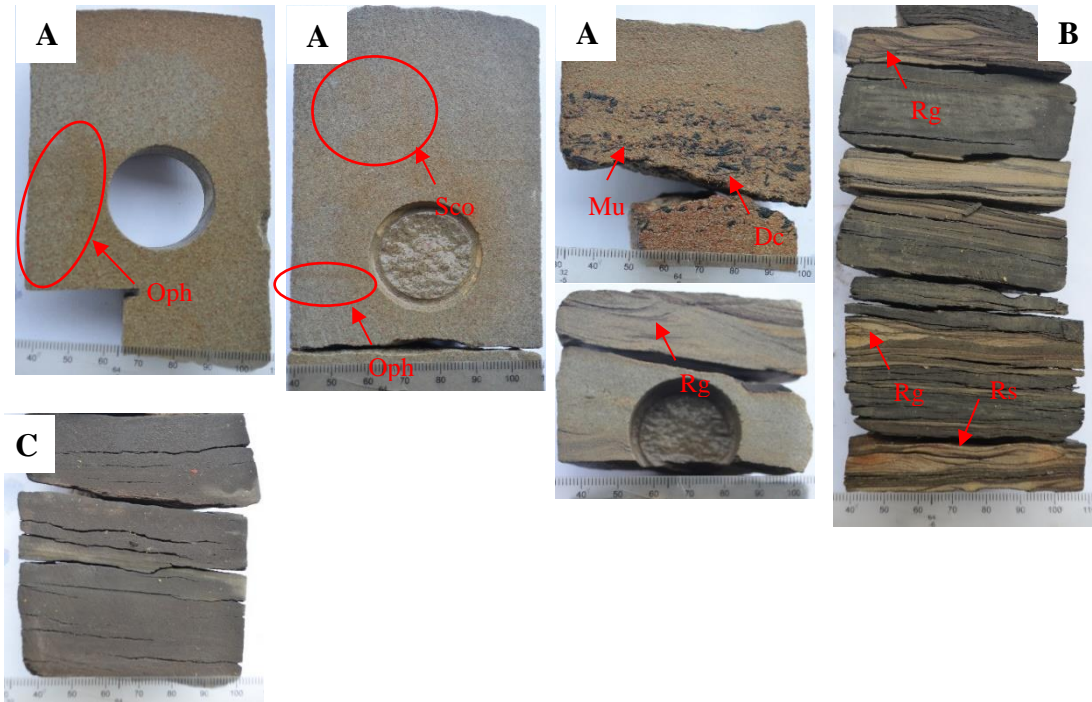
Photo 3: Lithologie, structures sédimentaires et ichnofossiles de l'unité 3 du puits FIM-1X : Grès massif (A) montrant une ride grimpante (Rg) au sommet. Sables argileux déformé (B) avec des traces fossiles d'*Ophiomorpha* (Oph) et de *Palaeophycus* (Pa).

#### 3.1.4. Unité 4: 2626 m - 2631 m

Cette dernière unité a une épaisseur d'environ 4,29 m (Fig. 4). Elle est constituée essentiellement d'une épaisse couche de structure hétérolithique à dominance argileuse (HM) intercalée par des fines à moyennes couches de grès (S), de sable argileux (SM) et d'argile (M). Cette unité comprend également une séquence de dépôt composée de:

- Grès massifs (Sm), laminés (Sl) de couleur variant de gris sombre à gris clair (Photo 4 A). Ils ont des grains de sable qui varient de fins à grossiers et contiennent des structures sédimentaires telles que les imbrications de clastes d'argile, les débris carbonés, des rides grimpantes, des rides sinusoïdales, de micas, et des bioturbations. Les bioturbations sont issues des traces fossiles d'*Ophiomorpha* et de *Scolicia*. Le ciment est localement calcaire (Sm, l,r,ic,b,calc).
- Fines couches de sables argileux de couleur moyennement gris noir (Photo 4 B). Ces sables argileux se présentent sous forme de rides laminées, de rides grimpantes, de rides sinusoïdales et de lentilles de sable (SM,r,ln).
- Argiles laminées de couleur gris noir (Ml, Photo 4 C).
- Épaisses couches de structures hétérolithiques à dominante argileuse, laminées, de couleur gris noir (Photo 4 D). Elles montrent les structures sédimentaires telles que les lentilles de sable, les laminations ondulées, les rides grimpantes, les nodules de sidérites, les nodules de pyrites et les bioturbations issues des traces fossiles d'*Ophiomorpha* (HML,r,w,sid,py,b).





**Photo 4:** Lithologie, structures sédimentaires et ichnofossiles de l'unité 4 du puits FIM-1X :Grès massif (A) montrant une imbrication de clastes d'argile (Ca), une imbrication de débris carbonés (Dc), des rides grimpantes (Rg) et des traces fossiles d'*Ophiomorpha* (Oph) et de *Scolicia* (Sco). Structures hétérolithiques dominance argileuses (B) avec des rides grimpantes (Rg) et des rides sinusoïdales (Rs). Argile laminée (C).

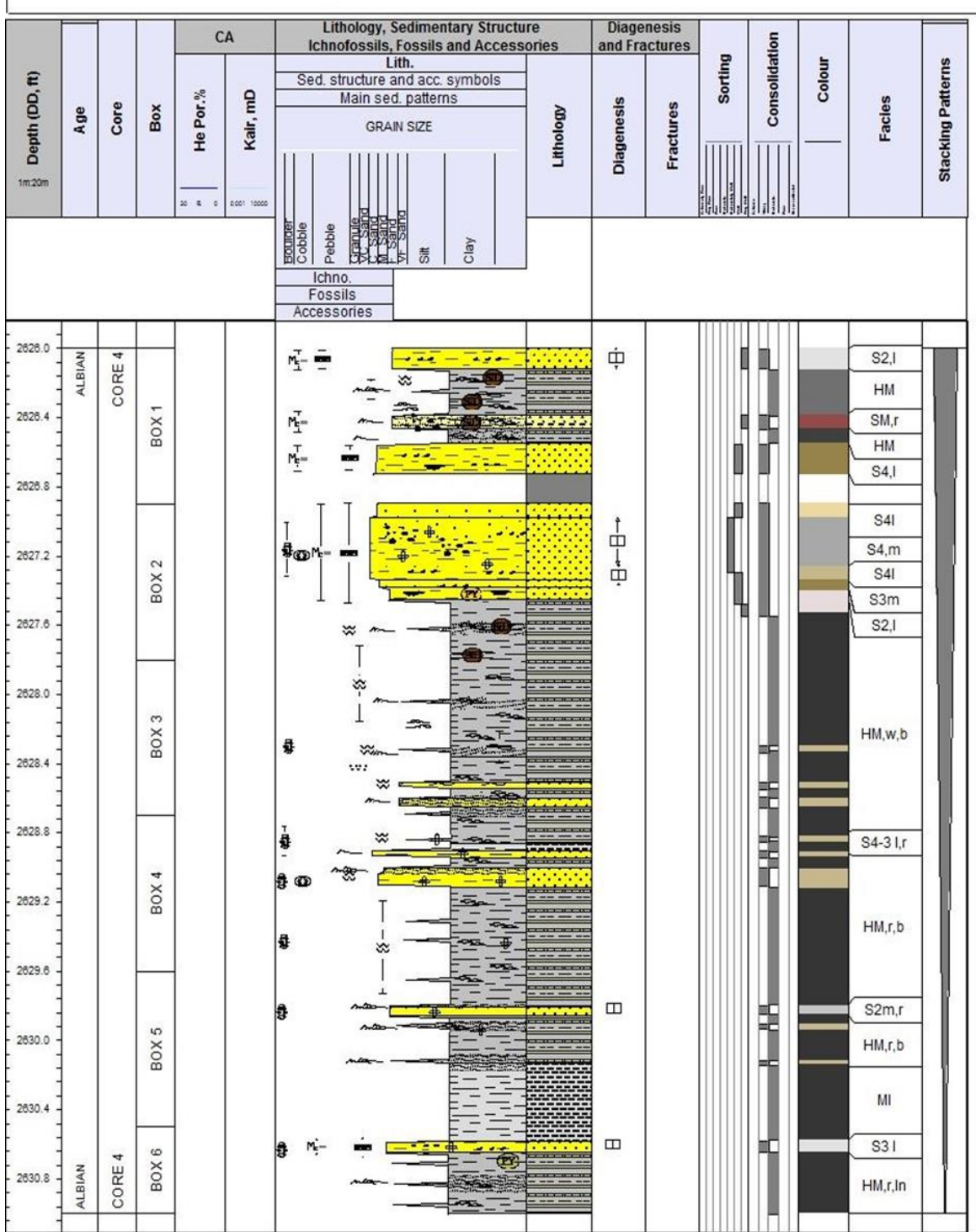


Figure 4: Nature lithologique des carottes de l'unité 4 du puits FIM-1X

### Légende générale du puits FIM-1X

#### LITHOLOGIE

	Structure hétérolithique
	Sable/grès
	Sable silteux
	Sable argileux
	Argile
	Argile silteuse
	Calcaire argileux
	Carotte préservée
	Gap

