

European Scientific Journal, *ESJ*

December 2023

European Scientific Institute, ESI

The content is peer reviewed

ESJ Natural/Life/Medical Sciences

December 2023 edition vol. 19, No. 36

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

ISSN: 1857-7431 (Online)

ISSN: 1857-7881 (Print)

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

Erik Erikson (1902-1994) was one of the great psychologists of the 20th century¹. 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,

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

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

Sincerely,

Daniel B. Hier, MD

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

Editor in Chief

International Editorial Board

Jose Noronha Rodrigues,
University of the Azores, Portugal

Nino Kemertelidze,
Grigol Robakidze University, Georgia

Jacques de Vos Malan,
University of Melbourne, Australia

Franz-Rudolf Herber,
University of Saarland, Germany

Annalisa Zanola,
University of Brescia, Italy

Robert Szucs,
University of Debrecen, Hungary

Dragica Vujadinovic,
University of Belgrade, Serbia

Pawel Rozga,
Technical University of Lodz, Poland

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

Rashmirekha Sahoo,
Melaka-Manipal Medical College, Malaysia

Georgios Vousinas,
University of Athens, Greece

Asif Jamil,
Gomal University DIKhan, KPK, Pakistan

Faranak Seyyedi,
Azad University of Arak, Iran

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

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

Dejan Marolov,
European Scientific Institute, ESI

Noor Alam,
Universiti Sains Malaysia, Malaysia

Rashad A. Al-Jawfi,
Ibb University, Yemen

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

Hans W. Giessen,
Saarland University, Saarbrucken, Germany

Frank Bezzina,
University of Malta, Malta

Monika Bolek,
University of Lodz, Poland

Robert N. Diotalevi,
Florida Gulf Coast University, USA

Daiva Jureviciene,
Vilnius Gediminas Technical University, Lithuania

Anita Lidaka,
Liepaja University, Latvia

Rania Zayed,
Cairo University, Egypt

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

Lydia Ferrara,
University of Naples, Italy

Byron A Brown,
Botswana Accountancy College, Botswana

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

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

Cinaria Tarik Albadri,
Trinity College Dublin University, Ireland

Mahammad A. Nurmamedov,
State Pedagogical University, Azerbaijan

Henryk J. Barton,
Jagiellonian University, Poland

Assem El-Shazly,
Zagazig University, Egypt

Saltanat Meiramova,
S.Seifullin AgroTechnical University, Kazakhstan

Rajasekhar Kali Venkata,
University of Hyderabad, India

Ruzica Loncaric,
Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Croatia

Stefan Vladutescu,
University of Craiova, Romania

Anna Zelenkova,
Matej Bel University, Slovakia

Billy Adamsen,
University of Southern Denmark, Denmark

Marinella Lorinzi,
University of Cagliari, Italy

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

N. K. Rathee,
Delaware State University, USA

Michael Ba Banutu-Gomez,
Rowan University, USA

Adil Jamil,
Amman University, Jordan

Habib Kazzi,
Lebanese University, Lebanon

Valentina Manoiu,
University of Bucharest, Romania

Henry J. Grubb,
University of Dubuque, USA

Daniela Brevenikova,
University of Economics, Slovakia

Genute Gedviliene,
Vytautas Magnus University, Lithuania

Vasilika Kume,
University of Tirana, Albania

Mohammed Kerbouche,
University of Mascara, Algeria

Adriana Gherbon,
University of Medicine and Pharmacy Timisoara, Romania

Pablo Alejandro Olavegogeochea,
National University of Comahue, Argentina

Raul Rocha Romero,
Autonomous National University of Mexico, Mexico

Driss Bouyahya,
University Moulay Ismail, Morocco

William P. Fox,
Naval Postgraduate School, USA

Rania Mohamed Hassan,
University of Montreal, Canada

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

Tilahun Achaw Messaria,
Addis Ababa University, Ethiopia

George Chiladze,
University of Georgia, Georgia

Elisa Rancati,
University of Milano-Bicocca, Italy

Alessandro Merendino,
University of Ferrara, Italy

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

Anastassios Gentzoglani,
University of Sherbrooke, Canada

Awoniyi Samuel Adebayo,
Solusi University, Zimbabwe

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

Berenyi Laszlo,
University of Miskolc, Hungary

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

Omar Arturo Dominguez Ramirez,
Hidalgo State University, Mexico

Bupinder Zutshi,
Jawaharlal Nehru University, India

Pavel Krpalek,
University of Economics in Prague, Czech Republic

Mondira Dutta,
Jawaharlal Nehru University, India

Evelio Velis,
Barry University, USA

Mahbubul Haque,
Daffodil International University, Bangladesh

Diego Enrique Baez Zarabanda,
Autonomous University of Bucaramanga, Colombia

Juan Antonio Lopez Nunez,
University of Granada, Spain

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

Ashgar Ali Ali Mohamed,
International Islamic University, Malaysia

A. Zahoor Khan,
International Islamic University Islamabad, Pakistan

Valentina Manoiu,
University of Bucharest, Romania

Andrzej Palinski,
AGH University of Science and Technology, Poland

Jose Carlos Teixeira,
University of British Columbia Okanagan, Canada

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

Anita Auzina,
Latvia University of Agriculture, Latvia

Martin Gomez-Ullate,
University of Extremadura, Spain

Nicholas Samaras,
Technological Educational Institute of Larissa, Greece

Emrah Cengiz,
Istanbul University, Turkey

Francisco Raso Sanchez,
University of Granada, Spain

Simone T. Hashiguti,
Federal University of Uberlandia, Brazil

Tayeb Boutbouqalt,
University, Abdelmalek Essaadi, Morocco

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

Ismail Ipek,
Istanbul Aydin University, Turkey

Olena Kovalchuk,
National Technical University of Ukraine, Ukraine

Oscar Garcia Gaitero,
University of La Rioja, Spain

Alfonso Conde,
University of Granada, Spain

Jose Antonio Pineda-Alfonso,
University of Sevilla, Spain

Jingshun Zhang,
Florida Gulf Coast University, USA

Rodrigue V. Cao Diogo,
University of Parakou, Benin

Olena Ivanova,
Kharkiv National University, Ukraine

Marco Mele,
Unint University, Italy

Okyay Ucan,
Omer Halisdemir University, Turkey

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

Matti Raudjarv,
University of Tartu, Estonia

Cosimo Magazzino,
Roma Tre University, Italy

Susana Sousa Machado,
Polytechnic Institute of Porto, Portugal

Jelena Zascerinska,
University of Latvia, Latvia

Umman Tugba Simsek Gursoy,
Istanbul University, Turkey

Zoltan Veres,
University of Pannonia, Hungary

Vera Komarova,
Daugavpils University, Latvia

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

Stephane Zingue,
University of Maroua, Cameroon

Pierluigi Passaro,
University of Bari Aldo Moro, Italy

Georges Kpazai,
Laurentian University, Canada

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

Natalia Sizochenko,
Dartmouth College, USA

Michele Russo,
University of Catanzaro, Italy

Nikolett Deutsch,
Corvinus University of Budapest, Hungary

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

Brian Sloboda,
University of Maryland, USA

Yassen Al Foteih,
Canadian University Dubai, UAE

Marisa Cecilia Tumino,
Adventista del Plata University, Argentina

Luca Scaini,
Al Akhawayn University, Morocco

Aelita Skarbaliene,
Klaipeda University, Lithuania

Oxana Bayer,
Dnipropetrovsk Oles Honchar University, Ukraine

Onyeka Uche Ofili,
International School of Management, France

Aurela Saliaj,
University of Vlora, Albania

Maria Garbelli,
Milano Bicocca University, Italy

Josephus van der Maesen,
Wageningen University, Netherlands

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

Francisco Gonzalez Garcia,
University of Granada, Spain

Mahgoub El-Tigani Mahmoud,
Tennessee State University, USA

Daniel Federico Morla,
National University of Rio Cuarto, Argentina

Valeria Autran,
National University of Rio Cuarto, Argentina

Muhammad Hasmi Abu Hassan Asaari,
Universiti Sains, Malaysia

Angelo Viglianisi Ferraro,
Mediterranean University of Reggio Calabria, Italy

Roberto Di Maria,
University of Palermo, Italy

Delia Magherescu,
State University of Moldova, Moldova

Paul Waithaka Mahinge,
Kenyatta University, Kenya

Aicha El Alaoui,
Sultan My Slimane University, Morocco

Marija Brajčić,
University of Split, Croatia

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

Belen Martinez-Ferrer,
Univeristy Pablo Olavide, Spain

Rachid Zammar,
University Mohammed 5, Morocco

Fatma Koc,
Gazi University, Turkey

Calina Nicoleta,
University of Craiova, Romania

Shadaan Abid,
UT Southwestern Medical Center, USA

Sadik Madani Alaoui,
Sidi Mohamed Ben Abdellah University, Morocco

Patrizia Gazzola,
University of Insubria, Italy

Krisztina Szegedi,
University of Miskolc, Hungary

Liliana Esther Mayoral,
National University of Cuyo, Argentina

Amarjit Singh,
Kurukshetra University, India

Oscar Casanova Lopez,
University of Zaragoza, Spain

Emina Jerkovic,
University of Josip Juraj Strossmayer, Croatia

Carlos M. Azcoitia,
National Louis University, USA

Rokia Sanogo,
University USTTB, Mali

Bertrand Lemennicier,
University of Paris Sorbonne, France

Lahcen Benaabidate,
University Sidi Mohamed Ben Abdellah, Morocco

Janaka Jayawickrama,
University of York, United Kingdom

Kiluba L. Nkulu,
University of Kentucky, USA

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

George C. Katsadoros,
University of the Aegean, Greece

Elena Gavrilova,
Plekhanov University of Economics, Russia

Eyal Lewin,
Ariel University, Israel

Szczepan Figiel,
University of Warmia, Poland

Don Martin,
Youngstown State University, USA

John B. Strait,
Sam Houston State University, USA

Nirmal Kumar Betchoo,
University of Mascareignes, Mauritius

Camilla Buzzacchi,
University Milano Bicocca, Italy

EL Kandoussi Mohamed,
Moulay Ismai University, Morocco

Susana Borrás Pentinat,
Rovira i Virgili University, Spain

Jelena Kasap,
Josip J. Strossmayer University, Croatia

Massimo Mariani,
Libera 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

Akmele Meless Simeon,
Ouattara University, Ivory Coast

Mohamed Sadiki,
IBN Tofail University, Morocco

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

Gamal Elgezeery,
Suez University, Egypt

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

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

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

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

Alla Manga,
University Cheikh Anta Diop, Senegal

Lalla Aicha Lrhorfi,
University Ibn Tofail, Morocco

Ruth Adunola Aderanti,
Babcock University, Nigeria

Katica Kulavkova,
University of “Ss. Cyril and Methodius”, Republic of Macedonia

Aka Koffi Sosthene,
Research Center for Oceanology, Ivory Coast

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

Toure Krouele,
Ecole Normale Supérieure d’Abidjan, Ivory Coast

Sophia Barinova,
University of Haifa, Israel

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

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

Aderewa Amontcha,
Université d’Abomey-Calavi, Benin

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

Rene Mesias Villacres Borja,
Universidad Estatal De 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,
Abdelmalek Essaadi University, Morocco

Elena Hunt,
Laurentian University, Canada

Sharad K. Soni,
Jawaharlal Nehru University, India

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

Florence Kagendo Muindi,
University of Nairobi, Kenya

Maximo Rossi Malan,
Universidad de la Republica, Uruguay

Haggag Mohamed Haggag,
South Valley University, Egypt

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

Eveligh Ceciliana Prado-Carpio,
Technical University of Machala, Ecuador

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

Fernando Paulo Oliveira Magalhaes,
Polytechnic Institute of Leiria, Portugal

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

Stefan Cristian Gherghina,
Bucharest University of Economic Studies, Romania

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

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

Aristide Yemmafouo,
University of Dschang, Cameroon

Gabriel Anibal Monzón,
University of Moron, Argentina

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

Arburim Iseni,
State University of Tetovo, Republic of Macedonia

Raoufou Pierre Radji,
University of Lome, Togo

Juan Carlos Rodriguez Rodriguez,
Universidad de Almeria, Spain

Satoru Suzuki,
Panasonic Corporation, Japan

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

Russell Kabir,
Anglia Ruskin University, UK

Nasreen Khan,
SZABIST, Dubai

Luisa Morales Maure,
University of Panama, Panama

Lipeng Xin,
Xi'an Jiaotong University, China

Harja Maria,
Gheorghe Asachi Technical University of Iasi, Romania

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

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

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

Bertin Desire Soh Fotsing,
University of Dschang, Cameroon

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

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

Abdelfettah Maouni,
Abdelmalek Essaadi University, Morocco

Alina Stela Resceanu,
University of Craiova, Romania

Alilouch Redouan,
Chouaib Doukkali University, Morocco

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

Sufi Amin,
International Islamic University, Islambad Pakistan

Sanja Milosevic Govedarovic,
University of Belgrade, Serbia

Elham Mohammadi,
Curtin University, Australia

Andrianarizaka Marc Tiana,
University of Antananarivo, Madagascar

Ngakan Ketut Acwin Dwijendra,
Udayana University, Indonesia

Yue Cao,
Southeast University, China

Audrey Tolouian,
University of Texas, USA

Asli Cazorla Milla,
Centro de Estudios Universitarios Madrid, Spain

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

Tabou Talahatou,
University of Abomey-Calavi, Benin

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

Hamidreza Izadi,
Chabahar Maritime University, Iran

Hanaa Ouda Khadri Ahmed Ouda,
Ain Shams University, Egypt

Rachid Ismaili,
Hassan 1 University, Morocco

Tamar Ghutidze,
Ivane Javakhishvili Tbilisi State University, Georgia

Emine Koca,
Ankara Haci Bayram Veli University, Turkey

David Perez Jorge,
University of La Laguna, Spain

Irma Guga,
European University of Tirana, Albania

Jesus Gerardo Martínez del Castillo,
University of Almeria, Spain

Mohammed Mouradi,
Sultan Moulay Slimane University, Morocco

Marco Tulio Ceron Lopez,
Institute of University Studies, Mexico

Mangambu Mokoso Jean De Dieu,
University of Bukavu, Congo

Hadi Sutopo,
Topazart, Indonesia

Priyantha W. Mudalige,
University of Kelaniya, Sri Lanka

Emmanouil N. Choustoulakis,
University of Peloponnese, Greece

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

Pinnawala Sangasumana,
University of Sri Jayewardenepura, Sri Lanka

Abdelali Kaaouachi,
Mohammed I University, Morocco

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

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

Amaya Epelde Larranaga,
University of Granada, Spain

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

Saly Sambou,
Cheikh Anta Diop University, Senegal

Daniela Di Berardino,
University of Chieti-Pescara, Italy

Dorjana Klosi,
University of Vlore “Ismail Qemali, Albania

Abu Hamja,
Aalborg University, Denmark

Stankovska Gordana,
University of Tetova, Republic of Macedonia

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

Maria Leticia Bautista Diaz,
National Autonomous University, Mexico

Bruno Augusto Sampaio Fuga,
North Parana University, Brazil

Anouar Alami,
Sidi Mohammed Ben Abdellah University, Morocco

Vincenzo Riso,
University of Ferrara, Italy

Janhavi Nagwekar,
St. Michael’s Hospital, Canada

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

Xi Chen,
University of Kentucky, USA

Fateh Mebarek-Oudina,
Skikda University, Algeria

Nadia Mansour,
University of Sousse, Tunisia

Jestoni Dulva Maniago,
Majmaah University, Saudi Arabia

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

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

Enriko Ceko,
Wisdom University, Albania

Laura Fischer,
National Autonomous University of Mexico, Mexico

Mauro Berumen,
Caribbean University, Mexico

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

Maria Carlota,
Autonomous University of Queretaro, Mexico

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

Bhupendra Karki,
University of Louisville, Louisville, USA

Evens Emmanuel,
University of Quisqueya, Haiti

Iresha Madhavi Lakshman,
University of Colombo, Sri Lanka

Francesco Scotognella,
Polytechnic University of Milan, Italy

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

Rawaa Qasha,
University of Mosul, Iraq

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

Hani Nasser Abdelhamid,
Assiut University, Egypt

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

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

Ilenia Farina,
University of Naples "Parthenope, Italy

Luisa Zanolla,
Azienda Ospedaliera Universitaria Verona, Italy

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

Adriana Burlea-Schiopoiu,
University of Craiova, Romania

Alejandro Palafox-Munoz,
University of Quintana Roo, Mexico

Fernando Espinoza Lopez,
Hofstra University, USA

Ammar B. Altemimi,
University of Basrah, Iraq

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

Davide Calandra,
University of Turin, Italy

Nicola Varrone,
University of Campania Luigi Vanvitelli, Italy

Luis Angel Medina Juarez,
University of Sonora, Mexico

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

Sameer Algburi,
Al-Kitab University, Iraq

Braione Pietro,
University of Milano-Bicocca, Italy

Mounia Bendari,
Mohammed VI University, Morocco

Stamatios Papadakis,
University of Crete, Greece

Aleksey Khlopytskyi,
Ukrainian State University of Chemical Technology, Ukraine

Sung-Kun Kim,
Northeastern State University, USA

Nemanja Berber,
University of Novi Sad, Serbia

Krejsa Martin,
Technical University of Ostrava, Czech Republic

Magdalena Vaverkova,
Mendel University in Brno, Czech Republic

Jeewaka Kumara,
University of Peradeniya, Sri Lanka

Antonella Giacosa,
University of Torino, Italy

Paola Clara Leotta,
University of Catania, Italy

Francesco G. Patania,
University of Catania, Italy

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

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

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

Usama Konbr,
Tanta University, Egypt

Branislav Radeljic,
Necmettin Erbakan University, Turkey

Anita Mandaric Vukusic,
University of Split, Croatia

Barbara Cappuzzo,
University of Palermo, Italy

Roman Jimenez Vera,
Juarez Autonomous University of Tabasco, Mexico

Lucia P. Romero Mariscal,
University of Almeria, Spain

Pedro Antonio Martin-Cervantes,
University of Almeria, Spain

Hasan Abd Ali Khudhair,
Southern Technical University, Iraq

Qanqom Amira,
Ibn Zohr University, Morocco

Farid Samir Benavides Vanegas,
Catholic University of Colombia, Colombia

Nedret Kuran Burcoglu,
Emeritus of Bogazici University, Turkey

Julio Costa Pinto,
University of Santiago de Compostela, Spain

Satish Kumar,
Dire Dawa University, Ethiopia

Favio Farinella,
National University of Mar del Plata, Argentina

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

Salwa Alinat,
Open University, Israel

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

Rasool Bukhsh Mirjat,
Senior Civil Judge, Islamabad, Pakistan

Samantha Goncalves Mancini Ramos,
Londrina State University, Brazil

Mykola Nesprava,
Dnoproetrovsk State University of Internal Affairs, Ukraine

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

Giacomo Buoncompagni,
University of Florence, Italy

Elza Nikoleishvili,
University of Georgia, Georgia

Mohammed Mahmood Mohammed,
University of Baghdad, Iraq

Oudgou Mohamed,
University Sultan Moulay Slimane, Morocco

Arlinda Ymeraj,
European University of Tirana, Albania

Luisa Maria Arvide Cambra,
University of Almeria, Spain

Charahabil Mohamed Mahamoud,
University Assane Seck of Ziguinchor, Senegal

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

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

Harouna Issa Amadou,
Abdou Moumouni University of Niger

Achille Magloire Ngah,
Yaounde University II, Cameroun

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

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

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

Oumar Bah,
Sup' Management, Mali

Angelica Selene Sterling Zozoaga,
Universidad del Caribe, Mexico

Josephine W. Gitome,
Kenyatta University, Kenya

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

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

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

Desara Dushi,
Vrije Universiteit Brussel, Belgium

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

Aziz Dieng,
University of Portsmouth, UK

Ruth Magdalena Gallegos Torres,
Universidad Autonoma de Queretaro, Mexico

Atanga Essama Michel Barnabé,
Université de Bertoua, Cameroun

Alami Hasnaa,
Universite Chouaid Doukkali, Maroc

Emmanuel Acquah-Sam,
Wisconsin International University College, Ghana

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

Hicham Chairi,
Abdelmalek Essaadi University, Morocco

Noureddine El Aouad,
University Abdelmalek Essaady, Morocco

Samir Diouny,
Hassan II University, Casablanca, Morocco

Gibet Tani Hicham,
Abdelmalek Essaadi University, Morocco

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

Abderrahim Ayad,
Abdelmalek Essaadi University, Morocco

Sara Teidj,
Moulay Ismail University Meknes, Morocco

Gbadamassi Fousséni,
Université de Parakou, Benin

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

Haounati Redouane,
Ibn Zohr Agadir, Morocco

Hicham Es-soufi,
Moulay Ismail University, Morocco

Imad Ait Lhassan,
Abdelmalek Essaâdi University, Morocco

Givi Makalatia,
Ivane Javakhishvili Tbilisi State University, Georgia

Adil Brouri,
Moulay Ismail University, Morocco

Noureddine El Baraka,
Ibn Zohr University, Morocco

Ahmed Aberqi,
Sidi Mohamed Ben Abdellah University, Morocco

Oussama Mahboub,
Queens University, Kingston, Canada

Markela Muca,
University of Tirana, Albania

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

Kledi Xhaxhiu,
University of Tirana, Albania

Saleem Iqbal,
University of Balochistan Quetta, Pakistan

Dritan Topi,
University of Tirana, Albania

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

Adil Youssef Sayeh,
Chouaib Doukkali University, Morocco

Zineb Tribak,
Sidi Mohammed Ben Abdellah University, Morocco

Ngwengeh Brendaline Beloke,
University of Biea, Cameroon

El Agy Fatima,
Sidi Mohamed Ben Abdelah University, Morocco

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

Nato Durglishvili,
University of Georgia, Georgia

Abdelkrim Salim,
Hassiba Benbouali University of Chlef, Algeria

Omar Kchit,
Sidi Mohamed Ben Abdellah University, Morocco

Isaac Ogundu,
Ignatius Ajuru University of Education, Nigeria

Giuseppe Lanza,
University of Catania, Italy

Monssif Najim,
Ibn Zohr University, Morocco

Luan Bekteshi,
“Barleti” University, Albania

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

Oudani Hassan,
University Ibn Zohr Agadir, Morocco

Merita Rumano,
University of Tirana, Albania

Mohamed Chiban,
Ibn Zohr University, Morocco

Tal Pavel,
The Institute for Cyber Policy Studies, Israel

Jawad Laadraoui,
University Cadi Ayyad of Marrakech, Morocco

El Mourabit Youssef,
Ibn Zohr University, Morocco

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

Krzysztof Nesterowicz,
Ludovika-University of Public Service, Hungary

Laamrani El Idrissi Safae,
Ibn Tofail University, Morocco

Suphi Ural,
Cukurova University, Turkey

Emrah Eray Akca,
Istanbul Aydin University, Turkey

Selcuk Poyraz,
Adiyaman University, Turkey

Ocak Gurbuz,
University of Afyon Kocatepe, Turkey

Umut Sener,
Aksaray University, Turkey

Mateen Abbas,
Capital University of Science and Technology, Pakistan

Muhammed Bilgehan Aytac,
Aksaray University, Turkey

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

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

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

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

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

Atif Ali,
COMSATS University Islamabad, Pakistan

Shahzda Adnan,
Pakistan Meteorological Department, Pakistan

Waqar Ahmed,
Johns Hopkins University, USA

Faizan ur Rehman Qaiser,
COMSATS University Islamabad, Pakistan

Choua Ouchemi,
Université de N'Djaména, Tchad

Syed Tallataf Hussain Shah,
COMSATS University Islamabad, Pakistan

Saeed Ahmed,
University of Management and Technology, Pakistan

Hafiz Muhammad Arshad,
COMSATS University Islamabad, Pakistan

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

Mujeeb Ur Rehman,
York St John University, UK

Noshaba Zulfiqar,
University of Wah, Pakistan

Muhammad Imran Shah,
Government College University Faisalabad, Pakistan

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

Titilayo Olotu,
Kent State University, Ohio, USA

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

Sajjad Ali,
Karakoram International University, Pakistan

Hiqmet Kamberaj,
International Balkan University, Macedonia

Sanna Ullah,
University of Central Punjab Lahore, Pakistan

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

Heba Mostafa Mohamed,
Beni Suef University, Egypt

Abdul Basit,
Zhejiang University, China

Karim Iddouch,
International University of Casablanca, Morocco

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

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

Dolantina Hyka,
Mediterranean University of Albania

Yaya Dosso,
Alassane Ouattara University, Ivory Coast

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

Ahmed Aberqi,
Sidi Mohamed Ben Abdellah University, Morocco

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

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

Table of Contents:

Isolation and Identification of Multidrug-Resistant Raoultella terrigena as a Causative Agent of Urinary Tract Infection in Pregnant Women in the South of Libya.....1

Asma M. Almthnany

Abdlrhman M. Alsonosi

Mohamed F. Elbreki

Aiyda M. Alazraq

Evaluation of Guided Bone Regeneration Using Xenograft/APRF Mixture in Atrophic Posterior Mandible (Clinical and Radiographic Study).....9

Ramy Richa

Essam Osman

Nahed Attia

Hani Arakji

Mohamed Shokry

Prise en Charge des Appendicites Compliquées de l'Adulte à l'Hôpital National de Niamey.....27

K. Idé

Y. Hama

A. Saidou

O. Mahamadou Laouali

L. James Didier

M.S. Chaibou

R. Sani

Traumatisme Ouvert de la Main par Introduction dans le Moulin (main de moulin) Chez l'Enfant : Aspects Epidémiologiques, Lésionnels, et Thérapeutiques au Service de Chirurgie Pédiatrique du Centre Hospitalier Universitaire Sylvanus Olympio de Lomé (Togo).....40

Salhadine Yacoub Ahmat

Kebalo Sosso Piham

Teko Dede Virginie

Donou Amivi Alice

Folly Amavi

Sekoudji Komlan

Agoda-Koussema Lama

Gnassingbe Komla

**Pratiques paysannes de production de bulbes d'oignon (*Allium cepa* L.)
sur le site maraicher de Kollo en zone périurbaine de Niamey.....51**

Boukary Habsatou

Mahamane Moctar Rabe

Haoua Bori

Yahaya Bako Zinniratou

Soumaila Abdoulaye Almoustapha

**Revue Analytique des Maladies Fongiques Affectant la Production du
Haricot Vert (*Phaseolus vulgaris*).....67**

Édouard Cocou Goudjo

Hervé Banemane Soura

Claude Kouassi Gnacadja

Beatrice Michaela Iacomì

Farid Abdel-Kader Baba-Moussa

André Simplicie Léopold Gnancadja

**Impacts Potentiels du Changement Climatique sur les Rendements du
Mil et du Sorgho Cultivés dans les Communes Rurales au Niger.....95**

Mahamadou Dan Ladi Tchoho

Agali Alhassane

Seydou Traoré

Agossou Gadedjissou-Tossou

Caracterisation Geochimique des Deblais du Substratum de la Baie du Banco, Abidjan, Basse Cote d'Ivoire.....124

Yao Diby Ferdinand

Assale Fori Jean Paul

Alla Amani Jonas

Digbehi Zeli Bruno

Préservation et Gestion Durable de la Zone Humide de Bagré : Analyse des Enjeux, Menaces et Défis Pour la Conservation de l'Ecosystème.....148

Aïcha Tapsoba

Louis Sawadogo

Josias Sanou

Rendement et Composition Chimique du Tourteau de Tetracarpidium conophorum (Müll. Arg.) Hutch. & Dalz Produit par Pression Mécanique et Hydrodistillation.....175

M.V. Ntsoumou

P.P. Adzona

T.M Ndoulou

Mboko H. Banga

**Varicocèle : Profil Epidémiologique, Clinique, et Paraclinique dans une
Ville Sub-Saharienne.....193**

Sikpa Komi Hola

Agbedey Messan Semefa

Sewa Edoe Viyome

Zoleko Voufack Jores Patrick

Botcho Gnimdou

Mbuya Musapudi Eric

Nonoa Bawa

Kpatcha Tchilabalo Matchonna

Tengue Kodjo

**Evaluation des Impacts Environnementaux et Sanitaires Liés aux
Analyses Physico-Chimique et Bactériologique de la Rivière Matsiatra à
Fianarantsoa, Madagascar.....206**

Andry Harinaina Rabearisoa

Bertrand Manjolongo

Ravo Victoire Nasolomampionona

Hajandrainy Rabearisoa

Bruno Razanamparany

Nasolo Sedravola Randimbarison

**Infestations des Gares Routières par les Punaises de Lit à Abidjan et
Risque de Dissémination en Côte d'Ivoire.....227**

Fofana Diakaridia

Beugré Jean-Michel-Vianney

Kouassi Moihet Samuel

Koné Salifou

Konan Kouassi Lambert

Ouattara Kassoum

Yapi Yapi Grégoire

Touré Mahama

Koné Atioumounan Blaise

Coulibaly Daouda

Benié Bi Vroh Joseph

**Cas Clinique : Anévrisme de l'Aorte Abdominale Complicé de
Thrombose à Propos d'Un Cas.....243**

Lex Léonard Lénguebanga

Pabingui Léonard

Yabeta Grace Á Dieu

Izamo Léopold

Onambelé John

Kobelemi Armand

Kouandongui Francky

Isolation and Identification of Multidrug-Resistant *Raoultella terrigena* as a Causative Agent of Urinary Tract Infection in Pregnant Women in the South of Libya

Asma M. Almthnany

Department of Medical Laboratories,
Faculty of Medical Technology, Wadi Al Shati University, Libya

Abdlrhman M. Alsonosi

Microbiology Department,
Faculty of Medicine, Sebha University, Sebha, Libya

Mohamed F. Elbreki

Department of Medical Laboratories,
Faculty of Medical Technology, Wadi Al Shati University, Libya

Aiyda M. Alazraq

Department of Pharmaceutics, Faculty of Pharmacy,
Sebha University, Sebha, Libya

[Doi:10.19044/esj.2023.v19n36p1](https://doi.org/10.19044/esj.2023.v19n36p1)

Submitted: 29 October 2023

Accepted: 21 December 2023

Published: 31 December 2023

Copyright 2023 Author(s)

Under Creative Commons CC-BY 4.0

OPEN ACCESS

Cite As:

Almthnany A.M., Alsonosi A.M., Elbreki M.F. & Alazraq A.M. (2023). *Isolation and Identification of Multidrug-Resistant Raoultella terrigena as a Causative Agent of Urinary Tract Infection in Pregnant Women in the South of Libya*. European Scientific Journal, ESJ, 19 (36), 1. <https://doi.org/10.19044/esj.2023.v19n36p1>

Abstract

Raoultella terrigena is an opportunistic bacteria that rarely cause infections in humans. It is facultative Gram negative, rod shaped, present mostly in water, plants, soil, fish and insects. Two strains of *R. terrigena* have been isolated during a study searching of the most causative bacteria of urinary tract infection, in pregnant women where it counted about 2% of the total isolates. Susceptibility test has revealed multi drug resistance to about 61.5 % of the used antibiotics. This is the first documented report of such infection in Libya.

Keywords: *Raoultella terrigena*, Urinary tract infection, Libya, Pregnant women. Antibiotic resistance

Introduction

Raoultella terrigena, which is formally known as *Klebsiella terrigena* and closely linked to genus *Klebsiella*, is belonging to *Enterobacteriaceae* family (Izard, *et al.*, 1981; Drancourt, *et al.*, 2001). These organisms are Gram negative, oxidase negative, non-motile, non-spore-forming, facultative anaerobic, and capsulated bacilli (Podschun and Ullmann, 2000; Drancourt, *et al.*, 2001; O' Connell and NiRiain, 2010)

The discovery of this bacterium as *Klebsiella terrigena* was introduced by Izard, *et al.* in 1981, however in 2001 based on molecular analysis 16S *rRNA* sequences and *rpoB* genes Drancourt and his colleagues have separated *Raoultella* from *Klebsiella* species (Drancourt, *et al.*, 2001). This finding lead to the establishment of the new genus *Raoultella* which consists of four species: *Raoultella terrigena*, *Raoultella ornithinolytica*, *Raoultella planticola*, and *Raoultella electrica* (Chun, *et al.*, 2014; Tantasuttikul and Mahakarnchanakul, 2019) .

These species are mainly found in water, plants, soil, fish, and insects (Podschun and Ullmann, 2000; Yu, *et al.*, 2011; Sandal and Ozen, 2014; Mal, *et al.*, 2019). Occasionally, with a low prevalent rate of infection, the members of this genus have been recognized as a human opportunistic pathogen and have the capability of causing diseases (Drancourt, *et al.*, 2001; Chun, *et al.*, 2014). *R. terrigena* has been reported to harbour several virulence factors that have been found in *Klebsiella pneumoniae*, however very few cases of infections by this species have been reported (Podschun and Ullmann, 2000; Ahmed, *et al.*, 2020; Lekhniuk, *et al.*, 2021).

The first documented case of *R. terrigena* as a human pathogen was confirmed in 2007 in a patient with a post-liver transplant and endocarditis (Goegele *et al.*, 2007). This bacterium has been isolated from other different clinical sites such as subungual abscess, bronchial secretion, blood and urine (Wang, *et al.*, 2016; Mal, *et al.*, 2019; Ahmed, *et al.*, 2020; Lekhniuk, *et al.*, 2021).

Until now, a total of 363 cases of *R. terrigena* have been documented, and of these about 38.6% were found to show a multidrug resistant profile (Lekhniuk, *et al.*, 2021). In this study we document the first report of the isolation of two multi drug resistance (MDR) *R. terrigena* strains from urine specimens in Libya, South region, Wadi Alshati.

Material and methods:

Microbial isolation and culture:

Urine sample was examined by urinalysis and urine culture. For urinalysis, dipstick tests using Comber 10 reagent test strips were used, and wet smear preparations were made from sediment of each urine sample after centrifugation and were microscopically examined at x40 for detection of

white blood cells as an indicator of pyuria. Samples with ≥ 10 WBC/field were regarded as pyuria.

For urine culture, a quantity of urine was taken using a loop (0.01 ml) and cultured on Petri dishes containing Blood agar (Oxiod, UK) and McConkey agar (Oxiod, UK), and the dishes were incubated at 37°C for 24-48 hours. After the incubation period, bacterial growth on the three media was examined, bacterial colonies were counted, colonies were described. Taking into account the number of colonies, urinary tract infection (UTI) was considered as positive when growth of $\geq 100,000$ Colonies Forming Unit (CFU) per ml in urine sample culture is detected.

Biochemical identification:

In this assay the fresh pure culture of isolated pathogens has been used. The pathogen isolates were identified using the API 20E kit (bio-Mérieux), according to the manufacturer's instructions and *E. coli* ATCC 25922 was used as a quality control strain for API 20E test. The resultant phenotypic profiles were compared to the bio-Mérieux online database, version 3.0, at <https://apiweb.biomerieux.com>.

Antibiotic sensitivity test:

The assay was performed, on Muller-Hinton agar, by using disk diffusion method following the instructions in guidelines, version 12 – May 2013, described by British Society for Antimicrobial Chemotherapy (BSAC, 2013). The antimicrobial susceptibility test disks (MAST Group Ltd, UK) included Ampicillin 10 μ g, Amoxicillin 25 μ g, Amoxicillin/clavulanic acid 30 μ g (Augmentin), Ceftazidime 30 μ g, Ceftriaxone 30 μ g, Cefuroxime 30 μ g, Amikacin 30 μ g, Ciprofloxacin 5 μ g, Gentamycin 10 μ g, Imipenem 10 μ g, Nitrofurantoin 200 μ g, Ticarcillin 75 μ g, Piperacillin 30 μ g. Type strain *E. coli* ATCC25922 was used in this test as a reference strain.

Result and discussion:

The occurrence of *Raoultella terrigena* infections is known to be a very rare, however some studies have reported the isolation of *R. terrigena* from several clinical sites, such as urinary tract (Wang, *et al.*, 2016; Mal, *et al.*, 2019; Ahmed, *et al.*, 2020; Lekhniuk, *et al.*, 2021). Until the date of this study, just about 363 cases of *R. terrigena* infections have been published in the world, while according to our knowledge there is no reported cases either in Libya or Arabic countries (Lekhniuk, *et al.*, 2021).

Two *R. terrigena* strains which are accounting about 2% of the total isolates have been identified during this study among other isolates. Other genus were also recognized in this study include; *Staphylococcus* coagulase-positive (33.65%), *Staphylococcus* coagulase negative (25.96%),

Streptococcus sp (23.08%), *Enterobacter cloacae* (6%), *E. coli* (3%), *Klebsiella pneumonia* (2%), *Enterobacter cancerogenus* (1%), *Salmonella* sp (1%), *Pseudomonas lutola* (1%), *Proteus mirabilis* (1%), and *Citrobacter sedlaki* (1%). Nevertheless, this study focuses mainly on *R. terrigena*.

The specimens were firstly investigated by general urine analysis and then cultured on Blood and MacConkey agar. Both specimens showed to be full with white blood cells which indicates the present of UTI. After 24 hours of incubation, the colonies appeared as lactose fermenter mucoid colonies on MacConkey agar (figure 1), while smooth, circular, light yellow, and non-hemolysis on Blood agar. The isolated organisms were subjected to Gram staining and microscopic technique revealed the presence of Gram negative short rod bacteria (figure 2).

Further biochemical identification, Api20E (bioMérieux) was carried out in order to identify the type of isolated Gram negative rod. The api20E scheme detect the two strains as *R. terrigena* with 90% and 93% for both isolated bacteria, though, molecular techniques such as 16s RNA assay is a golden standard method for identification of pathogenic bacteria. This study could not conduct any genetic identification technique due to scarcity of available resources. However, the identification characteristics showed in this study were previously reported in a limited number of published papers confirming that our finding can be reliable (Mal, et al. 2019; Ahmed, et al. 2020).