#### DIAGENÈSE

	Ciment calcaire
--	-----------------

#### FRACTURES

	Microfracture
--	---------------

#### ICHTNOFOSSILES

	<i>Palaeophycus</i>
	<i>Ophiomorpha</i>
	<i>Thalassinoides</i>
	<i>Spirophyton</i>
	<i>Scolicia</i>

#### STRUCTURES SÉDIMENTAIRES ET ACCESSOIRES

	Lamination horizontale irrégulière		Fragment d'argile déformée		Lamination en pli couché
	Structure en traversin		Débris carbonés		Lentilles
	Granule		Fragments de charbon		Mica
	Fragment d'argile		Tâche ou grain de débris carbonés		Fragment de coquille
	Galet d'argile		Granoclassement normal		Galet libre
	Claste d'argile		Fragment de coquille (bivalve)		Lamination de silt
	Granoclassement normal		Nodule de pyrite		Lamination de stylolites
	Granoclassement inverse		Sidérite		
	Stylolites		Lamination de sidérites		

### 3.1.5. Synthèse des résultats de la description macroscopique

La description macroscopique a révélé que les carottes du puits FIM-1X sont essentiellement constituées de granule à matrice sableuse, de grès, de sables argileux, d'argile, d'argile calcareuse, et de structures hétérolithiques à dominante argileuse. Les galets à matrice sableuse sont marqués par des clastes d'argiles, les nodules de sidérites, les nodules de pyrite, les fragments de coquilles, les injections de sable, les débris carbonés et les micas. Les grès généralement massifs montrent par endroits des structures telles que les rides de courant asymétriques, les nodules de sidérites, les clastes d'argile, les fragments de coquilles, les débris carbonés et des micas. Les sables argileux

sont déformés et très bioturbés. Les argiles calcareuses sont caractérisées par les stylolites, les fragments de coquilles et les bioturbations. Les argiles sont laminées et les structures hétérolithiques à dominante argileuse présentent des rides grimpantes, des rides sinusoïdales des lentilles de sable, les nodules de pyrites, des nodules de sidérites et des bioturbations. Les bioturbations sont issues des traces fossiles de *Thalassinoides*, *Ophiomorpha*, *Scolicia*, *Palaeophycus* et *Spirophytons*.

### 3.2. Interprétation lithologique des faciès

#### 3.2.1. Les faciès principaux

Le tableau I résume les principaux faciès mis en place par les flux de débris en milieu aqueux (flux de débris), les flux hyperpycnaux, les vagues et les actions des marées induites par les précipitations lors des tempêtes.

**Tableau I :** Principaux lithofaciès des formations maastrichtiennes, cénomaniennes et albiennes mise en évidence dans la zone d'étude et leur interprétation

Faciès Codes	Lithologie	Structures sédimentaires	Interprétations
PS	Dépôt de granule à matrice sableuse, mal trié ou un granoclassement normal et ou inverse.	Massifs, à matrice sableuse avec des nodules de sidérite, clastes d'argile, galets d'argiles, injections de sable, débris carbonés et micacés.	Dépôts hyperconcentrés des coulées de débris.
Sm	Grès massifs à grains fins à très grossiers, très mal à moyennement bien triés.	Pas de structure sédimentaire interne, à granoclassement normale, débris carbonés, nodules de sidérite, clastes d'argile, nodule de sidérite, micacé, bioturbations issues de <i>Ophiomorpha</i> et <i>Scolicia</i>	Écoulement hyperpycnal, Courant de tempêtes
Sl	Grès à laminations parallèles à grains fins à grossiers.	Débris carbonés, nodules de sidérite, clastes d'argile, micacé à ciment calcaire.	Courants de turbidité, Courants fluviatiles.
Sr	Grès à laminations des rides à grains très fins à fins, bien classés.	Rides grimpantes, rides sinusoïdales, des lentilles, et des fragments de coquilles, débris carbonés.	Courants fluviatiles, courants de turbidité.
SMI	Sable argileux laminés à grain très fin à fin, mal triés.	Clastes d'argile, des rides et micas .	Courants fluviatiles, courants de turbidité
SMd	Sable argileux déformé à grains très fin à fin, mal trié, en raison du mélange de bioturbation de	Affaissement, des fractures irrégulières, bioturbation, traces fossiles d' <i>Ophiomorpha</i> et de <i>Palaeophycus</i> .	Coulée de débris, courant turbiditique

<b>M</b>	composants très fins à fins.  Argile avec pas plus de 15% de limon mélangé et grain de sable très fin à fin	Laminations parallèles, nodules de pyrite, nodules de sidérite, fragments de coquille et trace fossile de <i>Thalassinoïdes</i> .	Dépôts argileux par suspension ou sous forme de floculation,
<b>HM</b>	Structures hétérolithiques à dominante argileuse montrant des ondulations et lentilles bien développés. Argile > 50%	Lentilles, nodules de pyrite, nodules de sidérite, des rides grimpanes, des rides sinusoïdales, trace fossile d' <i>Ophiomorpha</i>	Actions des rivières et des vagues, courant de turbidité
<b>ML</b>	Argiles calcaires : argile avec un mélange de carbonate (généralement 30%).	Laminations parallèles, Stylolites, fractures irrégulières, microfractures, trace fossile d' <i>Ophiomorpha</i> et <i>Spirophyton</i> .	Courant fluvial induit par des précipitations qui accompagnent les tempêtes.

### 3.2.2. Description des faciès

En intégrant les données de la lithologie, des structures sédimentaires (Tableau I) et des ichnofossiles, on a identifié 4 grands lithofaciès successifs dans les formations du Maastrichtien à l'Albien.

#### 3.2.2.1. Association de faciès 1 : Lithofaciès de Granule

L'association de faciès 1 ou lithofaciès de granule (PS) comprend les sédiments contenant plus de 20% d'un mélange de granules. Ils sont généralement massifs. Ils n'ont pas de structures sédimentaires internes. Le granoclassement est alternativement normale et inverse. Cette association présente des nodules de pyrite, de sidérites, des injections de sable, des fragments de coquille et des clastes d'argiles. Ce faciès est interprété comme étant déposé par des coulées de débris pseudoplastiques subaériens ou subaquatiques (Fea *et al.*, 2019). Les bases non érosives indiquent un flux laminaire mais le granoclassement normal et l'alignement horizontal des clastes suggèrent un écoulement turbulent occasionnel pendant le transport (Fea *et al.*, 2019). Par ailleurs la présence de fragments de coquille et de traces d'eau indique des dépôts subaquatiques (Horton et Schmitt 1996, Fea *et al.*, 2019).

### **3.2.2.2. Association de faciès 2 : Lithofaciès de Grès**

Le faciès de grès se distingue par la présence d'un mélange ou d'une intercalation d'argile, de limon ou de galets inférieur à 20%. Les grès sont à grains très fins à très grossiers, les grains très fins à moyens sont plus fréquents. L'association du faciès 2 est interprétée comme étant un dépôt de front deltaïque (Nakajima 2006 ; Fea *et al.*, 2019), littoral (MacEachern *et al.*, 2007 ; Fea *et al.*, 2019) et milieu marin peu profond (Manzocchi *et al.*, 2008 ; Fea *et al.*, 2019).