Interestingly, all used biochemical tests except three showed same reaction for both *R. terregina* and *K. pneumonia* isolates. The exception was Urea (URE), inositol (INO) and amygdalin (AMY) tests, which showed negative reactions for *R. terregina* and positive reactions for *K. pneumonia* strains (Table 1). The responsible enzymes for utilizing such molecules are urease, INOsitol and AMYgdalin respectively (Biomanufacturing, 2023). Such enzymes are required by the bacteria to break down the targeted substances, however the used *R. terregina* strains seem to have no ability for this mechanism. Thus, the negative reactions for the above mentioned three tests allowed the api 20E scheme to distinguish *R. terregina* from *K. pneumonia*.

The two *R. terrigena* strains in this study have been isolated from pregnant women who were 22 and 30 year old. Both were complaining from symptoms of urinary tract infections and were under the prescription of antibiotics, Augmentin and Ampicillin, without antibacterial susceptibility test (Table 2). The outcomes of given antibiotics were not same, Augmentin was effective and the first patient was cured in a week of antibiotic course, while the use of Ampicillin did not assist in relieving the UTI symptoms for second patient (Table 2).

Accordingly, antibiogram was performed in order to recognize the susceptibility of the two isolated *R. terrigena* strains to some antimicrobials agents that used in the study area as shown in table 3. Certain studies investigated the susceptibility ability of *R. terrigena* and one of these studies conducted by Wang et al. in 2016 revealed that *R. terrigena* was sensitive to the nearly all used antibiotics, except ampicillin (Wang et al., 2016). However, other more recent studies confirmed the presence of previous history of multidrug-resistant of this bacterium (Mal et al., 2019; Ahmed, et al., 2020; Lekhniuk, et al., 2021).

Indeed, in the current study, the two isolates of *R. terrigena* were found to be resistant to about 61.5% of the used antibiotics, nevertheless these two strains are still sensitive to the rest of the used antibiotics which are Ceftazidime, Cefuroxim, Augmintin, Ciprofloxacin, and Nitrofurantoin. Interestingly, the finding of sensitivity test of Augmentin and Ampicillin was in constant with the treatment outcomes after taken the prescribed antibiotics by the two patients, as mentioned above. Similarly, in the sensitivity test both strains were sensitive to Augmentin but were resistant to Ampicillin (Table 3).

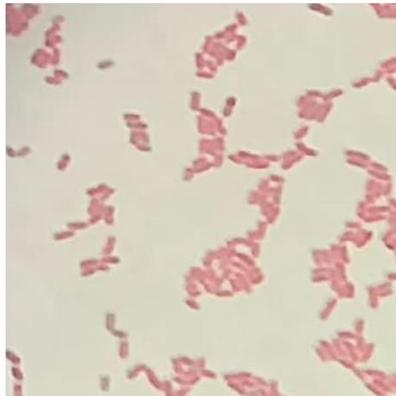


Figure 1. Gram stain of *R. terrigena* cells



Figure 2. Colonies growths of *R. terrigena* on MacConkey agar.

Table 1. API 20E profile results after 48 hours of incubation

Biochemical Tests	Isolate1	Isolate2	Isolate3	Isolate4
ONPG	+	+	+	+
ADH	+	+	-	+
LDC	+	+	+	+
ODC	-	-	-	-
CIT	+	+	+	+
H ₂ S	-	-	-	-
URE	-	-	+	+
TDA	+	+	+	+
IND	-	-	-	-
VP	+	+	+	+
GEL	-	-	-	-
GLU	+	+	+	+
MAN	+	+	+	+
INO	-	-	+	+
SOR	+	+	+	+
RHA	+	-	+	+
SAC	+	+	+	+
MEL	+	+	+	+
AMY	-	-	+	+
ARA	+	+	+	+
OX	-	-	-	-

1= R. terrigena 1, 2= R. terrigena2, 3= K. pneumonia1, 4 K. pneumonia2.

Table 2. Clinical details of the two patients

Cases	Age	Symptoms	Pyuria	Antibiotic	AST	Outcome
Patient 1	22	Yes	+	Augmentin	No	Cured
Patient 2	30	Yes	+	Amoxicillin	No	Not cured

Table 3. Susceptibility pattern of *Rouatella terrigena* to the antimicrobial agents

Type of antibiotic	Resistance	Sensitive
Ampicillin	2(100%)	0%
Imipenem	2(100%)	0%
Ticarillin	2(100%)	0%
Pipercillin	2(100%)	0%
Ceftriaxone	1(50%)	1(50%)
Ciprofloxacin	0%	2(100%)
Gentamicin	2(100%)	(0%)
Amikacin	2(100%)	0%
Amoxicillin	2(100%)	0%
Nitrofurantoin	0%	2(100%)
Augmentin	0%	2(100%)
Ceftazidime	0%	2(100%)
Cefuroxime	0%	2(100%)

Conclusion

The rate of *R. terrigena* infections is expected to be underestimated due to the lack of documented reports of these infections. Therefore, the real prevalence rate of *R. terrigena* infections might be more than we expect. The importance of *R. terrigena* infections have been increased since antimicrobial resistance was detected among this bacteria. Our current report is an additional evidence for the clinical significant of *R. terrigena*. This report rises a call for more studies to be focused on this potential opportunistic pathogen, in the future. This study recommend also the use of molecular genetic methods to be introduced in routine and research work in the hospitals and clinics in Libya to detect the infections of *R. terrigena*.

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

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

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

References:

1. Ahmed, I. et al. (2020) '1417. clinical features and outcomes of *Raoultella terrigena* infections. A single-center experience from Karachi, Pakistan', *Open Forum Infectious Diseases*, 7(Supplement_1). doi:10.1093/ofid/ofaa439.1599.
2. Biomanufacturing. (2023). Identification system for Enterobacteriaceae and other non-fastidious Gram-negative rods. [online] Available at: <https://biomanufacturing.org/uploads/files/587872707301898351-api20einstructions.pdf>. [Access 9 December 2023].
3. Chun, S. et al. (2014) 'Clinical characteristics of *Raoultella Ornithinolytica* bacteremia', *Infection*, 43(1), pp. 59–64. doi:10.1007/s15010-014-0696-z.
4. Drancourt, M. et al. (2001) 'Phylogenetic analyses of *Klebsiella* species delineate *Klebsiella* and *Raoultella* gen. nov., with description of *Raoultella ornithinolytica* comb. nov., *Raoultella Terrigena* comb. nov. and *Raoultella planticola* comb. Nov..', *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology*, 51(3), pp. 925–932. doi:10.1099/00207713-51-3-925.
5. Goegele, H. et al. (2007) 'Fatal endocarditis due to extended spectrum betalactamase producing *Klebsiella terrigena* in a liver transplant recipient', *Wiener klinische Wochenschrift*, 119(11–12), pp. 385–386. doi:10.1007/s00508-007-0812-5.

6. Izard, D. et al. (1981) '*Klebsiella terrigena*, a new species from soil and water', International Journal of Systematic Bacteriology, 31(2), pp. 116–127. doi:10.1099/00207713-31-2-116.
7. Lekhniuk, N. et al. (2021) '*Raoultella terrigena*: Current state of knowledge, after two recently identified clinical cases in Eastern Europe', Clinical Case Reports, 9(5). doi:10.1002/ccr3.4089.
8. Mal, P.B. et al. (2019) 'Clinical manifestation and outcomes of multi-drug resistant (MDR) *Raoultella terrigena* infection – a case series at Indus Health Network, Karachi, Pakistan', IDCases, 18. doi:10.1016/j.idcr.2019.e00628.
9. O'Connell, K., Kelly, J. and NiRiain, U. (2010) 'A rare case of soft-tissue infection caused by *Raoultella planticola*', Case Reports in Medicine, 2010, pp. 1–2. doi:10.1155/2010/134086.
10. Podschun, R., Fischer, A. and Ullmann, U. (2000) 'Characterization of *klebsiella terrigena* strains from humans: haemagglutinins, serum resistance, siderophore synthesis, and serotypes', Epidemiology and Infection, 125(1), pp. 71–78. doi:10.1017/s0950268899004124.
11. Sandal, G. and Ozen, M. (2014) 'Fatal *Raoultella ornithinolytica* sepsis and purpura fulminans in a preterm newborn', Indian Journal of Paediatric Dermatology, 15(1), p. 24. doi:10.4103/2319-7250.131833.
12. Tantasuttikul, A. and Mahakarnchanakul, W. (2019) 'Growth parameters and sanitizer resistance of *Raoultella ornithinolytica* and *Raoultella terrigena* isolated from seafood processing plant', Cogent Food & Agriculture, 5(1), p. 1569830. doi:10.1080/23311932.2019.1569830.
13. Wang, Y. et al. (2016) 'Identification of *Raoultella terrigena* as a rare causative agent of subungual abscess based on 16S rRNA and housekeeping gene sequencing', Canadian Journal of Infectious Diseases and Medical Microbiology, 2016, pp. 1–4. doi:10.1155/2016/3879635.
14. Yu, V.C.-H. et al. (2011) 'Isolation and identification of a new tetrodotoxin-producing bacterial species, *Raoultella terrigena*, from Hong Kong marine puffer fish *Takifugu Niphobles*', Marine Drugs, 9(11), pp. 2384–2396. doi:10.3390/md9112384.

Evaluation of Guided Bone Regeneration Using Xenograft/A-PRF Mixture in Atrophic Posterior Mandible (Clinical and Radiographic Study)

Ramy Richa

Oral Surgical Sciences Department, Division of Periodontology,
Faculty of Dentistry, Beirut Arab University, Beirut, Lebanon

Essam Osman

Dental Biomaterial Department, Faculty of Dentistry, Alexandria, Egypt

Nahed Attia

Periodontology Department, Faculty of Dentistry, Alexandria, Egypt

Hani Arakji

Oral Surgical Sciences Department, Division of Oral Surgery,
Faculty of Dentistry, Beirut Arab University, Beirut, Lebanon

Mohamed Shokry

Oral and Maxillofacial Surgery Department,
Faculty of Dentistry, Alexandria, Egypt

[Doi:10.19044/esj.2023.v19n36p9](https://doi.org/10.19044/esj.2023.v19n36p9)

Submitted: 31 October 2023
Accepted: 23 December 2023
Published: 31 December 2023

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

Cite As:

Richa R., Osman E., Attia N., Arakji H. & Shokry M. (2023). *Evaluation of Guided Bone Regeneration Using Xenograft/A-PRF Mixture in Atrophic Posterior Mandible. (Clinical and Radiographic Study)*. European Scientific Journal, ESJ, 19 (36), 9.

<https://doi.org/10.19044/esj.2023.v19n36p9>

Abstract

Introduction: The rehabilitation of the posterior mandible with dental implants represents a hard challenge for clinicians today due to the lack of supporting bone. Different surgical techniques are currently being used to augment the posterior mandible, where GBR is considered the most commonly used. **Materials and Methods:** Fifteen patients were selected to treat mandibular alveolar ridge resorption with guided bone regeneration using a titanium-reinforced membrane and a filling mixture of xenograft bovine bone and PRF. The membrane was fixed using a Meisinger pin control kit and Profix 3mm microscrews. A PRF membrane was used to cover the Ti-d-ptfe.

Results: Swelling, pain, and numbness were evaluated using the mixture of PRF/xenograft as well as PRF membranes. The results showed promising results in terms of primary wound healing, whereas a significant bone quantity with a mean bone volume of 5.78 ± 0.81 was reported after 6 months. The primary implant stability recorded high values and significantly increased at a period of 6 months post-insertion ($p = 0.037$). Conclusion: It could be concluded that the PFR/xenograft mixture can be promising when used with the titanium-reinforced d-ptfe membrane in 3D ridge reconstruction of the atrophic posterior mandible; moreover, using the PRF membrane to cover the TI-d-ptfe membrane could enhance soft tissue healing as well as prevent soft tissue dehiscence due to the concentration of growth factors that can be released during primary wound healing. The xenograft/PRf mixture can be consistently utilized for the creation of new bone in severely atrophic ridges if used in GBR. The high ISQ at primary implant placement and at a period of 6 months post-insertion, according to Osstell, can explain the successful application of this mixture in 3D bone augmentation of the atrophic posterior mandible.

Keywords: Guided bone regeneration, A-PRF, Xenograft, Posterior mandible, implant stability

Introduction

After tooth loss, alveolar ridge resorption proceeds. Following the extraction of a tooth, the alveolar ridge width and height decrease at a high rate during the first year and mainly during the first few months (Kingsmill, 1999). During the healing phase after extraction, the mean changes recorded based on data from several studies show that the clinical loss in width is greater than the loss in height (Van der Weijden & Dell'Acqua, 2009).

Dental implants are currently the treatment of choice for the restoration of edentulous areas. Depending on the edentulous period, the difficulty of implant surgery varies. According to the width, height, and quality of the bone, the surgeon would assess the possibility of placing the implants. In long periods of edentulism, it is often mandatory to perform hard tissue ridge augmentation to enhance bone volume before implant placement (Toscano, et al., 2010).

The reconstruction of alveolar ridge abnormalities concurrently with or staged before implant placement has been extensively documented using guided bone regeneration, where the function of the barrier membrane aims to promote bone formation while acting as a passive barrier to preclude soft tissue in-growth. Moreover, the effect of the barrier membrane has been further shown to promote bone formation as it induces molecular and cellular events. (Urban, et al., 2022)

Guided bone regeneration for vertical ridge augmentation is a highly technique-sensitive therapy (Rocchietta, et al., 2008). The application of a moldable barrier membrane in conjunction with a bone substitute that can securely build up a durable biological structure that mimics native tissues and provides enough volume is required for space creation and maintenance to function reliably. These requirements are met by non-resorbable titanium-reinforced barrier membranes, which have been proposed as a successful means of achieving vertical ridge augmentation in big defects (Merli, et al., 2014). Non-resorbable (frequently polytetrafluoroethylene-PTFE) or resorbable (frequently collagen-based) membranes are usually used to contain the grafting material, preventing graft resorption and preventing the surrounding soft tissues from migrating and infiltrating into the surgery site (Urban & Monje, 2019). The local anatomy and desired clinical outcome, the type of graft used, and the healing biology—all these factors drive the choice of a specific membrane. However, the main disadvantages faced using this technique are the anatomical limitations and the high resorption rate of the graft material (Drăgan, 2022)

Vertical GBR is technique-sensitive and limits clinical success; failure is usually associated with wound dehiscence. The ability to develop bone along the axis of applied forces is another limitation (Rocchietta, Fontana, & Simion, 2008). Although the titanium membrane shows a specific problem where the fibrous tissues grow into the wide holes of the membrane, this leads to its exposure. (Urban, et al., 2014) (Rakhmatia, et al., 2013)

(Choukroun, et al., 2006) developed platelet-rich fibrin (PRF), a second-generation platelet concentrate that promotes hard and soft tissue repair. It contains large quantities of collected platelets, allowing for the delayed release of growth factors (GFs) (Kang, et al., 2011). These GFs include vascular endothelium growth factor (VEGF), platelet-derived growth factor (PDGF), fibroblast growth factor (FGF), epidermal growth factor (EGF), hepatocyte growth factor (HGF), insulin-like growth factor (IGF), and transforming growth factor- β (TGF- β). All of this helps to replace damaged tissue, resurface wounds, and restore vascular integrity. In comparison to other platelet concentrates, PRF releases these factors at a slower pace over a longer period of time, improving wound healing (Blair & Flaumenhaft, 2009)

PRF has been demonstrated to enhance the formation of osteoblasts and periodontal ligament cells, both of which are important for periodontal defect healing (Ehrenfest, et al., 2010); (Sharma & Pradeep, 2011); (Mazor, et al., 2009); (Simonpieri, et al., 2011).

For more predictable bone regeneration, autografts can be combined with platelet concentrates. This clinical case letter reports a case of Siebert's class I ridge defect, which was treated with the staged guided bone regeneration (GBR) approach using autogenous block graft and platelet-rich

fibrin. It demonstrates the efficacy of using a block graft along with PRF, which stimulates new bone formation and successful placement of a dental implant in the augmented site (Datla, et al., 2018)

The rationale for conducting this study was to evaluate the effect of xenograft mixed with A-PRF as a biological mediator on restoring the resorbed posterior mandible for the placement of a fixed implant-supported prosthesis.

Therefore, the primary objectives of this study were to evaluate the implant stability of dental implants placed in the augmented site by measuring the implant stability quotient (ISQ), and the secondary objective was to assess post-operative sequelae (swelling, numbness, and pain) and radiographically the bone gained in the surgical site through cone beam computed tomography.

Material and Methods:

This study was accomplished as a randomized clinical trial following the consort guidelines. The study was carried out at the Oral Surgery Division, Faculty of Dentistry, Beirut Arab University, Lebanon, between February 2022 and September 2023. Ethical approval was obtained by the institutional review board (2023-H-0121-D-P-0534) before the start of the study. The study was completed in accordance with the Helsinki Declaration of 1975, revised in 2013. Before the initiation of the work, patients who participated in this trial signed informed consent and were well-informed about all the steps of the procedure and any complications that might result during or after the procedure.

The sample size was estimated using the sample size calculator website, <http://epitools.ausvet.com.au>, by adjusting the power of the study to 80% and regulating the alpha error to 5%. This yielded a total of 13 patients; two patients were added to the final calculated sample size to avoid sample attrition that might occur throughout the follow-up period of the study. A total of 15 patients of both genders with an age range of 30–60 years fulfilled the inclusion and exclusion criteria. Patients who were included in this trial should have unilateral or bilateral mandibular posterior partial edentulism, a bone height crestal to the canal of <7 mm, and good oral hygiene. Patients that have uncontrolled or untreated periodontal disease involving residual dentition, uncontrolled systemic conditions that jeopardize the surgery, radiotherapy to the head/neck district performed within the past 24 months, chemotherapy for treatment of malignant tumors at the time of the surgical procedure, patients with present or past treatment with intravenous bisphosphonates, patients having psychological problems, heavy smoking (>10 cigarettes per day), alcohol or drug abuse, and pregnant patients were excluded from this study. (Ronda et al., 2014):

All patients underwent a thorough clinical examination; the health of the periodontium and oral hygiene level were inspected. A prosthetic assessment was performed for the future prosthesis. Preoperative cone beam CT was requested from all patients to quantitatively measure the available bone and the distance between the alveolar crest and the mandibular canal (Figure 1). Moreover, all patients received proper prophylactic treatment and were given adequate oral hygiene instructions.

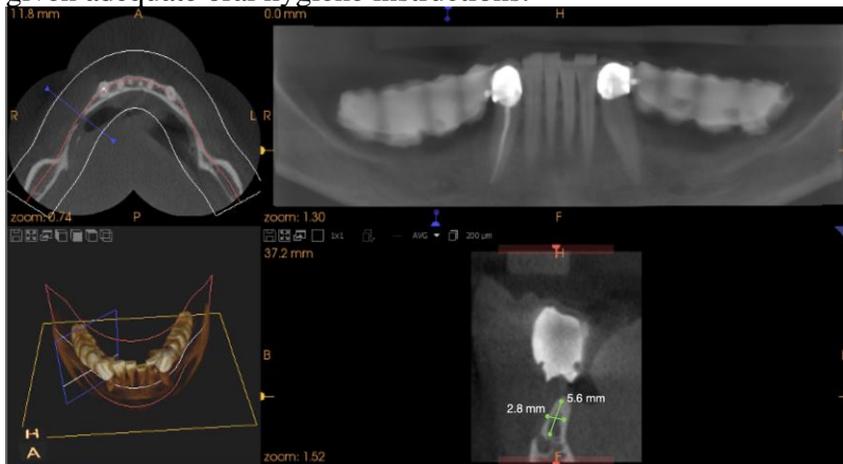


Figure 1. Preoperative CBCT showing the mandibular deficiency

One hour prior to the surgical procedure, all patients were instructed to take 2 g of antibiotics (875 mg amoxicillin and 125 mg clavulanic acid). As for patients allergic to penicillin, 600 mg of clindamycin was prescribed. All patients were told to rinse their mouths with chlorhexidine gluconate 0.2% mouthwash 30 minutes before the initiation of the procedure.

Under complete aseptic and sterile conditions, the patients received inferior alveolar and buccal block anesthesia using Articaine 4% and 1:100,000 epinephrine (Septanest, Septodont). At the recipient site, crestal incisions were made over the edentulous alveolar ridge and extended from the retromolar area (distally) to the mesial aspect of the adjacent tooth. A full-thickness flap was reflected on the buccal and lingual sides, exposing the posterior atrophic mandible. With a 1mm round bur mounted on a straight surgical handpiece, the bone was decorticated under copious irrigation (Figure 2). Afterward, A-PRF was prepared (Choukroun, et al., 2006) by withdrawing the patient's own blood from the median cubital or cephalic vein into empty plastic vacuum tubes, and they were immediately centrifuged at a speed of 1300 rpm for 7 min. A-PRF was collected and placed in its specific box to produce the A-PRF membrane. A-PRF membranes were cut, and together with serum exudates, they were mixed with the graft material (Cerabone, Botiss, Germany).



Figure (2). Preparation of the recipient site with decortication



Figure (3). Total fixation procedure of the membrane overlying the A-PRF/Xenograft mixture

Using Cytoplast™ Ti-250 Titanium-Reinforced Non-Resorbable High-Density PTFE Membrane of 250 microns thick, which is ideal for ridge augmentation and grafting bony defects missing one or more walls. The membrane was molded and shaped for tenting and space maintenance, and the titanium frame was trimmed and shaped to create additional space for bone growth. The textured Regentex™ surface of the membrane is designed to increase the surface area available for cellular attachment, thereby assisting in stabilization of the membrane and prevention of soft tissue retraction (Osteogenics Biomedicals, USA). The membrane fixation was achieved using bone tacs (Meisinger Master pin kit, Germany), Profix kit, and fixation screws (3mm length) (Osteogenics Biomedicals, USA) on the lingual side of the mandible. Furthermore, the Xenograft-A-PRF mixture was delivered to the recipient site using a bone carrier to fill under the membrane, and the titanium-reinforced membrane was properly adapted over the bone graft material, ensuring that no empty spaces were present (Figure 3).

The membrane was then fixed on the crestal and buccal sides using the membrane tacs and fixation screws. The non-resorbable titanium-reinforced membrane was trimmed 1 mm away from the adjacent tooth, and the previously prepared membrane was adapted over the non-resorbable titanium-reinforced membrane (Figure 4). After proper releasing of the flaps, horizontal mattress sutures at 5mm with interrupted sutures were used to ensure primary closure of the surgical site.

Patients were directed to strictly follow the standard post-operative instructions. Dexamethasone 8mg injection was prescribed immediately postoperatively. Antibiotics were continued, and NSAID medication (Bruffen 400 mg) was administered to all patients twice daily for 5 days. Patients were requested to continue the chlorhexidine mouthwash for the following 10 days. All patients did postoperative CBCT to check the augmented site as a baseline (Figure 5).

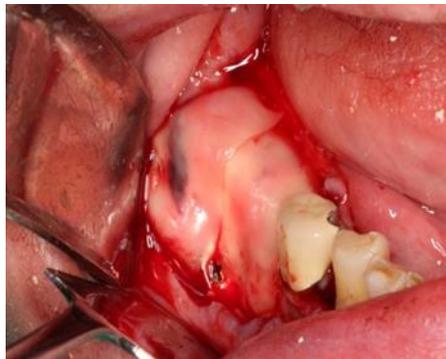


Figure (4). Application of A-PRF the membrane overlying Ti d-ptfe



Figure (5). Immediate postoperative CBCT (baseline)

Clinically, soft tissue healing (presence or absence of infection and dehiscence of the flap) was evaluated over a period of two weeks postoperatively. Also, swelling was assessed on the 4th, 7th, and

14th postoperative days. Evaluation of pain was performed using a visual analog scale (VAS) on the 2nd, 7th, and 14th postoperative days. As for paresthesia, it was evaluated according to the Two Point Discrimination Test (TPD) on the 2nd, 7th, and 14th postoperative days.

6 months postoperative, reentry to the augmented site for the purpose of removal of the titanium-reinforced membrane, clinical evaluation of the grafted site for volume as well as bone formation, and implant placement according to the surgical protocol of the Zimvie 3i implant system.

Primary implant stability was measured using RFA (radio frequency analysis) by means of the Osstell system at the time of placing the implants, while delayed measurement of implant stability was performed 4 months later.

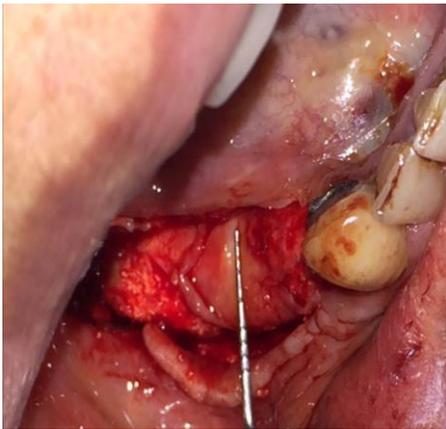


Figure (7). Healed mature bone

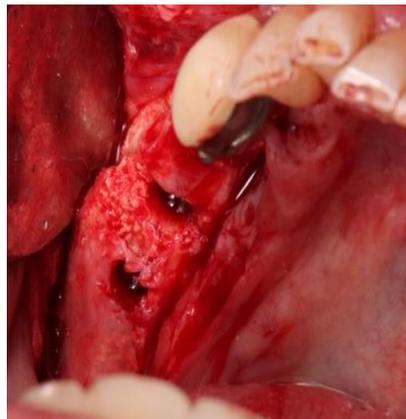


Figure (8). Implant placement

Radiographically, cone beam computed tomography (CBCT) was done directly postoperatively (baseline) and after 6 months to check the amount of new bone volume before implant placement. All radiographs were evaluated by the same investigator. CBCT analysis was executed using a software program (CS 9600, Carestream, Atlanta, USA). The same sagittal cut on the area with the greatest defect was used at all follow-up periods to measure the bone width and height until the inferior alveolar nerve canal. Figure (9)

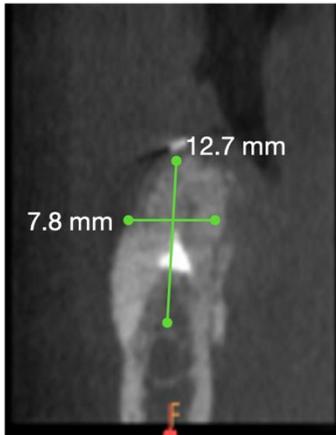


Figure (9). 6 months postoperative CBCT to evaluate bone density and volume before implant placement

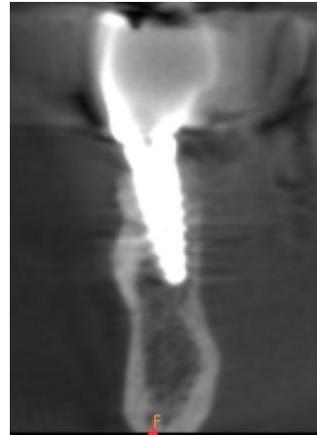


Figure (10). 6 months CBCT after implant placement showing stable bone in 3D

Furthermore, a CBCT was performed at 6 months to evaluate the stability of grafted bone around implants. Figure (10)

The obtained data were fed to the computer using the IBM SPSS software package, version 24.0, to be analyzed and interpreted (Armonk, NY: IBM Corp.). Numbers and percentages were used to describe qualitative data. The Kolmogorov-Smirnov test was employed to ensure that the distribution was normal. Range (minimum and maximum), mean, standard deviation, and median were used to characterize quantitative data. The significance of the acquired results was assessed at a 5% level.

Results

The fifteen participants consisted of 8 females and 7 males, ranging in age from 42 to 55 years, with a mean of 47.76 ± 3.65 years. All the surgeries were done without any complications. All operative sites showed uneventful healing without infection or flap dehiscence during the follow-up period.

Figure 11 compares swelling over the follow-up period. A statistically significant difference existed in swelling values between baseline (postoperative swelling measures) and all the follow-up periods. A non-statistically significant difference existed between the 4th and 7th days, while there was a statistically significant difference between the 4th and 14th days and the 7th and 14th days.

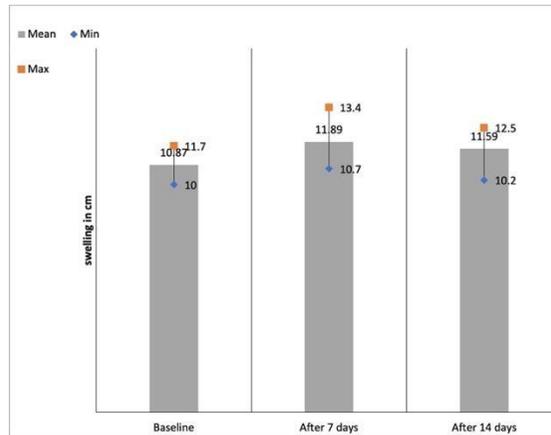


Figure 11. Comparison between the different studied periods according to swelling

Figure 12 compares pain over the two weeks follow up period, statistically significant difference between all the follow up periods. Pain reached a maximum value score (8) on the 2nd postoperative day and started to decrease gradually on the 7th and 14th days respectively.

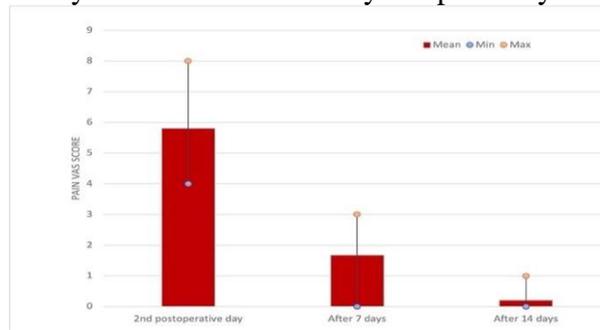


Figure 12. Comparison between the different studied periods according to pain

Table 1 shows the comparison of paresthesia throughout the follow up. Statistically significant differences existed between all tested periods. All patients had a full sensation recovery after 2 months.

Table 1. Comparison between the three studied periods according to numbness

	Numbness		
	4 th post-operative	After 7 days	After 14 days
(n = 15)			
Mean ± SD.	3.47 ± 0.61	3.22 ± 0.47	2.93 ± 0.41
Median (Min. – Max.)	3.50 (2.50 – 4.50)	3.0 (2.50 – 4.0)	3.0 (2.50 – 4.0)
Sig. bet. periods.	p ₁ =0.026*, p ₂ =0.010*, p ₃ =0.025*		

p₁: p value for comparing between 4th post-operative and After 7 days, p₂: p value for comparing between 4th post-operative and After 14 days, p₃: p value for comparing between After 7 days and After 14 days, *: Statistically significant at p ≤ 0.05

Table 2 evaluates the bone quantity between three studied periods. Comparing preoperative bone quantity to baseline (immediate postoperative) and after 6 months, statistically significant difference existed. Non-statistical significant difference was present between the readings of bone quantity between baseline and 6 months.

Table 2. Comparison between the three studied periods according to bone quantity

	Bone quantity		
	Pre-operative	Baseline	6 months post-operative
(n = 15)			
Mean ± SD.	6.04 ± 0.97	11.92 ± 0.85	11.82 ± 0.81
Median (Min. – Max.)	6.0 (4.0 – 7.0)	12.0 (10.0 – 13.0)	12.0 (10.0 – 13.0)
Sig. bet. Periods.	P ₁ <0.001*, p ₂ <0.001*, p ₃ =0.206		

p₁: p value for comparing between **Pre-operative** and **Baseline**, p₂: p value for comparing between **Pre-operative** and **6 months post-operative**, p₃: p value for comparing between **Baseline** and **6 months post-operative**, *:Statistically significant at p ≤ 0.05

Table 3, compares the ISQ values at implant placement and after 6 months. Statistically significant differences existed between the two-time intervals. ISQ values increased after 6 months, showing increased implant stability.

Table 3. Comparison between the two different periods for implant stability according to ISQ

	ISQ at implant placement (n = 15)	ISQ 6 months after implant placement (n = 15)	p
ISQ			
Mean ± SD.	61.07 ± 1.39	78.33 ± 1.95	0.0370*
Median (Min. – Max.)	63.0 (59.0 – 66.0)	81.0 (72.0 – 85.0)	

*:Statistically significant at p ≤ 0.05

Discussion

The lack of sufficient bone quantity in sites selected for implant placement is a challenge that frequently faces implantologists (Garaicoa-Pazmiño, et al., 2014). However, several surgical methods to create sufficient bone volume have been developed, such as autogenous onlay bone blocks, guided bone regeneration, distraction osteogenesis, and ridge expansion, as well as many other techniques that have been shown to be successful in the reconstruction of the atrophic posterior mandible.

This study is a randomized, controlled clinical trial. Fifteen consecutive patients from the outpatient clinic of the Oral Surgical Sciences Department, Faculty of Dentistry, Beirut Arab University, Beirut, Lebanon, needing dental implants in the posterior mandible were enrolled in this study with an age range of 30 to 60 years. Mandibular partial edentulism involving

the premolar/molar area is associated with the presence of crestal bone height <7 mm coronal to the mandibular canal. The sample was randomly allocated to receive 3D ridge reconstruction that was performed using the conventional GBR technique with the use of an A-PRF-Cerabone mixture as a filling material, which was covered with non-resorbable titanium-reinforced d-PTFE (dense polytetrafluoroethylene). The membrane was fixed with bone tacs and fixation screws, and then A-PRF membranes were used overlying the d-PTFE. Assessment of soft tissue healing took place by evaluating the color of the mucosa, soft tissue dehiscence, and infection over different follow-up periods. There was no statistically significant difference regarding the change in color throughout the evaluation period of this study.

This outcome can be agreed with (Al-Hamed, et al., 2019) who suggest that enhancing the biological capacities, tissue creation, and healing of the regenerated region through the increased concentration of growth factors and other molecules associated with angiogenesis, stem cell migration, and osteogenic differentiation is what makes PRF biologically plausible. Furthermore, (Miron, et al., 2017) who conducted a study to evaluate the benefits of using PRF in alveolar ridge augmentation, demonstrated that the presence of an A-PRF membrane can improve soft tissue healing and reduce tissue dehiscence.

Upon evaluating swelling, the results revealed a statistically significant difference between the follow-up periods of 4th, 7th, and 14. The conclusion was reached by Romanos (Romanos, 2010) who suggested that periosteal and vertically releasing incisions are frequently employed in vertical GBR to raise a tensionless flap. However, depending on the augmentation approach, this flap design frequently leads to problems such as flap perforation and graft exfoliation in 2.5–10% of instances, as well as edema, bleeding, and patient discomfort (Ogata, et al., 2013). The location of deep periosteal incisions, which disrupt periosteal blood vessel circulation, is likely one of the primary causes of severe problems. Tension at the crestal incision site is caused by increased tissue swelling brought on by postoperative blood stasis. This tension can hinder wound healing and cause premature membrane exposure (Maridati, et al., 2016).

A statistically significant difference was recorded among patients at different time intervals, as pain was manageable and subsided at day 14 in all patients. Pain scored its maximum value on the second postoperative day, and this is due to the body reaction to the surgical procedure and the release of prostaglandin and cytokines. The pain score started to decrease gradually throughout the follow-up period. These results run in parallel with (Windisch, et al., 2021), who found that pain was moderate in all GBR cases.

(Pacifici, et al., 2015) suggested that the use of plasma-rich fibrin membranes is indicated to improve soft-tissue healing, reduce tissue

dehiscence, reduce postoperative pain and swelling, and minimize infection in the surgical area.

A statistically significant difference was noticed while assessing the bone quantity at baseline and at 6 months in comparison to preoperative bone quantity. These results run parallel with those of (Tunkel et al., 2021) who showed comparable results regarding vertical and horizontal augmentation gain when using autologous and allogenic bone shells. However, a systematic review and meta-analysis (Urban, et al., 2019) affirmed that GBR and bone shells can both significantly increase bone quantity in the augmented sites. Also, devices that have form-stable growth, such as titanium-reinforced non-resorbable membranes, may increase vertical bone and enhance vertical bone gain.

In a review article (Urban, et al., 2023) the authors stated that the majority of trials using titanium-reinforced polytetrafluoroethylene membranes, which are thought to be perfect for 3D augmentation surgery since they can create a private zone for long-term space maintenance and can halt the soft tissue from collapsing,.

Resonance frequency analysis (RFA), which evaluates the lateral support of the implant in bone, was used for more accountable and trustworthy results that were patient-friendly, according to (Huang, et al., 2020).

The implant stability quotient was compared at the time of implant placement as well as at 6 months post-implant insertion. The results yielded significant differences in the ISQ values, which explain the better bone maturation and integration with implants over time. Both periods showed high ISQ readings where the implants placed had high primary stability, which means that the bone was hard and mature, and it can predict a successful survival of the implants if the prosthetic part is well planned and oral hygiene is well maintained.

Moreover, (Mendoza-Azpur, et al., 2019) conducted a randomized controlled clinical trial comparing guided bone regeneration with xenografts and bone blocks with xenografts, the authors declared that implants were 100% successful after a follow-up period of 18 months.

The investigators encountered limitations in this study, including the availability of the participants. Also, the follow-up period, which was considered a long period for some of the patients, Additionally, there was no financial support for this research, which made it difficult for some participants to be enrolled in this research due to the high cost of the materials used.

Conclusion

Considering the limitations of this study, the findings showed that the PRF/Xenograft mixture may show promise in conjunction with the titanium-

reinforced d-ptfe membrane for 3D ridge reconstruction of the atrophic posterior mandible. Bone quantity increased significantly after 6 months of placing a standard-sized implant. Furthermore, the concentration of growth factors that may be released during primary wound healing suggests that covering the TI-d-ptfe membrane with the PRF membrane may promote soft tissue healing and prevent soft tissue dehiscence. Implant stability showed promising results at the implant placement phase, with high ISQ values and an increase in ISQ after 6 months of follow-up. A more extensive follow-up study involving a larger sample size and a histomorphometry study is necessary to validate the encouraging results. Last but not least, a reliable method for restoring the atrophied posterior mandible is guided bone regeneration.

Conflict of Interest: The authors declare that there was no conflict of interest during conducting this research work.

Data availability: All dataset used and/or analyzed during the current study are available from the corresponding author (Rami Richa, r.risha@bau.edu.lb) upon reasonable request. (Rami Richa: <https://www.bau.edu.lb/Dentistry/Clinical-Academic-Staff>)

Funding statement: The authors did not obtain any funding for this research

Declaration for human participants/ Ethical Approval: This study was approved by the international review board at Beirut Arab University, code: (2023-H-0121-D-P-0534), (<https://www.bau.edu.lb/Research/Approval-Codes>)

Ethical principles of research: This research was completed in accordance with the Helsinki Declaration of 1975, revised in 2013.

References:

1. Al-Hamed, F., Mahri, M., Al-Waeli, H., Torres, J., & Badran, Z. a. (2019). Regenerative effect of platelet concentrates in oral and craniofacial regeneration. . *Frontiers in cardiovascular medicine*, 126.
2. Amaral Valladão, C., Freitas Monteiro, M., & and Joly, J. (2020). Guided bone regeneration in staged vertical and horizontal bone augmentation using platelet-rich fibrin associated with bone grafts: a retrospective clinical study. . *International journal of implant dentistry*, 6, 1-10.
3. Blair, P., & Flaumenhaft, R. (2009). Platelet alpha - granules: basic biology and clinical correlates. *Blood Reviews*, 23, 177-189.

4. Choukroun, J., Diss, A., & Simonpieri, A. (2006). Platelet-rich fibrin (PRF): a second-generation platelet concentrate. Part V: histologic evaluations of PRF effects on bone allograft maturation in sinus lift. *Oral Surgery Oral Medicine Oral Pathology Oral Rad Endod.*, 101, 299-303.
5. Coulthard, P., Patel, N., Bailey, E., & Coulthard, M. (2014). Measuring pain after oral surgery . *Oral Surgery.*, 203-208.
6. Datla, M., Chellathurai, B., & Thiagarajan, R. a. (2018). Platelet-rich Fibrin Application in Guided Bone Regeneration Using Autogenous Block Graft in Staged Dental Implant Placement: A Case Report. *Int J Oral Implantol Clin Res.*, 9, 1-3.
7. Drăgan, E. a. (2022). Review of the Long-Term Outcomes of Guided Bone Regeneration and Autologous Bone Block Augmentation for Vertical Dental Restoration of Dental Implants. *Medical Science Monitor: International Medical Journal of Experimental and Clinical Research*, , 28(1), 937433-1.
8. Ehrenfest, D., Corso, M., Diss, A., Mouhyi, J., & Charrier, J. (2010). Three-dimensional architecture and cell composition of a Choukroun's platelet-rich fibrin clot and membrane. *Journal of Periodontology*, 81, 546-555.
9. Garaicoa-Pazmiño, C., Suárez-López del Amo, F., Monje, A., Catena, A., Ortega-Oller, I., & Galindo-Moreno, P. a. (2014). Influence of crown/implant ratio on marginal bone loss: a systematic review. . *Journal of periodontology*, 85(9), 1214-1221.
10. Huang, H., Wu, G., & and Hunziker, E. (2020). The clinical significance of implant stability quotient (ISQ) measurements: A literature review. *Journal of oral biology and craniofacial research*, 10(4), 10(4), pp.629-638.
11. Kang, Y., Jeon, S., & Park, J. (2011). Platelet-rich fibrin (PRF) is a bioscaffold and reservoir of growth factors for tissue regeneration. *Tissue Engineering*, 17, 349-359.
12. Kingsmill, V. (1999). Post-extraction remodeling of the adult mandible. *Critical Reviews in Oral Biology & Medicine*, 10(3), pp.384-404., 10(3), 384-404.
13. Maridati, P., Cremonesi, S., Fontana, F., & Ciccì, M. a.-P.-2. (2016). Management of d-PTFE membrane exposure for having final clinical success. . *Journal of Oral Implantology*, 42(3), 289-291.
14. Mazor, Z., Horowitz, R., Corso, M., Prasad, H., Rohrer, M., & Ehrenfest, D. (2009). Sinus floor augmentation with simultaneous implant placement using Choukroun's platelet-rich fibrin as the sole grafting material: a radiologic and histologic study at 6 months. *Journal of Periodontol*, 80, 2056-2064.

15. Mendoza-Azpur, G., de la Fuente, A., Chavez, E., & Valdivia, E. a. (2019). Horizontal ridge augmentation with guided bone regeneration using particulate xenogenic bone substitutes with or without autogenous block grafts: A randomized controlled trial. *Clinical implant dentistry and related research. . A randomized controlled trial. Clinical implant dentistry and related research.*, 21(4), 521-530.
16. Merli, M., Moscatelli, M., Mariotti, G., Rotundo, R., & Bernardelli, F. a. (2014). Bone level variation after vertical ridge augmentation: resorbable barriers versus titanium-reinforced barriers. A 6-year double-blind randomized clinical trial. *Int J Oral Maxillofac Implants*, 29, 905-913.
17. Meshram, V., Meshram, V., & Lambade, P. (2013). Assessment of Nerve Injuries after Surgical Removal of Mandibular Third Molar: A Prospective Study. *Asian Journal of Neuroscience*, 1-6.
18. Miron, R., Fujioka-Kobayashi, M., Bishara, M., Zhang, Y., & Hernandez, M. a. (2017). Platelet-rich fibrin and soft tissue wound healing: a systematic review. . *Tissue Engineering Part B: Reviews*, 23(1), 83-99.
19. Mourão, A., Valiense, H., ER., M., NBMF., M., & MD-C., M. (2015). Obtention of injectable platelets rich-fibrin (i-PRF) and its polymerization with bone graft: technical note. *Rev Col Bras Cir [Internet].*, 42(6), 21–3.
20. Ogata, Y., Griffin, T., Ko, A., & Y, H. (2013). Comparison of double-flap incision to periosteal releasing incision for flap advancement: a prospective clinical trial. . *Int J Oral Maxillofac Implants* , 26(2), 597–604.
21. Pacifici, A., Carbone, D., Soda, G., & Polimeni, A. a. (2015). Guided bone regeneration procedure with platelet rich fibrin (PRF) membranes in the resolution of a severe maxillary bone defect: report of a case. *Senses and Sciences*, 2(1), 64-70.
22. Rakhmatia, Y., Ayukawa, Y., Furuhashi, A., & Koyano, K. (2013). Current barrier membranes: Titanium mesh and other membranes for guided bone regeneration in dental applications. *J. Prosthodont. Res.*, 57, 3-14.
23. Rocchietta, I., Fontana, F., & Simion, M. (2008). Clinical outcomes of vertical bone augmentation to enable dental implant placement: A systematic review. *J. Clin. Periodontol.*, 35, 203-215.
24. Romanos, G. (2010). Periosteal releasing incision for successful coverage of augmented sites. A technical note. *Journal of Oral Implantology*, 36(1), 25-30.
25. Ronda, M., Rebaudi, A., Torelli, L., & Stacchi, C. (2014). Expanded vs. dense polytetrafluoroethylene membranes in vertical ridge

- augmentation around dental implants: a prospective randomized controlled clinical trial. *Clin. Oral Impl. Res.*, 25, 859-866.
26. Sharma, A., & Pradeep, A. (2011). Autologous platelet rich fibrin in the treatment of mandibular degree II furcation defects: a randomized clinical trial. *Journal of Periodontol*, 82, 1396-1403.
 27. Simonpieri, A., Choukroun, J., Corso, M., Sammartino, G., & Ehrenfest, D. (2011). Simultaneous sinuslift and implantation using microthreaded implants and leukocyte and platelet-rich fibrin as sole grafting material: a six-year experience. *Implant Dentistry*, 20, 2-12.
 28. Szolnok, G., Szendi-Horváth, K., Seres, L., Boda, K., & Kemény, L. (2007). Manual lymph drainage efficiently reduces postoperative facial swelling and discomfort after removal of impacted third molars. *Lymphology*, 40, 138-142.
 29. Toscano, N., Shumaker, N., & Holtzclaw, D. (2010). The art of block grafting: A review of the surgical protocol for reconstruction of alveolar ridge deficiency. *Journal of Implant and Advanced Clinical Dentistry*, 2(2), 45-47.
 30. Tunkel, J., de Stavola, L., & Kloss-Brandstätter, A. (2021). Alveolar ridge augmentation using the shell technique with allogeneic and autogenous bone plates in a split-mouth design-a retrospective case report from five patients. *Clin Case Rep.*, 9(2), 947-959.
 31. Urban, I., & Monje, A. (2019). Guided bone regeneration in alveolar bone reconstruction. *Oral and Maxillofacial Surgery Clinics*, 31(2), 331-338.
 32. Urban, I., Lozada, J., Jovanovic, S., Nagursky, H., & Nagy, K. (2014). Vertical ridge augmentation with titanium-reinforced, dense-PTFE membranes and a combination of particulated autogenous bone and anorganic bovine bone-derived mineral: A prospective case A prospective case series in 19 patients. *Int. J. Oral Maxillofac. Implant.*, 29, 185-193.
 33. Urban, I., Montero, E., & Monje, A. a.-S. (2019). Effectiveness of vertical ridge augmentation interventions: A systematic review and meta-analysis. *Journal of Clinical Periodontology*, 46, 319-339.
 34. Urban, I., Montero, E., Amerio, E., & Palombo, D. a. (2023). Techniques on vertical ridge augmentation: Indications and effectiveness. *Periodontology 2000*.
 35. Urban, I., Tattan, M., Ravida, A., Saleh, M., & Tavelli, L. a.-O. (2022). Simultaneous Alveolar Ridge Augmentation and Periodontal Regenerative Therapy Leveraging Recombinant Human Platelet-Derived Growth Factor-BB (rhPDGF-BB): A Case Report. .

International Journal of Periodontics & Restorative Dentistry, 42(5), 42(5).

36. Van der Weijden, F., & Dell'Acqua, F. (2009). Alveolar bone dimensional changes of post-extraction sockets in humans: a systematic review. *Journal of Clinical Periodontology.*, 36(12), 1048-1058.
37. Windisch, P. O. (2021). Vertical-guided bone regeneration with a titanium-reinforced d-PTFE membrane utilizing a novel split-thickness flap design: a prospective case series. *Clinical oral investigations*, 25, 2969-2980.

Prise en Charge des Appendicites Compliquées de l'Adulte à l'Hôpital National de Niamey

Idé K.

Département de chirurgie de l'Hôpital National de Niamey, Niger

Hama Y.

Service de chirurgie générale et viscérale de l'hôpital National Amirou Boubacar Diallo de Niamey, Niger. Département de chirurgie de la Faculté des Sciences de La Santé de L'Université Abdou Moumouni

Saidou A.

Département de chirurgie de la Faculté des Sciences de La Santé de L'Université Abdou Moumouni. Service de chirurgie générale de L'hôpital général de référence de Niamey, Niger

Mahamadou Laouali O.

Service de chirurgie générale et viscérale de l'hôpital National Amirou Boubacar Diallo de Niamey, Niger

James Didier L.

Département de chirurgie de la Faculté des Sciences de La Santé de L'Université Abdou Moumouni

Chaibou M.S.

Sani R.

Département de chirurgie de l'Hôpital National de Niamey, Niger
Département de chirurgie de la Faculté des Sciences de La Santé de L'Université Abdou Moumouni

[Doi:10.19044/esj.2023.v19n36p27](https://doi.org/10.19044/esj.2023.v19n36p27)

Submitted: 02 June 2023

Accepted: 23 December 2023

Published: 31 December 2023

Copyright 2023 Author(s)

Under Creative Commons CC-BY 4.0

OPEN ACCESS

Cite As:

Idé K., Hama Y., Saidou A., Mahamadou Laouali O., James Didier L., Chaibou M.S. & Sani R. (2023). *Prise en Charge des Appendicites Compliquées de l'Adulte à l'Hôpital National de Niamey*. European Scientific Journal, ESJ, 19 (36), 27.

<https://doi.org/10.19044/esj.2023.v19n36p27>

Résumé

Objectif : rapporter les résultats de la prise en charge des appendicites compliquées chez l'adulte à l'Hôpital National de Niamey (HNN).

Résultats : Pendant la période de l'étude 8127 urgences abdominales avaient été enregistrées dont 1837 d'origine appendiculaire, parmi lesquelles 512 étaient des appendicites compliquées, soit 6,3 % des urgences abdominales et 27,9 % de toutes les pathologies appendiculaires. Il s'agissait de 337 (65,8 %) hommes et 175 (34,2 %) femmes ; soit un sex ratio de 1,9. L'âge médian des patients était de 30 ans, avec 75% de patients d'âge inférieur ou égal à 40 ans (3^e quartile=40 ans) ainsi que des extrêmes allant de 16 ans et de 90 ans. Le délai d'admission médian était de 5 jours (Q1=3, Q3=7) avec un taux de 49,6 % (n=254) de patients admis après 48 heures. Les appendicites compliquées retrouvées étaient la péritonite appendiculaire dans 74 % des cas (n=379) suivie de l'abcès appendiculaire dans 21,5 % des cas (n=110) et du plastron appendiculaire dans 4,5%(n=23) des cas. La chirurgie était pratiquée dans 95,5% des cas (n = 489). La voie d'abord utilisée était la laparotomie médiane sus et sous ombilicale dans 81 % des cas (n=415) et l'incision de Mac Burney dans 14,5%(n=74). L'appendice était gangréné dans 95,7 % des cas (n=490) à l'exploration. Le geste réalisé était l'appendicectomie dans 89,9 % des cas (n= 460). L'étude rapporte que 93,3%(n=478) des patients avaient un séjour total (pré et postopératoire) \leq 10 jours avec des extrêmes allant d'un jour et de 76 jours d'hospitalisation. La morbidité globale était de 11,5 % (n= 59). La suppuration pariétale était retrouvée dans 10 % des cas (n= 51). La mortalité était de 1,5 % (n = 8) tous enregistrés parmi les cas de péritonite appendiculaire. Le séjour hospitalier total (initial et post-appendicectomie) variait de un(1) jour à 76 jours ; 93,36%(n=478) avaient un séjour \leq 10 jours. La médiane de séjour hospitalier était de 14,5 jours ; 75% des patients passaient moins de 28 jours en hospitalisation (3^e quartile=28 jours).

Conclusion : Les appendicites compliquées sont fréquentes à l'HNN avec une morbidité importante. Le retard de la prise en charge constitue un facteur influençant la survenue des complications.

Mots-clés : Appendicite aigue, appendicite compliquée, péritonite appendiculaire, abcès appendiculaire, plastron appendiculaire, HNN, Niamey.

Management of Complicated Appendicitis in Adults at the Niamey National Hospital

Idé K.

Département de chirurgie de l'Hôpital National de Niamey, Niger

Hama Y.

Service de chirurgie générale et viscérale de l'hôpital National Amirou Boubacar Diallo de Niamey, Niger. Département de chirurgie de la Faculté des Sciences de La Santé de L'Université Abdou Moumouni

Saidou A.

Département de chirurgie de la Faculté des Sciences de La Santé de L'Université Abdou Moumouni. Service de chirurgie générale de L'hôpital général de référence de Niamey, Niger

Mahamadou Laouali O.

Service de chirurgie générale et viscérale de l'hôpital National Amirou Boubacar Diallo de Niamey, Niger

James Didier L.

Département de chirurgie de la Faculté des Sciences de La Santé de L'Université Abdou Moumouni

Chaibou M.S.

Sani R.

Département de chirurgie de l'Hôpital National de Niamey, Niger
Département de chirurgie de la Faculté des Sciences de La Santé de L'Université Abdou Moumouni

Abstract

Objective : To report the results of the management of complicated appendicitis in adults at the National Hospital of Niamey (HNN). Patients and method: This was a 10-year retrospective, descriptive, and analytical study including all patients over 15 years of age who had been managed for complicated appendicitis at HNN. Results: During the study period, 8127 abdominal emergencies were recorded, of which 1837 were of appendicular origin, of which 512 were complicated appendicitis, i.e. 6.3% of abdominal emergencies and 27.9% of all appendicular pathologies. These were 337 (65.8%) men and 175 (34.2%) women; i.e. a sex ratio of 1.9. The median age of patients was 30 years, with 75% of patients less than or equal to 40 years of age (3rd quartile=40 years) as well as extremes ranging from 16 years to 90 years. The median time to admission was 5 days (Q1=3, Q3=7) with a rate of 49.6% (n=254) of patients admitted after 48 hours. Complicated appendicitis was appendicular peritonitis in 74% of cases (n=379) followed by

appendicular abscess in 21.5% of cases (n=110) and appendicular plastron in 4.5% (n=23) of cases. Surgery was performed in 95.5% of cases (n = 489). The approach used was median laparotomy above and subumbilical laparotomy in 81% of cases (n=415) and Mac Burney incision in 14.5% (n=74). The appendix was gangrenous in 95.7% of cases (n=490) on exploration. Appendectomy was performed in 89.9% of cases (n=460). The study reports that 93.3% (n=478) of patients had a total stay (pre and postoperative) ≤ 10 days with extremes ranging from one day and 76 days of hospitalization. Overall morbidity mortality was 11.5% (n=59). Parietal suppuration was found in 10% of cases (n=51). Mortality was 1.5% (n=8), all recorded among cases of appendicular peritonitis.

Conclusion: Complicated appendicitis is common at NNH with significant morbidity mortality. Delayed treatment is a factor influencing the occurrence of complications.

Keywords: Acute appendicitis, complicated appendicitis, appendicular peritonitis, appendicular abscess, appendicular plastron, HNN, Niamey

Introduction:

Les appendicites compliquées peuvent grever l'évolution défavorable des appendicites aiguës simples (AA) en l'absence d'une prise en charge rapide et adéquate. Cependant il convient de rappeler l'absence de parallélisme anatomoclinique (Bennani, 1894). La complication la plus redoutable étant la péritonite aigue généralisée appendiculaire (DeCastro,2012),(Sengupta,2009). Les AC représentent 24 à 30% des appendicites (Rivkinea,2011),(Kim TH,2015), (Ashraf,2013),(Richard Nshuti,2014) avec une mortalité variant de 0,41% à 30,71% (Sani,2009),(Harouna,2001),(Maru Kim,2016) malgré que d'autres auteurs eussent rapporté une mortalité nulle. (Kitaoko,2014), (Mobima,2013).

Les AC constituent une urgence médicochirurgicale fréquente responsable de ce fait d'un véritable problème de santé publique. Leur diagnostic, qui n'est pas toujours aisé, repose sur l'examen clinique étayé par un bilan biologique et morphologique complémentaire (Amadou, 2019). La prise en charge des appendicites aiguës simples ou compliquées repose sur un diagnostic précoce, un geste thérapeutique prompt et adapté par la voie la moins invasive possible, une antibiothérapie ciblée ainsi qu'une surveillance continue avec réadaptation thérapeutique de la réponse clinique. A l'hôpital national de Niamey, la radiologie interventionnelle n'est pas disponible, ce qui rend le traitement non opératoire des AC difficile. Ainsi le but de cette étude est de rapporter la prise en charge des appendicites compliquées chez les adultes à l'hôpital national de Niamey et d'identifier leurs facteurs pronostiques.

Patients et methode

Il s'agissait d'une étude rétrospective, descriptive et analytique sur une durée de 10 ans (du 1^{er} janvier 2006 au 31 décembre 2015). L'étude incluait les patients des deux sexes âgés de plus de 15 ans pris en charge dans les services de chirurgie générale et /ou viscérale de l'Hôpital National de Niamey durant la période de l'étude pour un syndrome péritonéale ou occlusif chez qui en peropératoire une appendicite compliquée était trouvée. N'ont pas été inclus dans cette étude les patients pris en charge pour complications d'AA et qui étaient perdus de vue, ceux qui avaient un dossier incomplet et inexploitable et les patients opérés pour une autre cause non appendiculaire durant la période de l'étude. La présentation de l'autorisation de recherche délivrée par la faculté des sciences de la santé et la Direction générale de l'HNN a permis d'avoir accès aux informations, aux archives et registres d'hospitalisations. Les données ont été collectées à partir des registres du service des urgences, les archives du service d'épidémiologie et du service de la documentation de l'HNN, les dossiers des patients et les registres d'hospitalisations des services de chirurgie de l'HNN. Les données ont été collectées au moyen d'une fiche d'enquête individuelle élaborée à cet effet et remplie pour chaque patient. Les données ont été saisies et traitées avec les logiciels Word de Microsoft Office 2007, Excel de Microsoft Office 2013, Epi Info dans sa version 3.5.4 du 30 juillet 2012. Les variables étudiées étaient l'âge, le sexe, les signes cliniques, le type de complications, les examens paracliniques, l'anémie (définie par un taux d'hémoglobine inférieur à 12 grammes par décilitre ; l'hyperleucocytose (définie par l'élévation du taux des globules blancs au-delà de 10000/mm³), la leucopénie (définie par un taux de globules blancs inférieur à 4000/mm³), la thrombopénie (définie par un taux de plaquettes inférieur à 100 000/mm³), le traitement, les complications postopératoires et la mortalité. Comme traitement médical, chez tous les patients, le remplissage vasculaire pour corriger les désordres hydroélectrolytiques, une bi-antibiothérapie, associant une céphalosporine de 3^{ème} génération (à la dose de 75 – 100 mg/kg/jour, une fois par jour) et un imidazolé (à la dose de 25 – 30 mg/J en 3 prises) était instituée. L'analgésie associait chez tous les patients, le paracétamol, le tramadol et parfois l'acide niflumique. Les cas de plastron diagnostiqués cliniquement et confirmé par l'examen paraclinique, ont été traités par antibiothérapie, un traitement antalgique pendant 3 semaines suivis d'un contrôle échographique et aucun n'a bénéficié d'une chirurgie secondairement car le contrôle ne retrouve pas l'appendice ou parce que les patients sont perdus de vue. L'anesthésie générale a été utilisée chez tous les patients opérés et l'abord par laparotomie classique (élective ou médiane).

Resultats

Durant cette période, 8127 cas d'urgences abdominales ont été admis parmi lesquelles 1837 étaient des appendicites aiguës avec 512 cas d'appendicites compliquées représentant 6,3 % des urgences abdominales et 27,9 % des appendicites avec une incidence de 51 cas par an. Il s'agissait de 337 (65,8 %) hommes et de 175 (34,2 %) femmes soit un sexe ratio de 1,9. L'âge médian des patients était de 30 ans, avec 75% de patients d'âge inférieur ou égal à 40 ans (3^e quartile=40 ans) des extrêmes allant de 16 ans et de 90 ans. Les patients âgés de 16 à 30 ans représentaient 56,1% des cas (n=287). Quatre-vingt-treize patients soit 18,2% provenaient de la communauté urbaine de Niamey, le reste des patients provenaient de zones rurales (25,8 %, n= 127 et la provenance était inconnue pour 56%(n=292). Le délai d'évolution avant l'admission médian était de 5 jours (Q1=3 jours, Q3=7 jours). L'étude révèle un taux de 49,6%(n=254) de patients admis après 48 heures jusqu'à 7 jours de délai d'admission. Le délai médian d'évolution avant l'admission était en cas de péritonite appendiculaire de 7,5 jours (Q1=4,2 jours ; Q3=11,5 jours) avec 50% qui avaient un délai d'admission ≤ 7,5 jours ; 25% des patients ne dépassant pas 4,5 jours avant d'être admis. Pour l'abcès appendiculaire, le délai d'admission médian était de 7,5 jours (Q1=5 jours, Q3=11 jour), 50% de patients avaient un délai d'admission ≤ 7,5 jours ; 25% avec un délai d'admission ≤ 5 jours avant l'admission. Pour les cas de plastron appendiculaire, le délai médian d'admission était de 5,5 jours (Q1=2,75 jours ; Q2=10,75 jours ; 50% des patients avec un délai d'admission ≤ 5,5 jours, 25% avec un délai d'admission ≤ 2,75 jours et 75% dont le délai d'admission 10,75 jours. Les manifestations cliniques et paracliniques retrouvées sont résumées dans le tableau I.

Tableau I. Répartition des patients selon les signes cliniques et comorbidités

Signes et comorbidité	Appendicites compliquées	Plastron appendiculaire (n=23)	Abcès appendiculaire (n=110)	Péritonite appendiculaire (n=379)	Total (n=512)
Douleur abdominale		19 (3,7 %)	110 (21,5 %)	379(7 %)	508(99,2 %)
Vomissements		6(1,2 %)	79(15,4 %)	197(38,5 %)	282(55%)
Arrêt des matières et des gaz		-	-	151(29,5 %)	151(29,5 %)
Fièvre		8(1,6%)	107(20,9%)	196(38,3 %)	311(60,7%)
HTA		1(0, 2%)	13(2,5 %)	15(2,9 %)	29(5,7%)
Diabète		- 4(0,8%)	1(0,2%)	5(0,7%)	
Météorisme		21(4,1%)	90(17,6 %)	-	111(21,7%)
Sensibilité FID		14(2,7 %)	53(10,4 %)	8(1,56%)	14,6 %

Défense abdominale	23(4,5%)	110(15,4 %)	208(40,6%)	341(66,6 %)
Contracture abdominale	-	-	197(38,4%)	197(38,4%)
Masse fluctuante en FID	-	110(21,5 %)	-	110(21,5 %)
Empâtement en FID	23(4,5%)	52(10,2 %)	21(4,1 %)	96(18,7%)
Douleur au TR	23(4,5 %)	110(21,5 %)	345 (67, 4 %)	93, 4 %
Douglas bombant	-	54(10,5 %)	341(66,7 %)	77,2%

HTA : hypertension artérielle ; **FID** : fosse iliaque droite ; **TR** : toucher rectal.

Tableau II. Répartition des signes biologiques en fonction des appendicites compliquées

Appendicites compliquées Signes biologiques	Plastron appendiculaire (n=23)	Abcès appendiculaire (n=110)	Péritonite appendiculaire (n=379)	Total (n=512)
Hyperleucocytose	19(3,7 %)	83(16,2 %)	226(44,1%)	328(64%)
Neutropénie	-	-	25(4,8 %)	25(4,9 %)
Normal	4(0,8%)	27(5,3 %)	128(25 %)	159(31 %)
Anémie	-	2	23	
Thrombopénie	-	-	9(1,8 %)	9(1,8 %)
CRP positive	19(3,7 %)	-	-	-
Insuffisance rénale	-	-	24(4,7%)	-
Hyponatrémie	-	-	60(1,2 %)	-
Hypokaliémie	-	-	60(1,2 %)	-

L'échographie abdominale avait été réalisée dans 46 cas (9 %) et a permis d'affirmer le diagnostic d'abcès appendiculaire dans 19 cas (3,7 %), de péritonite appendiculaire dans 6 cas (1,2 %) et de plastron appendiculaire dans 6 cas (1,2 %). Le scanner abdominal a été réalisé chez 1 patient et a révélé une occlusion intestinale (0,001%).

Sur le plan thérapeutique, Le traitement médical a consisté : chez tous les patients, (n= 379) avec péritonite appendiculaire en une antibiothérapie faite de ceftriaxone injectable a la dose 75 – 100 mg / Kg / J en une prise associée a du métronidazole injectable a la dose de 25- 30 mg / Kg/ J en 3 prises jusqu'à la reprise du transit avec relai par la voie orale avec du cefixime cp et métronidazole a la dose de 2 cp 3 fois par jour pendant 3 semaines. Pour les cas de plastron (n=23) : de l'amoxicilline + de l'acide clavulamique par voie parentérale a la dose de 1g 3 fois par jour pendant 3 jours puis relai par la voie orale pendant 3 à 6 semaines. Pour tous les patients avec abcès appendiculaire (n=110), l'association de ceftriaxone injectable à la dose 75 – 100 mg / Kg / J en une prise associée à du métronidazole injectable à la dose de 25- 30 mg / Kg/ J en 3 prises jusqu'à la reprise du transit avec relai par la voie orale avec du cefixime en cp et métronidazole cp 2 cp 3 fois par jour pendant 10 jours. L'antibiothérapie était associée à un traitement antalgique fait de paracétamol

injectable puis par voie orale à la dose de 60 mg / kg/ j en 3 a 4 prises ,associée à du tramadol par voie parentérale puis voie orale à la dose de 50 à 100 mg. Un remplissage vasculaire (1,5 l a 3 l/j par une alternance de sérum salé, ringer lactate et sérum glucosé) a permis de corriger les troubles hydroelectrolytiques qui étaient présents.

Les patients qui avaient un diagnostic préopératoire de péritonite aiguë généralisée appendiculaire et d'abcès appendiculaire avaient été opérés. Les 23 patients (4,4%) avec plastron appendiculaire, diagnostiqués cliniquement et confirmé par l'examen paraclinique étaient traités par antibiothérapie : de l'amoxicilline + de l'acide clavulamique par voie parentérale à la dose de 1g 3 fois par jour pendant 3 – 5 jours puis relai par la voie orale pendant 3 à 6 semaines, associée au traitement symptomatique : un traitement antalgique pendant 3 semaines suivis d'un contrôle échographique et aucun n'a bénéficié d'une chirurgie secondairement car le contrôle ne retrouvait pas l'appendice dans 3,1% (n=16) et parce que les patients étaient perdus de vue dans 1,3%(n=7). Une aspiration, appendicectomie, lavage avec drainage ont été réalisés pour les cas de péritonite appendiculaire (n=379) et l'appendicectomie chez 15,8%(n=81) des abcès appendiculaires, associée à l'aspiration, lavage et drainage dans 21,5% (n=110%) La voie d'abord et les gestes sont résumés dans le tableau II.

Tableau III. Répartition des patients selon la voie d'abord et les gestes

Appendicites compliquées Gestes	Abcès appendiculaire (n=110)	Péritonite appendiculaire (n=379)	Total (n=489)
Laparotomie médiane sus et sous ombilicale	36(7%)	379 (74%)	415(81%)
Incision en FID	74(14,5%)	-	74 (14,5%)
Aspect macroscopique de l'appendice à l'exploration	Appendice gangrené 80(15,6%) Appendice phlegmoneux 30(5,9 %)	Appendice gangrené 379(74%) -	459(89,6 %) 30(5,9%)
Appendicectomie	81(15,8 %)	379(74%)	460(89,8 %)
Lavage	81(15,8 %)	379(74%)	460(89,8 %)
Drainage	110+ (21,5%)	379(74%)	489(95,5 %)

Les suites opératoires de ces appendicites compliquées étaient marquées par la survenue d'une morbimortalité globale de 11,5 %(n= 59) dont 51 cas de suppuration pariétale (10 %) et de 8 décès (1,5 %). Tous les décès étaient survenus parmi les cas de péritonite appendiculaire.

La médiane de séjour hospitalier est de 14,5 jours ; 75% des patients passaient moins de 28 jours en hospitalisation (3^e quartile=28 jours). Le séjour hospitalier total (initial et post-appendicectomie) variait de un(1) jour à 76 jours, 93,36%(n=478) avaient un séjour \leq 10 jours. Le séjour médian était de 14 jours, avec 95% ayant un séjour de un(1) à 10 jours, pour les abcès appendiculaire. La médiane était de 5 jours en cas de plastron et le séjour est inférieur ou égal à 10 jours pour les cas de plastron. Pour la péritonite appendiculaire, la médiane était de 11 jours d'hospitalisation et 91%(n=345) avec une durée de séjour de un(1) jour à 10 jours.

Discussion

Les AC demeurent toujours d'actualité et ne sont pas le seul apanage des pays en voie de développement (Mehinto, 2004), (Sun Gu Lim, 2011). Dans cette étude, elles représentaient 27,9 % des appendicites et 6,3% des urgences abdominales ; cette fréquence élevée des AC dans notre pays a déjà été rapportée par les études antérieures de Sani et al. (Sani, 2009) et (Amadou, 2019) qui ont rapporté respectivement 32,2% et 63,4% d'AC. Dans la littérature cette fréquence varie entre 23 à 66 % (Kim TH,2015), (Richard Nshuti,2014),(Sani,2009),(Sarsu,2016),(Kyung,2010).

Les AC constituent un réel problème de santé publique de par leur impact sur l'économie de la famille en particulier et du pays en général ; en effet les AC surviennent plus fréquemment chez le sujet jeune de sexe masculin, ainsi 65,8 % des cas de cette étude étaient des hommes avec un sex-ratio de 1,9 et un âge médian de 30 ans. Les sujets jeunes de sexe masculin, tranche d'âge la plus active, constituent la couche de la population qui fait plus recours à l'automédication avec des médicaments payés dans la rue le plus souvent. Certains auteurs ont rapporté une fréquence d'utilisation des médicaments payés dans la rue, de 72% en Côte d'Ivoire en 2011 par des acheteurs en majorité jeunes avec un âge moyen de 31,80 ans (Kachi Odile, 2011). Les sujets jeunes constituent aussi la couche de la population qui se prend elle-même en charge contrairement aux deux âges extrêmes (enfants et personnes âgées) qui sont entretenus par l'entourage qui réagit à leur moindre plainte.

Dans cette étude le sexe ratio était de 1,9 en faveur du sexe masculin. Cette tendance est aussi rapportée par d'autres auteurs avec un sex ratio variant de 1,14 à 2,01. (Mehinto, 2004), (Lim, 2011), (Agrawal, 2016) , (Sarsu, 2016). Cette prédominance masculine pourrait s'expliquer par la disposition anatomique féminine qui accorde une communication de la cavité péritonéale avec la filière génitale, permettant une meilleure résorption de l'inflammation appendiculaire dans cette partie du bassin, la fosse iliaque droite.

La pauvreté, l'automédication, le traitement préalable par un personnel peu qualifié, le manque de sensibilisation sur la pathologie constituent les

facteurs qui sont à l'origine du long délai d'admission des patients et constitue de ce fait un facteur influençant la survenue de ces AC.

Sur le plan thérapeutique, dans cette étude comme dans beaucoup de séries africaines la voie d'abord utilisée était essentiellement la laparotomie, qu'elle soit médiane ou élective, contrairement aux pays développés qui font plus recours à l'abord cœlioscopique.

(Chamsia,2009),(Harouna,2000),(Mitsingou,1994),(Kai-Biao,2015),(Ceci,2013).

La cœlioscopie est une technique qui n'est pas encore répandue au Niger en particulier et dans les pays en développement en général à cause de l'insuffisance voire le manque de matériel de cœlioscopie et aussi il n'y a pas assez de chirurgiens qui maîtrisent la technique. La laparoscopie est généralement reconnue pour ses avantages esthétiques avec une durée d'hospitalisation plus courte par rapport à la laparotomie et aussi la diminution du risque de survenue d'occlusion sur bride.

Malgré l'amélioration des conditions d'hygiène dans nos blocs, l'amélioration des techniques opératoires et du traitement médical la morbimortalité reste importante ; La mortalité des AC (1,86% de décès dans cette étude) reste importante dans nos pays en voie de développement malgré l'amélioration de l'hygiène dans les blocs opératoires et aussi de l'antibiothérapie. Elle est cependant quasi nulle dans les pays développés et certains pays africains (Amadou,2019), (Gomes CA,2018) ,(Bangou,2015). Ceci pourrait s'expliquer par le fait que les patients dans notre contexte arrivent en retard dans un état précaire favorable à toute sorte de complication. La principale complication était la suppuration pariétale aussi bien dans notre série que dans la littérature (Amadou, 2019),(Gomes,2018),(Bangou,2015). Donc l'amélioration des conditions d'hygiènes, une bonne antibiothérapie, des sensibilisations en vue d'une consultation précoce contribueront à réduire le taux de complications postopératoires.

Conclusion

Les appendicites compliquées sont fréquentes à l'hôpital national de Niamey. Elles surviennent surtout chez l'adulte jeune de sexe masculin. La survenue de ces appendicites compliquées serait influencée par le long délai d'admission.

Conflit d'intérêt : les auteurs ne déclarent pas de conflit d'intérêt en rapport avec cette étude.

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

Déclaration de financement : Les auteurs n'ont obtenu aucun financement pour cette recherche.

Etudes humaines : L'étude a été approuvée par le comité d'éthique : les autorisations de recherche délivrées par la faculté des sciences de la santé et la Direction générale de l'HNN. Le consentement des patients et leur entourage a été obtenu et l'anonymat des patients respecté.