#### **3.2.2.2.1. Faciès de Grès massifs (Sm)**

Les grains des grès massifs sont généralement très fins à très grossiers (S1m à S5m). Ils n'ont pas de structures sédimentaires internes très bien triées. Le granoclassement est normal ou inverse. Des débris carbonés, des nodules de sidérite des imbrications de clastes d'argile, des micas, et des microfractures sont présents. Le ciment est souvent calcaire. L'intensité des bioturbations est moyenne avec les traces fossiles d'*Ophiomorpha* et de *Scolicia*. Les grès massifs sont interprétés comme étant des dépôts rapides de sable par les courants hyperpicnaux des crues fluviales (Coleman & Gagliano, 1965) et des courants turbiditiques subaquatiques (Higgs, 1990). Par ailleurs le dépôt de sable à granoclassement normal ou inverse de haut ou faible courant de turbidité se produit dans une sédimentation grain par grain, rapide, par suspension. Alors que les imbrications de clastes d'argiles suggèrent un changement de régime (turbulent à laminaire) (Fea *et al.*, 2019). Les traces d'*Ophiomorpha* correspondent à des traces d'habitation et d'alimentation en suspension. Ces traces sont interprétées comme typique des dépôts de la face supérieure du rivage (shoreface supérieur) à l'estran inférieur (Pollard *et al.*, 1993), bien qu'il puisse également être présent dans d'autres environnements à haute énergie (Morris *et al.*, 2006, Pemberton *et al.*, 2009). Les traces de *Scolicia* sont des traces d'alimentation. Ces traces sont interprétées comme typique des dépôts de la face inférieure du rivage (Shoreface inférieure) (Pemberton & MacEachern, 1997).

#### **3.2.2.2.2. Faciès de Grès laminé (SI)**

Les grès à laminations parallèles ont des grains fins à grossier (S11 à S41) et sont très bien à mal triés. Ils contiennent également des laminations de débris carbonés, des nodules de sidérite et de micas. Le ciment est rarement calcaire. Ces faciès sont interprétés comme des dépôts de courants de turbidité de haute ou faible densité (Ghibaudo, 1992, Fea *et al.*, 2019). Ces faciès peuvent aussi être comparés à l'unité B de la séquence de Bouma (1962).



### **3.2.2.2.3. Faciès de Grès à ride (Sr)**

Les grès à rides sont à grains très fins à fins (S1r à S2,r) avec des rides grimpantes, des rides sinusoïdales, des lentilles et des fragments de débris carbonés. Les rides sinusoïdales se transforment souvent en rides grimpantes. La variation des rides sinusoïdales aux rides grimpantes en passant par les rides asymétriques suggère une énergie élevée dans un milieu d'environnement de front deltaïque (Cojan et Renard, 2008). Spécialement, ces grès à rides sont interprétés comme étant les dépôts caractéristiques du complexe chenaux-levées dans un environnement du front deltaïque (Fea *et al.*, 2019).

### **3.2.2.3. Association de faciès 3 : Lithofaciès de sable argileux (SM)**

Le sable argileux se caractérise par la présence de 20 à 50% d'argile mélangée ou intercalée. Les grains des sables sont très fins à moyens. Il est représenté par un faciès de sable argileux laminé (SMI) et un sable argileux déformé (SMd). Cette association de faciès 3 est interprétée comme des dépôts littoraux (MacEachern *et al.* 2007) et marins peu profonds (Stephen *et al.*, 2008, Fea *et al.*, 2019).

#### **3.2.2.3.1. Faciès de sable argileux laminé (SMI)**

Les sables argileux laminés sont à grains très fins à fins (S1MI à S2MI) avec des laminations de débris carbonés, des clastes d'argiles et une abondance de micas. Ces sables argileux laminés sont interprétés comme étant des dépôts de levée (Fea *et al.*, 2019).

#### **3.2.2.3.2. Faciès de sable argileux déformé (SMd)**

Les sables argileux déformés sont à grains très fins à fins (S1Md à S2Md) bien triés avec des contacts bioturbés. Les structures sédimentaires sont marquées par les convolutés et les fractures irrégulières. L'intensité de bioturbation est moyenne et issue des traces fossiles de *Ophiomorpha* et *Palaeophycus*. Les traces de *Palaeophycus* sont des traces d'habitation. Elles caractérisent des sables de tempêtes épisodiques et d'eau saumâtre (Pemberton *et al.*, 2009, Fea *et al.*, 2019). Ces faciès sont interprétés comme des dépôts continentaux ou marins (Hubbard *et al.*, 2004, Knaust 2013).

### **3.2.2.4. Association de faciès 4 : Lithofaciès d'argiles (HM, ML, M)**

Trois faciès différents ont été identifiés dans ce groupe. Cette association de faciès 4 est interprétée comme étant des dépôts du front deltaïque (Nakajima, 2006 ; Fea *et al.*, 2019), littoral (MacEachern et Gingras, 2007) et les milieux marins peu profonds (Fea *et al.*, 2019).

#### **3.2.2.4.1. Faciès des structures hétérolithiques à dominance argileuse (HM)**

Les structures hétérolithiques à dominance argileuse sont des interlaminations d'argile et de sable à grains très fins à fins avec une proportion d'argile supérieure à 50 %. Les structures sédimentaires sont marquées par des laminations ondulées, des rides grimpantes, des rides sinusoïdales et des lentilles de sable. L'intensité de bioturbation est moyenne et issue des traces fossiles d'*Ophiomorpha*. Ces faciès résulteraient donc d'un dépôt de faible énergie dans un milieu de levée du front deltaïque (Cojan et Renard, 2008 ; Fea et al., 2019).

#### **3.2.2.4.2. Faciès des argiles calcareuses (ML)**

Les argiles calcareuses sont constituées d'environ 70% d'argiles et 30% de calcaire. Les structures sédimentaires sont marquées par des laminations de stylolites, des fractures irrégulières, des fissures de synérèse et de microfractures. L'intensité de bioturbation est forte et issue des traces fossiles d'*Ophiomorpha* et de *Spirophyton*. Les stylolites rencontrées dans les argiles calcareuses suggèrent un phénomène de dissolution (Fea et al., 2018). *Spirophyton* est une trace de broutage d'un organisme de dépôt et d'alimentation. Ces traces sont interprétées comme typique des dépôts d'environnements marin allant du plateau continental au talus distal (Pemberton et al., 2009).

#### **3.2.2.4.3. Faciès d'argile pure (M)**

Les argiles pures sont les épaisses couches d'argile interlaminées souvent par des grès à grains très fins à fins et des silts (argile 85%, sable/argile 15%). Les structures sédimentaires sont caractérisées par des laminations parallèles, des lentilles de sables et des laminations de sidérite. L'intensité de bioturbation est moyenne et issue des traces fossiles de *Thalassinoides*. Ces faciès suggèrent un dépôt par suspension ou floculation (Ghibaudo, 1992). Les traces de *Thalassinoides* sont des traces d'habitation et d'alimentation. Elles sont interprétées comme des dépôts de la partie inférieure de la côte et du milieu marin peu profond (Pemberton, 2011). Elles sont connues aussi dans les eaux saumâtres (Fea et al., 2019).

### **4. Discussion**

Dans le bassin sédimentaire ivoirien, peu d'études portant sur la détermination des environnements de dépôts ont été réalisées à partir des structures sédimentaires et des traces fossiles des carottes des forages pétroliers.

Les travaux de Fea et al. (2019) à partir des structures sédimentaires et des traces fossiles ont montré de manière générale une évolution des faciès



d'Ouest en Est dans le bassin sédimentaire ivoirien. Ces travaux ont également montré l'existence de quatre types de faciès dans la marge de San-pédro et au centre de la marge d'Abidjan. Les travaux sur le puits FIM-1X au niveau du centre de la marge d'Abidjan ont effectivement mis en évidence l'existence de ces quatre types de faciès à savoir les faciès de granules, grès, sable argileux et argile.