References:

1. A. Bennani . Appendicites aiguës. Journal of the American College of Surgeon 2011 ; 207 : 43 -4.
2. De Castro M. M, Unlu C, Steller E. P, Van Wangersbeld B. A, Vrouenraets B. C. L'évaluation des scores de réponse inflammatoire de l'appendicite pour les patients avec une appendicite aiguë. Monde J Surg. 2012; 7(7):1521- 4.
3. Sengupta A, Bax G, Peterson-Brown S. Withe. Nombre de cellules et de mesure de la protéine C-réactive chez les patients avec une appendicite potentielle. Ann R coll Surg Engl .2009; 7 :113-115
4. Rivkinea .E , Lodicoa.R., Soyerb.P., et al. Reflection on the rate of deep abscesses in clinical practice of laparoscopy for acute uncomplicated appendicitis: Proposed a reasoned choice. Journal de Chirurgie Viscérale (2011) 148, 452-454.
5. Kim T.H, Cho B. S, Jung J. H, Lee M. S, Jang J. H, Kim C. N. Predictive Factors to distinguish between patients with non complicated appendicitis and those with complicated appendicitis. Ann Coloproctol. 2015 Oct; 31(5):192-7.
6. Ashraf Mohamed .A, Khaled M. Mahran. Appendicectomie laparoscopique dans l'appendicite compliquée: Est-il sécuritaire? J Minim accès Surg . 2013 avril-juin; 9 (2): 55-58.
7. RichardNshuti , Deirdr Kruger , Thifheli E. Luvhengo. La présentation clinique de l'appendicite aiguë chez les adultes à l'hôpital universitaire Chris Hani Baragwanath. Int J Emerg Med. 2014; 7-12.
8. Sani R, Chaïbou M.S, Adamou M et al. Péritonites aiguës : particularités étiologiques et aspects thérapeutiques au Niger. A propos de 406 cas. Bull Med Owendo 2009 ; 12(34) : 26-30.
9. Harouna .Y, L. Ali, A. Seidou et al. Deux ans de Chirurgie Digestif à l'Hôpital National de Niamey (Niger) : Etude analytique et prospective. Med Afr Noire 2001: 2001, 48 (2), 49-53.
10. Maru Kim, Sung-Jeep Kim, Hang Joo Cho. International normalized ratio and serum C-reactive protein are feasible markers to predict complicated appendicitis. World J Emerg Surg. 2016; 11- 31.

11. Kumiko Kitaoka, Kazuhiro Saito, Koichi Tokuyue. Important CT Findings for prediction of severe appendicitis: involvement of retroperitoneal space. *World J Emerg Surg.* 2014; 9- 62. Vol.5, N°1 (2013).
12. Timothee Mobima, P. Camego, G. Service, Woza Doyama née Mawa E, N. Nali Mamadou. L'apport de l'échographie dans le diagnostic des appendicites aiguës : A propos de 120 cas colligés à l'hôpital de l'amitié de Bangui (République Centre Africaine). Vol.5, N°1 (2013).
13. Mehinto D.K, Olory-Togbe J.L., Padonou. Les complications d'appendicectomie pour appendicite aiguë chez l'adulte au Centre National Hospitalier et Universitaire (CHNU) de Cotonou. *Med Afr Noire.* 2004, vol. 51,6:361-5
14. Sun Gu Lim , Eun Jung Ahn , Seong Yup Kim et al. A clinical comparison of Laparoscopic versus open appendectomy for complicated appendicitis. *J Korean Soc Coloproctol .* 2011 Dec; 27 (6): 293-297.
15. I AMADOU.MAGAGI, H ADAMOU, O ADAKAL, O HABOU, M DOUTCHI, A MAGAGI, K GANIOU, YD HAROUNA, R SANI. L'appendicite aigue et ses complications dans un pays a ressources limitées : étude d'une série de 254 patients a l'Hôpital National de Zinder, Niger. *J AFR CHIR DIGEST* 2019 ;VOL 19(2) :2792 – 2796 ISSN : 2415 – 2307.
16. Sevgi Buyukbese Sarsu et al. Diagnostic value of white blood cell and C-reactive protein in pediatric appendicitis. *Biomed Res Int.* volume 2016, Article ID 6508619, 6 pages <http://dx.doi.org/10.1155/2016/6508619>.
17. Kyung Chae Kang , Seok Lee Youn , Dong Baek Kang et al. Application of Single Incision Laparoscopic Surgery for Appendectomies in Patients with Complicated Appendicitis. *JKoreanSoc.Coloproctology .* 2010 Dec; 26 (6): 388-394.
18. K.O.ANGBO-EFFL., D.P.KOUASSI., G.H.A.YAO et al. Facteurs déterminants la consommation des médicaments de la rue en milieu urbain. *Santé publique,* 2011/6 Vol 23, p.455-464.
19. Vikesh Agrawal, Roshan Chanchlani, Dhananjaya Sharma. Early laparoscopic management of appendicular mass in children: Still a taboo, or time for a change in surgical philosophy? *J Minim Access Surg.* 2016 Apr-Jun; 12(2): 98–101.
20. Chamisa I. Examen clinicopathologique de 324 annexes retiré pour une appendicite aiguë à Durban. . *Afrique du Sud: une analyse rétrospective Ann R Coll Surg Engl.* 2009; 7 : 688-669.

21. Harouna Y, S. Amadou , M. Gazi et al. Les appendicites au Niger : pronostic actuel. Bulletin De La Societe De Pathologie Exotique. 2000;93 :314-316
22. Mitsingou J.C, P. Goma. Réflexion sur la pathologie appendiculaire :A propos de 48 cas colligés à la Clinique Chirurgicale des Armées de Pointe-Noire (Congo). Médecine d'Afrique Noire : 1994, 41
23. Kai-Biao Lin, Chien Lung-Chan, Nan-Ping Yang et al. Epidemiology of appendicitis and appendectomy for the low-income population in Taiwan, 2003-20011. BMC Gastroenterol. 2015; 15-18.
24. Ceci F, S. Orsini, A. Tudisco et al. Single-incision laparoscopic appendectomy is comparable to conventional laparoscopic and laparotomic appendectomy: our single center single surgeon experience. G Chir. 2013 Jul-Aug; 34(7-8): 216–219.
25. GomesCA,Abu-ZidanFM,SartelliM,CoccoliniF,AnsaloniL, Baiocchi GL, et al. Management of Appendicitis Globally.Based on income of countries(MAGIC) Study. World j Surg. 2018 ;42(12) : 3903 – 10.
26. Bhangu A, Soreide K, DiSaverio S, Assarsson JH , DrakeFT. Acute appendicitis : modern understanding of pathogenesis, diagnosis,and management.TheLancet.2015;386(10000) : 1278 – 87.

**Traumatisme Ouvert de la Main par Introduction dans le
Moulin (main de moulin) Chez l'Enfant : Aspects
Epidémiologiques, Lésionnels, et Thérapeutiques au Service
de Chirurgie Pédiatrique du Centre Hospitalier Universitaire
Sylvanus Olympio de Lomé (Togo)**

Salhadine Yacoub Ahmat

Kebalo Sosso Piham

Teko Dede Virginie

Donou Amivi Alice

Folly Amavi

Sekoudji Komlan

Service de chirurgie pédiatrique du CHU Sylvanus Olympio
Université de Lomé, Togo

Agoda-Koussema Lama

Service de radiologie et imagerie médicale du CHU Sylvanus Olympio
Université de Lomé, Togo

Gnassingbe Komla

Service de chirurgie pédiatrique du CHU Sylvanus Olympio
Université de Lomé, Togo

[Doi:10.19044/esj.2023.v19n36p40](https://doi.org/10.19044/esj.2023.v19n36p40)

Submitted: 13 December 2023

Accepted: 23 December 2023

Published: 31 December 2023

Copyright 2023 Author(s)

Under Creative Commons CC-BY 4.0

OPEN ACCESS

Cite As:

Salhadine Y.A., Kebalo S.P., Teko D.V., Donou A.A., Folly A., Sekoudji K., Agoda-Koussema L. & Gnassingbe K.(2023). *Traumatisme Ouvert de la Main par Introduction dans le Moulin (main de moulin) Chez l'Enfant : Aspects Epidémiologiques, Lésionnels, et Thérapeutiques au Service de Chirurgie Pédiatrique du Centre Hospitalier Universitaire Sylvanus Olympio de Lomé (Togo)*. European Scientific Journal, ESJ, 19 (36), 40.

<https://doi.org/10.19044/esj.2023.v19n36p40>

Résumé

Contexte : la main de moulin se définit comme tout traumatisme de la main causée par une machine servant à moudre des céréales, des légumes ou toute autre denrée alimentaire. Elle est rencontrée dans notre milieu hospitalier motivant notre étude. Objectif : étudier les aspects épidémiologiques,

lésionnels et donner un aperçu sur la prise en charge de la main de moulin au service de chirurgie pédiatrique du CHU Sylvanus Olympio de Lomé.

Méthodes : il s'agissait d'une étude rétro prospective couvrant une période de 5 ans allant du 01 juin 2017 au 31 Mai 2022. Ont été inclus tous les enfants de 0 à 15 ans pris en charge dans le service de chirurgie pédiatrique du CHU SO Lomé pour un traumatisme ouvert de la main causé par un moulin.

Résultats : nous avons enregistré 30 cas des mains de moulin soit 5,23% de tous les traumatismes ouverts de la main. La prédominance était masculine (18 garçons contre 12 filles). La tranche d'âge la plus touchée était celle de 10 à 15 ans avec un âge moyen de 9,07 +/- 4. La circonstance la plus retrouvée était l'accident de travail. La majorité des traumatismes ont eu lieu au moulin public. La face de la main la plus touchée était celle plantaire. Le troisième rayon était le plus touché. Sur la face palmaire, la zone I de Verdan était la plus touchée dans 16 cas ainsi que sur la face dorsale dans 4 cas. Les phalanges étaient les plus touchées. La fracture était la lésion la plus fréquente. Les gestes opératoires étaient multiples du fait de la multiplicité des lésions.

Conclusion : les mains de moulin chez l'enfant sont caractérisées par des lésions multiples et variées rendant la prise en charge complexe, posant ainsi un problème de santé publique.

Mots-clés: Main, moulin, enfant, CHUSO, Lomé

Open Hand Trauma by Introduction Into the Mill (Mill Hand) in Children: Epidemiological, Lesional, and Therapeutic Aspects in the Pediatric Surgery Department of the Centre Hospitalier Universitaire Sylvanus Olympio in Lomé (Togo)

Salhadine Yacoub Ahmat

Kebalo Sosso Piham

Teko Dede Virginie

Donou Amivi Alice

Folly Amavi

Sekoudji Komlan

Service de chirurgie pédiatrique du CHU Sylvanus Olympio
Université de Lomé, Togo

Agoda-Koussema Lama

Service de radiologie et imagerie médicale du CHU Sylvanus Olympio
Université de Lomé, Togo

Gnassingbe Komla

Service de chirurgie pédiatrique du CHU Sylvanus Olympio
Université de Lomé, Togo

Abstract

Context: mill hand is defined as any trauma to the hand caused by a machine used to grind cereals, vegetables or any other foodstuff. It is encountered in our hospital environment motivating our study.

Objective : étudier les aspects épidémiologiques, lésionnels et donner un aperçu sur la prise en charge de la main de moulin au service de chirurgie pédiatrique du CHU Sylvanus Olympio de Lomé.

Methods: this was a retro prospective study covering a 5-year period from June 01, 2017 to May 31, 2022. Were included all children aged 0 to 15 years cared for in the pediatric surgery department of CHU SO Lomé for open hand trauma caused by a mill.

Results: We recorded 30 cases of mill hands, i.e. 5.23% of all open hand traumas. The predominance was male (18 boys versus 12 girls). The age group most affected was 10 to 15 years, with an average age of 9.07 +/- 4. The most common circumstance was a work accident. The majority of injuries occurred at the public mill. The side of the hand most affected was the plantar side. The third ray was the most affected. On the palmar side, Verdan zone I was most affected in 16 cases, and on the dorsal side in 4 cases. The phalanges were the

most affected. Fracture was the most frequent lesion. Multiple surgical procedures were required, due to the multiplicity of lesions.

Conclusion: Mill hands in children are characterized by multiple and varied lesions, making management complex and posing a public health problem.

Keywords: Hand, mill, child, CHUSO, Lomé

Introduction

Le faible taux d'industrialisation du secteur agro-alimentaire dans les pays sous-développés rend difficile l'accès aux produits finis de consommation. De ce fait le consommateur joue un rôle primordial dans la transformation des céréales, légumes ou autre denrée alimentaire en faisant recours aux moulins. Plusieurs enfants se retrouvent ainsi engagés dans ce processus de transformation du fait d'une non réglementation de l'utilisation et de la fréquentation de ces moulins. L'immaturation de cette population pédiatrique l'expose dès lors à des accidents au moulin. L'un des accidents rencontrés dans notre structure hospitalière est le traumatisme de la main par introduction dans le moulin.

La main de moulin (MM) se définit comme tout traumatisme ouvert de la main causé par une machine servant à moudre des céréales, des légumes ou toute autre denrée alimentaire. C'est une entité très peu décrite dans la littérature et encore plus chez l'enfant. Elle peut être cause de lésions pouvant s'avérer mutilantes chez l'enfant. Leur prise en charge s'avère très délicate chez l'enfant du fait de l'anatomie très complexe, de la petite taille et la position superficielle des éléments nobles de la main ((Fitoussi 2013) et demande une bonne planification et exécution du protocole thérapeutique établi. Notre travail avait pour objectif d'étudier les aspects épidémiologiques, lésionnels et donner un aperçu sur la prise en charge de la main de moulin au service de chirurgie pédiatrique du Centre Hospitalier Universitaire Sylvanus Olympio (CHU SO) de Lomé.

Matériel et Méthodes :

Il s'est agi d'une étude rétro prospective de type descriptif couvrant une période de 05 ans allant du 1^{er} juin 2017 au 31 mai 2022. Elle a été réalisée dans le service de chirurgie pédiatrique du Centre hospitalier universitaire Sylvanus Olympio (CHU-SO) de Lomé. Ont été inclus, les dossiers des enfants dont l'âge était compris entre 0 et 15 ans sans distinction de sexe, qui avaient bénéficié d'une prise en charge dans le service pour un traumatisme d'une (des) main (s) provoqué par un moulin. Les paramètres étudiés étaient : l'âge, le sexe, le mode d'admission, la lésion et le traitement chirurgical et orthopédique. La saisie a été faite sur le logiciel EPI DATA 3.1 et le traitement des données sur le logiciel SPSS.

Était considéré comme accident domestique tout traumatisme survenu à domicile quel que soit sa nature, accident du jeu tout traumatisme survenue au décours d'un jeu en dehors du domicile et accident du travail tout traumatisme survenu quelle qu'en soit la raison, lors d'une activité professionnelle ou d'apprentissage.

Résultats

Durant notre période d'étude, nous avons enregistré 157 cas de traumatisme de la main dont 30 cas causés par un moulin soit 5,23%. La tranche d'âge la plus touchée était celle de 11 à 15 ans avec un âge moyen de 9,07 +/- 4 (Tableau I).

Tableau I. Répartition selon les tranches d'âge

	Effectifs	Fréquence
1-5 ans	6	20
6-10 ans	11	36,6
11-15 ans	13	43,3

La prédominance était masculine (18 garçons contre 12 filles) soit un ratio de 3/2.

La circonstance la plus fréquente était les accidents du travail chez 11 cas (36%), suivie des accidents de jeu 10 cas (30%) (Tableau II).

Tableau II. Répartition des patients selon les circonstances de survenue

	Effectifs	Fréquence
Accident du travail	11	36
Accident domestique	9	30
Accident du jeu	10	33
Total	30	100

La majorité de ces traumatismes soit 19 cas (63,3%) ont eu lieu dans un moulin public.

Le moulin le plus incriminé était celui à céréales dans 19 cas (63,3%), suivi du moulin à viande dans 7 cas (23,3%) et du moulin à sauce dans 4 cas (13,3%).

L'atteinte était à droite dans 23 cas (76,6%) et à gauche 7 cas (23,3%). Tous les traumatismes (100%) étaient ouverts.

Les lésions intéressaient la face palmaire dans 20 cas (66,6%) et la face dorsale dans 10 cas (33,3%).

Le rayon de la main le plus touché était par ordre de fréquence le troisième rayon dans 22 cas (73,3%), le quatrième rayon dans 17 cas (56,6%), le deuxième rayon dans 15 cas (50%), le premier rayon dans 12 cas (40%) et le cinquième rayon dans 10 cas (33%). Un patient pourrait présenter une atteinte de plusieurs rayons à la fois.

Tableau III. Répartition des patients selon le rayon atteint

	Effectifs	Fréquence
Premier rayon	12	40
Deuxième rayon	15	50
Troisième rayon	22	73,3
Quatrième rayon	17	56,6
Cinquième rayon	10	33,3

Sur la face palmaire, la zone de Verdan la plus touchée était la zone I dans 16 cas (53,3%), la zone II dans 10 cas (33,3%) et la zone III dans 7 cas (23,3%) (Figure 1). Plusieurs zones pouvaient être touchées chez le même patient.

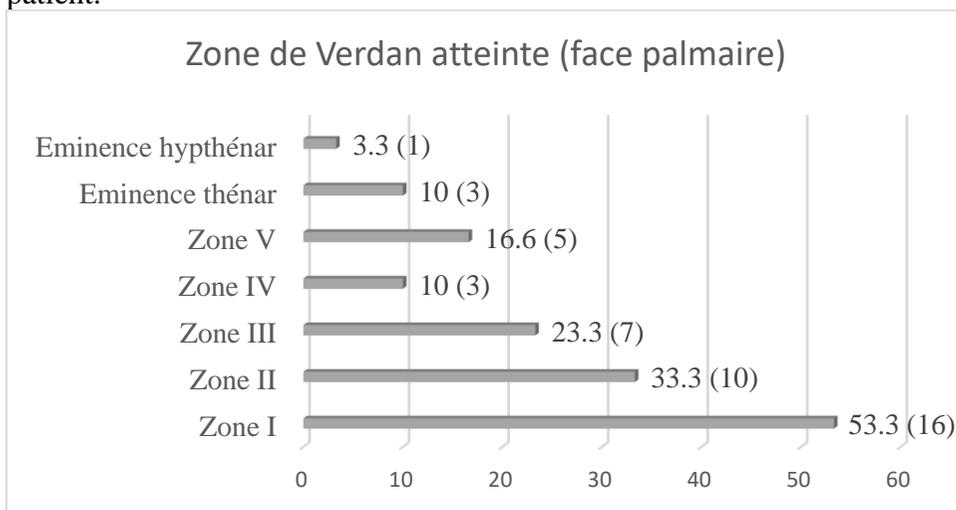


Figure 1. Répartition des lésions selon les zones de Verdan sur la face palmaire

Sur la face dorsale de la main, la zone de Verdan la plus touchée était la zone 1 dans 4 cas (13,3%), la zone 2 et 3 dans 3 cas (10%) et la zone 4 et 6 dans 2 cas (6,6%) (Figure 2). Plusieurs zones pouvaient être touchées chez le même patient.

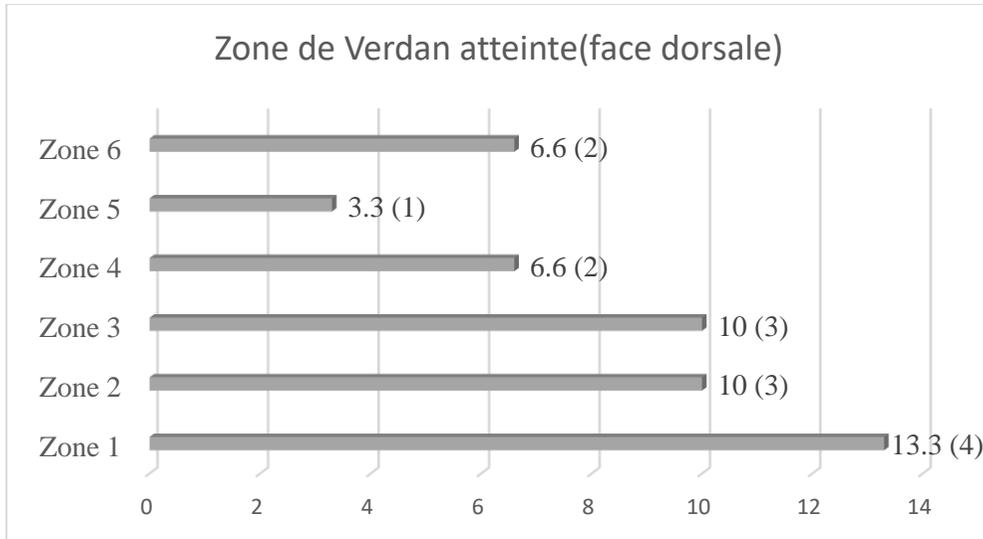


Figure 2. Répartition des lésions selon les zones de Verdand sur la face dorsale
 Les phalanges étaient les segments osseux les plus touchés dans 27 cas (90%) suivis des métacarpes dans 8 cas (26,6%) et le carpe dans 3 cas (10%). L'atteinte pouvait être isolée ou multiple.

Concernant les phalanges, la phalange distale était la plus touchée dans 19 cas (63,3%), suivie de la phalange intermédiaire dans 18 cas (60%) et la phalange proximale dans 17 cas (56,6%). Un patient peut présenter l'atteinte d'une ou plusieurs phalanges.

La fracture était le type de lésion la plus fréquente dans 18 cas (60%), suivie des plaies simples et des sections tendineuses dans 17 (56,6%) et des amputations dans 12 cas (40%) (Tableau IV).

Les lésions étaient multiples dans la majorité des cas (29 cas) ; l'atteinte n'était isolée que chez 01 patient. Il s'agissait d'une plaie hémi circonférentielle siégeant en zone 1 de VERDAN de la face palmaire du 3ème rayon du doigt causé par un moulin à sauce.

Tableau IV. Répartition des patients selon le type de lésion

	Effectifs	Fréquence
Plaie simple	17	56,6
Plaie délabrante	9	30
Amputation	12	40
Section tendineuse	17	56,6
Fracture ouverte	18	60
Ecrasement	1	3,3



Figure 3. Main de moulin causée par un moulin à céréale a l'admission (CHUSO Lomé, 2022)

Suivant le type de lésion, les actes réalisés étaient le parage-suture, la réparation tendineuse, la régularisation de moignon, l'embrochage et l'immobilisation. Plusieurs actes pouvaient être posés chez le même patient en fonction des lésions.

Tableau V. Répartition des patients selon le traitement

		Effectifs	Fréquence
Traitement chirurgical	Parage suture	30	100
	Tendinoraphie	16	53,3
	Régularisation	6	20
	Embrochage	8	26,6
Traitement orthopédique	Immobilisation	13	43,3



Figure 4. Main de moulin causée par un moulin à céréale après lavage (CHUSO Lomé,2022)



Figure 5. Main de moulin après la prise en charge chirurgicale (CHU_SO Lomé, 2022)

Discussion

La proportion des mains de moulins était non négligeable dans notre étude. Elle représentait 5,23% de tous les traumatismes de la main chez l'enfant reçus durant la période d'étude. Il s'agissait de traumatismes ouverts de la main chez tous les patients. Ces moulins à usage commercial et/ou domestiques sont de 02 sortes : Le moulin à céréales et le moulin à sauce ou à condiments. Ils sont munis de systèmes de broyage peu protégés ; facilement accessibles à la main du meunier ou de l'utilisateur ; tant ce processus de broyage demande la participation active aussi bien du meunier que de l'utilisateur. Ces traumatismes surviennent lorsqu'une des mains est introduite dans ce système de broyage alors que le moteur est en marche ou en instance d'arrêt.

Dans notre étude, nous avons noté une prédominance masculine et l'accident de travail était la circonstance la plus fréquente. En effet dans nos milieux, l'apprentissage du métier de meunier reste exclusivement réservé aux garçons. De plus il n'existe pas de réglementation fixant l'âge d'apprentissage de ce métier à risque, faisant que des apprentis de tout âge sont retrouvés dans ce secteur d'activités (moulins). Les études faites également sur les traumatismes de la main chez l'enfant ressortent cette nette prédominance (Fitoussi 2013; Sung et Lee 2021).



Figure 6. Image d'un moulin à céréales

Les adolescents étaient les plus atteints. Ils sont jugés à cet âge aptes à l'apprentissage et aussi à aider pour certaines tâches telles que moulinde les céréales et les légumes.

Dans la littérature, de tels traumatismes ouverts de la main chez l'enfant causés par des machines ont été retrouvés mais étaient des accidents domestiques avec comme agent causal, le hachoir à viande (Gebreslassie Kassa 2017; Nur Rachmat Lubis 2012).

Le troisième rayon (majeur) de la main était le plus touché dans notre étude dans 22 cas (73,3%). Il est en effet le doigt le plus long et par ricochet celui à être le premier en contact avec le dispositif servant à moulinde. Sur la face palmaire la zone I de Verdan était la plus touchée dans 16 cas (53,3%) ainsi que sur la face dorsale dans 4 cas (13,3%). Les phalanges étaient les plus touchées dans 27 cas, du fait de leur situation distale. Ces zones sont les premières à entrer en contact avec la machine avant l'attraction des autres rangées de la main dans le moulin.

Les lésions à la main étaient multiples. La lésion la plus fréquente était la fracture dans 18 cas (60%). Ces traumatismes étaient mutilants dans 40% de cas. Ces constats témoignent de la haute énergie du mécanisme dans ces traumatismes.

Du fait de la multiplicité des lésions, la prise en charge de ces mains de moulinde ont nécessité la réalisation de plusieurs gestes dans le même temps opératoire (parages, régularisations, brochages, tendinographies, immobilisations).

Conclusion

Les mains de moulinde chez l'enfant dans notre étude intéressaient les adolescents de sexe masculin et étaient survenues au decours des accidents de travail. Elles étaient caractérisées par des lésions multiples et variées rendant la prise en charge complexe et délicate. Ces lésions se sont avérées quelque fois mutilantes. Une réglementation du cadre d'apprentissage de ce métier, de la fréquentation des moulins et une vulgarisation du commerce des produits

finis de consommation de base pourraient contribuer à prévenir de tels accidents chez les enfants.

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

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

Déclaration de financement : Les auteurs n'ont obtenu aucun financement pour cette recherche.

Déclaration pour les participants humains : L'étude a été approuvée par le Centre Hospitalier et Universitaire Sylvanus Olympio et les principes de la Déclaration d'Helsinki ont été respectés.

Références :

1. Fitoussi, F. 2013. « Généralités sur les traumatismes de la main de l'enfant ». *Chirurgie de la Main* 32 (septembre): S2-6. <https://doi.org/10.1016/j.main.2013.02.017>.
2. Gebresslassie Kassa, Berhe. 2017. « Meat Grinder Hand Injuries: Serial Cases ». *MOJ Clinical & Medical Case Reports* 6 (6). <https://doi.org/10.15406/mojcr.2017.06.00179>.
3. Nur Rachmat Lubis. 2012. « Meat Grinder Injury to the Hand: Serial Cases ». *Journal of Indonesian Orthopaedic* 40 (3).
4. Sung, Ki Pyo, et Soo Hyang Lee. 2021. « Pediatric Hand Trauma: An Analysis of 3,432 Pediatric Hand Trauma Cases Over 15 Years ». *Journal of Trauma and Injury* 34 (4): 257-62. <https://doi.org/10.20408/jti.2021.0037>.

Pratiques paysannes de production de bulbes d'oignon (*Allium cepa* L.) sur le site maraicher de Kollo en zone périurbaine de Niamey

Boukary Habsatou

Chercheur à l'INRAN, SP/CNRA, Niger

Mahamane Moctar Rabe

Université Djibo Hamani de Tahoua,
Faculté des Sciences Agronomiques, Niger

Haoua Bori

Chercheur à l'INRAN, Département des Cultures Irriguées, Niger

Yahaya Bako Zinniratou

Soumaila Abdoulaye Almoustapha

Université Djibo Hamani de Tahoua,
Faculté des Sciences Agronomiques, Niger

[Doi:10.19044/esj.2023.v19n36p51](https://doi.org/10.19044/esj.2023.v19n36p51)

Submitted: 30 August 2023

Accepted: 23 December 2023

Published: 31 December 2023

Copyright 2023 Author(s)

Under Creative Commons CC-BY 4.0

OPEN ACCESS

Cite As:

Boukary H., Rabe M.M., Bori H., Yahaya Bako Z. & Soumaila Abdoulaye A. (2023). *Pratiques paysannes de production de bulbes d'oignon (Allium cepa L.) sur le site maraicher de Kollo en zone périurbaine de Niamey*. European Scientific Journal, ESJ, 19 (36), 51.

<https://doi.org/10.19044/esj.2023.v19n36p51>

Résumé

L'oignon est une des principales cultures maraichères dans toutes les régions du Niger. Pour ses bulbes et ses feuilles et ses vertus. La culture d'oignon se pratique essentiellement en saison sèche froide sous irrigation. Les raisons qui limitent sa production sur toute l'année sont entre autres le manque de variété qui s'adapte aux différentes saisons. Pour comprendre les pratiques paysannes liées à la production d'oignon dans la commune urbaine de Kollo, une enquête a été menée auprès de 100 producteurs. Les données ont été traitées et analysées avec les logiciels Excel et SPSS version 22. Les résultats montrent que les femmes sont majoritairement responsables (62%) de cette culture. Plus de la moitié (54%) exploitent les terres acquises sous héritage et empruntées. Les variétés cultivées sont le violet de Galmi (97%),

la variété Safari (4%) et le blanc de Galmi (2%). Dans la commune urbaine de Kollo, les producteurs ne font pas leur propre pépinière, mais achètent plutôt les plants au près des pépiniéristes. La superficie moyenne exploitée par ménage est de 344m² avec un rendement moyen de 8078,57 kg/ha soit 8 tonnes/ha. Ce rendement a été possible grâce à l'utilisation du système d'irrigation gravitaire, à l'utilisation combinatoire d'engrais chimiques NPK et Urée associés au fumier et aux pesticides naturels pour protéger ces cultures contre certaines attaques phytosanitaires. Toutefois, on note une absence de magasins améliorés pour la conservation d'oignons. Les producteurs conservent leur oignon dans leurs concessions sur du sable, ce qui entraîne souvent les ventes directes après récolte ou les pertes de produit en conservation. Les principales contraintes relevées de l'enquête est l'insuffisance de l'eau d'irrigation, l'insuffisance de formation sur les techniques de productions notamment sur les traitements phytosanitaires mais aussi le stockage. Pour résoudre ces problèmes majeurs affectant leur activité économique, il serait nécessaire d'introduire des variétés adaptées aux différentes saisons et former ces producteurs sur les bonnes pratiques de production de l'oignon.

Mots-clés: Pratique paysanne, variétés adaptées, violet de Galmi, irrigation gravitaire

Farmer Practices for Producing Onion Bulbs (*Allium cepa* L.) on the Market Gardening Site of Kollo in the Peri-Urban Area of Niamey

Boukary Habsatou

Chercheur à l'INRAN, SP/CNRA, Niger

Mahamane Moctar Rabe

Université Djibo Hamani de Tahoua,
Faculté des Sciences Agronomiques, Niger

Haoua Bori

Chercheur à l'INRAN, Département des Cultures Irriguées, Niger

Yahaya Bako Zinniratou

Soumaila Abdoulaye Almoustapha

Université Djibo Hamani de Tahoua,
Faculté des Sciences Agronomiques, Niger

Abstract

Onion is one of the main market garden crops in all regions of Niger. For its bulbs and its leaves and its virtues. Onion cultivation is mainly practiced in the cold dry season under irrigation. The reasons which limit its production throughout the year include the lack of variety which adapts to the different seasons. To understand peasant practices linked to onion production in the urban commune of Kollo, a survey was conducted among 100 producers. The data were processed and analyzed with Excel and SPSS version 22 software. The results show that women are mainly responsible (62%) for this culture. More than half (54%) exploit land acquired through inheritance and borrowing. The varieties cultivated are Galmi purple (97%), Safari variety (4%), and Galmi white (2%). In the urban commune of Kollo, producers do not make their nurseries but rather buy plants from nurseries. The average surface area used per household is 344m² with an average yield of 8078.57 kg/ha or 8 tonnes/ha. This yield was possible thanks to the use of the gravity irrigation system, the combinatorial use of NPK and Urea chemical fertilizers associated with manure, and natural pesticides to protect these crops against certain phytosanitary attacks. However, there is a lack of improved stores for storing onions. Producers store their onions in their concessions on the sand, which often leads to direct sales after harvest or loss of preserved product. The main constraints identified by the survey are insufficient irrigation water, insufficient training on production techniques, particularly phytosanitary treatments, but also storage. To resolve these major problems affecting their economic activity, it would be necessary to introduce varieties

adapted to different seasons and train these producers on good onion production practices.

Keywords: Farmer practice, adapted varieties, Galmi violet, gravity irrigation

Introduction

Au Niger, l'une des composantes fondamentales de l'économie des ménages est l'agriculture (Boukary Habsatou, 2014). Essentiellement rurale et rudimentaire, elle constitue la principale source de revenu pour plus de 80% de la population (Abdoul Habou Z et *al.*, 2016, cité par BORI Haoua, 2020). Sa contribution à la croissance économique du pays fait d'elle un talon d'Achille pour la réduction de la pauvreté (INS, 2019). Elle régit près de 40 % du Produit Intérieur Brut (PIB), et 80 % des emplois, pour une superficie cultivable limitée à 13 % du territoire (SPN2A, 2020). Le potentiel des terres irrigable du Niger correspond à une superficie d'environ 11 millions d'hectares dont seulement 161 236 hectares ont été exploités en 2018 (CSAN-NIGER, 2020). Pour pallier aux difficultés qui entravent le secteur agricole, le gouvernement a élaboré une stratégie de la petite irrigation (RECA, 2018). Cette stratégie vise à atteindre l'objectif de l'initiative 3N d'où la nécessité de développer le maraîchage qui, contribue à assurer non seulement les équilibres alimentaires des populations mais participe également à la réduction de la pauvreté ainsi qu'à la lutte contre la carence alimentaire des ménages surtout ruraux (RECA, 2018). Le maraîchage est une activité agricole pratiquée surtout en saison sèche froide et moins en saison pluvieuse. C'est une activité liée à la production des légumes en général dont le chou, la tomate, la pomme de terre, le poivron, le piment, l'ail, l'oignon et la laitue (NAPO, 2013). La production de l'oignon bulbe figure parmi les cultures dominantes et les plus exportées vers l'extérieur. La production de l'oignon est l'une des principales cultures en zone urbaine et périurbaine et contribuant ainsi au développement économique des villes.

Produit endogène, connu depuis des siècles, dont le centre d'origine se situe en Iran (M. P. CORTESE & M. SEINI, FAO 2021), la production et de la commercialisation de l'oignon remonte au passé lointain du Niger, bien avant la colonisation.

Le Niger est le deuxième producteur d'oignon en Afrique de l'Ouest (Boukary et *al.*, 2012) et le premier exportateur (Eplucher oignon, 2010). L'oignon est l'un des légumes le plus important du Niger en raison de son utilisation en alimentation et en médecine (RECA, 2014). D'après les résultats du MAG/EL (2021) la production annuelle de la campagne 2020-2021 de l'oignon est estimée à 1 212 279,39 tonnes.

Malgré sa forte production, l'oignon du Niger, butte à des contraintes qui sont entre autres : la non maîtrise des itinéraires techniques qui les

contraignent les producteurs à utiliser pour le moment de petites superficies ; le problème d'accès à la terre surtout pour les femmes ; la rareté voir l'absence des variétés adaptées ; la mauvaise qualité des intrants et les aléas climatiques (YILI Diane L.N, 2013) ;

Dans un souci de vulgarisation de nouvelles technologies, il est indispensable d'agir sur les itinéraires techniques de production d'oignon (Almoustapha, 2022) en milieu paysan. Pour cela une investigation sur les techniques de production de bulbes d'oignon s'avère nécessaire. Cette étude a pour objectif d'identifier les pratiques paysannes de production de bulbes d'oignon dans une zone périurbaine de Niamey : cas du site maraicher de Kollo.

Objectif Général

L'objectif général est d'identifier les pratiques paysannes de production de bulbes d'oignon dans une zone périurbaine de Niamey : cas du site maraicher de Kollo.

Objectifs Spécifiques

Spécifiquement il s'agit de : Connaitre les pratiques paysannes de production de bulbes d'oignon dans la zone d'étude ainsi que les variétés utilisées ; Identifier les contraintes de production dans la zone d'étude.

Matériel et méthodes

Présentation de la zone d'étude (commune urbaine de kollo)

Comprise entre les latitudes 13°11 et 13°25 Nord et longitudes 2°17 et 2°27 Est, la commune urbaine de Kollo est située dans la partie sud du département de Kollo (région de Tillabéri). Elle se trouve à 34 km au sud de la ville de Niamey et 158 km au sud de son chef-lieu de région qui est Tillabéri. Kollo est le chef-lieu de la commune urbaine et en même temps le chef-lieu du département du même nom. Elle couvre avec la Commune Urbaine de Kouré une superficie de 1465 km². Elle est limitée au Nord par la Commune Urbaine de N'Dounga, à l'Ouest par le fleuve, au Sud par la Commune Urbaine de Kirtachi et au Sud – Est par la Commune Urbaine de Kouré (PDC, CU 2020).

Le climat de la zone est de type soudano sahélien caractérisé par deux saisons :

Une courte saison de pluie qui s'étale de juin à septembre, marquée par un régime de pluie abondant mais très irrégulier dans le temps et dans l'espace comme le montre le tableau 1 ci-dessous ; une longue saison sèche (octobre à mai) marqué par deux (2) temps :

Une période froide (octobre à février) où les températures moyennes varient de l'ordre 20°C. Une période chaude (Mars à juin) avec des

températures allant jusqu'à 45°C en certains endroits (DDA, PDC CU Kollo, 2020).

Cette zone regorge d'importantes ressources en eaux de surface qui sont composées du fleuve Niger qui traverse la commune sur près de 45 Km de longueur et des mares permanentes et semis permanentes.

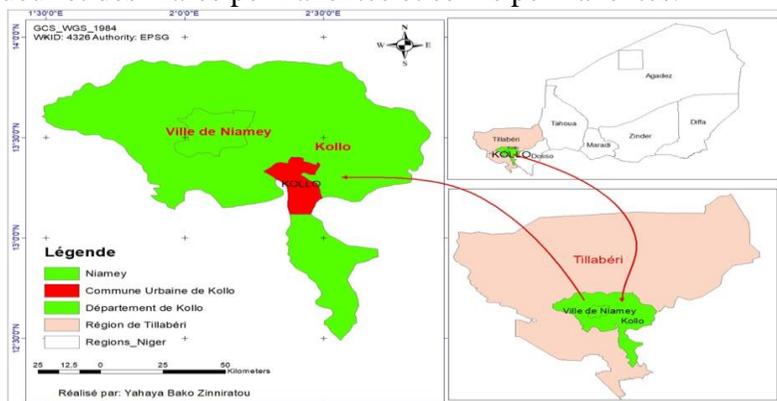


Figure 1. Localisation de la commune urbaine de Kollo.

Echantillonnage

L'échantillonnage fut aléatoire au sein des producteurs d'oignon. Les enquêtes ont été menées le long du périmètre irrigué et aux niveaux des Villages environnants de « Moli » et « Aoula koira ». Le choix de ces villages se justifie par : la proximité au périmètre, l'importance de la production de l'oignon et l'accessibilité de ces villages. Un échantillon de 20% fut pris sur les 500 producteurs des deux villages, ce qui a permis d'enquêter 100 producteurs dont 64 de Moli et 36 de Aoula koira.

Collecte des données

Les données ont été collectées du 21 octobre au 10 novembre 2022 à l'aide d'un questionnaire individuel adressé aux producteurs échantillonnés. Les entretiens ont porté sur les aspects sociodémographiques (genres, statut matrimoniale...etc.), techniques de production (variété utilisée, irrigation, conservation...etc.) et les atouts et contraintes liées à la production d'oignon. L'outil utilisé pour la collecte des données est l'application KoboCollect.

Traitement et analyse des données

Les données recueillies lors des enquêtes ont été saisies et traitées à l'aide du Tableur EXCEL 2013 de Microsoft. Les différences de fréquences entre les composantes (Femmes et Hommes) prises deux à deux, l'analyse des variables quantitatives et qualitatives ont été réalisées à l'aide du logiciel SPSS version 22.

Résultats

Caractéristiques socio-démographiques des répondants

Plus de la moitié (62%) des producteurs sont des femmes. L'âge des producteurs varie de 17 à 70 ans avec une moyenne de 43 ans. Toutefois, 54% des producteurs ont un âge supérieur à la moyenne et, 98% sont mariées. La taille moyenne du ménage est de 7 personnes. Le taux d'appartenance à une organisation paysanne est de 74%, l'analyse de khi-deux au seuil de 5% montre une différence très significative entre les femmes et les hommes ($P \leq 0,00$). Concernant le mode d'acquisition des terrains, 54% des producteurs ont hérité leurs terrains, 20% empruntent pour produire, 19% produisent sur des terrains pris par gage et 7% ont acheté.

Tableau 1. Caractéristiques socio-économiques des producteurs répondants

Variables	Modalités	Femmes	Hommes	%Moyen	khi-deux	Signification
Statut matrimoniale	Marié(e)	100,00	94,70	98,00	3,33	*
	Célibataire	-	5,30	2,00	3,33	*
Membre d'une OP	Oui	93,50	42,10	74,00	32,406	***
Mode d'acquisition du terrain	Héritage	61,30	42,10	54,00	3,491	*
	Emprunt	21,00	18,40	20,00	0,096	ns
	Gage	17,70	21,10	19,00	0,168	ns
	Achat	-	18,40	7,00	12,281	***
		Femmes	Hommes	Moyennes	T-test	
Age		42,77±14,585	44,16±12,337	43,30±13,726	F=1,86 ; P=0,176 ; t=-0,487 ; ddl=98/88,261	
Taille du ménage		6,29±2,626	8,21±4,344	7,02±3,49	F=4,69 ; P=0,033 ; t=-2,758 ; ddl=98/53,796	

* $p < 0,1$; *** $p < 0,01$; ns : différence non significative

Texture des terrains ensemencés et fertilisation

Le tableau 2 ci-dessous nous montre que les producteurs utilisent le NPK 15 15 15 et l'Urée, en général le NPK au premier apport (14 à 30 jours après repiquage) et l'Urée au second apport (30 à 60 jours après le premier apport) associé au NPK très souvent. On observe aussi que, la moyenne d'utilisation du NPK est de 86%, celle de l'Urée est de 73%, 51% pour la fumure et 7% pour le compost. La quantité moyenne de NPK par apport est de 4,42 kg, soit 147kg/ha. Et celle de l'Urée est de 3,42 kg, soit 114kg/ha.

Tableau 2.Types de sols et fertilisants utilisés par les répondants

Variabiles	Modalités	Femmes	Hommes	%Moyen	khi-deux	signification
Fertilisants utilisés	NPK 15 15 15	88,70	81,60	86,00	0,995	ns
	Urée	75,80	68,40	73,00	0,652	ns
	Fumure	45,20	60,50	51,00	2,226	ns
	Compost	6,50	7,90	7,00	0,075	ns
		Femmes	Hommes	Moyennes	T-test	
Quantité de NPK (kg)/apport	4,097±4,2608	4,947±4,0517	4,42±4,1825	F=0,833 ; P≤0,364 ; t=-0,987 ; ddl=98/81,457		
Quantité d'Urée (kg) utilisée	3,065±3,6208	4,027±4,2442	3,424±3,8726	F=3,163 ; P≤0,078 ; t=-1,199 ; ddl=97/66,645		

ns : différence non significative

Variétés et semences utilisées par les répondants

Les producteurs utilisent trois variétés. Ces variétés sont safari, le blanc de Galmi et enfin le violet de Galmi. La variété la plus utilisée et appréciée est le violet de Galmi avec une moyenne de 97% des répondants sur l'ensemble de l'échantillon enquêté. La variété Safari présente une moyenne de 4 %, aussi on note qu'aucune femme productrice n'utilise cette variété. Ils ont coutumes d'acheter des plants prêts à être repiqués (99%), seul 1% conduit leur propre pépinière. Les sources d'acquisition de ces plants sont diverses, en fonction de la disponibilité et du prix. En moyenne 90% des producteurs achètent au marché, 9% achètent au niveau des institutions comme IPDR et INRAN, et 1% des producteurs autoproduisent leurs semences graines et vendent également des plants. Le repiquage est généralement fait à la ligne par 95% des répondants, rarement à la volée ou les deux ensembles (6%). La durée du cycle est en moyenne de 101,8(±15,068) jours.

Tableau 3. Variétés d'oignon utilisées et mode d'acquisition des semences par les répondants

Variables	Modalités	Femmes	Hommes	%Moyen	khi-deux	signification
Variétés utilisées	Violet de Galmi	98,40	94,70	97,00	1,079	ns
	Safari	-	10,50	4,00	6,798	***
	Blanc de Galmi	1,60	2,60	2,00	0,125	ns
Type de semence	Plantule	100	97,4	99,00	1,648	ns
	Graine	-	2,6	1,00	1,648	ns
Moyens d'acquisition des semences	Achat au marché	95,20	81,60	90,00	4,829	**
	IPDR/INRAN	8,10	10,50	9,00	0,174	ns
	Autoproduction	0,00	2,60	1,00	1,648	ns
Pépinière	A la ligne	91,9	100	95,00	3,226	*
	A la volée	8,1	2,6	6,00	1,233	ns
		Femmes	Hommes	Moyennes	t-test	
Durée du cycle (jours)		102,26±15,409	101,05±14,666	101,8±15,068	F=1,493; P≤0,225; t=0,387 ; ddl=98/81,404	

*p<0,1 **p<0,05 ***p<0,01 ns : différence non significative

Technologie d'irrigation utilisée

Les techniques de distributions d'eaux dans les parcelles sont principalement gravitaires, et se limitent chez ces producteurs entre l'utilisation des outils comme ; arrosoirs, seaux et motopompe. Ces trois techniques se répartissent avec des moyennes respectives de 65%, 18% et 17%. Il est également observé que l'utilisation des arrosoirs est plus fréquente chez les hommes à 73,70 % que chez les femmes 59, 70 %. L'irrigation au moyen des seaux n'est pratiquée que par les femmes à 29 %. L'analyse du test de khi-deux nous montre une différence très significative (P≤0,00) au niveau des seaux, aucun homme n'utilise de seaux pour l'irrigation. C'est une faible portion au niveau des deux parties qui irrigue au moyen des motopompes, 16,10 % pour les femmes et 18,40 % pour les hommes.

Tableau 4. Proportions de réponses des répondants par rapport aux moyens d'irrigation

Modalités	Femme	Homme	%Moyen	khi-deux	Signification
Arrosoir	59,70	73,70	65,00	2,032	ns
Seaux	29,00	-	18,00	13,454	***
Motopompe	16,10	18,40	17,00	0,088	ns

***p<0,01 ns : différence non significative

Technologies de protection des cultures

Pour contrer l'attaque des ravageurs, presque la totalité des répondants hommes (94,70 %) luttent au moyen des produits chimiques, contre 61,30 % des productrices femmes. L'analyse par le test de khi-deux au seuil de 5% nous montre une différence hautement significative au niveau de la lutte

chimique ($P \leq 0,00$). Par contre c'est 46,80 % des femmes qui font recours à l'installation d'épouvantail, faisant ainsi fuir les oiseaux par leur bruit, tandis que seul 13,20 % des hommes le font. Ici également la différence est très significative pour la technique de l'épouvantail ($P \leq 0,001$). En moyenne 22% des répondants font la lutte biologique (utilisation de cendre, neem, tabac, piment etc...).soit respectivement pour 25,80 % des femmes et 15,80 %. Les hommes % et Des répondants utilisent la lutte biologique.

Tableau 5. Technologies de protection phytosanitaires de la culture d'oignon utilisées par les répondants

Variable	Modalités	Femmes	Hommes	%Moyen	khi-deux	Signification
Traitement	Lutte chimique (%)	61,30	94,70	74,00	13,698	***
	Epouvantail (%)	46,80	13,20	34,00	11,865	***
	Lutte biologique (%)	25,80	15,80	22,00	1,378	ns

*** $p < 0,01$ ns : différence non significative

Analyse de rendement d'oignon dans la zone d'étude

La superficie moyenne consacrée à la production d'oignon par chaque producteur est de 344m² avec un rendement moyen de 8078,57 ($\pm 3879,18$) kg/ha. Les femmes et les hommes obtiennent les rendements respectifs de 6983,87 ($\pm 3529,91$) kg/ha et 9864,66 ($\pm 3799,55$) kg/ha. Le tableau ci-dessous nous montre également qu'à la récolte une moyenne de 265,50 ($\pm 173,34$) kg est produite. On observe une différence hautement significative au niveau des quantités produites par les femmes et les hommes ($P \leq 0,00$).

Tableau 6. Superficie emblavée, quantité produite et rendement

Modalité	Femmes	Hommes	Moyennes	T-test
Superficie (en m ²)	322,58 \pm 123,367	378,95 \pm 150,957	344 \pm 136,567	F=0,58 ; $P \leq 0,45$; t=-2,04 ; ddl=98/66,711
Quantité produite (kg)	208,06 \pm 126,25	359,21 \pm 198,94	265,50 \pm 173,34	F=14,39 ; $P = 0,00$; t=-4,65 ; ddl=98/55,47
Rendement (kg/ha)	6983,87 \pm 3529,91	9864,66 \pm 3799,55	8078,57 \pm 3879,18	F=1,15 ; $P \leq 0,29$; t=-3,848 ; ddl=98/73,948

Contraintes et difficultés liées à la production d'oignon

En effet 79% des répondants font face aux contraintes d'eau, et parmi eux 82,30 % sont des femmes et 73,70 % sont des hommes. A cela s'ajoute les problèmes de gestion de la main d'œuvre et des ennemis de cultures prononcés respectivement par 45,20 % et 30,60 % pour les femmes, 34,20

% et 31,60 % pour les hommes. Les producteurs éprouvant des difficultés pour produire sur toute l'année de l'oignon sont en moyenne 32%, soit 41,90% parmi les femmes et 15,80% parmi les hommes, une différence très significative ($P \leq 0,007$). La mauvaise qualité des variétés contraint 5% des répondants, et majoritairement les hommes. Par rapport au moyen de conservation, 75,00 % des femmes et 33,30 % des hommes manquent des moyens adaptés pour conserver leurs productions.

Tableau 7. Proportions de réponses des répondants sur les contraintes et les difficultés rencontrées

Variable	Modalités	Femmes	Hommes	%Moyen	khi-deux	Signification
Contraintes liées à la production	Problème d'eau	82,30	73,70	79,00	1,044	ns
	Moyen de conservation	75,00	33,30	57,10	2,431	ns
	Mains d'œuvres élevées	45,20	34,20	41,00	1,168	ns
	Difficulté de produire sur toute l'année	41,90	15,80	32,00	7,402	***
	Gestion des ennemis	30,60	31,60	31,00	0,01	ns
	Mauvaise qualité de la variété	1,60	10,50	5,00	3,941	**
Difficultés	Technique de récolte	75,00	50,00	64,30	0,933	ns
	Reprise des plants	62,50	33,30	50,00	1,167	ns
	Bradage	25,00	33,30	28,60	0,117	ns
	Soin après repiquage	25,00	0,00	14,30	1,75	ns

** $p < 0,05$ *** $p < 0,01$ ns : différence non significative

Etats de lieu des maladies et ennemis de la culture d'oignon

La maladie des pourritures de bulbes (*Botrytis allii*) est la plus fréquente avec une moyenne de 43%, ensuite celle des racines roses (*Pyrenochaeta terrestris*) avec 16%. Les maladies qui occasionnent le dessèchement des feuilles (*Alternariose*) ou l'enroulement (*Ditylenchus dipsaci*) est observées respectivement chez 12% et 2% des répondants. Les insectes constituent les ravageurs les plus évoqués par les répondants (83%), ensuite les chenilles 23% et enfin les oiseaux 9%. Ces ennemis interviennent soit en faisant des galeries sur les feuilles, soit en sectionnant la plante en deux ou en dévorant la semence. Quatre périodes d'attaques ont été recensé et réparties comme suit : levée/germination, végétative, bulbaison et maturité. Les femmes sont les plus assujetties aux attaques à la période bulbaison

75,80% par rapport aux hommes 34,20%, une différence très significative s'observe ($P \leq 0,00$). Tandis qu'à la période de levée/maturité, la culture d'oignon des hommes sont les plus attaquées 44,70% par rapport aux femmes 22,60%.

Tableau 8. Maladies, pression parasitaire et les dégâts causés sur la culture

Variables	Modalités	Femmes	Hommes	%Moyen	khi-deux	Signification
Maladies	<i>Botrytis allii</i>	50,00	31,60	43,00	3,262	*
	<i>Pyrenochaeta terrestris</i>	14,50	18,40	16,00	0,267	ns
	<i>Alternariose</i>	16,10	5,30	12,00	2,634	ns
Ennemis rencontrés	<i>Ditylenchus dipsaci</i>	3,20	0,00	2,00	1,251	ns
	Insectes adultes	85,50	78,90	83,00	0,713	ns
	Chenilles défoliatrice	25,80	18,40	23,00	0,726	ns
Dégâts causés	Oiseaux	12,9	2,6	9,00	3,035	*
	Galerie sur les feuilles	50,00	52,60	51,00	0,065	ns
	Section de plants	43,50	44,70	44,00	0,014	ns
	Semence dévorée	9,70	5,30	8,00	0,624	ns
Stades d'attaques	Végétatif	66,10	60,50	64,00	0,321	ns
	Phase bulbe	75,80	34,20	60,00	16,985	***
	Levée/germination	22,60	44,70	31,00	5,407	**
	Maturité	12,90	7,90	11,00	0,604	ns

* $p < 0,1$ ** $p < 0,05$ *** $p < 0,01$ ns : différence non significative

Discussions

Les résultats ont montré que la production de l'oignon sur le site maraicher de Kollo est dominée par les femmes (62%). Selon une étude menée par le cabinet SOFRECO (2022), dans quatre communes de la région de Tillabéri, 95% des productrices sont des femmes. Les hommes, dans cette zone, préfèrent les cultures d'autres spéculations ayant un cycle court de production comme la laitue, le chou... etc. Les producteurs interrogés ont entre 17 et 70 ans, l'âge moyen est de 43 ans. Ce chiffre témoigne de la vitalité des jeunes agriculteurs dans ce secteur, et conforme aux résultats d'Almoustapha et al. (2022) qui ont trouvés une moyenne d'âge similaire chez les producteurs de la région de Tahoua. Les résultats obtenus ont révélé que les terrains sont détenus majoritairement par héritage (54%), par emprunt (20%), par gage (19%) et par achat (7%). C'est la preuve qu'en majorité les producteurs sont natifs de la zone d'étude. Ces données sont cohérentes avec celles de Maman et al. (2018) concernant le foncier, ils trouvent 70% des terres misent en valeur par les propriétaires suivis du métayage (20%) et enfin du prêt (10%). La superficie moyenne cultivée par ménage excède rarement 344m². Ceci est proche des résultats de Maman et al., (2018) qui trouvent la superficie plantée

par les producteurs de la région de Tillabéri encore plus réduite allant de 0,03 à 0,5 ha. La majorité des sols cultivés en oignon sont de type argileux (51%) ou argilo-limoneux (33%). L'oignon peut être cultivé sur différents types de sols (Smith et *al.*, 2011) Les résultats ont montré également que ces producteurs utilisent la fumure organique (51%), souvent associée ou pas à deux types d'engrais chimique, NPK (88,70% des femmes contre 81,60% des hommes) et Urée (75,80% des femmes contre 68,40% des hommes). Les petits exploitants de superficies inférieures à 0,2 hectare, semblent moins bien maîtrisées les doses d'apport d'engrais (FAO, 2021). La variété la plus utilisée dans cette zone est le Violet de Galmi selon 97% des enquêtés. Le choix est porté sur cette variété pour son rendement, ses aptitudes culinaires et de conservation. Ceci va de pair avec la note "Eplucher l'oignon" (2010), affirmant que le violet de Galmi est le plus apprécié des oignons Ouest-Africains. Mais ces résultats sont en opposition à ceux d'Almoustapha (2022) qui trouve lors d'une enquête menée dans la basse vallée de Bagga que la variété Blanc de Galmi est plus utilisée (60,2%) que le Violet de Galmi (39,8%). La quasi-totalité des producteurs ne conduisent pas leurs propres pépinières, 90% des producteurs se procurent leurs plants chez des pépiniéristes au marché, peu achètent auprès des techniciens de l'IPDR ou de l'INRAN (9%). Le manque de production locale des semences favorise l'achat de semences tout venant (Maman et *al.*, 2018). Les paysans utilisent des semences de diverses origines contribuant ainsi à la dégénérescence génétique de leurs écotypes (Boukary, 2014). L'irrigation se fait au moyen des arrosoirs (65%), des seaux (18%), et rarement des motopompes (17%). L'oignon est donc produit sur des superficies réduites du fait de son exigence en eau. Les résultats ont indiqué que presque tous les producteurs font des traitements phytosanitaires, 22% utilisent les moyens biologiques (cendre, neem, tabac, piment etc...) et 74% utilisent les produits chimiques (Reno, Rambo...etc). Cela montre que les ravageurs et maladies sont des contraintes pesantes. Également, RECA (2018) affirme que les contraintes de la production agricole sont d'ordre biotique et abiotique. Bien que la superficie de production en oignon soit faible, le rendement est remarquable. Mais varie selon le sexe des producteurs en faveur des hommes. Cet écart s'explique par les faits que ; les hommes respectent les normes de production contrairement aux femmes, ils utilisent moins d'engrais et plus de fumure que les femmes et leurs parcelles sont moins attaquées que celles des femmes. Une mauvaise gestion des infestations de thrips peut aussi entraîner une réduction significative du rendement (Lewis, 1997). Ce rendement équivaut à 8 t/ha et est inférieur au rendement potentiel qui est de 35 tonnes/ha (données du MAG/EL (2021)). A la récolte, une moyenne de 265,50(±173,34) kg est produite et 150(±127,70) kg sont directement vendus. Seulement 58,50(±28,18) kg sont conservés sur une durée moyenne de 3,73 (±2,316) mois sur du sable dans un espace de la

concession. 14,32 ($\pm 9,25$) % de la quantité conservée est perdue. Ce fait est causé par le manque de moyen de conservation, et explique les faibles superficies emblavées et les ventes directes après la récolte. Cette situation est corroborée par les résultats de Maman et *al.*, (2018) qui ont montré que pour subvenir à leurs besoins mais aussi en raison de l'insuffisance des installations de stockage et de conservation, la majorité des producteurs sont contraints de vendre leurs oignons à la récolte. En outre, les contraintes multiples de la filière oignon sont ; d'ordre pédologiques, climatiques, biotiques, socio-économiques ou liées aux techniques de production, de conservation, de transformation et de commercialisation (Boukary, 2014).

De manière générale, les contraintes rencontrées par les producteurs dans la zone d'étude sont entre autres : l'utilisation des plants de variétés douteuses, les problèmes d'eau, la main d'œuvre, les pressions parasitaires, faible niveau technique de production, les pertes de produits et le manque de subvention.

Conclusion et recommandation

Au terme de cette étude, nous retenons que les producteurs d'oignon dans cette zone sont majoritairement des femmes (62%). Ces producteurs travaillent sur de petites surfaces moyennes de 344m² par ménage. La production commence par le repiquage des plantules achetées tout venant. Les difficultés rencontrées sont liées à la production et à la conservation. Les producteurs rencontrent un problème phytosanitaire et la persistance de ce problème est due, le plus souvent, à la méconnaissance des insecticides appropriés à appliquer. Les pertes de produits augmentent principalement en raison du manque d'infrastructures de conservation appropriées, d'une mauvaise irrigation et des pressions parasitaires.

Conflit d'intérêt : Les auteurs déclarent n'avoir aucun conflit d'intérêt.

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

Déclaration de financement : Les auteurs n'ont obtenu aucun financement pour cette recherche.

Déclaration pour les participants humains : Cette étude a été approuvée par l'INRAN et l'Université Djibo Hamani de Tahoua, et les principes de la Déclaration d'Helsinki ont été suivis.

References:

1. RECA Niger, 2014 : L'autre oignon du Niger, https://reca-niger.org/IMG/pdf/Journal_du_salon_N3.pdf
2. Boukary H., Roumba A., Adam T., Barrage M., Saadou M. (2012). Interactions entre la variabilité des écotypes de l'oignon (*Allium cepa* L.) et les facteurs agro-climatiques au Niger. *Tropicultura* 30(4): 209-215
3. BOUKARY Habsatou, 2014 : Caractérisation agro-morphologique et moléculaire des écotypes locaux d'oignon (*Allium cepa* L.) du Niger. 15 & 30 p
4. CSAN-NIGER, 2020 : développement de la petite irrigation au Niger-dynamismes et contraintes, <https://www.csan-niger.com/developpement-petite-irrigation-niger-dynamismes-contraintes.php>
5. Eplucher l'oignon, 2010 : système de commercialisation et chaîne de valeur de l'oignon, - Un projet de recherche-action de WUR-CDI, SNV-Niger, FCMN-Niya et Agri-Bilan http://www.snvworld.org/sites/www.snvworld.org/files/publications/importance_de_loignon_s.pdf
6. Eplucher l'oignon. 2010. L'importance de l'oignon dans la vie socioéconomique du Niger: contexte et agendas d'action. 10pp.
7. FAO, 2021 : Projet AgrInvest - Systèmes alimentaires, Étude sur la chaîne de valeur oignon au Niger.
8. INS, (2019) : Agriculture et conditions de vie des ménages au Niger. 45 p.
9. Lewis, T. 1997b. Pest thrips in perspective, pp. 1-13. In T. Lewis (ed.), *Thrips as crop pests*. CAB International, New York. 1p
10. M. P. CORTESE & M. SEINI, "Étude sur la chaîne de valeur oignon au Niger", in European Centre for Development Policy Management, Rome, FAO, (2021).89p.
11. Maman Moustapha Rabiou, Idrissa Moussa, Tchicama Mella M., & Hassimi Sadou, 2018 : Panorama of Onion Production in Tillabéri, A Region of the Far West of Niger URL:<http://dx.doi.org/10.19044/esj.2018.v14n15p175>
12. Ministère de l'agriculture et de l'élevage. 2021. Fichiers statistiques sur les résultats des cultures irriguées entre 2011 et 2020. Ministère de l'Agriculture et de l'élevage (MAG/EL), Direction de la statistique agricole (DSA), avril 2021.
13. NAPO H., 2013 : Etude diagnostique des techniques de production de l'oignon (*Allium cepa* L.) dans la province du Yatenga. Mémoire de Master option vulgarisation agricole, Université Polytechnique de Bobo-Dioulasso, 83 pages.

14. RECA (2018) : Formation sur le traitement phytosanitaire tenu à Niamey en 2018
15. S.A. Almoustapha, 2022 : Techniques de production et conservation d'oignon (*Allium Cepa. L*) et les facteurs d'adoption : cas de la vallée de Bagga
16. Smith, R., Biscaro, A., Cahn, M., Daugovish, O., Natwick, E., Nunez, J., Takele, E., & Turini, T. 2011. Fresh-Market Bulb onion Production in California. University of California. Agriculture and Natural Resources. UC Vegetable Research & Information Center. Publication 7242 [http:// anrcatalog.ucdavis.edu](http://anrcatalog.ucdavis.edu). 7p.
17. SOFRECO, 2022 : Analyse approfondie de la chaine de valeur oignon au Niger 2021-2030.
18. SPN2A, ME/SU/DD 2020 : Stratégie et Plan National d'Adaptation face aux changements climatiques dans le secteur Agricole. 85 p
19. PDC, CU-Kollo, 2016-2020 : Plan de Développement Communal (PDC) de la commune urbaine de Kollo 2016-2020, version finale adoptée par délibération n°03/2016 du conseil communal de Kollo.
20. Zakari ABDOUL HABOU, Mahamadou Kourna BOUBACAR et Toudou ADAM 2016 : Les systèmes de productions agricoles du Niger face au changement climatique : défis et perspectives 11p.
21. YILI Diane L.N., (2013). La production de l'oignon hivernal : quelles opportunités pour les pôles d'entreprises agricoles du Burkina Faso, 7-12p.
22. BORI. H : Caractérisation socio-économiques, agro morphologique, physico-chimique et moléculaire du Souchet (*Cyperus esculentus L.*) du Niger. THESE de Doctorat de l'université Abdou Moumouni de Niamey. 160p. 2020.

Revue Analytique des Maladies Fongiques Affectant la Production du Haricot Vert (*Phaseolus vulgaris*)

Édouard Cocou Goudjo

Doctorant en Phytopathologie, Protection des Végétaux et Physiologie Végétale, Département de Biologie Végétale, Faculté des sciences et techniques de l'Université d'Abomey Calavi- (FAST-UAC), Bénin

Hervé Banemane Soura

Docteur en Phytopathologie et Physiologie végétale, Institut Supérieur du Développement Durable, Université de Fada N'Gourma, Burkina Faso

Claude Kouassi Gnacadja

Docteur en Biotechnologie Alimentaire, Laboratoire d'Analyse des Aliments, Agence Gabonaise de Sécurité Alimentaire, Libreville (GABON)

Beatrice Michaela Iacomi

Professeure Associée, Maître Conférence en Pathologie Végétale, Département de Protection des Plantes, Faculté d'Agriculture, Université de Sciences Agricole et Médecine Vétérinaire de Bucarest (Roumanie)

Farid Abdel-Kader Baba-Moussa

Professeur Titulaire de Microbiologie et de Technologie Alimentaire, Département de Biologie Végétale, Faculté des sciences et techniques de l'Université d'Abomey Calavi- (FAST-UAC), Bénin

André Simplicie Léopold Gnancadja

Professeur Titulaire en Pathologie Végétale et Physiologie Végétale, Département de Biologie Végétale, Faculté des Sciences et Techniques de l'Université d'Abomey Calavi- (FAST-UAC), Bénin

[Doi:10.19044/esj.2023.v19n36p67](https://doi.org/10.19044/esj.2023.v19n36p67)

Submitted: 01 November 2023

Accepted: 15 December 2023

Published: 31 December 2023

Copyright 2023 Author(s)

Under Creative Commons CC-BY 4.0

OPEN ACCESS

Cite As:

Goudjo E.C., Soura H.S., Gnacadja C.K., Iacomi B.M., Baba-Moussa F.A.K. & Gnancadja A.S.L. (2023). *Revue Analytique des Maladies Fongiques Affectant la Production du Haricot Vert (*Phaseolus vulgaris*)*. European Scientific Journal, ESJ, 19 (36), 67.

<https://doi.org/10.19044/esj.2023.v19n36p67>

Résumé

Le haricot vert (*Phaseolus vulgaris*), largement consommé au Bénin et en Afrique de l'Ouest offre des avantages nutritionnels significatifs en tant que

source potentielle de protéines, de calories, de vitamines et de minéraux, suscitant un intérêt pour le marché mondial. Cependant, malgré ses atouts, sa production est confrontée à diverses contraintes. Cette revue analytique, basée sur des données de la littérature nationale et internationale dresse un état des lieux des contraintes biotiques liées à la production du haricot vert. De façon spécifique, la revue a permis d'inventorier toutes les maladies fongiques du haricot vert et d'identifier leurs méthodes de gestion. La rédaction de cette revue s'appuie sur une recherche bibliographique dans diverses bases de données de recherches. Les critères d'inclusion se concentrent sur les maladies fongiques et leurs méthodes de contrôle, excluant les données relatives aux maladies bactériennes, virales ainsi qu'aux bioagresseurs tels que les insectes, les acariens et les nématodes. Les résultats de cette étude révèlent que les agents phytopathogènes sont prédominants, entraînant des pertes de rendement pouvant atteindre 100%. L'application des mesures prophylactiques, combinée à l'intégration des méthodes de luttés biologique, culturale, génétique et chimique offrent une gestion efficace des agents phytopathogènes. En conclusion, des perspectives de recherches, axées sur l'épidémiologie et les méthodes de luttés, sont nécessaires pour réduire la dépendance du Bénin à l'importation venant de pays voisins.

Mots-clés: Contraintes biotiques, pathogènes fongiques, méthodes de gestion, haricot commun, Bénin

Analytical Review of Fungal Diseases Affecting Green Bean (Phaseolus vulgaris) Production

Édouard Cocou Goudjo

Doctorant en Phytopathologie, Protection des Végétaux et Physiologie Végétale, Département de Biologie Végétale, Faculté des sciences et techniques de l'Université d'Abomey Calavi- (FAST-UAC), Bénin.

Hervé Banemane Soura

Docteur en Phytopathologie et Physiologie végétale, Institut Supérieur du Développement Durable, Université de Fada N'Gourma, Burkina Faso

Claude Kouassi Gnacadja

Docteur en Biotechnologie Alimentaire, Laboratoire d'Analyse des Aliments, Agence Gabonaise de Sécurité Alimentaire, Libreville (GABON)

Beatrice Michaela Iacomì

Professeure Associée, Maître Conférence en Pathologie Végétale, Département de Protection des Plantes, Faculté d'Agriculture, Université de Sciences Agricole et Médecine Vétérinaire de Bucarest (Roumanie)

Farid Abdel-Kader Baba-Moussa

Professeur Titulaire de Microbiologie et de Technologie Alimentaire, Département de Biologie Végétale, Faculté des sciences et techniques de l'Université d'Abomey Calavi- (FAST-UAC), Bénin

André Simplicie Léopold Gnancadja

Professeur Titulaire en Pathologie Végétale et Physiologie Végétale, Département de Biologie Végétale, Faculté des Sciences et Techniques de l'Université d'Abomey Calavi- (FAST-UAC), Bénin

Abstract

The Green beans (*Phaseolus vulgaris*) widely consumed in Benin and West Africa, offers significant nutritional benefits as a potential source of protein, calories, vitamins and minerals, generating interest in global market. However, despite its advantages, its production faces various constraints. This analytical review, based on data from national and international literature, provides an overview of the biotic constraints related to green beans production. Specifically, the review inventoried all fungal diseases of green beans and identified their management methods. The compilation of this review relies on a bibliographic search in various research databases. Inclusion criteria focused on fungal diseases and their control methods excluding data on bacterial and viral diseases and bio-aggressors such as insects, mites and nematodes. The results of this study reveal that phytopathogenic agents are predominant, leading to yield losses of up to 100%. The application of

prophylactic measures, combined with the integration of biological, cultural, genetic, and chemical control methods, offers effective management of phytopathogenic agents. In conclusion, research perspectives focused on epidemiology and control methods are necessary to reduce Benin's dependence on imports from neighboring countries.

Keywords: Biotic constraints, fungal pathogens, management methods, common bean, Benin

Introduction

Le haricot commun (*Phaseolus vulgaris*) constitue une légumineuse à graine originaire des régions tempérées et tropicales d'Amérique, d'Afrique et d'Asie (Wortmann, 2006). Il revêt une importance majeure en tant que légume directement consommé, étant la principale source alimentaire de légumineuses pour plus de 300 millions d'individus en Amérique latine, en Afrique Centrale et de l'Est (Godderis, 1995). A l'échelle mondiale, Il se positionne en tant que deuxième source de calories après le maïs (Broughton *et al.*, 2003).

En Afrique, la culture du haricot commun est présente dans diverses zones agro-écologiques à haute et moyenne altitude (Snapp *et al.*, 2018). Des millions de petits agriculteurs dans les pays en développement le considère comme un aliment essentiel dans la lutte contre la malnutrition (Meziadi *et al.*, 2016). En Afrique de l'Ouest, les principaux pays producteurs sont le Niger (Hassane, 2008), le Mali (Sidibe *et al.*, 2020), le Burkina Faso (Kambou *et al.*, 2019), et la Cote d'Ivoire (Brou *et al.*, 2018). Au Bénin, la culture est principalement réservée aux petits agriculteurs, qui l'associent avec d'autres cultures pour l'autoconsommation (Akouègninou *et al.*, 2006).

Le haricot commun est cultivé principalement en raison de sa richesse en protéines (20% à 25 %) (Celmeli *et al.*, 2018), en fer et en fibres (Baudouin *et al.*, 2001 ; Nyabyenda, 2005) ainsi qu'en zinc, fibres, carbohydrates lents et vitamines (Pabra, 2013). Malgré son importance nutritionnelle, la production de haricot commun est confrontée à diverses contraintes biotiques principalement causées par des champignons (Meziadi *et al.*, 2016 ; Martins *et al.*, 2018), des bactéries (Djeugap *et al.*, 2014 ; Mbeugang *et al.*, 2017) et des virus (Mwaipopo *et al.*, 2018). C'est dans ce contexte que s'inscrit le présent travail, qui vise à dresser un état des lieux de la culture du haricot commun en vue de comprendre l'impact des contraintes biotiques liées à sa production.

Méthodologie

La rédaction de cette revue s'est appuyée sur une recherche bibliographique exhaustive menée dans plusieurs bases de données, notamment Thèse.fr, Science Direct, Mémoire Online, Agora, Hal, Archives

Ouvertes, Web of Sciences, Google Scholar, et Hinari. Des termes clés tels que "*Phaseolus vulgaris*," "Common bean," "french bean," "maladies bactériennes, fongiques, virales," et "méthodes de lutte" ont été employés pour cibler les publications pertinentes.

Les études incluses couvrent des investigations réalisées en plein champ, en serre, ainsi que celles se penchant sur les approches influençant le rendement des cultures et la gestion des pathogènes. Au total, 306 publications scientifiques pertinentes, en lien avec les contraintes de la production du haricot vert, ont été collectées, traitées, et catégorisées en fonction des régions d'étude et des thèmes de recherche. Les critères d'inclusion se sont concentrés sur les maladies fongiques et les méthodes de contrôle, excluant ainsi les données relatives aux maladies bactériennes, virales, ainsi qu'aux bio-agresseurs du haricot vert, tels que les insectes, les acariens, et les nématodes.

Résultats

1. Synthèse des données des 306 publications scientifiques relatives aux maladies du haricot vert (*Phaseolus vulgaris*) utilisées pour la revue.

L'analyse de la synthèse des données issues de publications scientifiques a révélé trois principaux axes de distribution. Le premier axe a exposé la répartition géographique des publications sur les maladies du haricot vert, mettant en évidence que l'Amérique (45,75%) prédomine, suivie par (21,24%), l'Europe (15,68%), l'Afrique (14,70%) et l'Australie (2,61%) (Figure 1).

Par ailleurs, le deuxième axe de distribution a émergé des publications se rapportant aux principaux groupes de maladies phytopathogènes. La recherche sur les maladies du haricot vert s'est principalement concentrée sur les maladies fongiques, représentant la majorité avec 70,26% suivies des maladies virales (16,66%) et des maladies bactériennes (13,07%) (Figure 2). Enfin, le troisième axe a dévoilé la distribution des publications en fonction des thèmes de recherche explorés par les auteurs. En ce qui concerne les maladies fongiques du haricot commun, la recherche s'est particulièrement orientée vers les méthodes biologiques de gestion des agents pathogènes (25,18%), suivies par les approches génétiques (20,58%). Les caractérisations occupent la troisième position (18,30%) suivie par l'étude de l'incidence, de la sévérité et de la résistance (16,99%), l'identification des pathogènes (10,78%) et la lutte chimique contre les maladies (7,51%).