Les formations albiennes sont dominées à la base par les faciès de petites tailles tels que les faciès de sable argileux et d'argile. Tandis qu'elles sont dominées aux sommets par les faciès de grès. Ceci s'explique par l'existence des phénomènes de horsts et graben lors de l'ouverture de l'océan atlantique tel que relaté par les travaux de Digbehi (1987), Gawthorpe & Leeder, (2000) et Fea *et al.* (2019). Ces faciès sont dominés par les structures sédimentaires telles que les rides sinusoïdales, les rides grimpantes, les laminations ondulées, les nodules de sidérites, les nodules de pyrites, les laminations de débris carbonés, les fractures irrégulières et les bioturbations issues des traces fossiles d'*Ophiomorpha*, *Scolicia*, *Palaeophycus*.

Les formations cénomaniennes sont dominées par les faciès d'argiles et d'argiles calcareuses. Ces argiles calcareuses sont dominées par les stylolites et les microfractures. Les argiles calcareuses sont déclenchées par les événements tectoniques tel que relatés par les travaux de Brownfield & Charpentier (2006). Les stylolites rencontrés suggèrent un phénomène de dissolution comme décrit dans les travaux de Wazir (2014) et de Fea *et al.* (2018).

Quant aux formations maastrichtiennes, elles sont dominées par les épaisses couches de faciès de granules et de grès massifs. Ces faciès sont marqués par des clastes d'argiles, les nodules de sidérites, les nodules de pyrite, les fragments de coquilles, les injections de sables, les débris carbonés, un granoclassement normal et les micas. Le granoclassement normal et l'alignement horizontal des clastes suggèrent un écoulement turbulent occasionnel pendant le transport comme souligné dans les travaux de Fea *et al.* (2019). La présence des fragments de coquilles des bioclastes montre aussi que les dépôts se sont mis en place en milieu sous-aqueux (Pivnik, 1990, Fea *et al.*, 2019). La présence des traces d'eau témoigne également d'un dépôt subaquatique (Horton et Schmitt 1996, Fea *et al.*, 2019).

Ces différents faciès provoquent de nombreux stress physiques et chimiques qui influencent le comportement des organismes fouisseurs. Dans l'ensemble, les assemblages des traces fossiles de cette association de faciès représentent les ichnofaciès de *Cruziana* et de *Skolithos* comme relevé par Seilacher (1967) et Pemberton *et al.* (2009, 2011), impliquant un environnement proche du rivage. En outre, ces assemblages de traces de fossiles indiquent une colonisation rapide des couches lithologique par des

organismes opportunistes (Bryant *et al.*, 1988; Pemberton, 2011, Morris *et al.*, 2006).

Généralement associées avec les ichnofaciès de *Skolithos*, les traces de *Ophiomorpha* prolifèrent dans les environnements marins côtier supérieur (Pollard *et al.*, 1993). Ces traces peuvent être également rencontrées dans les eaux saumâtres, les substrats sableux, les estuaires et les hauts-fonds de marée (Pemberton *et al.*, 2009, 2011). Selon Pemberton *et al.* (2009), les traces de *Scolicia* pourraient se trouver dans une large gamme d'environnement. Elles peuvent s'étendre de la face inférieure du rivage aux pentes des environnements offshore profondes. Elles peuvent également être trouvées dans les dépôts de flysch. Ces traces sont donc associées aux environnements de *Cruziana*, *Zoophycos* et *Néréites*. Quant aux traces de *Spirophyton*, elles sont caractéristiques des environnements marins allant du plateau continental au talus distal. Comme les *Scolicia*, les ichnofossiles de *Spirophyton* sont associées aux environnements de *Cruziana*, *Zoophycos* et *Néréites* (Pemberton *et al.*, 2009). Enfin les ichnofossiles de *Thalassinoides* sont associés aux environnements de *Cruziana* allant de la partie inférieure de la côte au milieu marin peu profond comme décrite par Pemberton, (2011) et Fea *et al.* (2019).

## Conclusion

L'étude sédimentologique des carottes du puits FIM-1X a mis en évidence deux types de lithofaciès au Maastrichtien, à savoir : les lithofaciès de granules et les lithofaciès de grès. Au Cénomaniens, seule le lithofaciès d'argile a été mis en évidence tandis qu'à l'Albien, trois types de lithofaciès ont été observés : les lithofaciès de grès, de sables argileux et d'argile.

Au Maastrichtien les structures sédimentaires sont dominées par les structures massives, les injections de sables, les clastes d'argiles, les fragments de coquilles, les nodules de pyrite et de sidérites. Aucune trace fossile n'a été observée dans ces formations maastrichtiennes. Ces formations du Maastrichtien seraient caractéristiques des dépôts de chenaux du front deltaïque. Au Cénomaniens, par contre, les structures sédimentaires sont dominées par les laminations de stylolites, les microfractures, les laminations de pyrites et sidérites. Les traces fossiles observées dans ces formations cénomaniennes sont les *Ophiomorpha*, *Siprophyton*, *Thalassinoides* et *Palaeophycus*. Ces formations cénomaniennes seraient caractéristiques des dépôts du milieu marin côtier inférieur (ou shoreface inférieur). Quant à l'Albien, les structures sédimentaires sont dominées par les structures massives, les laminations parallèles, les laminations de débris carbonés, les clastes d'argiles, les rides grimpantes, les rides sinusoïdales, les lentilles de sable, les rides asymétriques, les nodules de pyrites et sidérites. Les traces fossiles caractéristiques sont représentées par *Ophiomorpha* et les *Scolicia*.

Ces formations albiennes seraient caractéristiques du complexe chenaux-levées et aussi du milieu marin côtier supérieur (Shoreface supérieur).

Les chenaux du front deltaïque, le complexe chenaux – levées et les milieux marins côtiers (Shoreface) observés, pourraient être de bons réservoirs d'hydrocarbures.

### References:

1. Bouma A.H. (1962). *Sedimentology of some flysch deposits*. Elsevier, Amsterdam, 168 p.
2. Brownfield, M.E. and Charpentier, R.R., (2006). *Geology and Total Petroleum Systems of the Gulf of Guinea Province of West Africa*. US Geological Survey Bulletin, 2207-C, 32pp.
3. Bryant, I.D., Kantorowicz, J.D and Love, C.F. (1988). *The origin and recognition of laterally continuous carbonate-cemented horizons in the Upper Lias Sands of southern England*. Mar. Petrol. Geol., 5, 109–131.
4. Cojan, I., and Renard, M. (2008). *Sédimentologie*. Dunod, 444 p.
5. Coleman, J.M., and Gagliano, S.M. (1965). *Sedimentary structures: Mississippi deltaic plain*. In Middleton G.V. ed., *Primary sedimentary structures and their hydromorphic interpretation*. Soc. Econ. Paleontologists Mineralogists, Spec. Pub., 12, p. 133-148.
6. Digbehi Z. B. (1987). *Etude comparée de la sédimentation de premiers stades d'ouverture Atlantique-Golfe de Guinée - Golfe de Gascogne*. *Sédimentologie, biostratigraphie*. Thèse de doctorat, Université Pau, 366 p.
7. Fea I., Abioui M., Nabawy B.S., Jain S., Digbehi Z. B., Kassem A.A., Benssaou M. (2022). Reservoir quality discrimination of the Albian-Cenomanian reservoir sequences in the Ivorian basin: A lithological and petrophysical Study. *Geomechanics and Geophysics for Geo-Energy and Geo-Resources* 8 (1):1. <https://doi.org/10.1007/s40948-021-00297-8>.
8. Fea I., Bakary F., Yao N.J.P., Kplohi Y.H., Goua T. E., Digbehi Z.B., Bamba K. (2018). *Diagenetic control on the petrophysical properties of Albian-Cenomanian sandstones in the ivorian basin, west Africa*. International journal of Innovation and Scientific Research ISSN 2351-8014 Vol. 39 No. 2 Nov. 2018, pp. 120-138.
9. Fea I., McAfee A., Yao N.J.P., Digbehi Z.B., Kplohi Y.H., et Fofana, B. (2019). *Characterization of the salinity conditions of Cenomanian formations based on sedimentological and ichnological data of selected cores from Ivorian offshore basin (septentrional Gulf of Guinea)*. Journal of African Earth Sciences 149 (2019), 367-397.