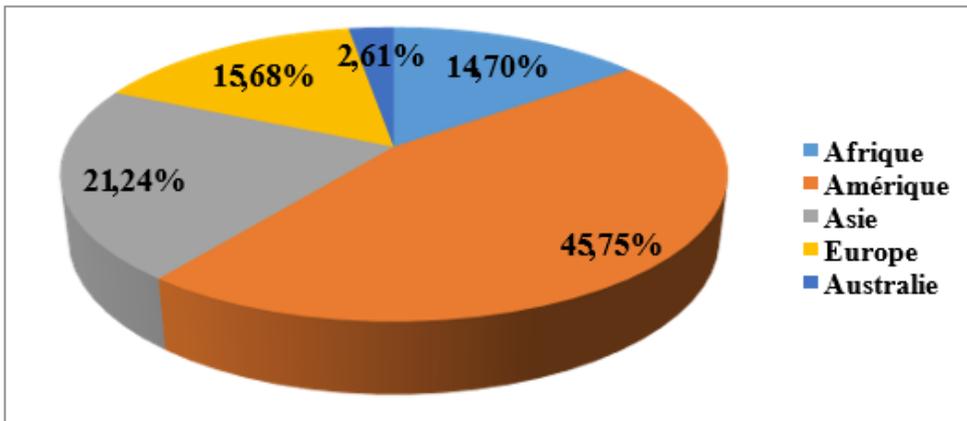


Figure 1. Répartition des publications scientifiques en fonction des zones d'étude

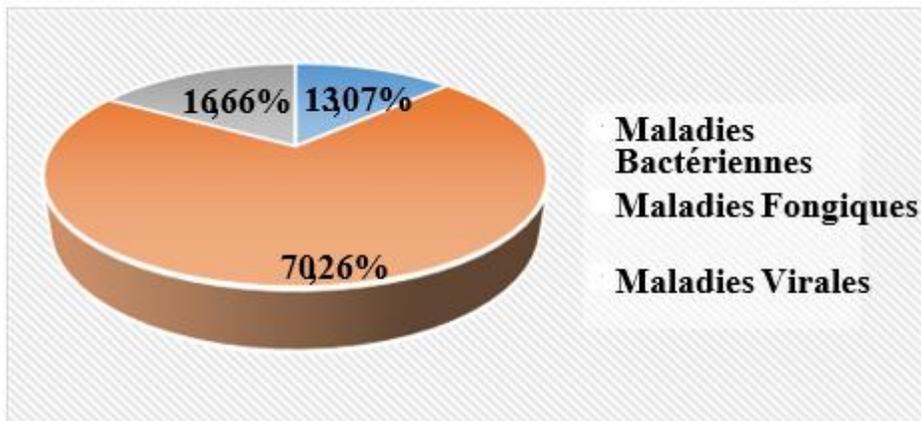


Figure 2. Répartition des publications scientifiques en fonction des maladies

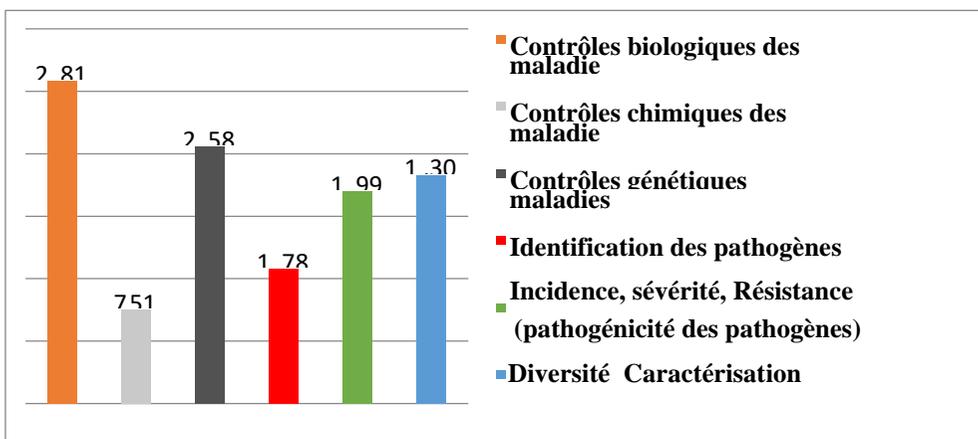


Figure 3. Répartition des publications scientifiques en fonction des différentes thématiques de recherches

Le tableau 1 ci-dessous présente une synthèse de la liste des affections fongiques du haricot vert. L'analyse de ce tableau met en lumière une diversité de maladies fongiques associées à la culture du haricot vert, répertoriant ainsi une vingtaine de pathogènes fongiques liée à cette culture.

Tableau I. Récapitulative des maladies et des champignons phytopathogènes du haricot vert.

N°	Noms maladies	Agent causal	Références
01	Anthracnose	<i>Colletotrichum lindemuthianum</i>	Veloz-García <i>et al.</i> , 2010
02	Fusarium root rot	<i>Fusarium solani</i> f. sp. <i>Phaseoli</i>	Mukuma <i>et al.</i> , 2020
03	Brown rot	<i>Rhizoctonia solani</i>	Paparu <i>et al.</i> , 2017
04	Sclerotinia root rot	<i>Sclerotium rolfsii</i>	Ferreira <i>et al.</i> , 2020
05	Charcoal rot	<i>Macrophomina phaseolina</i> (Tassi) Goid. (syn <i>Tiarosporella phaseolina</i> (Tassi))	Díaz-Díaz <i>et al.</i> , 2022
06	Pythian Root Rot	<i>Pythium ultimum</i> (<i>P. ultimum</i> var. <i>ultimum</i>)	Nzungize <i>et al.</i> , 2011
07	Vascular fusarium disease	<i>Fusarium oxysporum</i> f. sp. <i>Phaseoli</i>	Kouame <i>et al.</i> , 2021
08	Angular leaf spot	<i>Phaeoisariopsis griseola</i> (Sacc.) (syn : <i>Pseudocercospora griseola</i>)	Degu <i>et al.</i> , 2020;
09	American powdery mildew	<i>Erysiphe polygoni</i>	Deng <i>et al.</i> , 2022
10	Rust	<i>Uromyces appendiculatus</i>	Acevedo <i>et al.</i> , 2013
11	Choanephora rot	<i>Choanephora cucurbitarum</i>	Berton <i>et al.</i> , 2019
12	Myrothecium lesions	<i>Myrothecium roridum</i> Tode	Blancard, 2021; Iqbal <i>et al.</i> , 2021
13	Black root rot	<i>Berkeleyomyces basicola</i> (syn. <i>Thielaviopsis basicola</i> ; <i>Chalara elegans</i>)	Lessard et Tousignant, 2021
14	Corynesporiosis	<i>Corynespora cassiicola</i>	Blancard, 2021
15	Cercosporiosis	<i>Cercospora canescens</i>	Berton, 2019
16	White rot	<i>Sclerotinia sclerotiorum</i>	Gebily <i>et al.</i> , 2021
17	Ascochyosis	<i>Ascochyta phaseolarum</i>	Koder <i>et al.</i> , 2022
18	Mealy stains	<i>Mycovellosiella phaseoli</i> (syn. <i>Ramularia phaseoli</i>)	Milognon <i>et al.</i> , 2020 ;
19	Alternariosis	<i>Alternaria alternata</i>	Govardhani <i>et al.</i> , 2022
20	Gray mold	<i>Botrytis cinerea</i>	Aktaruzzaman <i>et al.</i> , 2017

2. Maladies fongiques

2.1 Anthracnose

L'anthracnose une maladie endémique touchant de nombreuses espèces de légumineuses et de solanacées, est causée par le champignon *Colletotrichum lindemuthianum*. Décrite pour la première fois sur les haricots en 1875 par Lindemuth en Allemagne, cette maladie induit des lésions sur toutes les parties aériennes de la plante. Au niveau des feuilles, des taches allongées de teintes foncées (violette, rouges ou brunes) se forment

principalement sur la face inférieure. Les tiges infectées présentent une fragilité accrue à un stade avancé de l'infection accompagnée de taches ovales noires allongées. Sur les gousses, les lésions adoptent la forme de taches circulaires qui s'approfondissent rapidement vers leur centre, prenant une teinte brun fauve consécutive à la désintégration des tissus du péricarpe (Photo 1) (Veinnot-Bourgin, 1949). Les conductions favorables à l'infection des plantes et la propagation de la maladie comprennent des températures basses oscillant entre 14°C et 24°C, ainsi qu'une forte humidité. Cette maladie peut entraîner des pertes de rendement pouvant atteindre jusqu'à 90% (Sharma *et al.*, 2008). Le contrôle de l'antracnose peut être effectué par l'utilisation de semences issues de variétés résistantes et d'extraits de plantes (Veloz-García *et al.*, 2010).



Photo 1. Symptômes de l'antracnose sur les gousses de haricot vert
www.topcropmanager.com

2.2 Pourriture Fusarienne des Racines

La pourriture fusarienne des racines résulte de l'infection par le champignon *Fusarium solani f. sp. Phaseoli*, appartenant à l'embranchement des Ascomycota. Elle se caractérise par l'apparition de stries étroites, longues, de couleur rouges à brunes, observées sur la racine pivotante et l'hypocotyle des plantules matures. A stade avancé de l'infection, les plantes manifestent un aspect pâles, un développement rabougri, entraînant une croissance lente et des peuplements irréguliers (Photo 2) (Abawi et Pastor-Corrales, 1990). Les dommages infligés par le *Fusarium solani f. sp. Phaseoli* sont généralement plus importants dans les conditions environnementales suivantes telles que le semis profond, le compactage du sol, les températures fraîches, les variations du pH du sol, une faible fertilité, les dégâts causés par les pesticides ou les engrais, ainsi que les périodes d'inondations ou de sécheresse prolongée. Les pertes de rendement imputables à la pourriture fusarienne des racines peuvent atteindre jusqu'à 84 % (Schneider *et al.*, 2001) et peuvent être atténuées par des approches de lutte biologique, notamment l'utilisation de biopesticides (Kouamé *et al.*, 2021). Par ailleurs, les champignons du genre *Trichoderma sp.* exercent également une influence significative sur le pathogène (Boat *et al.*, 2019).



Photo 2. Symptômes de *Fusarium solani. sp. phaseoli* sur le haricot vert (Mukankusi, 2008)

2.3 *Pourriture brune*

La pourriture brune constitue une pathologie fongique par le champignon *Rhizoctonia solani*. Les manifestations de la maladie se traduisent par le développement d'une fine toile mycélienne à la surface des feuilles et des gousses. Les feuilles présentent de grandes taches nécrotiques semblables à des brûlures, suivies d'une pourriture molle et de la formation de pseudo-sclérotés blanchâtres (Photo 3). Des conditions caractérisées par une humidité relative élevée et des variations de température comprises entre 20 et 30°C favorisent le développement de cette maladie. *Rhizoctonia solani* peut entraîner une réduction des rendements pouvant atteindre jusqu'à 100% (Otsyula *et al.*, 2003). La gestion de la pourriture brune peut être réalisée au moyen de l'utilisation de variétés résistantes, d'extraits de plantes, ainsi que de l'application de rhizobactéries (Ferreira *et al.*, 2020).



Photo 3. Symptômes de *Rhizoctonia solani* sur les feuilles de haricot vert (Chavez-Garcia *et al.*, 2022)

2.4 *Pourriture sclérotique des racines*

La pourriture sclérotique des racines est engendrée par l'agent pathogène *Sclerotium rolfsii*, un organisme largement répandu à l'échelle mondiale, tant dans les régions tempérées que dans les zones tropicales, et caractérisé par une grande polyphagie. *Sclerotium rolfsii* est responsable de la fonte des semis chez les jeunes plants et de la pourriture du collet chez les

plantes hôtes plus matures (Photo 4). Dans des conditions climatiques et/ou édaphiques propices, un mycélium dense et blanchâtre envahit les parties malades, exposant ainsi les sclérotés (Blancard, 2009). *Sclerotium rolfsii*, en tant que champignon ubiquiste, se développe sur une plage étendue de températures (837°C, avec une croissance optimale entre 25°C et 30°C). La sévérité de l'infection par *Sclerotium rolfsii* peut entraîner des pertes de rendement atteignant jusqu'à 100% sur les variétés sensibles (Paparou *et al.*, 2017). Diverses méthodes de gestion sont disponibles pour maîtriser cet agent pathogène de la pourriture sclérotique, comprenant l'utilisation de variétés résistantes ainsi que des approches de lutte biologique telles que l'emploi d'extraits de plantes (Ferreira *et al.*, 2020).



Photo 4. Symptômes d'une plante atteinte par *Sclerotium rolfsii* ; **A:** Symptôme typique d'une plante infectée morte au champ, **B:** Symptômes à la suite d'une inoculation (Kwon *et al.*, 2012)

2.5 Pourriture charbonneuse

La pourriture charbonneuse est une maladie fongique provoquée par le pathogène tellurique *Macrophomina phaseolina* (Tassi) Goid (syn. *Tiarosporella phaseolina* (Tassi)). En raison de sa polyphagie marquée, ce pathogène est largement répandu à l'échelle mondiale et induit des atteintes aux tiges, aux racines et aux semis des plantes. *Macrophomina phaseolina* est capable d'infecter les plantes à tous les stades de leur croissance. Les symptômes se manifestent par des lésions nécrotiques de teinte beige sur les tiges et des taches brunes à foncées sur les feuilles (Photo 5). À un stade avancé de l'infection, les tissus deviennent gris, recouverts de petites punctuations noires abondantes, et le champignon pénètre dans les gousses avant de coloniser les graines à partir des pédoncules. Les pertes de rendement attribuables à *Macrophomina phaseolina* peuvent atteindre de 80 à 100% (Díaz-Díaz *et al.*, 2022). La gestion de la pourriture charbonneuse peut être effectuée par l'utilisation de variétés résistantes et la mise en œuvre de la lutte biologique, impliquant notamment la microflore rhizosphérique, notamment des espèces bactériennes telles que *Bacillus* spp (Yolani *et al.*, 2021).



Photo 5. Symptômes de *Macrophomina phaseolina* sur le haricot vert
www.forestryimages.org

2.6 Pourriture Pythienne des Racines

La Pourriture Pythienne des racines est une maladie fongique occasionnée par un champignon du genre *Pythium*, faisant partie de la famille des Pythiaceae et de l'ordre des Pythiales. Le champignon en question, *Pythium ultimum* var. *ultimum*, est responsable de la fonte des semis et peut affecter soit les racines, soit la partie de la tige proche du niveau du sol ou du substrat, entraînant un phénomène d'étranglement (Photo 6). Les différentes espèces de *Pythium* se développent dans des conditions édaphiques variées, nécessitant des paramètres spécifiques de développement tels que des températures chaudes comprises entre 25 et 36°C, ainsi qu'un sol maintenu humide. En cas de conditions favorables, la pourriture pythienne peut entraîner des pertes de rendement atteignant jusqu'à 100% sur les variétés sensibles (Abawi et Corrales, 1990). La maîtrise de l'agent pathogène responsable de la pourriture pythienne peut être assurée par l'emploi de variétés résistantes (Nzungize *et al.*, 2011), l'utilisation de produits chimiques, ainsi que le recours à des agents de lutte biologique tels que *Trichoderma spp.* et *Gliocladium spp.*



Photo 6. Symptômes de l'inoculation de *Pythium* sur les racines ; **A:** racines de haricot vert avec symptômes **B:** racines de haricot vert sans Symptômes (Nzungize *et al.*, 2011)

2.7 Fusariose vasculaire

La fusariose vasculaire constitue une maladie cryptogamique spécifique aux haricots, attribuable au champignon *Fusarium oxysporum* f. sp.

phaseoli. Les symptômes de cette maladie se manifestent sur l'ensemble des organes de la plante. Initialement, sur les feuilles, la fusariose vasculaire se traduit par un discret jaunissement des feuilles basales, suivi d'une sénescence prématurée (Photo 7). Le jaunissement progresse ensuite vers les autres feuilles à mesure que la maladie se propage dans le système vasculaire des racines et du collet. Ce processus aboutit à la nécrose du feuillage, qui prend une teinte allant du beige au brun. Au niveau de la tige, du collet, et des racines, le système vasculaire acquiert une coloration rougeâtre à brunâtre. Les plantes infectées présentent ultérieurement un ralentissement de la croissance, un flétrissement, et parfois des cas de mortalité. *Fusarium oxysporum* f. sp. *phaseoli* peut entraîner des réductions de rendement allant jusqu'à 80% (Schwartz *et al.*, 2005). Le contrôle du pathogène responsable de la fusariose vasculaire peut être assuré par l'utilisation de semences issues de variétés résistantes, l'application de biopesticides (Kouamé *et al.*, 2021), et l'emploi d'agents de contrôle biologique.



Photo 7. Symptômes de la fusariose vasculaire sur le haricot vert www.greenlife.co.ke

2.8 Tache angulaire

L'agent causal de la tache angulaire est *Phaeoisariopsis griseola* (Sacc.) (syn : *Pseudocercospora griseola*), un champignon largement répandu dans les zones tropicales où l'on cultive des haricots communs. L'infection se manifeste par la formation de lésions sous forme de taches brunes, marron clair, ou argentées sur l'ensemble de la partie aérienne de la plante, notamment les feuilles, les pétioles, les tiges, et les gousses (Photo 8). Cette infection fongique est reconnue comme une maladie grave affectant les haricots dans de nombreuses régions. *Phaeoisariopsis griseola* peut infecter divers types de haricots, tels que les haricots communs, les haricots de Lima, les haricots d'Espagne, les haricots mungo, les haricots à œil noir, et même les pois. Une infection par ce champignon peut entraîner d'importantes pertes de rendement, pouvant atteindre jusqu'à 80% dans les pays tropicaux et subtropicaux (Muthomi *et al.*, 2011). La gestion de *Phaeoisariopsis griseola* peut être assurée par l'utilisation de semences provenant de variétés résistantes, et

l'application de fongicides peut contrôler efficacement la tache angulaire (Paparú *et al.*, 2014).



Photo 8. Symptômes de *Phaeoisariopsis griseola* sur *Phaseolus vulgaris*
www.apps.lucidcentral.org

2.9 *Oïdium américain*

L'oïdium américain, l'une des maladies fongiques les plus fréquentes touchant divers types de haricots, est provoqué par le pathogène *Erysiphe polygoni*. Cette maladie peut affecter toutes les parties aériennes des plantes de haricots. Les premiers symptômes se manifestent par de petites taches blanches ou grisâtres sur la face supérieure des feuilles. Dans des cas d'infection sévère, les feuilles affectées peuvent progressivement se déformer vers le bas, mourir, et finalement tomber (Photo 9) (Schwartz *et al.*, 2005). Toutefois, des taches d'oïdium peuvent également apparaître sur les gousses de haricots mange-tout. Les conditions environnementales optimales pour le développement de l'oïdium sont généralement des températures modérées (15°C à 27°C) et des conditions ombragées. Bien que l'agent pathogène ne soit rarement responsable de dommages majeurs, certaines variétés peuvent subir des pertes de rendement significatives, allant jusqu'à 69% (Schwartz *et al.*, 2005). La gestion de l'oïdium peut être réalisée en mettant en œuvre plusieurs mesures prophylactiques, notamment la culture de variétés résistantes en plein soleil. Par ailleurs, l'adoption de bonnes pratiques culturales et l'application de fongicides peuvent être des approches efficaces pour prévenir, protéger, ou éradiquer l'oïdium.



Photo 9. Symptômes de l'oïdium sur le haricot vert www.growveg.com

2.10 Rouille

La rouille est une maladie fongique attribuable au champignon basidiomycète *Uromyces appendiculatus*, un parasite obligatoire d'une grande virulence et largement répandu, affectant diverses variétés de haricots en ciblant leurs feuilles et leurs gousses. Les symptômes caractéristiques de la rouille se manifestent par de petites pustules blanchâtres, arrondies, mesurant entre 0,25 et 1 mm de diamètre, présentes des deux côtés du limbe, sur les pétioles et sur les gousses. *Uromyces appendiculatus* cible une gamme étendue de plantes. Les conditions optimales pour le développement du pathogène comprennent des zones fraîches avec des températures modérées, oscillant entre 17°C et 22°C, alternant avec une humidité élevée dépassant 95% (Khouader *et al.*, 2013). Cette maladie peut entraîner des pertes de rendement dépassant 50% chez le haricot commun, mais lorsque les conditions sont particulièrement propices au développement de la maladie, les pertes de rendement peuvent atteindre 100% (Acevedo *et al.*, 2013). La gestion de la rouille peut être effectuée par l'utilisation de cultivars résistants. *Trichoderma asperellum* est également employé dans des stratégies de lutte biologique contre *Uromyces appendiculatus* (CruzTriana *et al.*, 2018).



Photo 10. Symptômes d'*Uromyces appendiculatus* sur haricot vert www.invasive.org

2.11 La pourriture de *Choanephora*

La pourriture de *Choanephora* est une maladie fongique attribuable au champignon *Choanephora cucurbitarum*, engendrant des nécroses sur les feuilles et les gousses (Photo 11). Pendant la phase de fructification, des têtes d'épingle noires se forment sur les gousses. *Choanephora cucurbitarum* est un champignon opportuniste, fréquemment observé sur des organes blessés, excessivement mûrs, ou floraux (Berton, 2019). Les mesures prophylactiques contre ce champignon incluent l'évitement de l'irrigation par aspersion en fin de journée, l'élimination des fleurs et des fruits pourris pendant la culture, l'orientation des rangs selon la direction des vents dominants, et le maintien d'un espacement adéquat entre les plantes pour favoriser une ventilation optimale dans la parcelle (Berton, 2019).



Photo 11. Symptôme de *Choanephora cucurbitarum* sur haricot vert (Berton, 2019).

2.12 Lésions à *Myrothecium*

La lésion à *Myrothecium* est une maladie cryptogamique causée par le champignon *Myrothecium roridum* Tode (1790). En tant que parasite facultatif et polyphage, *M. roridum* peut induire des symptômes sur les feuilles, les tiges, et les fruits. Sur les feuilles, les symptômes se manifestent sous la forme de taches concentriques brunes à foncées qui fusionnent. Sur les tiges, des lésions plus ou moins cancéreuses peuvent se former. Des altérations surviennent sur les fruits avant et après la récolte (Photo 12). Sur les parties affectées, *M. roridum* produit des masses discrètes grisâtres à noires (sporodochies). Le champignon peut persister dans le sol sous forme saprophyte sur la matière organique. La conservation et la dissémination de *M. roridum* se font via les graines. Son développement est favorisé par des conditions climatiques chaudes et humides, avec une germination optimale de ses conidies à 28°C (Blancard, 2021). Pour contrer *M. roridum*, il est recommandé d'utiliser des semences saines ou de les désinfecter. L'élimination des plantes et des fruits malades, ainsi que des débris végétaux, est essentielle. Des traitements fongicides sont préconisés pendant la période de floraison (Blancard, 2021).



Photo 12. Symptôme de *Myrothecium roridum* sur haricot vert (Berton, 2019)

2.13 *Pourriture noire des racines*

Berkeleyomyces basicola (Berkeley & Broome) (syn. *Thielaviopsis basicola* [Berk. & Br.] Ferraris) (syn. *Chalara elegans*) est un champignon Ascomycète appartenant à la famille des Ceratocystidaceae. Il affecte divers hôtes, en particulier les plantes ornementales telles que le bégonia, le cyclamen, le fuchsia, la gerbera, la pensée, le poinsettia, ainsi que des légumes tels que la carotte, le concombre, le haricot, le pois, et la tomate. Les symptômes incluent le jaunissement, la défoliation, le rabougrissement, et le flétrissement des feuilles (Photo 13). Au niveau du collet, des fissures longitudinales noires, un gonflement, et une pourriture noire sont observés. Les racines présentent de petites lésions rouges à brunes formant des zones irrégulières de 3 à 20 mm de diamètre, réparties de manière aléatoire sur l'épiderme, évoluant ensuite vers une coloration noire. Le champignon *Thielaviopsis basicola* survit pendant plusieurs années dans les sols ou les résidus de culture sous forme de chlamydospores, avec une germination optimale à 25°C et dans un sol ayant un pH compris entre 5,0 et 8,5 (Lessard & Tousignant, 2021). Des mesures prophylactiques rigoureuses doivent être mises en œuvre pour prévenir son développement. Pour la production en serre, il est essentiel d'acquérir du matériel végétal sain, d'éviter la réutilisation du matériel contaminé, de prévenir le stress hydrique, la fertilisation excessive, et les basses températures du sol. Le maintien du pH du sol à 5,6, l'élimination et la destruction du matériel infecté, la stérilisation de l'équipement, et le contrôle des insectes sont également recommandés (Lessard & Tousignant, 2021).



Photo 13. Symptôme de *Chalara elegans* sur haricot vert www.iiriphyto.com

2.14 *Corynesporiose*

La Corynesporiose est une maladie fongique engendrée par le champignon *Corynespora cassiicola*, largement répandu à l'échelle mondiale. Ce champignon, très polyphage, est identifié sur des Cucurbitaceae dans de nombreux pays tropicaux ou subtropicaux humides, avec une fréquence plus élevée sur le melon, bien que ses dommages soient moindres dans ce cas. *Corynespora cassiicola* peut persister de manière prolongée sur des débris végétaux, survivant pendant plus de deux ans. Les symptômes de *Corynespora cassiicola* se manifestent par des taches chlorotiques, plus ou moins délimitées

par les nervures, sur le limbe des feuilles matures (Photo 14). Ces taches s'étendent, prennent une forme circulaire, et évoluent rapidement pour adopter une teinte brun clair au centre et plus foncée à la périphérie. Des pluies abondantes, des périodes prolongées d'humidité, et des températures variant de 24 à 31°C, avec un optimum autour de 28°C, favorisent le développement du champignon (Blancard, 2021). La gestion de la corynesporiose implique l'application de mesures prophylactiques. Il est recommandé de pratiquer des rotations culturales étendues avec des cultures non sensibles, d'éviter de nouvelles plantations à proximité de cultures affectées ou sensibles, et d'éliminer les vieilles feuilles malades au moment de la récolte, sans les laisser sur le sol (Blancard, 2021).



Photo 14. Symptômes de *Corynespora cassicola* sur le haricot vert (Berton, 2019)

2.15 Cercosporiose

La cercosporiose est une maladie fongique provoquée par le champignon *Cercospora* sp. Elle se caractérise par des taches nécrotiques circulaires, entourées d'un halo jaune, sur les feuilles (Photo 15). Ces lésions présentent un aspect rouillé sur la face supérieure du feuillage et se manifestent comme des zones nécrotiques sombres sur la face inférieure. De plus, la sporulation du champignon est souvent clairement observable sous le feuillage des haricots (Berton, 2019). Les champs gravement touchés par cette maladie peuvent subir des pertes de rendement pouvant atteindre jusqu'à 50 % (Pande *et al.*, 2009). Des mesures prophylactiques sont préconisées, telles que l'évitement de l'irrigation par aspersion, surtout en fin de journée, l'utilisation de semences saines, l'élimination des feuilles des plantes infectées, et la promotion d'une ventilation adéquate dans le champ grâce à un espacement optimal entre les plantes (Berton, 2019).



Photo 15.Tache foliaire de *Cercospora* sp. sur haricots longs (Berton, 2019)

2.16 Sclérotiniose

La sclérotiniose est une maladie fongique causée par le champignon *Sclerotinia sclerotiorum*. Elle se caractérise par des taches humides, molles, et irrégulières qui s'agrandissent rapidement dans des conditions fraîches et humides, conduisant à une pourriture sèche blanchâtre avec de larges cercles concentriques (Photo 16). Une plage de température entre 4 et 29°C, avec une température optimale située entre 20 et 24°C, favorise le développement de ces lésions. Dans des conditions favorables, l'agent causal de la sclérotiniose peut entraîner une réduction du rendement pouvant atteindre jusqu'à 100% (Ploper *et al.*, 2016). La gestion de la sclérotiniose peut être réalisée en suivant des mesures prophylactiques telles que le maintien d'un bon drainage du sol, une densité de semis modérée, une fertilisation azotée raisonnable, le contrôle des mauvaises herbes qui retiennent l'humidité, et l'alternance avec des cultures non hôtes. L'utilisation de semences résistantes et l'application de l'agent de lutte biologique *Streptomyces* spp sont également recommandées (Gebily *et al.*, 2021).



Photo 16. Plante attequée par *S. sclerotiorum* www.panprama-agro.com

2.17 Ascochytose

L'ascochytose est une maladie fongique provoquée par *Ascochyta phaseolarum*. Elle se caractérise par des lésions noires et concentriques d'un

diamètre de 1 à 3 cm (Photo 17). Cette maladie se manifeste généralement aux premiers stades de développement des gousses et s'intensifie à mesure qu'elles mûrissent (Liu *et al.*, 2016). Le champignon a la capacité de se propager de manière systémique dans la plante. Des variations de température comprises entre 16 et 24°C, associées à une humidité élevée, sont des conditions propices au développement de ce champignon. Les pertes de rendement peuvent atteindre jusqu'à 75 % (Schwartz *et al.*, 1981). La gestion de l'Ascochyte nécessite une approche intégrée combinant des méthodes culturales, chimiques et biologiques (Buruchara, 2006). Cependant, l'utilisation de variétés résistantes demeure une stratégie de gestion particulièrement efficace contre cette maladie.



Photo 17. Taches des Ascochyta sur le haricot (Koder, 2022) ; (A) Anneaux concentriques sur une marge sombre sur les feuilles de haricot montrant des anneaux concentriques avec une marge sombre, (B) Tache sur des gousses de haricot.

2.18 *Taches farineuses*

Les taches farineuses représentent une maladie fongique causée par *Mycovellosiella phaseoli* (syn. *Ramularia phaseoli*). Elle se caractérise par des taches jaunes diffuses qui peuvent évoluer en nécroses brunâtres et irrégulières sur la face supérieure des feuilles (Photo 18). Ces lésions se distinguent par un duvet blanc abondant recouvrant leur surface inférieure, constituant les fructifications du champignon et conférant à la maladie un aspect farineux caractéristique. Actuellement, peu d'informations sont disponibles sur l'épidémiologie et la survie du champignon responsable de cette maladie, bien que sa dissémination soit favorisée par le vent. Les zones d'altitude intermédiaire, situées entre 1 000 et 1 400 mètres, sont propices au développement de cette maladie. Les mesures de lutte contre cette maladie ne sont pas encore clairement définies, mais l'utilisation de variétés résistantes adaptées aux conditions écologiques des zones endémiques est recommandée. Des produits chimiques tels que le bénomyl (500 g m.a./ha), le thiophanateméthyl (500 g m.a./ha) et le mancozèbe (2 000 g m.a./ha) ont démontré une protection efficace. De plus, des pratiques prophylactiques telles que l'élimination des plantules issues de graines germées hors saison et la

sélection de graines saines au moment du semis peuvent être mises en œuvre (Milognon *et al.*, 2020).



Photo 18. Symptôme de *Mycovellosiella phaseoli* sur la feuille d'un haricot vert
www.forestryimages.org

2.19 Alternariose

L'alternariose représente une maladie fongique majeure affectant les haricots verts, causée par le champignon *Alternaria alternata* (Fr.) Keissler. Cette maladie est répandue dans les régions tempérées, tropicales et subtropicales (Govardhani *et al.*, 2022). Les symptômes initiaux de la maladie se manifestent par de petites lésions brunes irrégulières qui évoluent en vastes zones nécrotiques (Photo 19). La gestion d'*Alternaria alternata* implique diverses stratégies de lutte, comprenant des méthodes chimiques et biologiques, des pratiques agricoles, ainsi que l'utilisation de variétés résistantes. Parmi ces stratégies, l'application de *Trichoderma* spp. et de *Bacillus subtilis* se distingue comme une approche prometteuse dans le domaine de la lutte biologique (Govardhani *et al.*, 2022).



Photo 19. Symptômes d'*Alternaria alternata* sur une feuille et une gousse de haricot vert
www.growingproduccom

2.20 Pourriture grise

Botrytis cinerea Pers. est un champignon ubiquiste et polyphage appartenant à la famille des Moniliaceae, causant la pourriture grise. Il peut

infecter plus de 230 espèces végétales, notamment des cultures cruciales en serre et en plein champ, telles que les pommes, les tomates, les fraises et les haricots verts (Zhang *et al.*, 2015). *B. cinerea* engendre d'importantes pertes économiques pour les haricots verts, tant au cours des périodes de croissance que lors du stockage et du transport. Les symptômes de la pourriture grise se caractérisent par des lésions grises gorgées d'eau, accompagnées d'un mycélium blanc à grisâtre sur les feuilles et les gousses (Photo 20). La gestion de la pourriture grise peut être assurée par l'usage de fongicides ou par l'introduction d'agents de lutte biologique tels que *Trichoderma harzianum* (Zhang *et al.*, 2015).



Photo 20. Symptômes de *B. cinerea* sur les feuilles de haricot vert (Nyabyenda *et al.*, 2005)

Discussion

Le haricot vert (*Phaseolus vulgaris*), une légumineuse à graines, est exposé à diverses contraintes, notamment les maladies, comme d'autres légumineuses. Notre revue révèle que plusieurs groupes d'agents phytopathogènes affectent le haricot vert, principalement des champignons (Meziadi *et al.*, 2016 ; Martins *et al.*, 2018), des bactéries (Djeugap *et al.*, 2014 ; Mbeugang *et al.*, 2017), et des virus (Mwaipopo *et al.*, 2018). Près d'une vingtaine de pathogènes fongiques ont été identifiés sur cette culture, dont la plupart sont également présents sur d'autres légumineuses telles que le pois anta (*Lablab purpureus L.*) (Khan *et al.*, 2020 ; Ema *et al.*, 2022), l'arachide (*Arachis hypogaea L.*) (Adhilakshmi *et al.*, 2013), la fève (*Vicia faba L.*), et le pois (*Pisum sativum*) (Bougoufa et Guendouzi, 2018).

Ces pathogènes fongiques se manifestent de manière variée sur les plants de haricot, induisant des lésions de formes diverses affectant tous les organes de la plante, telles que des tâches, stries, nécroses, brûlures, pourritures, flétrissures, jaunissements, rabougrissements, défoliations, et chloroses. Une diversité similaire de symptômes a été observée sur d'autres légumineuses telles que *Vigna unguiculata* (Alves *et al.*, 2019), *Lablab purpureus L.* (Khan *et al.*, 2020 ; Ema *et al.*, 2022), *Vicia faba L.*, et *Pisum sativum* (Bougoufa et Guendouzi, 2018).

La revue souligne que les maladies fongiques constituent la principale catégorie de maladies affectant le haricot vert, une constatation similaire à

celle de Boussaber *et al.*, 2012, qui indiquent que 83 % des maladies des plantes sont attribuables aux champignons. Des mesures prophylactiques, telles que des pratiques culturales appropriées (densité des semis, écartement entre les plants, drainage du sol), l'utilisation raisonnée de fertilisants et de semences de qualité, peuvent être mises en place pour prévenir ces maladies. En ce qui concerne la gestion des maladies, des approches génétiques, telles que la production de semences résistantes, des méthodes biologiques utilisant des extraits végétaux et des agents biologiques (rhizobactéries, Trichoderma), ainsi que des méthodes chimiques impliquant l'utilisation de composés chimiques (acide salicylique, bénomyl, thiophanate-méthyl), ont été identifiées. Ces stratégies de prévention et de lutte sont également observées dans la gestion des affections fongiques sur d'autres cultures telles que le niébé (Rabo *et al.*, 2021 ; Mahomed *et al.*, 2022), le pommier (Lahlali *et al.*, 2021), et les cultures maraîchères (Fangue-Yapseu *et al.*, 2023).

Conclusion

Le haricot vert (*Phaseolus vulgaris*), en dépit de son importance nutritionnelle, économique, et agronomique, demeure vulnérable à de multiples attaques d'agents phytopathogènes. Il est la cible d'une vingtaine de champignons pathogènes, lesquels, dans des conditions de développement idéales, induisent des niveaux de sévérité variables mais significatifs, impactant le rendement de la culture. La mise en œuvre de bonnes pratiques agricoles, comprenant le travail du sol, l'élimination des résidus de culture, l'utilisation de variétés résistantes, le traitement des semences, ainsi que le respect de la densité et de l'espacement entre les plantes, permet d'éviter certaines maladies au sein des parcelles cultivées et prévient l'introduction d'agents pathogènes virulents.

En cas d'infection des plantes, l'emploi d'extraits de plantes, de bactéries, et de champignons, tels que les rhizobactéries et le Trichoderma respectivement, contribue à atténuer la sévérité de ces pathogènes. La lutte chimique, via l'utilisation de produits chimiques, et la lutte génétique, à travers la sélection et la création de variétés résistantes, s'avèrent être des stratégies efficaces pour réduire la pression parasitaire sur les plantes et préserver les cultures contre les pertes économiques occasionnées.

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

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

Déclaration de financement : Les auteurs n'ont obtenu aucun financement pour cette recherche.

References:

1. Abawi G.S. & Pastor-Corrales M.A. (1990). Root rot of beans in Latin America and Africa: Diagnosis, research methodologies and management strategies. Cali, Colombia, CIAT.
2. Acevedo M., Steadman J.R. & Rosas J.C. (2013). *Uromyces appendiculatus* in Honduras: pathogen diversity and screening for host resistance. *Plant Dis.* 97: 652-661.
3. Akoègninou A., Van der Burg W.J., & Van der Maesen L.J.G. (2006.) Analytical Flora of Benin, Backhuys Publishers, Leiden, Netherlands.
4. Berton A. (2019). Integrated bean protection in French Guiana Chambre d'agriculture de Guyane 1, avenue des Jardins de Sainte-Agathe 97355, <https://bsvguyane.files.wordpress.com/2019/12/pi-haricot.pdf>
5. Matthew W. Blair., C. Astudillo, M. A. Grusak, R. Graham Æ S. E. Beebe (2009). Inheritance of seed iron and zinc concentrations in common bean (*Phaseolus vulgaris* L.), *Mol Breeding* (2009) 23:197-207 doi.org/10.1007/s11032-008-9225-z
6. Boat M.A.B., Sameza M.L., Iacomini B., Tchameni S.N., & Fabrice Fekam Boyom F.F. (2019). Screening, identification and evaluation of *Trichoderma spp.* for biocontrol potential of common bean damping-off pathogens, *Biocontrol Science and Technology*, doi.org/10.1080/09583157.2019.1700909.
7. Broughton, W.J. (2003). Roses by Other Names: Taxonomy of the *Rhizobiaceae* .*Journal of Bacteriology*. 185: 2975-79.
8. Chávez-García W.R., Mera-Vera., F.N., Portalanza D., & Garcés-Fiallos F.R. (2022).
9. Temporal progress of web blight in three common bean genotypes on the central coast of Ecuador. *Revis Bionatura* 2022;7(1). 35. doi.org/10.21931/RB/2022.07.01.35
10. Cruz-Triana A., Rivero-González D., Infante-Martínez D., Echevarría-Hernández A., & Martínez-Coca B. (2018). Management of phytopathogenic fungi in *Phaseolus vulgaris* L. with the application of *Trichoderma asperellum* Samuels, Lieckfeldt & Nirenberg, *Revista de Protección Vegetal*, Vol. 33, No. 3, E-ISSN : 2224-4697.
11. Blancard D. (2009). Tomato diseases: Observe Identify Fight. INRA. Paris. 679p.
12. Blancard D. (2021). *Paramyrothecium roridum* (Tode) L. Lombard & Crous (syn. *Myrothecium roridum* Tode). <http://ephytia.inra.fr/fr/C/23057/Tropileg-Lesions-aMyrothecium-M-roridum>
13. Bougoufa S., & Guendouzi N. (2018). Inventory of fungal diseases of leguminous plants: broad bean (*Vicia faba* L.) and pea (*Pisum*

- sativum*), Master thesis, Applied Microbiology, University of Larbi Ben Mhidi Oum Bouaghi, <http://bib.univ-oeb.dz:8080/jspui/browse?type=author&value=Guendouzi%2C+Nesine>
14. Boussaber E., Kadmiri I.M., Hilali L., & Hilali A. (2012). Isolation of actinomycetes strains producing antifungal substances. ScienceLib Editions Mersenn. 4: 2111-4706.
 15. Brou Alain Ahonon, Hamidou Traore & Joseph Ipou Ipou (2018). Major weeds in bean (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivation in the Moronou Region of east-central Côte d'Ivoire, Int. J. Biol. Chem. Sci. 12(1): 310-321, International Formulae Group. All rights reserved. doi.org/10.4314/ijbcs.v12i1.25
 16. Buruchara R.A. (2006). Background information on common beans (*Phaseolus vulgaris* L). Biotechnology, breeding and seed systems for African Crops. The Rockefeller Foundation, Nairibi, Kenya.
 17. Celmeli T., Sari H., Canci H., Sari D., Adak A., Eker T., & Toker C. (2018). The nutritional content of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) landraces in comparison to modern varieties. Agronomy 166:1-9
 18. Degu T., Yaregal W., & Gudisa T. (2020). Status of Common Bean (*Phaseolus vulgaris* L.). Diseases in Metekel Zone, North West Ethiopia. J Plant Pathol Microbiol 11:494. doi.org/10.35248/21577471.20.11.494
 19. Deng D., Sun S., Wu W., Duan C., Wang Z., Zhang S., & Zhu Z. (2022). Identification of Causal Agent Inciting Powdery Mildew on Common Bean and Screening of Resistance Cultivars. Plants 2022, 11, 874. doi.org/10.3390/
 20. Ema I.J., Marjia A.M., Ahasan U.K., Mohammad M. H.T., Faruk R.Md., Shofiul A.T. & Muhammad A. (2022). A Review on the Management of Country Bean (*Lablab purpureus* L.) Diseases in Bangladesh, The Journal of Agricultural Sciences - Sri Lanka Vol. 17, No 3, September 2022. Pp 388-415 doi.org/10.4038/jas.v17i3.992
 21. Ferreira L.V.M., de Carvalho F., Andrade J.F.C., Oliveira D.P., de Medeiros F.H.V., & de Souza M.F.M. (2020). Co-inoculation of selected endophytic rhizobacterial nodule strains with *Rhizobium tropici* promotes plant growth and controls seedling damping-off in common bean. Tomato Diseases: Observe Identify Control. Pedosphere. 30(1) : 98-108.
 22. Fangue-Yapseu G.Y., Ntapnze-Mouliom M.A., & Mouafo-Tchinda R.A. (2023). Pesticide use practices in lowland market gardening in the city of Yaoundé, Vertigo., the electronic journal of environmental sciences: doi.org/10.4000/vertigo.37501

23. Gebily D.A.S., Gamal A.M., Ghanem M.M., Ragab A.M., Ali N. K., & Soliman T., Abd El-Moity H. (2021). Characterization and potential antifungal activities of three *Streptomyces spp*, as biocontrol agents against *Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) de Bary infecting green bean, *Journal of Biological Pest Control* 31:33 doi.org/10.1186/s41938-021-00373-x
24. Godderis W, (1995). La culture du haricot au Burundi, AGCD (Administration Générale de la Coopération au Développement). Bruxelles, Belgique 169p
25. Govardhani P., Tiwari S., Supriya V., & Patthi Lakshmi Sindu P.L. (2022). Efficacy of Selected Bioagents against Alternaria Leaf Spot of French Bean (*Phaseolous vulgaris L.*), *International Journal of Plant & Soil Science* 34(20): 458-463. doi:10.9734/IJPSS/2022/v34i2031176
26. Hassane H., (2008). Répertoire des espèces végétales les plus couramment utilisées en pharmacopée traditionnelle et impact des techniques de prélèvement sur la diversité biologique dans la réserve de Biosphère du W au Niger, Mémoire de DEA, Université Abdou Moumouni p81
27. Iqbal M., Sumera N., Khan S.N., Farooq S., Mohy-Ud-Din G., Idrees M., Saira Mehboob, & Riaz H.M. (2021). Optimization of culture conditions for mycelial growth and sporulation of *Myrothecium roridum*, *Int. J. Phytopathol.* 10 (01) 2021. 01-07 doi.org/10.33687/phytopath.010.01.3415
28. Kambou Donkora (2019). Évaluation des performances techniques de l'irrigation au Burkina Faso, Thèse de Doctorat, Université de Liège - Gembloux Agro - Bio Tech, <https://orbi.uliege.be/handle/2268/241805>
29. Khouader M., Benkirane R., Touhami A.O., & Douira A. (2013). Study of some pucciniales linked to plants cultivated in Morocco. *Journal of Applied Biosciences.* 72 : 58695882
30. Koder S.B., Nawale R., Abhishek, Katyayani, K.K.S., Rana, M. & Srivastava S. (2022). Symptoms, biology and management of ascochytiopsis (*Phoma exigua*) of beans: A Review. *Agricultural Science Digest* : 1-9.
31. Kouame K.G., Kouame K.D., Coulibaly L.F., Tuo S., Dongo R.F.K., Yao K.J., & Kone D. (2021). Evaluation of the effect of the biopesticides Astoun 50 Ec and Nostag 50 Ec on the pathogen Fusarium Wilt (*Fusarium sp.*) and on certain agro-morphological parameters of common bean. (*Phaseolus vulgaris L.*), *Haya : The Saudi Journal of Life Sciences*, 6 (12) : 320-328, doi:10.36348/sjls.2021.v06i12.005

32. Kwon J.H., Kim J.W., Lee Y.H., & Shim, H.S. (2012). Sclerotium rot of sponge gourd caused by *Sclerotium rolfsii*. Res. Plant Dis. 18 : 54-56. (En coréen)
33. Lahlali R., Boulif M., & Moinina A (2021). Pratiques phytosaitaires des pomiculteurs : cas de la region Fès-Meknès. Rev. Mar. Sci. Agron. Vét. (9)2 (Juin 2021): 151-157
34. Lessard J., & Tousignant M.E. (2021). *Berkeleyomyces basicola* or Thielaviopsis data sheet basicol, www.agrireseau.net/rap/documents?s=3167&page=1
35. Mahomed T., Zida P.E., Sawadogo I., Soalla W.R., & Nébié H.Ch.R. (2022). Fungicidal efficacy of three essential oil-based biopesticides on the main fungi associated with cowpea seeds in Burkina Faso, J. Soc. Ouest-Afr. Chim. (2022), 051 38 - 44, <http://www.soachim.org>
36. Martins SA., Schurt DA., Seabra SS, Martins SJ., Ramalho MAP, De Souza Moreira FM., da Silva JCP., da Silva JAG & de Medeiros FHV (2018). Common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) growth promotion and biocontrol by rhizobacteria under Rhizoctonia solani suppressive and conducive soils. Appl Soil Ecol 127:129-13
37. Mbeugang D.L., Mbong G.A., & Ngueguim M. (2017). Effect of angular leaf spot disease on the yield of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) varieties at Fombot in the west, Agronomie Africaine 29 (2) : 197 - 206.
38. Meziadi C., Richard M.M.S., Derquennes A., Thareau V., Blanchet S., Gratias A., Pflieger S., & Geffroy V. (2016). Development of molecular markers linked to disease resistance genes in common bean based on whole genome sequence. Plant Sci 242:351-357
39. Milognon H.W., Missihoun A.A., AGBO R.I., Assogbadjo A.E., & Agbangla C. (2020).
40. Connaissances endogènes et contraintes biotiques de production des haricots cultivés du genre *Phaseolus* au Centre et Sud Bénin (Afrique de l'Ouest), Journal of Applied Biosciences 145 : 14938 - 14954 doi.org/10.35759/JABs.v145.9
41. Mukankusi C., & Mugisha M. (2008). Improved resistance to Fusarium root rot [*Fusarium solani* (Mart) Sacc. f. sp. *Phaseoli* (Burkholder) W.C. Synder & H.N. Hans] in common bean (*Phaseolus vulgaris*). [PhD thesis, University of KwaZulu-Natal, Pietermaritzburg, South Africa]. www.researchgate.net
42. Muthomi J.W., Muimui K.K & Kimani P.M. (2011). Inheritance of resistance to angular leaf spot of yellow bean. African Crop Science Journal;19 (4):267-275.
43. Mwaipopo B., Nchimbi-Msolla S., Njau P.J.R., Deogratus Mark D., & Mbanzibwa D.R. (2018). Comprehensive Surveys of Bean common

- mosaic virus and Bean common mosaic necrosis virus and Molecular Evidence for Occurrence of Other *Phaseolus vulgaris* Viruses in Tanzania, Plant Disease - 102:2361-2370 doi.org/10.1094/PDIS-01-18-0198-RE
44. Nyabyenda P. (2005). Plants grown in high altitude tropical regions of Africa. Ed.tec et Doc, Presses Agronomiques de Gembloux. p 38-42.
 45. Nzungize J., Gepts P., Buruchara R., Buah S., Ragama P., & Busogoro J.P., (2011). Pathogenic and molecular characterization of Pythium species inducing root rot symptoms of common bean in Rwanda, African Journal of Microbiology Research Vol. 5(10), pp. 11691181, <http://www.academicjournals.org/ajmr>
 46. Otsyula, R., Rubaihayo P., & Buruchara R. (2003). Inheritance of resistance to Pythium root rot in beans (*Phaseolus vulgaris*) genotypes. Afr. Crop Sci. Conf. Proc. 6, 295-298.
 47. Pabra. (2013). SDC Pabra report ; Jauary 2013 – Decembr 203. International Center for Tropical Agriculture (CIAT), Pan-African Bean Research Alliance, PABRA.Cali.CO.87p
 48. Pande S., Sharma M., Kumari S., Gaur P.M., Chen W., & Kaur L. (2009). Integrated foliar diseases management of legumes. International Conference on Grain Legumes: Quality Improvement, Value Addition and Trade, February. Indian Society of Pulses Research and Development, Indian Institute of Pulses Research, Kanpur, India.
 49. Paparu P., Katafiire M., Mcharo M., M. & Ugen M. (2014). Evaluation of fungicide application rates, spray schedules and alternative management options for rust and angular leaf spot of snap beans in Uganda, International Journal of Pest Management, 60:1, 82-89, doi.org/10.1080/09670874.2014.903445
 50. Paparu P., Acur A., Kato F., AcamC., Nakibuule J., Musoke S., Nkalubo S., & Mukankusi C. (2017). Prevalence and incidence of four common bean root rots in France Ouganda, Expl Agric. (2018), volume 54 (6), pp. 888-900 C Cambridge University Press 2017, doi.org/10.1017/S0014479717000461
 51. Ploper L.D., González V., Díaz C.G., & Vizgarra O. (2016). Enfermedades del poroto causadas por hongos, bacterias y agentes no infecciosos. In O. Vizgarra, C. Y. Espech. & L. D. Ploper, (Ed.), Manual técnico del cultivo del poroto para el Noroeste Argentino (p. 109-135). Las Lajitas, Tucumán, Argentine: EEAOC Press, C1
 52. Schneider K.A., Grafton K.E., & Kelly J.D. (2001). QTL analysis of resistance to FRR in beans. Crop Science 41:535-542.

53. Schwartz H.F., Correa F., Pineda P., Otoy M.M., & Katherman M.J. (1981). Dry bean yield losses caused by *Ascochyta*, angular, and white leaf spots in Colombia. *Plant Disease*, 65(6), 494-496.
54. Schwartz H.F., Steadman J.R., Hall R., & Forster R.L. (2005). *Compendium des maladies du haricot*. 2e édition. The American Phytopathology Society, pp 36-37
55. Sharma P., Sharma O., Padder B., Kapil R. (2008). Yield loss assessment in common bean due to anthracnose (*Colletotrichum lindemuthianum*) under sub temperate conditions of NorthWestern Himalayas. *Indian Phytopathology*, 61(3), 323.
56. Sidibe A., O. Sidibe, H. Diallo & N. P. Sanogo (2020). Etude du comportement de trois variétés de haricot vert (*Phaseolus vulgaris*) dans les conditions de culture à katibougou, Koulikoro, Mali, *Agronomie Africaine* 32 (3) : 365 - 373.
57. Snapp S., Rahmanian M., & Batello C. (2018). Pulses and sustainable farming in subSaharan Africa., under the direction of T. Calles. Rome, FAO 16-40.
58. Thiago L.P.O.S., Ana L.A.M., Fabio G.F., Everaldo G.B. (2008). Common bean - *Uromyces appendiculatus* pathosystem: Host resistance, pathogen specialization, and selection for rust resistance. *Pest technology*. 2: 56-69
59. Veinnot- Bourgin G. (1949). Parasitic fungi. Tome I, Masson et Cie ; 606p
60. Wortmann C.S. (2006). *Phaseolus vulgaris* L. – haricot sec. In : Brink, M., & Belay, G. (Editeurs), PROTA 1 : Cereals and pulses/Céréales et légumes secs. PROTA, Wageningen, Pays Bas 164-171.
61. Yolani J.B-A., Guadalupe A.M-R., Melina L-M., Ignacio E.M-M., Castro-Martinez C., de los A.C.R, Cordero-Ramirez J.D., Juan C. Martinez-Alvarez (2021). Evaluation of *Bacillus spp.* isolates as potential biocontrol agents against charcoal rot caused by *Macrophomina phaseolina* on common bean, *Journal of General Plant Pathology*, doi.org/10.1007/s10327-021-01019-4
62. Zhang S., Aaron J.P, Pernezny K., & R. T. McMillan Jr.R.T. (2022). *Alternaria* Leaf and Pod Spot of Snap Bean in Florida, PP-61, one of a series of the Plant Pathology Department, UF/IFAS Extension <http://edis.ifas.ufl.edu>.
63. Zhang Z., Qin G., & Li B. (2015). Effect of Cinnamic Acid for Controlling Gray Mold on Table Grape and Its Possible Mechanisms of Action. *Curr Microbiol* 71, 396-402 doi.org/10.1007/s00284-015-0863-1

Impacts Potentiels du Changement Climatique sur les Rendements du Mil et du Sorgho Cultivés dans les Communes Rurales au Niger

Mahamadou Dan Ladi Tchoho

Département de Biologie, Faculté des Sciences et Techniques de l'Université
Abdou Moumouni de Niamey

Agali Alhassane

Seydou Traoré

Agossou Gadedjisso-Tossou

AGRHYMET Centre Climatique Régional pour l'Afrique de l'Ouest et le
Sahel, Niamey, Niger

[Doi:10.19044/esj.2023.v19n36p95](https://doi.org/10.19044/esj.2023.v19n36p95)

Submitted: 26 October 2023
Accepted: 23 December 2023
Published: 31 December 2023

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

Cite As:

Tchoho M.D.L., Alhassane A., Traoré S. & Gadedjisso-Tossou A. (2023). *Impacts Potentiels du Changement Climatique sur les Rendements du Mil et du Sorgho Cultivés dans les Communes Rurales au Niger*. European Scientific Journal, ESJ, 19 (36), 95.
<https://doi.org/10.19044/esj.2023.v19n36p95>

Résumé

Le changement climatique constitue une menace majeure pour les populations de l'Afrique de l'Ouest, en général et du sahel, en particulier. Le Niger est, pleinement, concerné par cette situation qui se traduit par une grande variabilité pluviométrique et une forte récurrence de sécheresses depuis les années 1970s. Cette étude analyse l'impact du changement climatique sur les rendements du mil et du sorgho dans les Communes rurales de Balleyara, Dan Issa, Dogo, Harikanassou, Illéla, Magaria et Mokko, au Niger. Deux variétés de mil (HKP et SOMNO) et une de sorgho (Caudatum) ont été testées. Les données climatiques, utilisées sur la période de référence 1990-2020, proviennent de la Météorologie Nationale du Niger et de l'AGRHYMET Centre Climatique Régional pour l'Afrique de l'Ouest et le Sahel. Le modèle SARRA-H (V33) a été utilisé pour simuler les rendements des différentes variétés sur la période de référence et les périodes futures (2010-2039 et 2040-2069), sur la base des RCP4.5 et 8.5. Pour chaque Commune, les données des scénarios futurs de changement climatique ont été générées par 05 modèles

globaux choisis parmi les 29 testés dans le cadre du projet AgMIP, en tenant compte de 05 conditions climatiques : Fraiche et Humide, Fraiche et Sèche, Moyenne, Chaude et Humide, Chaude et Sèche. Trois dates de semis (Dates précoce, moyenne et tardive), deux types de sols (sableux et sablo-argileux) et deux niveaux de fertilité du sol (Fertile et Non-Fertile) ont été considérés dans le modèle SARRA-H, pour chaque Commune. Les rendements simulés pour les variétés de mil et de sorgho sur la période 1990-2020 ont été plus élevés dans la Commune de Magaria et plus faibles dans celles de Balleyara et Illéla, en particulier pour un semis tardif fait sur un sol non-fertile. Les impacts des scénarios climatiques futurs se sont traduits par des baisses de rendements des variétés testées, allant de -5% à -70% selon les RCP, les horizons, les Communes, les types de sol et les dates de semis. La variété de mil photopériodique SOMNO a été la moins sensible aux scénarios climatiques testés et la variété de sorgho Caudatum la plus sensible. Ces résultats montrent que le choix des variétés et des dates de semis les plus adaptées aux conditions pédoclimatiques locales peut atténuer l'impact du changement climatique sur les rendements agricoles au Niger, notamment avec l'apport de fertilisants et le déploiement de mesures de réduction des impacts négatifs des déficits pluviométriques.

Mots-clés: Impact du Changement Climatique, Anomalies de Rendements, Mil, Sorgho, Dates de semis, fertilité du sol, Niger

Potential Impacts of Climate Change on Millet and Sorghum Yields in Rural Communities in Niger

Mahamadou Dan Ladi Tchoho

Département de Biologie, Faculté des Sciences et Techniques de l'Université
Abdou Moumouni de Niamey

Agali Alhassane

Seydou Traoré

Agossou Gadedjisso-Tossou

AGRHYMET Centre Climatique Régional pour l'Afrique de l'Ouest et le
Sahel, Niamey, Niger

Abstract

Climate change is a major threat to the populations of West Africa in general, and the Sahel in particular. Niger is fully concerned by this situation, which has resulted in high rainfall variability and recurrent droughts since the 1970s. This study analyzes the impact of climate change on millet and

sorghum yields in the rural Communes of Balleyara, Dan Issa, Dogo, Harikanassou, Illéla, Magaria and Mokko, Niger. Two millet varieties (HKP and SOMNO) and one sorghum variety (Caudatum) were tested. Climatic data for the reference period 1990-2020 were obtained from the Niger National Meteorology Service and the AGRHYMET Regional Climate Center for West Africa and the Sahel. The SARRA-H (V33) model was used to simulate yields of different varieties over the reference and future periods (2010-2039 and 2040-2069), based on RCP4.5 and 8.5. For each Commune, data for future climate change scenarios were generated by 05 global models chosen from the 29 tested as part of the AgMIP project, considering 05 climatic conditions: Cool and Humid, Cool and Dry, Medium, Hot and Humid, Hot and Dry. Three sowing dates (early, medium, and late), two soil types (sandy and sandy-clay) and two soil fertility levels (Fertile and Non-Fertile) were considered in the SARRA-H model, for each Commune. Simulated yields for millet and sorghum varieties over the period 1990-2020 were higher in the Commune of Magaria and lower in those of Balleyara and Illéla, particularly for late sowing on non-fertile soil. The impacts of future climate scenarios translated into yield reductions for the varieties tested, ranging from -5% to -70% depending on the RCP, horizons, Communes, soil types and sowing dates. The photoperiodic millet variety SOMNO was the least sensitive to the climatic scenarios tested, and the sorghum variety Caudatum the most sensitive. These results show that the choice of varieties and sowing dates best suited to local soil and climate conditions can mitigate the impact of climate change on agricultural yields in Niger, notably through the use of fertilizers and the deployment of measures to reduce the negative impacts of rainfall deficits.

Keywords: Climate Change Impact, Yield Anomalies, Millet, Sorghum, Sowing Dates, Soil Fertility, Niger

Introduction

Pays continental, situé en plein cœur du Sahel, le Niger est, pleinement, concerné par la situation du changement climatique, car les trois quarts de sa superficie se trouvent dans la partie où le climat connaît une grande variabilité pluviométrique, se traduisant par une forte sécheresse depuis les années 1970. L'irrégularité des pluies et l'instabilité des saisons agricoles constituent quelques-uns des multiples indicateurs du changement climatique actuel dans cette région (Vodounou et Doubogan, 2016 ; Bichet et Diedhiou, 2018). Au Niger, comme dans beaucoup de pays où la sécurité alimentaire repose sur l'agriculture pluviale, les effets du changement climatique demeurent une préoccupation majeure, d'autant plus qu'il existe une forte corrélation entre sécheresses et famines et, de plus en plus, entre inondations et déficits céréaliers. La relation entre la pluie et le rendement

agricole est complexe et non univoque car une année pluvieuse n'implique pas systématiquement une bonne moisson agricole et vice versa (Faye *et al.*, 2018). Celle-ci dépend de la distribution spatio-temporelle des pluies et de leurs caractéristiques (hauteur, intensité), en plus des facteurs sociaux, environnementaux, etc. Au cours des dernières décennies, les précipitations se sont caractérisées par une forte variabilité spatio-temporelle au Niger, du fait de l'intermittence et de la modification des caractéristiques des systèmes précipitants convectifs (Rossi *et al.*, 2012 ; Panthou, 2013) et par une intensification des pluies (Descroix *et al.*, 2015 ; Panthou *et al.*, 2018). Ces caractéristiques se répercutent sur les productions agricoles à travers le décalage entre le début de la saison des pluies et la date de semis réussi (Balme *et al.*, 2005 ; Marteau *et al.*, 2010), l'exacerbation de stress hydrique au cours de la croissance des cultures (Sitta et BacCI, 2016) et la baisse des rendements (Janicot *et al.*, 2015). D'où une fréquence des déficits céréaliers (Olivier De Sardan, 2011). Ces contraintes de production font que le retour de la pluviosité observée depuis les années 1990 est, soit non perçu par les acteurs locaux (Descroix *et al.*, 2015), soit de peu d'intérêts agronomiques. Finalement, les difficultés de l'agriculture pluviale restent aussi élevées que pendant les sécheresses des années 1970 -1990 (Alhassane *et al.*, 2013) et place les populations en première ligne face aux risques climatiques. Pour minimiser ces risques, plusieurs tentatives de réorientation des politiques agricoles ont été initiées par l'Etat du Niger et ses partenaires, à travers notamment la réalisation des ouvrages de mobilisation des eaux et la promotion des cultures irriguées (Boureima, 2016). Relativement à cette situation, il est hautement nécessaire d'évaluer l'impact du changement climatique sur les rendements de principales céréales pluviales cultivées au Niger afin de pouvoir identifier le degré de perte et les capacités d'augmentations de la production agricole pour subvenir aux besoins de la population du pays en rapport avec les tendances actuelles et futures du climat. C'est dans cette optique que cet article aborde l'étude des impacts du changement climatique sur les rendements de deux variétés de mil (HKP et SOMNO) et d'une variété de sorgho (Caudatum) cultivées au Niger. L'étude a pour objectif global d'évaluer les variations des rendements de ces variétés sous les effets du changement climatique, afin d'identifier celles qui sont les plus adaptées aux conditions locales de sept (07) Communes du Niger concernées par cette étude. De manière spécifique, elle vise i) déterminer les tendances actuelles et futures des rendements estimés à l'aide du modèle agronomique SARRA-H, en fonction des trois dates de semis retenues pour chaque Commune, ii) mesurer le niveau d'impact du changement climatique sur les rendements des principales céréales pluviales (mil et sorgho) et iii) identifier la culture/variété et la Commune ainsi que la date de semis la plus adaptée aux effets néfastes du changement climatique,

aussi bien, sur la période de référence (1990-2020) que sur les scénarios futurs (2010-2039 et 2040-2069).

Materiel et methodes

Présentation des zones d'étude

Les zones d'étude portent sur les Communes rurales de Balleyara (entre 13,52 et 13,88 de latitude Nord et entre 2,56 et 3,13 de longitude Est), Dan Issa (7.41 de longitude Est et 13.26 de latitude Nord), Dogo (entre 13.50 de latitude Nord et 9.02 de longitude Est), Harikanassou (entre 13.26 de latitude Nord et 2.84 de longitude), Illéla (entre 5.24 de longitude Est et 14.46 de latitude Nord), Magaria (entre 13.00 de latitude Nord et 8.91 de longitude Est) et Mokko (entre 13,17 de latitude Nord et 3,26 de longitude Est). Dans ces Communes (figure 1), les principales activités économiques des populations sont l'agriculture, l'élevage sédentaire, l'artisanat et le petit commerce. (INS-Niger, 2018). La date de début de la saison agricole est variable d'une Commune à une autre, selon le zonage agroécologique (DMN, 2020). Elle se situe généralement entre le 1^{er} et le 10 juin, au niveau des Communes de Mokko, Balleyara, Harikanassou, Dogo et Illéla et entre le 10 et 20 juin, au niveau de celles de Dan Issa et Magaria. Quant à la date de fin de la saison agricole, elle intervient généralement entre les 10 et le 20 septembre, au niveau de toutes les Communes. Sur cette base, la longueur moyenne de la saison agricole est relativement peu variable, selon les Communes (entre 90 et 98 jours à Balleyara, Illéla, Magaria et Mokko et entre 100 et 110 jours à Dan Issa, Dogo et Harikanassou). Ces Communes ont été choisies parce que les données socioéconomiques y ont été déjà collectées.

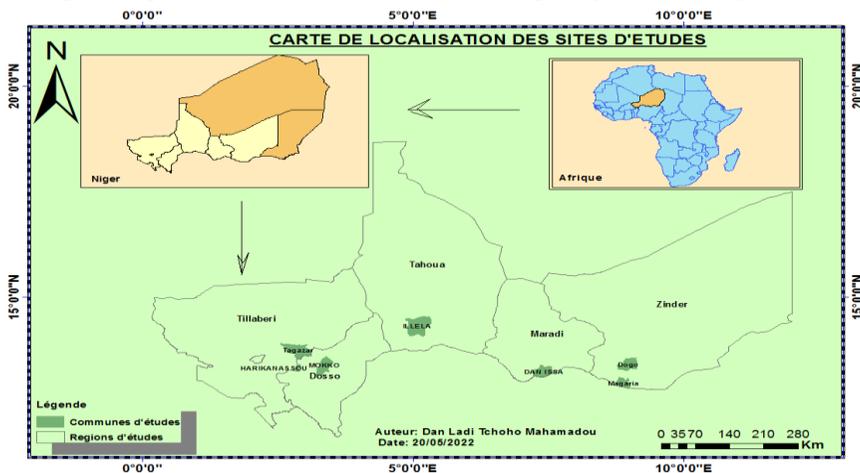


Figure 1. Carte de localisation des Communes rurales concernées par l'étude

Matériel végétal

Deux principales céréales cultivées au Niger ont été considérées dans le cadre cette étude. Il s'agit du mil (variétés HKP et SOMNO) et du sorgho (variété Caudatum).

La variété de mil HKP (localement appelée Haini-Kirei Précoce) a été développée par l'Institut National de la Recherche Agronomique du Niger (INRAN) et améliorée par sélection massale par grille (SMG) pendant quatre générations par l'Institut International de Recherches sur les Cultures des Zones Tropicales et Semi-Arides ou "International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics" (ICRISAT). Elle a un cycle de développement de 90 à 95 jours et elle est vulgarisée dans toutes les zones milicoles du Niger où la pluviométrie varie entre 300 et 600 mm d'eau. Son rendement potentiel en grains peut atteindre 1300 à 1800 kg/ha (Alhassane, 2009).

La variété de mil SOMNO est une variété photopériodique à cycle long (120 à 150 jours) développée à l'Institut National de la Recherche Agronomique du Niger (INRAN). Elle est adaptée à la zone Nord soudanienne, où la saison des pluies est plus longue avec des précipitations atteignant 700 à 800 mm d'eau (Kaboré et al. 2017). Elle a un rendement potentiel en grains de 2000 à 2500 kg/ha (Alhassane, 2009).

La variété de sorgho Caudatum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) a été développée en 1983 et homologuée 1994 par l'Institut Sénégalais de Recherche Agricole et l'Institut de Recherches Agronomiques Tropicales (ISRA-IRAT) à Bambey au Sénégal. Elle a été sélectionnée sous le numéro IS 87-7 : 74-55, à partir d'une lignée du Sénégal croisée avec l'écotype Naga white du Ghana. Elle a un cycle de 90 jours et elle s'adapte bien aux zones bénéficiant d'un cumul pluviométrique de 400 à 700 mm d'eau. Elle est faiblement photopériodique et son rendement potentiel atteint 2500 à 5000 kg/ha.

Outils informatiques

Pour déterminer les bonnes plages de semis, le logiciel INSTAT+ version 3.036 a été utilisé pour les calculs de dates de début de la saison agricole au niveau des différentes Communes de l'étude. Le logiciel CDT (Climate Data Tools) a été utilisé pour compléter les données manquantes dans les séries (pluviométrie et températures) observées sur la période de référence 1990-2020 par les données satellitaires (TAMSAT et JRSS). Le logiciel R a permis de générer les données journalières futures de températures (maximales et minimales) et de la pluviométrie sur les périodes 2010-2039 et 2040-2069, en utilisant la méthode AgMIP (Nicholas *et al.*, 2013). Le logiciel SARRA-H (V33) a été utilisé pour simuler les rendements des variétés des trois céréales sur la période de référence (1990-2020) et les horizons futurs 2010-2039 et 2040-2069. Le logiciel R Commander a permis les analyses

statistiques de rendements grains simulés. Le logiciel Excel a permis de calculer les valeurs moyennes, et d'élaborer certains graphiques des rendements grains selon les variétés, les dates de semis, les types de sols et les niveaux de fertilité du sol.

Methodes

Collecte et préparation des données climatiques

Les données climatiques utilisées pour simuler les rendements des différentes variétés de mil et de sorgho sur la période de référence 1990-2020 sont des données journalières observées de températures (maximales et minimales), de pluviométrie, de rayonnement global et d'évapotranspiration potentielle (ETP) obtenues au niveau du Centre Régional AGRHYMET de Niamey au Niger. Les données de pluviométries, comportant des valeurs manquantes, ont été complétées avec des données satellitaires, issues de TAMAST, par la méthode du merging des données journalières, c'est-à-dire d'association des données observées et de données satellitaires.

Données de scénarios futurs de changement climatique

Sur la base des données mergées sur la période de référence (1990-2020), un script R a été utilisé pour générer les données de pluviométries, de températures maximales et minimales pour les horizons futurs allant de 2010-2039 et 2040-2069, sur la base de la méthode AgMIP utilisant les sorties de 29 modèles climatiques globaux (Ruane *et al.*, 2015). Cela consiste à élaborer les scénarios climatiques futurs en ajustant les observations historiques quotidiennes pour faire correspondre les changements climatiques mensuels moyens en termes de température et de pourcentage de précipitations déterminés par les simulations des modèles climatiques globaux sur la période de référence 1990-2020. Ainsi, deux RCP (Representative Concentration Pathway) ont été considérés dans la génération des données des scénarios futurs. Il s'agit du RCP4.5 (optimiste) et RCP8.5 (pessimiste). Quant aux données journalières de rayonnement global ou radiation solaire (R_s), elles ont été calculées avec la formule de Hargreaves et Samani (1985), utilisée par Irwanto *et al.*, 2015, permettant d'estimer le rayonnement solaire à partir de la différence entre les températures maximale et minimale de l'air en utilisant une équation simple (Almorox et Hontoria, 2003; Bandyopadhyay *et al.*, 2008 ; Chineke, 2007) :

$$R_s = a.R_a(T_{\max} - T_{\min})^{0.5} \quad (1)$$

Où, R_s est la radiation solaire en $\text{MJ.m}^{-2}.\text{j}^{-1}$; T_{\max} et T_{\min} sont respectivement la température quotidienne maximale et minimale de l'air en $^{\circ}\text{C}$; R_a est le rayonnement extraterrestre, en $\text{MJ.m}^{-2}.\text{j}^{-1}$ qui est une fonction de la latitude et du jour de l'année ; et a est un coefficient empirique dont la valeur

est de 0,16 pour les régions intérieures et 0,19 pour les régions côtières. La valeur de R_a est donnée par :

$$R_a = (1440 / \pi) \cdot SC \cdot DF \cdot (\cos \phi \cdot \cos \delta \cdot \sin W_s + W_s \cdot \sin \phi \cdot \sin \delta) \quad (2)$$

SC est la constante solaire (1367 W/m^2 ou $0,082 \text{ MJ.m}^{-2}.\text{min}^{-1}$) et DF est le facteur de correction de l'excentricité de l'orbite terrestre pouvant être calculé par l'expression :

$$DF = 1.0 + 0.033 \cdot \cos \cos (2 \cdot \pi \cdot (\text{Jour julien}/365)) \quad (3)$$

ϕ est la latitude du site, peut être calculée par l'expression :

$$\phi = \text{latitude} \cdot \pi / 180 \quad (4)$$

δ est la déclinaison solaire, peut être calculée par l'expression :

$$\delta = (23.45 \cdot \pi / 180) \cdot \sin \sin (2 \cdot \pi \cdot (284 + \text{jour julien}) / 365) \quad (5)$$

W_s est l'angle horaire moyen du lever du soleil, peut être calculé par l'expression :

$$W_s = \cos^{-1}(-\tan \phi \cdot \tan \delta) \quad (6)$$

Choix des meilleurs modèles climatiques pour la génération des scénarios futurs de changement climatique

Le choix de meilleurs modèles globaux, pour générer les scénarios futurs de changement climatique selon les Communes de l'étude, a été fait sur la base d'une analyse statistique ayant permis d'identifier à chaque fois le modèle (parmi les 29 utilisés dans la méthode AgMip) dont la sortie moyenne se rapproche au mieux du point moyen pour chacune des cinq éventuelles situations de changement climatique définies dans la méthode AgMIP. Il s'agit des conditions Fraiche et Sèche, Fraiche et Humide, Chaude et Sèche, Chaude et Humide et Moyenne, comme montrées dans les différents cadrans de la figure 2 constituant un exemple juste pour la Commune de Balleyara.

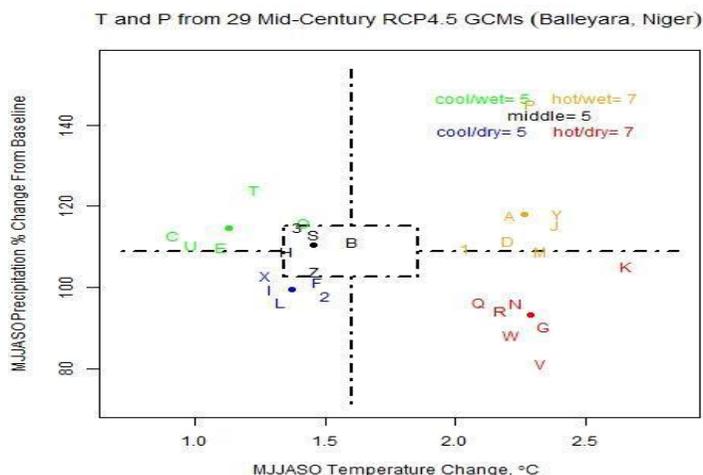


Figure 2. Choix des meilleurs modèles globaux simulant mieux le climat futur aux horizons 2010-2039 et 2040-2069 au niveau de la Commune de Balleyara

Tableau 1. Les différents modèles climatiques retenus pour simuler l'impact du changement climatique sur les rendements du mil et du sorgho aux horizons futurs 2010-2039 et 2040-2069 dans les différentes Communes de l'étud

Communes	Scenarios climatiques				
	Frais et Sec	Frais et Humide	Moyen	Chaud et Humide	Chaud et Sec
<i>Balleyara</i>	2 = GISS-E2-R	E = CCSM4	Z=IPSL-CM5B-LR	A = ACCESS1-0	W = CMCC-CMS
<i>Dan Issa</i>	L= inmcm4	E = CCSM4	1=GFDL-CM3	A = ACCESS1-0	W = CMCC-CMS
<i>Dogo</i>	L = inmcm4	T = NorESM1-M	F = CESM1-BGC	A = ACCESS1-0	R= MPI-ESM-MR
<i>Harikanassou</i>	2 = GISS-E2-R	T = NorESM1-M	H = GFDL-ESM2G	A = ACCESS1-0	W = CMCC-CMS
<i>Illéla</i>	L = inmcm4	C = BNU-ESM	B = bcc-csm1-1	A = ACCESS1-0	W = CMCC-CMS
<i>Magaria</i>	L= inmcm4	S = MRI-CGCM3	B = bcc-csm1-1	A = ACCESS1-0	R = MPI-ESM-MR
Mokko	2 = GISS-E2-R	T = NorESM1-M	H = GFDL-ESM2G	A = ACCESS1-0	W = CMCC-CMS

Détermination des dates de semis

Les dates de début de la saison agricole (pluvieuse) ont été calculées selon les communes de l'étude, en utilisant les données journalières des pluviométries, pour la période de référence (1990-2020) et les horizons futurs 2010-2039 et 2040-2069. Le critère utilisé à cet effet consiste à observer le démarrage de la saison agricole lorsqu'à partir du 1^{er} mai une quantité de pluie d'au moins 20 mm est enregistré en 1 à 3 jours consécutifs, sans qu'un épisode sec de plus de 20 jours ne soit observé pendant les 30 jours qui suivent (Sivakumar, 1988 ; Tinni *et al.*, 2021). C'est sur la base des dates de début de la saison agricole ainsi déterminées que les dates de semis ont été définies dans le modèle de simulation des rendements des cultures SARRA-H selon les Communes de l'étude (tableau 2).