10. Gawthorpe & Leeder, (2000). *Evolution tectono-sédimentaire des bassins d'extension actifs*. Basin Research 12 (3-4), 195-218.
11. Ghibaudo, G. (1992). *Subaqueous sediment gravity, Sedimentology flow deposits: practical criteria for their field description and classification*. 39, 423-454.
12. Higgs, R. (1990). *Sedimentology and tectonic implications of Cretaceous fan-delta conglomerates, Queen Charlotte Islands, Canada*. Sedimentology, 37, 83-103.
13. Horton, B.K., Schmitt, J.G. (1996). *Sedimentology of a Lacustrine Fan-delta System, Miocene Horse Camp Formation, Nevada, USA*. Department of Earth Sciences Montana State University, Bozeman, pp. 133–155 h4T 5971 7, USA. Sedimentology 43.
14. Hubbard, S.M., Gingras, M.K., and Pemberton, S.G. (2004). *Paleoenvironmental implications of trace fossils in estuarine deposits of the Cretaceous Bluesky Formation, Cadotte region, Alberta, Canada*. Fossils and Strata, No.51, pp. 00- 00.USA. ISSN 0300-9491. ISBN 82-00 37665-6.
15. Jenny E. M, Gary J. Hampson and Howard D. J. (2006). *A sequence stratigraphic model for an intensely bioturbated shallow-marine sandstone: the Bridport Sand Formation, Wessex Basin, UK*.
16. Knaust, D. (2013). *The ichnogenus Rhizocorallium: Classification, trace makers, palaeoenvironments and evolution*, Earth-Science Reviews, 126, (1).
17. MacEachern, J.A., and Gingras, M.K. (2007). *Recognition of brackish-water trace fossil suites in the Cretaceous Western Interior Seaway of Alberta, Canada; in Bromely, R.G., Buatois, L.a., Mangano, G., Genise, J.F., and Melchor, R.N. (eds), Sediment - Organism Interactions: A Multifaceted Ichnology*, SEPM, Spec. Publ. 88, p149-193.
18. Manzocchi, T., Carter, J.N., Skorstad, A. (2008). *Sensitivity of the impact of geological uncertainty on production from faulted and unfaulted shallow marine oil reservoirs: objectives and methods*. Petroleum Geoscience, 14, 3–15.
19. Nakajima, T. (2006). *Hyperpycnites deposited 700 km away from river mouths in the central Japan Sea*: Journal of Sedimentary Research, v. 76, p. 60– 73.
20. Pemberton, S. G. (2011). *Applied ichnology and sedimentology short course*. Unpublished, 123p.
21. Pemberton, G.S. and MacEachern, J.A. (1997). *The ichnological signature of storm deposits: the use of trace fossils in event stratigraphy*. In: *Palaeontological events; stratigraphic, ecological,*

- and evolutionary implications (Eds B.E. Carlton and B.C Gordon), pp. 73–109. Columbia University Press, New York.*
22. Pemberton, S. G., MacEachern, J. A., Gingras, M. K., and Bann, K. L. (2009). *Trace Fossil Atlas: The recognition of common trace fossils in cores*. Unpublished Atlas, 139 p.
  23. PETROCI & BEICIP (1990). *Côte d’Ivoire petroleum évaluation. Ministère des Mines, Abidjan (Côte d’Ivoire)*. Rapport promotionnel, 99 p.
  24. Pivnik D.A. (1990). *Thrust-generated fan-delta deposition: Little Muddy Creek Conglomerate, SW Wyoming*. J. sedim. Petrol., 60, 489-503.
  25. Pollard, J.E., Goldring, R. and Buck, S.G. (1993) *Ichnofabrics containing Ophiomorpha: significance in shallow water facies interpretation*. J. geol. SOC. Lond., **150**, 149-164.
  26. Reijers, H. A. (1995). *Lithofacies classification scheme*. Unpublished.
  27. Seilacher A. (1967). *Bathymetry of trace fossils*. Marine Geology, 5, 413-428.
  28. Stephen K.D., Yang C., Carter J.N., Howell J.A., Manzocchi T. & Skorstad A. (2008). *Upscaling uncertainty analysis in a shallow-marine environment*. Petroleum Geoscience, 14, 71–84.
  29. Wazir I. (2014). *Contrôles sédimentaires et diagénétiques sur les propriétés pétrophysiques des réservoirs gréseux à gaz des bassins de Sbaa, Algérie, et des Palmyrides-Sud, Syrie*. Sciences de la terre. Université Paris Sud-Paris XI. Thèse de Doctorat, 337p.
  30. Wentworth, C. K. (1922). *A scale of grade and class terms for clastic sediments*: Jour. Geology, v. 30, no, 5, p. 377-392.

## Valorisation des déchets plastiques en matériaux de construction

***Cyrille Prosper Ndepete, PhD***

Université de Bangui, Département des Sciences de la Terre  
République Centrafricaine

***Raoul Zaguy-Guerembo, MC***

Université de Bangui, Département de Géographie, République Centrafricaine

***Aime Martinien Deganai Gbongo, Assistant***

Université de Bangui, Département des Sciences de la Terre  
République Centrafricaine

***Luce Marie-Paul Regakouzou, Ingénieur***

ISM- Dakar, Département de Management de Qualité Hygiène Sécurité et  
Environnement, Sénégal

***Victoire Olivia Ngaïssona Namndouta, Assistante***

Université de Bangui, Département des Sciences de la Terre  
République Centrafricaine

***José Kpeou-Kolengue, MA***

Université de Bangui, Département des Sciences de la Terre  
République Centrafricaine

[Doi:10.19044/esj.2022.v18n21p317](https://doi.org/10.19044/esj.2022.v18n21p317)

---

Submitted: 04 May 2022

Accepted: 29 June 2022

Published: 30 June 2022

Copyright 2022 Author(s)

Under Creative Commons BY-NC-ND

4.0 OPEN ACCESS

*Cite As:*

Ndepete C.P., Zaguy-Guerembo R., Deganai Gbongo A.M., Regakouzou L.M-P., Ngaïssona Namndouta V.O. & Kpeou-Kolengue J. (2022). *Valorisation des déchets plastiques en matériaux de construction*. European Scientific Journal, ESJ, 18 (21), 317.

<https://doi.org/10.19044/esj.2022.v18n21p317>

---

### Résumé

Cette étude consiste à valoriser les déchets plastiques qui polluent l'environnement, en proposant une méthode de recyclage de ces déchets, en les transformant en liant pouvant être utilisés pour la fabrication des matériaux de revêtement routier et de sol intérieur et extérieur. La méthodologie utilisée consiste à utiliser les déchets plastiques de basse densité (PBD) collectés dans six (06) arrondissements de Bangui comme liant dans une matrice sableuse provenant de la rivière Oubangui. Au total 54 éprouvettes (pavés) ont été

fabriquées à différents dosages (10 ; 15 ; 20 ; 25 ; 30 ; 40 ; 45 et 50% des teneurs en plastique) et ont été soumis à des essais physiques et mécaniques. Les résultats de ces essais montrent que la porosité décroît de 4,99 à 1,21 % lorsque la teneur en plastique passe de 25 à 50 %. La résistance à la compression augmente de 5,15 à 30,61 MPa lorsque la teneur en plastique varie de 10 % à 30 %. Elle chute progressivement jusqu'à atteindre 11,49 MPa quand la teneur en plastique dépasse 35%. La résistance à la traction (Rt) augmente de 0,9 à 2,43 MPa lorsque la teneur en plastique varie de 10 à 35 % avant de chuter progressivement jusqu'à atteindre 1,28 MPa lorsque la teneur en plastique atteint 50 %.

---

**Mots-clés:** Déchets plastiques, sable, recyclage, résistance, pavés

---

## **Recovery of Plastic Waste Into Construction Material**

*Cyrille Prosper Ndepete, PhD*

Université de Bangui, Département des Sciences de la Terre  
République Centrafricaine

*Raoul Zaguy - Guerembo, MC*

Université de Bangui, Département de Géographie, République Centrafricaine

*Aime Martinien Deganai Gbongo, Assistant*

Université de Bangui, Département des Sciences de la Terre  
République Centrafricaine

*Luce Marie -Paul Regakouzou, Ingénieur*

ISM- Dakar, Département de Management de Qualité Hygiène Sécurité et  
Environnement, Sénégal

*Victoire Olivia Ngaissona Namndouta, Assistante*

Université de Bangui, Département des Sciences de la Terre  
République Centrafricaine

*José Kpeou-Kolengue, MA*

Université de Bangui, Département des Sciences de la Terre  
République Centrafricaine

---

### **Abstract**

This study consists of recovering plastic waste that pollutes the environment, by proposing a method of recycling this waste, by transforming it into a binder that can be used for the manufacture of materials for road surfacing and interior and exterior flooring. The methodology used consists of using low density plastic waste (LDP) collected in six (06) districts of Bangui as a binder in a sandy matrix from the Oubangui River. A total of 54 specimens (blocks) were manufactured at different dosages (10; 15; 20; 25;



30; 40; 45 and 50% of plastic contents) and were subjected to physical and mechanical tests. The results of these tests show that the porosity decreases from 4.99 to 1.21% when the plastic content increases from 25 to 50%. The compressive strength increases from 5.15 to 30.61 MPa when the plastic content varies from 10% to 30%. It gradually drops until it reaches 11.49 MPa when the plastic content exceeds 35%. The tensile strength (Rt) increases from 0.9 to 2.43 MPa when the plastic content varies from 10 to 35% before gradually decrease to 1.28 MPa when the plastic content reaches 50%.

---

**Keywords:** Plastic waste, sand, recycling, resistance, pavers

## **Introduction**

La gestion des déchets plastiques est l'un des problèmes environnementaux dans le monde en générale et particulièrement en République Centrafricaine. Avec l'accroissement démographique, l'évolution et le changement de mode de consommation génèrent divers types de déchets notamment les déchets plastiques. La prolifération de ces déchets plastiques (les sachets, les sacs en plastique, les bidons, les pneus etc...) rejetés dans la nature est l'une des causes de dégradation de l'environnement dans la ville de Bangui et ses environs. Selon les travaux de Doublier (2009), ils sont non biodégradables et contribuent énormément à la pollution de l'environnement. Selon Fanny (2010), la durée de vie des sachets plastiques peut atteindre 500 ans environ. Dans la recherche de solutions aux problèmes générés par ces déchets, de nombreuses recherches (Shanmugavalli et al (2017)., Ganesh et al. (2014)., Poonam et Ramesh (2016) proposent des méthodes de valorisation telles que l'utilisation des sachets plastiques dans la production des matériaux de construction. A l'instar de ces travaux, la présente recherche s'intéresse au recyclage des déchets plastiques en République Centrafricaine étant donné qu'aucune étude scientifique du genre n'a encore été menée dans ce pays. Ainsi, cette recherche propose l'utilisation des déchets plastiques comme liant dans une matrice sableuse pour la fabrication de pavé.

## **Matériel et Méthodes**

### ***Matériaux utilisés***

Les matériaux utilisés dans le cadre de cette recherche sont des déchets plastiques basse densité (PBD) et les sables naturels tous provenant de Bangui en République Centrafricaine (RCA)

Des campagnes de terrain ont permis de connaître non seulement quel type des déchets plastiques utilisés pour la transformation mais aussi de prélever les sables qui sont utilisés comme des matrices. A cet effet des sites ont été ciblés dans les différents arrondissements. Les arrondissements ciblés



pour cette recherche sont : 1er ; 2e ; 3e ; 4e ; 5e ; et 8e arrondissements de Bangui (Planche 1).



**Planche 1.** Les déchets plastiques abandonnés dans la nature (cette recherche 2022)

La moyenne hebdomadaire des masses des déchets plastiques collectés sont consignées dans le (Tableau 1).

**Tableau 1.** Masse hebdomadaire en kilogramme des déchets ramassés par arrondissement (cette recherche 2022)

1 <sup>er</sup> (Centre-ville et Stade 20000 place)	2 <sup>e</sup> (SICA, Seydou et Lakouanga)	3 <sup>e</sup> (Km 5)	4 <sup>e</sup> (Boy-rabe et une partie de Gobongo)	5 <sup>e</sup> (Miskine et rond point Marabéna)	8 <sup>e</sup> (Marché Combattant)
5,755 kg	4,030 kg	5,530 kg	2,805 kg	4,785 kg	5,250 kg

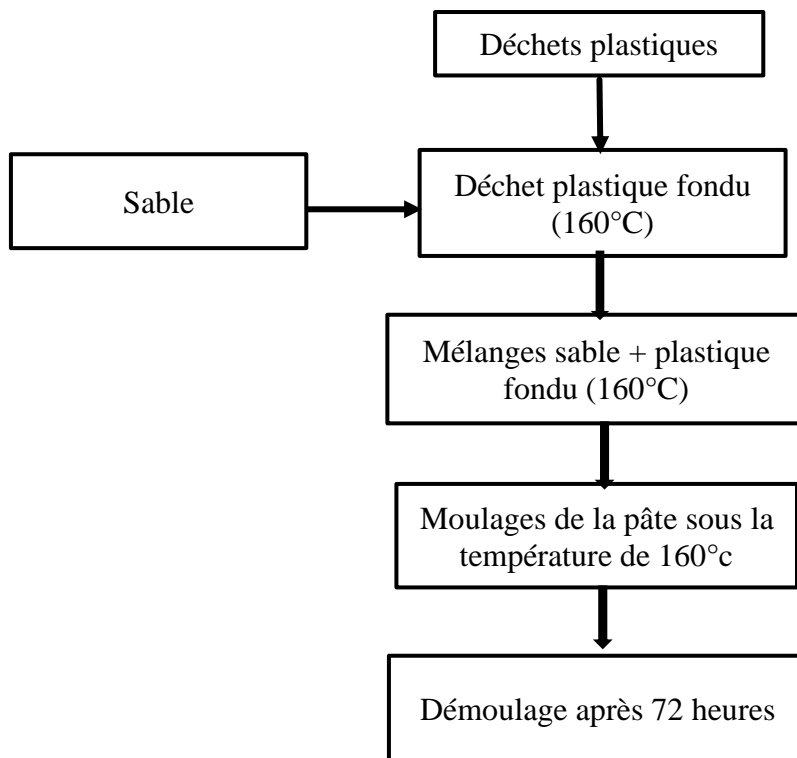
La matrice sableuse a été prélevée dans la rivière Oubangui, conservée dans des sacs puis transporté au Laboratoire National du Bâtiment et des Travaux Publics (Photo 1).



**Photo 1.** La matrice sableuse (cette recherche 2022)

### ***Formulation et confection des pavés***

La formulation et confection des pavés ont été réalisées en cinq (5) étapes successives (Figure 1).



**Figure 1.** Les étapes de formulation des pavés (sable + plastiques)

La première étape consiste à peser les matrices (sable) et à rechercher la masse de déchet plastique pour chaque pourcentage choisie (10%, 15% ; 20%, 25% ; 30%, 35% ; 40% ; 45% et 50).

La deuxième étape consiste à faire fondre les plastiques à une température d'au moins 160°C tout en observant la durée de fusion qui peut aller jusqu'au de-là de 15 minutes.

La troisième étape consiste à verser la quantité de sable pesée dans les plastiques fondus, puis malaxer jusqu'à l'obtention d'une pâte totalement homogène.

La quatrième étape consiste à mouler la pâte obtenue tout en piquetant sur la pâte versée afin de réduire les taux vide qui peuvent se développer dans les pavés. Enfin la dernière étape consiste à démouler les pavés après deux jours de refroidissement (Planche 2).







**Planche 2.** Les étapes de fabrication des pavés ; (a) Pesé de la matrice et des déchets plastiques ; (b) Fonte du déchet plastique ; (c) Malaxage et la prise de température ; (d) Mise en moule et Démoulage des éprouvettes (pavés)

### ***Les essais physiques et mécaniques***

Afin d'évaluer les caractéristiques physiques et mécaniques de ces matériaux, quelques essais ont été réalisés sur les échantillons (pavés).

### ***Les essais de retrait***

Le retrait est la perte du volume du matériau fini (pavé) après refroidissement par effondrement de la structure. Il est principalement dû à la contraction du plastique au refroidissement. Il est déterminé par la formule suivante :

$$r = (V_{\text{mould}} - V_{\text{pavé}}) / V_{\text{mould}}$$

### ***Taux d'absorption d'eau (Porosité)***

Cet essai a été réalisé selon la norme NBN B 15-215 : 1989. Elle consiste à déterminer les comportements du pavé face à l'érosion et la pluie et à tout agent physique. L'absorption par immersion est exprimée en pourcentage et est calculée par la formule suivant :

$$\text{Abs} = (M_h - M_s) / M_s * 100$$

Avec:  $M_h$  la masse humide après immersion et  $M_s$  la masse sèche de l'échantillon.

### ***Essai de Compression***

La résistance à la compression ( $R_c$ ) des pavés a été mesurée conformément à la norme NF P18-406, à l'aide d'une presse hydraulique de type IGM (Ingénierie Générale des mesures). Pour chaque pavé, deux éprouvettes parallélépipédiques ( $L = 10 \text{ cm}$ ,  $l = 10 \text{ cm}$  et  $h = 5 \text{ cm}$ ) ont été utilisées. Chaque éprouvette parallélépipédique a été rompue à 28 jours en compression comme l'indique la Figure 5. Elle est calculée par la formule suivant :

$$R_c = F/S$$

Avec : F la force ou la charge appliquée en Newton (N), S la surface de contact des échantillons avec le plateau.



Photo 2. Essai de compression directe

### **Résistance à la traction (B.A.E.L)**

La traction est un essai physique qui permet de déterminer le comportement élastique d'un matériau et de son degré de résistance à la rupture et ce dans l'état de contrainte uni axial.

Pour cette recherche, la  $R_t$  à 28 jours a été calculée théoriquement par la formule suivante (Tobo (2019)):

$$R_t = 0.6 + 0.06 \times R_c$$

## **Résultats**

### **Le retrait**

Les résultats des essais de retrait ont permis de réaliser la Figure 2 ci-dessous.

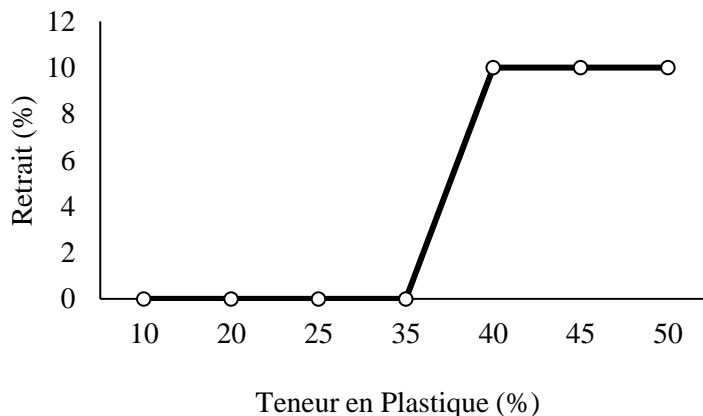


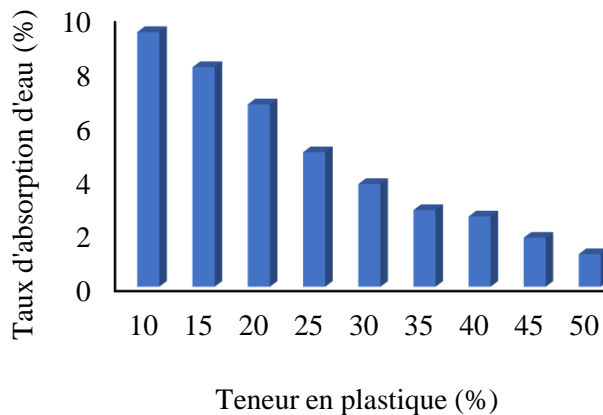
Figure 2. Variation de limite de retrait en fonction de pourcentage en plastique

Ces résultats montrent que lorsqu'on est dans la fourchette de 10% à 35% de teneur en plastique, il n'y a pas de variation de volume de nos

matériaux donc pas de retrait. Mais au-delà de 35% (40% à 50%), on note une augmentation brutale du retrait qui passe de 0% à 10%.

### ***Taux d'absorption d'eau***

La Figure 3 montre la variation des taux d'absorption d'eau en fonction de la teneur en plastique.

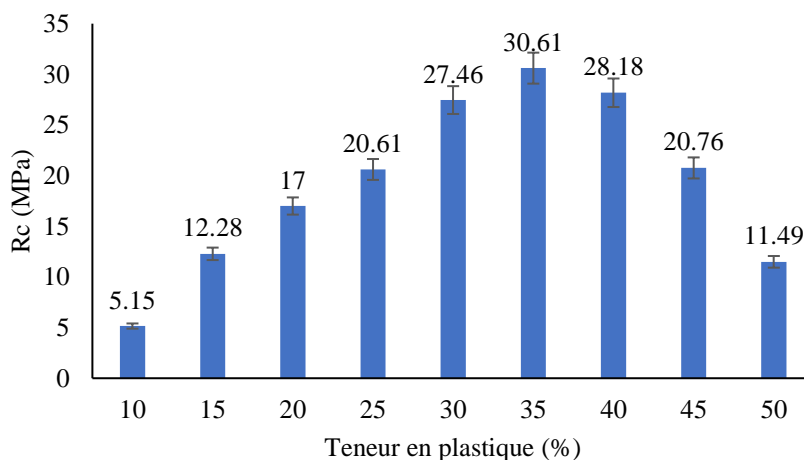


**Figure 3.** Variation de taux d'absorption de l'eau en fonction des teneurs en plastique

Les taux d'absorption d'eau diminuent progressivement de 9.46% à 1.2% lorsque la teneur en plastique augmente de 10% à 50%.

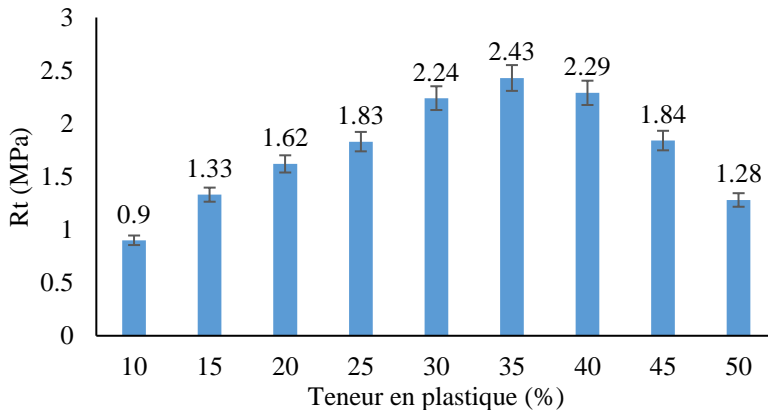
### ***Essai de Compression simple (Rc) et de la traction théorique (Rt)***

Les Figures 4 et 5 présentent la variation de la résistance à la compression (Rc) et à la traction (Rt) des pavés à 28 jours en fonction des teneurs en plastiques.



**Figure 4 .** Variation de la résistance en compression en fonction du teneur en plastique

Les résultats de la résistance en compression montrent une augmentation progressive de 5,15 à 30,61 MPa lorsque la teneur en plastique varie de 10% à 35%. Elle chute progressivement jusqu'à atteindre 11.49 MPa quand la teneur en plastique dépasse 35%.



**Figure 9.** Résistance à la traction des matériaux en fonction de teneur en plastique

Tout comme les résultats de la Rc, on assiste à une augmentation de la Rt qui passe de 0,9 à 2,43 MPa lorsque la teneur en plastique est de 10% à 35% avant d'assister à une chute progressive de la Rt jusqu'à 1,28 MPa lorsque la teneur en plastique atteint 50%.

## Discussion

Le phénomène de retrait dans ces matériaux est dû à la perte du volume du produit fini (pavé) après refroidissement par effondrement de sa structure. Il est principalement dû à la contraction du plastique au refroidissement Mariam. (2011).

D'après les travaux de Mariam (2011) et Ledru (2009), l'apport des déchets plastiques qui sont imperméables et qui jouent le rôle des liants a réduit considérablement le taux d'absorption d'eau. En comparant ces résultats aux normes des qualités des matériaux du génie civil qui qualifie un matériau de bonne qualité lorsque le taux d'absorption d'eau  $\leq 6\%$  en masse, nous pouvons dire qu'à partir de 25% en teneur en plastique, ces pavés sont de bonnes qualités en termes d'absorption en eau.

L'augmentation progressive de la Rc s'explique par l'occupation des vides dans la matrice par ces déchets plastiques. Mais plus la teneur en plastique dépasse l'optimum qui est de 35% dans le cas de cette étude, il y'a apparition des phénomènes de retrait et des fissurations qui se développent dans les éprouvettes lorsque qu'il y'a refroidissement. Ce phénomène a été expliqué dans les travaux de Brahiman (2019) que lorsque la teneur en plastique atteint un seuil, la résistance en compression chute. Au-delà de ce

taux, le matériau contient de plus en plus du plastique, le rendant moins résistant car le plastique à une résistance en compression faible. Ces résultats s'approchent aux résultats des travaux de Nivetha et al (2016) et Fonderie (2011) qui ont travaillé respectivement sur le mélange des cendres volcaniques et des stériles des roches et les sables des rivières avec les déchets plastiques comme liant afin de fabriquer des blocks des pavés. Leurs résultats ont montré qu'avec 30% de la teneur en plastique, l'optimum est atteint.

En ce qui concerne la résistance a la traction ( $R_t$ ), certains auteurs comme Guendouz et al (2016) ; Ganiron (2014) ; Praveen et al (2013) ; Ghernouti et Rabehi (2011) qui ont utilisé les déchets plastiques comme agrégats grossiers dans des matrices cimentaires ont obtenus également des résultats où la résistance augmente jusqu'à la proportion idéale avant de chuter. Cela est dû au fait que l'augmentation du plastique dans le mélange réduit l'adhérence du plastique avec la pâte cimentaire induisant ainsi la baisse de la résistance.

## **Conclusion**

Ce travail s'inscrit dans le cadres de recyclage des déchets plastiques de base densité qui est de nos jours une question préoccupante pour tous. L'objectif était, d'une part, de proposer une méthode de recyclage des déchets plastiques en les utilisant comme liant dans une matrice sableuse et d'autre part, de fabriquer des pavés et évaluer leurs caractéristiques physiques et mécaniques. Au total 54 éprouvettes (pavés) ont été fabriquées et les résultats des essais réalisés sur ces éprouvettes ont permis de tirer les conclusions suivantes:

- La formulation des bétons plastiques présente une bonne maniabilité ;
- La taux d'absorbition d'eau décroît de 4,99 à 1,21% lorsque la teneur en plastique passe de 25 à 50%. Ces résultats sont satisfaisants car un matériau de construction est bon lorsque le taux d'absorption d'eau  $\leq 6\%$  en masse ;
- Apparition des retraits lorsque la teneur en plastique dépasse 35% ;
- Les résultats de la résistance à la compression montrent une augmentation progressive de 5,15 à 30,61 MPa lorsque la teneur en plastique varie de 10% à 35%. Elle chute progressivement jusqu'à atteindre 11.49 MPa quand la teneur en plastique dépasse 35% ;

Tout comme la  $R_c$ , on assiste à une augmentation de la  $R_t$  qui passe de 0,9 à 2,43 MPa lorsque la teneur en plastique est de 10% à 35% avant d'assister à une chute progressive de la  $R_t$  jusqu'à 1,28 MPa lorsque la teneur en plastique atteint 50%.

Nous pouvons retenir de cette recherche que la teneur optimale en plastique pour l'obtention des meilleurs caractéristiques est de 35%. Au dela



de cette valeur, on assiste a une perte de de caractéristiques physico-mécaniques.

### References:

1. Brahiman, T. (2019). Elaboration et caractérisation d'une structure composite (sable et déchets plastiques recyclés) : Amélioration de la résistance par des charges en argiles. Matériaux. Université Bourgogne Franche-Comté; Université Félix Houphouët-Boigny (Abidjan, Côte d'Ivoire), Thèse de Doctorat.
2. Cascade, F. (2011). Projet Stratégie de Réduction des Déchets de Ouagadougou Création d'Emplois et de Revenus par des actions de collecte, de tri et de valorisation (PSRDO- CER), CEFREPADE et 2Ie. Séminaire CIFAL, du 21 au 25 février. (Ebook PDF).
3. Doublier, G (2019). Fiche valorisation des sachets plastiques. 3p.
4. Fanny, T. (2009). Mise en place d'une unité de transformation de sacs plastiques en pavés. Rapport de stage à l'Association pour un Avenir Ensoleillé (PAE) TOGO, Université Pierre Mendès-France.
5. Ganesh, T., Satish, P., Pramod, P., Kumavat, H. (2014). Recycled Plastic used in Concrete Paver Block. International Journal of Research in Engineering and Technology, 3(09).
6. Ganiron, T. U. (2014). Effect of Thermoplastic as Fine Aggregate to Concrete Mixture. International Journal of Advanced Science and Technology Vol.62, pp.31-42.
7. Ghernouti, Y., Rabehi, B. (2011). Béton à base des granulats de déchets des sacs en plastique renforcé de fibres métalliques. INVACO2 : Séminaire international, innovation et valorisation en génie civil et matériaux de construction. 7 p.
8. Guendouz, M., Debieb, F., Boukendakdji, O., Kadri, E. H., Bentchikou, M., Soualhi, H. (2016). Use of plastic waste in sand concrete. J. Mater. Environ. Sci. 7. pp.382- 389.
9. Ledru, Y. (2009) . Etude de la porosité dans les matériaux composites stratifiés Aéronautiques. Thèse de l'université de Toulouse. 242 p.
10. Mariam, B. (2011). Mémoire pour l'obtention du Master spécialisé en énergie renouvelable.
11. NBN B 15-215 (1989) standards.
12. NF P18-406 standards.
13. Nivetha, C., Rubiya, M., Shobana, S., Vijayanthi, R. G., Viswanathan, M. E., & Vasanthi, M. E. (2016). Production of plastic paver block from the solid waste (quarry dust, flyash & pet). ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences. Vol. 11, no. 2, January.

14. Poonam, S., Ramesh, K. B. (2016). Cement Concrete Paver Blocks for Rural Roads. *International Journal of Current Engineering and Scientific Research*, 3(1), 114-121.
15. Praveen, M., Shibi, V., Thomas, P., Eldho, V. (2013). Recycled Plastics as Coarse Aggregate for Structural Concrete. *International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology* Vol. 2, Issue 3, pp.684-690.
16. Shanmugavalli, B., Gowtham, K., Nalwin, J., Moorthy, B. (2017). Reuse of Plastic Waste in Paver Blocks. *International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT)*. ISSN: 2278-0181 Vol. 6 Issue 02, February-2017.
17. Tobo, H. R (2019). Etude comparative entre le beton hydraulique standard et le beton hydraulique renforce par des fibres naturelles : cas des fibres de coton.