Tableau 2. Dates de semis utilisées dans le modèle SARRA-H pour simuler les rendements des variétés de mil et de sorgho pour les différentes Communes de l'étude, sur la période de référence 1990-2020 et les horizons futurs 2010-2039 et 2040-2069

Communes	Dates de semis		
	Date1 (précoce)	Date2 (moyenne)	Date3 (tardive)
Balleyara	27 mai	23 juin	07 juillet
Dan Issa	24 mai	15 juin	07 juillet
Dogo	13 mai	12 juin	06 juillet
Harikanassou	27 mai	12 juin	26 juin
Illéla	24 mai	16 juin	12 juillet
Magaria	14 mai	15 juin	08 juillet
Mokko	01 juin	13juin	02 juillet

Analyses des sorties du modèle SARRA-H

Les rendements grains, simulés par le modèle SARRA-H, ont été analysés selon les Communes, les cultures/variétés, les dates de semis, les

types de sols (sableux et sablo-argileux) et les scénarios climatiques futurs (2010-2039 et 2040-2069), sur la base des calibrages déjà établis pour les variétés et les types de sol (Alhassane, 2009). Des anomalies de rendements ont été calculées entre les rendements de la période de référence et ceux simulés pour les scénarios futurs de changement climatique afin d'identifier les tendances des impacts du changement climatique. La formule qui a été utilisée pour calculer les anomalies est la suivante :

Anomalies de rendement = (Rendement du scénario futur – Rendement de la période de référence) / rendement de la période de référence

Analyses statistiques des résultats

Les rendements grains simulés sur la période de référence (1990-2020) ont été analysés statistiquement selon les Communes, les dates de semis, les types de sol et le niveau de fertilité du sol, en utilisant successivement :

- 1) le Test de normalité de Shapiro-Wilk (1965), pour statuer sur la distribution des données sur la base de l'Hypothèse nulle (H0) : si les rendements sont normalement distribués, et de l'Hypothèse alternative (H1) : si les rendements ne sont pas distribués ;
- 2) le Test non paramétrique de Kruskal Wallis (1952), pour le croisement individuel entre la variable Rendement avec les facteurs (Dates de semis, niveau de fertilisations, Communes et types de sols) et pour l'évaluation de la significativité des différences.
- 3) le Test non paramétrique de Dunn (1961), pour les comparaisons multiples par paires des rendements afin d'identifier et de classer différents types en différents groupes en fonction de la variable.

Resultats

Rendements grains simulés pour le mil HKP sur la période de référence 1990-2020

Les rendements simulés pour la variété de mil HKP sur la période de référence 1990-2020 ont été plus élevés et plus homogènes dans la Commune de Magaria, sur tous les deux types de sols (sableux et sablo-argileux) et leurs niveaux de fertilité (figure 3A, B, C et D). Au niveau de cette Commune, les rendements les plus faibles simulés pour la variété HKP sur les sols sableux et sablo-sablo-argileux fertile se situent autour de 1100kg/ha, les plus élevés atteignent 1500 kg/ha avec des valeurs médianes d'autour de 1400 kg/ha, pour toutes les dates de semis (figure 3A et B). Cependant, sur les sols sableux et sablo-argileux non fertiles, cette variété a donné des rendements grains globalement plus faibles, avec des valeurs minimales ≤ 750 kg/ha selon les semis des Date1, Date2 et Date3, pour des valeurs maximales de l'ordre de 1200 kg/ha pour Date1 et Date2 et de 1100 kg/ha pour Date3 sur le sol sableux

(figure 3C). La même tendance a été observée sur le sol sablo-argileux (figure 3D), mais avec des rendements minimums plus faibles (± 520 kg/ha). La même figure 3 (A, B, C et D) montre que les rendements de la variété de mil HKP ont été globalement plus faibles dans les Communes d'Illéla et de Balleyara et aussi dans celles de Harikanassou et Mokko sur les sols non fertiles (figure 3C et D). Dans les Communes de Dogo et de Dan Issa la HKP a donné des rendements intermédiaires sur tous les types de sols et leurs niveaux de fertilité (figure 3A, B, C et D). Sur le plan statistique, le test de Dunn (1964) a montré des différences significatives entre les rendements simulés pour cette variété à Magaria et ceux simulés à Balleyara, Harikanassou, Illéla et Mokko, au seuil de 5%. Cependant, ce test n'a pas montré des différences significatives entre les rendements des différentes dates de semis (Date1, Date2 et Date3) retenues

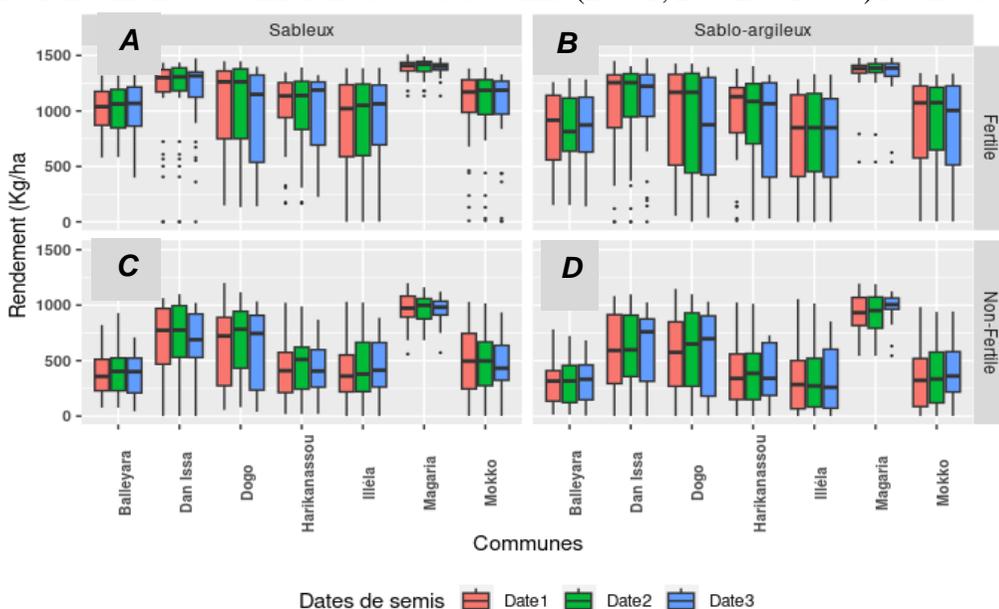


Figure 3. Rendements grains simulés pour la variété de mil HKP sur un sol sableux et sablo-argileux fertile (A et B) et non-fertile (C et D) selon la date de semis (Date1, Date2 et Date3) dans les Communes de Balleyara, Dan Issa, Dogo, Harikanassou, Illéla, Magaria et Mokko

Rendements grains simulés pour le mil SOMNO sur la période 1990-2020

Pour la variété de mil SOMNO, les rendements grains simulés sur la période de référence 1990-2020 ont été plus élevés au niveau de la Commune de Magaria, quels que soient le type et le niveau de fertilité du sol (figure 4A, B, C et D). Cette figure montre qu'à Magaria, les plus faibles rendements simulés pour cette variété sont de l'ordre de 200kg/ha sur le sol sableux fertile et de 90 kg/ha sur le sol sablo-argileux fertile. Les rendements les plus élevés ont varié selon la date de semis, atteignant 1700 kg/ha avec la Date1 et 1600 kg/ha avec Date3, sur le sol sableux, contre respectivement 1750kg et 1600

kg/ha pour Date1 et Date3 sur le sol sablo-argileux. Les rendements médians ont été aussi été plus élevés avec la Date1 qu'avec la Date3 sur les sols sableux et sablo-argileux fertilisés (figure 4A et B). La Date2 occupe souvent une position intermédiaire. Cependant, sur les sols sableux non fertile les rendements grains le plus faibles sont de l'ordre de 500 kg/ha pour toutes les trois dates de semis, contre 130 kg/ha le sol sablo-argileux non fertile. Les rendements grains les plus élevés simulés pour les sols sableux et sablo-argileux non fertiles sont de l'ordre de 1350 kg/ha (figure 4C et D) avec les dates de semis Date1 et Date2 (la Date3 ayant donné des rendements légèrement plus faibles). La figure 4 (A, B, C et D) montre que les rendements de la variété de mil SOMNO ont varié selon les types de sols et ils ont été globalement plus faibles dans les Communes de Balleyara, Dogo et Illéla sur tous les deux types de sols et les niveaux de fertilité. Dans les Communes de Dan Issa, Harikanassou et Mokko, la variété SOMNO a donné des rendements intermédiaires, sur tous les types de sols, fertiles et non fertiles (figure 4A, B, C et D). Le test de Dunn (1961) a montré des différences significatives au seuil de 5% entre les rendements simulés pour cette variété selon les Communes. En effet, les rendements simulés pour la Commune de Magaria sont significativement plus élevés que ceux simulés pour toutes les autres Communes. Par ailleurs, les rendements simulés pour Dan Issa et Harikanassou sont aussi significativement plus élevés que ceux de Balleyara, Dogo et Illéla. En ce qui concerne les dates de semis, elles ont influencé les rendements de la variété SOMNO dans toutes les Communes et pour tous les types de sols et niveaux de fertilité, mais avec un effet non statistiquement significatif.

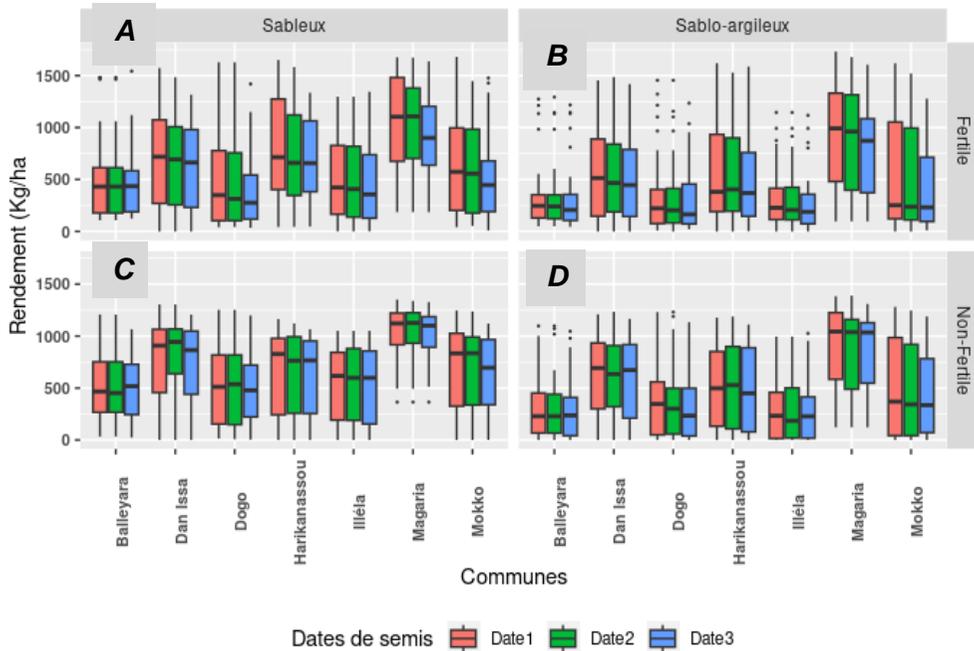


Figure 4. Rendements grains simulés pour la variété de mil SOMNO sur un sol sableux et sablo-argileux fertile (A et B) et non-fertile (C et D) selon la date de semis (Date1, Date2 et Date3) dans les Communes de Balleyara, Dan Issa, Dogo, Harikanassou, Illéla, Magaria et Mokko

Rendements grains simulés pour le sorgho Caudatum sur la période 1990-2020

Chez la variété de sorgho Caudatum, les rendements grains simulés ont été également plus élevés dans la Commune de Magaria aussi bien sur le sol sableux (fertile et non-fertile) que sur le sol sablo-argileux (fertile et non-fertile). En effet, la figure 5A, B, C et D montre qu'au niveau de cette Commune les rendements grains les plus faibles on atteint 2150kg/ha sur le sol sableux fertile (avec les dates de semis Date1 et Date2), contre 1300kg/ha sur le sol sablo-argileux fertile (avec la Date1), 1000 kg/ha sur le sol sableux non fertile (avec les Date1 et Date2) et autour de 600 kg/ha sur le sol sablo-argileux non fertile (avec la Date2). Les rendements les plus élevés simulés pour la variété Caudatum ont atteint 3750 kg/ha sur le sol sableux fertile et 3650 kg/ha sur le sol sablo-argileux fertile (figure 5A et B), avec des valeurs médianes légèrement supérieures à 3000 kg/ha, sur les deux types de sols et pour toutes les dates de semis (Date1, Date2 et Date3). Cependant, sur les sols sableux et sablo-argileux non-fertiles, les rendements les plus élevés simulés pour cette variété de sorgho à Magaria sont restés inférieurs à 2500 kg/ha avec toutes les dates de semis (figure 5C et D). Par ailleurs, la figure 5A, B, C et D montre que les rendements de la variété Caudatum ont été globalement plus

faibles dans les Communes de Balleyara et Illéla, sur tous les deux types de sols (fertiles ou non-fertiles) et avec toutes les trois dates de semis. Dans les Communes de Dan Issa, Dogo, Mokko et Harikanassou, la variété Caudatum a donné des rendements certes variables selon les types de sols les niveaux de fertilité et les dates de semis, mais qui sont globalement meilleurs à ceux obtenus à Balleyara et à Illéla. Le test statistique de Dunn (1961) a montré des différences significatives (au seuil de 5%) entre les rendements simulés pour cette variété à Magaria et ceux de Balleyara, Harikanassou, Illéla et Mokko. Les rendements simulés à Madaglia ne sont pas significativement différents de ceux de Dan Issa et Dogo. Des différences significatives ont aussi été enregistrées entre les rendements simulés aux dates de semis Date1 et Date2 et aux dates de semis Date1 et Date3.

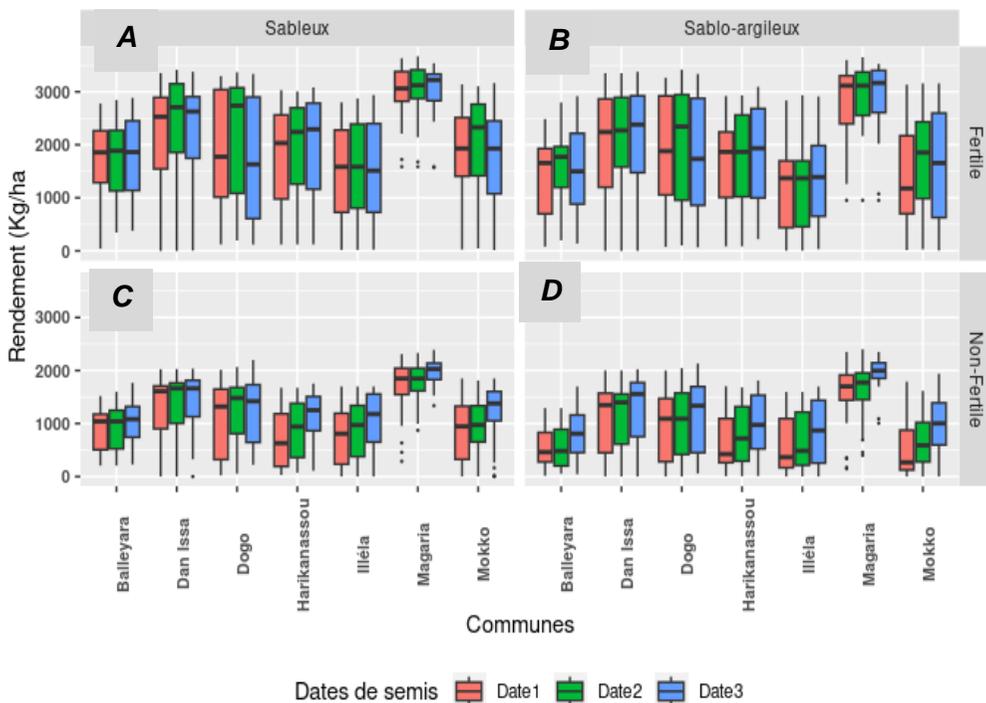


Figure 5. Rendements grains simulés pour la variété de sorgho Caudatum sur un sol sableux et sablo-argileux fertile (A et B) et Non-fertile (C et D) selon la date de semis (Date1, Date2 et Date3) dans les Communes de Balleyara, Dan Issa, Dogo, Harikanassou, Illéla, Magaria et Mokko

Impact de changement climatique sur les rendements grains des variétés de mil HKP et SOMONO et de sorgho Caudatum aux horizons 2010-2039 et 2040-2069

Impact sur les rendements grains de la variété de mil HKP sur le sol sableux

Sur le sol sableux fertile, les conditions climatiques projetées à l'horizon 2010-2039 avec le RCP4.5 présagent une légère baisse des rendements grains de la variété de mil HKP (de moins de -5%) pour toutes les dates de semis retenues (Date1, Date2 et Date3), notamment dans les Communes de Balleyara, Harikanassous, Magaria et Mokko (figure 6A). Cependant, il y a des possibilités d'une légère augmentation des rendements de la même variété de mil à Dan Issa, Dogo et Illéla (moins de +8%) sur le même type de sol. Dans les conditions du RCP8.5, c'est la même tendance qui serait maintenue (sauf à Dogo), mais avec des baisses de rendements plus importantes à Balleyara (figure 6B). En revanche, à l'horizon 2040-2069, les baisses de rendements seraient généralisées à toutes les Communes sur le sol sableux, avec des réductions variables selon les dates de semis (Date1, Date2 et Date3) atteignant -10% à Ballayara, Harikanassou et Mokko avec le RCP4.5 (figure 6E) et plus de -10% avec le RCP8.5 au niveau des mêmes Communes ainsi que celle de Illéla (figure 6F). Toutefois, si le sol n'est pas fertile, les rendements de la variété de mil HKP connaîtraient des baisses importantes selon les Communes et les dates de semis, les RCP et les horizons futurs (Figure 6C, D, G et H). En effet, des baisses de rendements atteignant -25% à -30% pourraient être observées à Balleyara, Dogo, Harikanassou et Mokko à l'horizon 2010-2030 avec le RCP4.5, notamment avec la troisième date de semis (Date3). Les baisses de rendements seraient plus accrues sur le sol sableux non fertile avec les RCP 8.5 et plus particulièrement à l'horizon 2040-2069 auquel des baisses de plus de -50% sont estimées dans toutes les Communes avec le RCP8.5 et la date de semis Dtae3 (figure 6H). D'une manière générale, les baisses de rendements seraient plus importantes avec les dates de semis plus tardives (Date3).

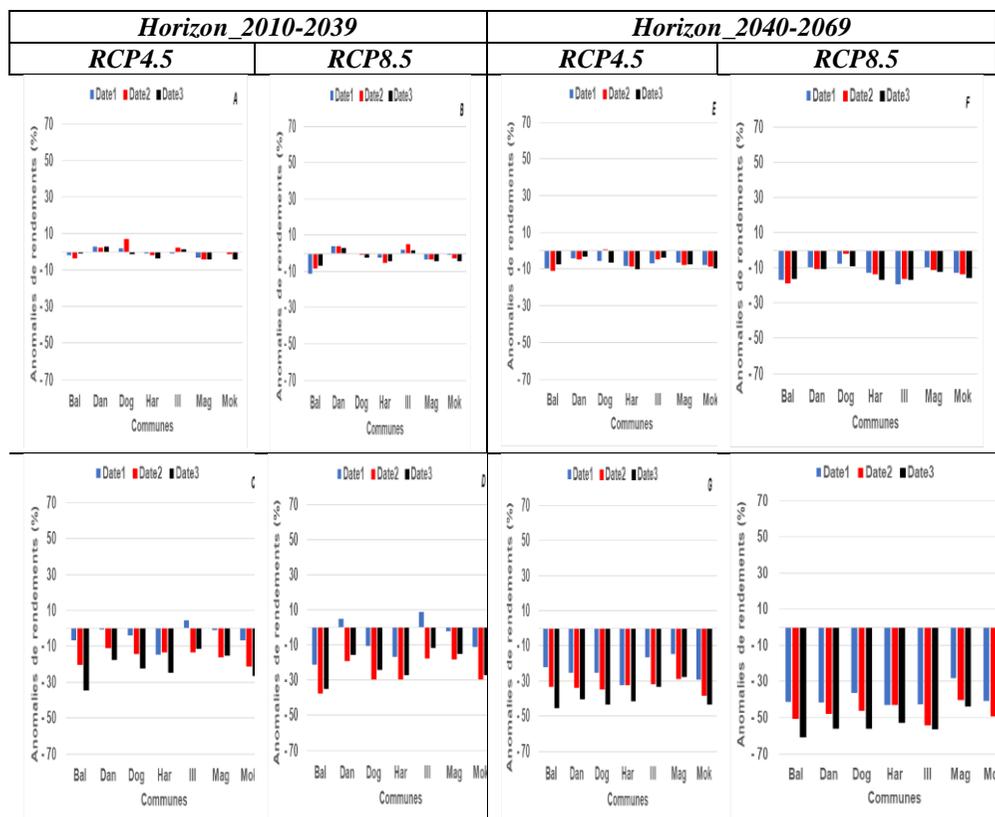


Figure 6. Anomalies des rendements grains de la variété de mil HKP sur un sol sableux fertile (A, B, E et F) et non fertile (C, D, G et H) selon les dates de semis (Date1, Date2 et Date3), dans les Communes de Balleyara (Bal), Dan Issa (Dan), Dogo (Dog), Illéla (Ill), Harikanassou (Har), Magaria (Mag) et Mokko (Mok)

Impact sur les rendements grains de la variété de mil HKP sur le sol sablo-argileux

Sur le sol sablo-argileux fertile, les rendements grains simulés pour la variété de mil HKP avec les conditions du RCP4.5 à l’horizon 2010-2039 montrent des baisses de moins de -5% au niveau de la Commune de Magaria, à toutes les dates de semis retenues. Dans les autres Communes, c’est plutôt une augmentation des rendements de l’ordre de +1% à 17% qui est possible, notamment à Dogo avec la Date2 (figure 7A). Avec le RCP8.5, la même tendance est observée sauf à Balleyara, Harikanassou, Magaria et Mokko où des baisses de rendements de l’ordre de -5% à -12% seraient enregistrées à toutes les dates de semis (figure 7B). A l’horizon 2040-2069, les baisses de rendements du mil HKP pourraient être globalement plus importantes avec les deux RCP (4.5 et 8.5) au niveau de toutes les Communes de l’étude, sauf à Dogo où une hausse de +10% est possible avec la Date2. La baisse de rendements serait plus importante avec le RCP8.5 (de -22%) à la date de semis

Date1 (figures 7E et F). Sur le sol non fertile, les baisses de rendements seraient plus accrues (-10% à -40%) selon les Communes et les dates de semis, comme le montrent les figures 7C, D, G et H. A l’horizon 2040-2069, les baisses de rendements atteindraient -15% à -60% selon le RCP4.5 et RCP8.5 et les Communes de l’étude (figure 7G et H).

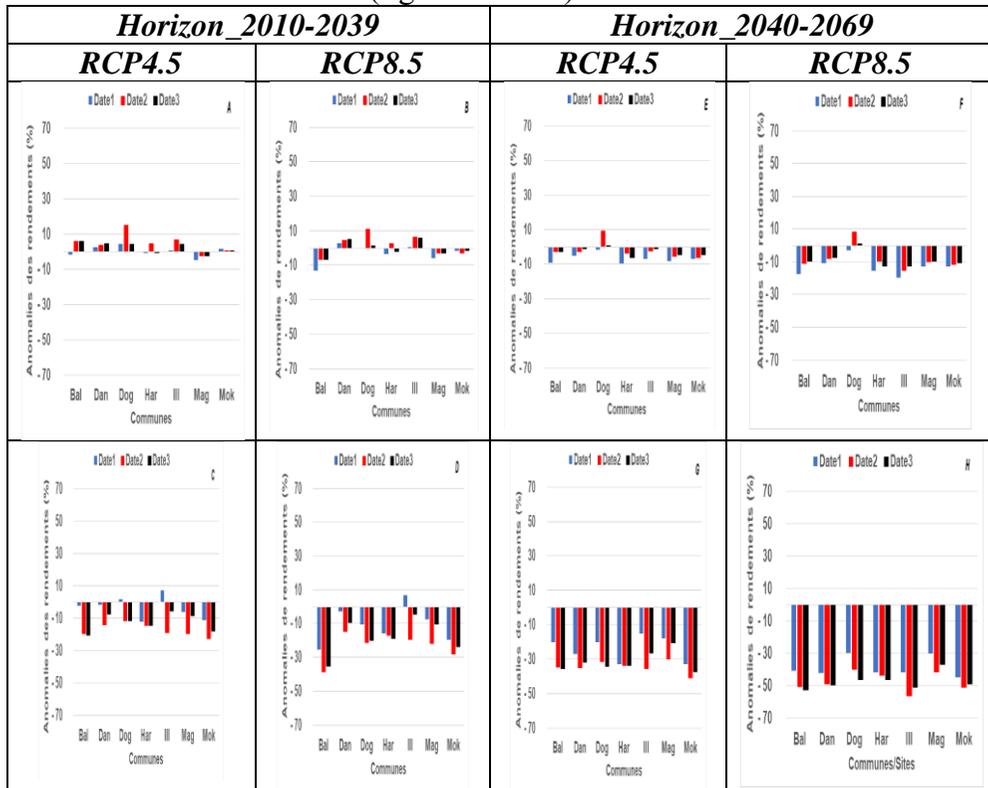


Figure 7. Anomalies des rendements grains de la variété de mil HKP sur un sol sablo-argileux fertile (A, B, E et F) et non fertile (C, D G et H) selon les dates de semis (Date1, Date2 et Date3), dans les Communes de Balleyara (Bal), Dan Issa (Dan), Dogo (Dog), Illéla (Ill), Harikanassou (Har), Magaria (Mag) et Mokko (Mok)

Impact sur les rendements grains de la variété de mil SOMNO sur le sol sableux

Les scénarios futurs de changement climatique testés (sur la base des RCP4.5 et RCP8.5) permettraient une importante augmentation des rendements grains de la variété du mil SOMNO (photopériodique) sur le sol sableux fertile, au niveau de toutes les Communes de l’étude et à toutes les dates de semis (figures 8A, B, E et F). Ces figures montrent que l’augmentation de rendements est possible dans toutes les Communes, mais elle serait plus importante dans celles de Dogo, Illéla et Dan Issa, notamment avec la date de semis Date2 et le RCP 4.5 (au moins +40%, avec la Date2 à l’horizon 2010-2039 et nettement plus à Dogo à l’horizon 2040-2069). La

Commune de Harikanassou serait la moins favorable à l'augmentation des rendements grains de cette variété, avec seulement +12 % avec le RCP4.5 et la date de semis Date2. En revanche, sur le sol non fertile, l'augmentation des rendements de la SOMNO n'est possible qu'à Dogo, Dan Issa et Illéla (moins de +20%) avec les RCP 4.5 et 8.5 à l'horizon 2010-2039 (figures 8C et D). Dans les autres Communes (Balleyara, Harikanassou et Mokko) les rendements vont plutôt baisser (de -5 à -20% selon les dates de semis) à l'horizon 2010-2039. A l'horizon 2040-2069, la baisse de la fertilité du sol pourrait faire chuter les rendements de la SOMNO de plus de -20 à 30% dans toutes les Communes, sauf à Dogo et à Magaria (figure 8H).

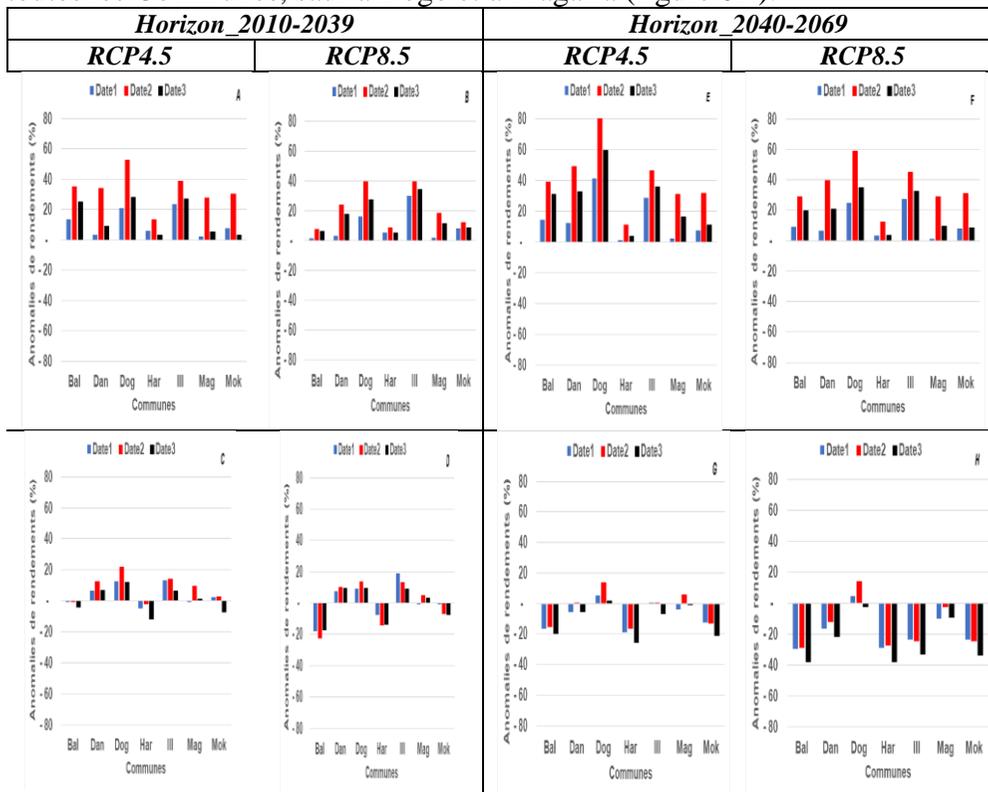


Figure 8. Anomalies des rendements grains de la variété de mil SOMNO sur un sol sableux fertile (A, B, E et F) et non fertile (C, D G et H) selon les dates de semis (Date1, Date2 et Date3), dans les Communes de Balleyara (Bal), Dan Issa (Dan), Dogo (Dogo), Illéla (Ill), Harikanassou (Har), Magaria (Mag) et Mokko (Mok).

Impact sur les rendements grains de la variété de mil SOMNO sur le sol sablo-argileux

Sur le sol sablo-argileux fertile, les rendements de la variété de mil SOMNO montrent également des augmentations au niveau de toutes les Communes de l'étude, avec tous les RCP et à toutes les trois dates de semis (figure 9A B, E et F). Des augmentations de rendements de l'ordre de +15% à

+30% peuvent être observées à Harikanassou, contre +38% à +80% à Dogo à la Date2 (la date de semis la plus favorable), sous les conditions des RCP4.5 et 8.5 aux horizons 2010-2039 et 2040-2069. Des augmentations de rendements sont aussi attendues sur le sol sablo-argileux non fertile, sauf à Balleyara, Harikanassou et Mokko, à l'horizon 2040-2069 où des baisses de plus de -20% peuvent être observées surtout avec Date1 et Date3 (figure 9H). Cette figure montre qu'avec le RCP8.5 et à l'horizon 2040-2069 des augmentations de rendements peuvent être obtenues dans les Communes de Dogo et Magaria.

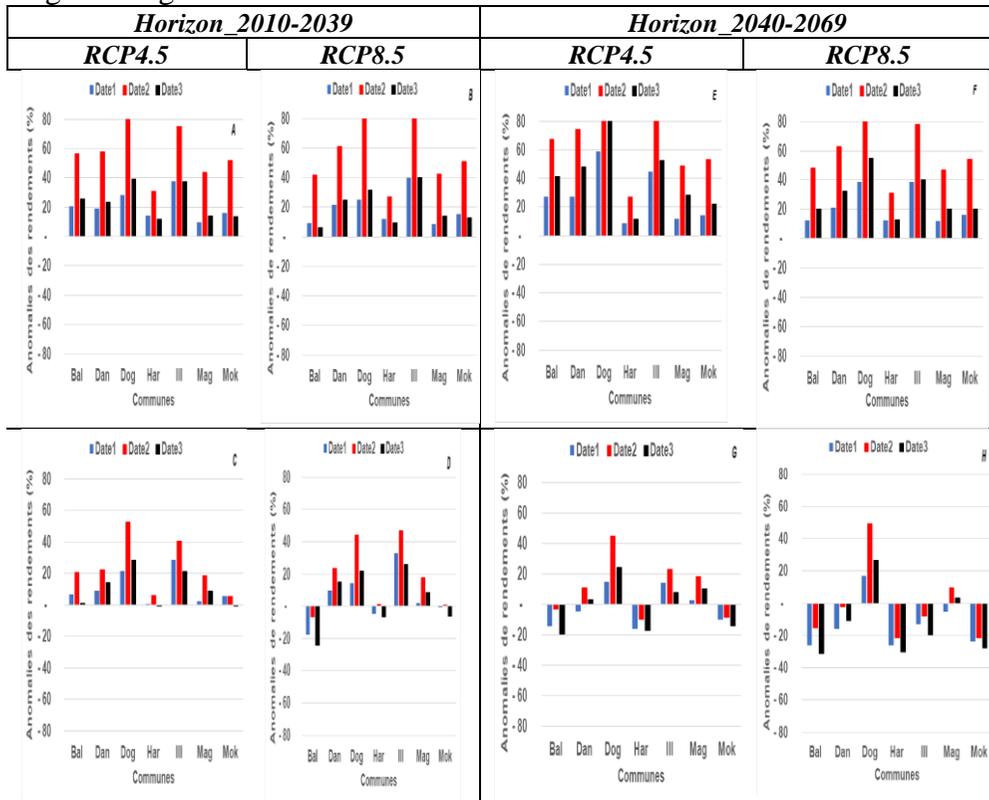


Figure 9. Anomalies des rendements grains de la variété de mil SOMNO sur un sol sablo-argileux fertile (A, B, E et F) et non fertile (C, D, G et H) selon les dates de semis (Date1, Date2 et Date3), dans les Communes de Balleyara (Bal), Dan Issa (Dan), Dogo (Dog), Illéla (Ill), Harikanassou (Har), Magaria (Mag) et Mokko (Mok)

Impact sur les rendements grains de la variété de sorgho Caudatum sur le sol sableux

Sur le sol sableux fertile et à l'horizon 2010-2039, les rendements de la variété de sorgho Caudatum montrent une tendance à la baisse avec le RCP4.5, au niveau de toutes les Communes et à toutes les dates de semis (figure 10A). Toutefois, cette figure montre des anomalies positives d'augmentations des rendements avec la première date de semis (Date1),

notamment au niveau des Communes de Balleyara (+12%) et Illéla (+45%). Presque la même tendance est observée avec le RCP8.5 au même horizon, notamment à Illéla où une augmentation des rendements de la Caudatum est toujours possible avec la Date1 (+35%), contre des baisses qui pourraient atteindre -10% à -17% selon les dates de semis, notamment à Balleyara et Harikanassou (figure 10B). A l'horizon 2040-2069, avec le RCP4.5 les rendements du sorgho Caudatum pourraient toujours augmenter (+22%) à la première date de semis dans la Commune d'Illéla, au moment où ils seraient en baisse de l'ordre de -5 à -22 % selon les dates de semis et les Communes ; les baisses les plus importantes étant attendues notamment à Balleyara, Harikanassou, Mokko et Magaria (figure 10E). Avec le RCP8.5, les rendements de la variété Caudatum connaîtraient une baisse plus importante, avec toutes les dates de semis et au niveau de toutes les Communes (figure 10F).

Sur le sol sableux non fertile, les rendements du sorgho Caudatum seraient plus négativement affectés par les effets des scénarios climatiques projetés à l'horizon 2010-2039 et plus particulièrement à l'horizon 2040-2069 (figures 10C, D, G et H). Ces figures montrent qu'à l'horizon 2040-2069 et avec les RCP4.5 et 8.5, les baisses de rendements seraient globalement plus importantes (-40% à -70% selon les Communes) à la deuxième date de semis (Date2), au niveau de toutes les Communes (figures 10G et H).

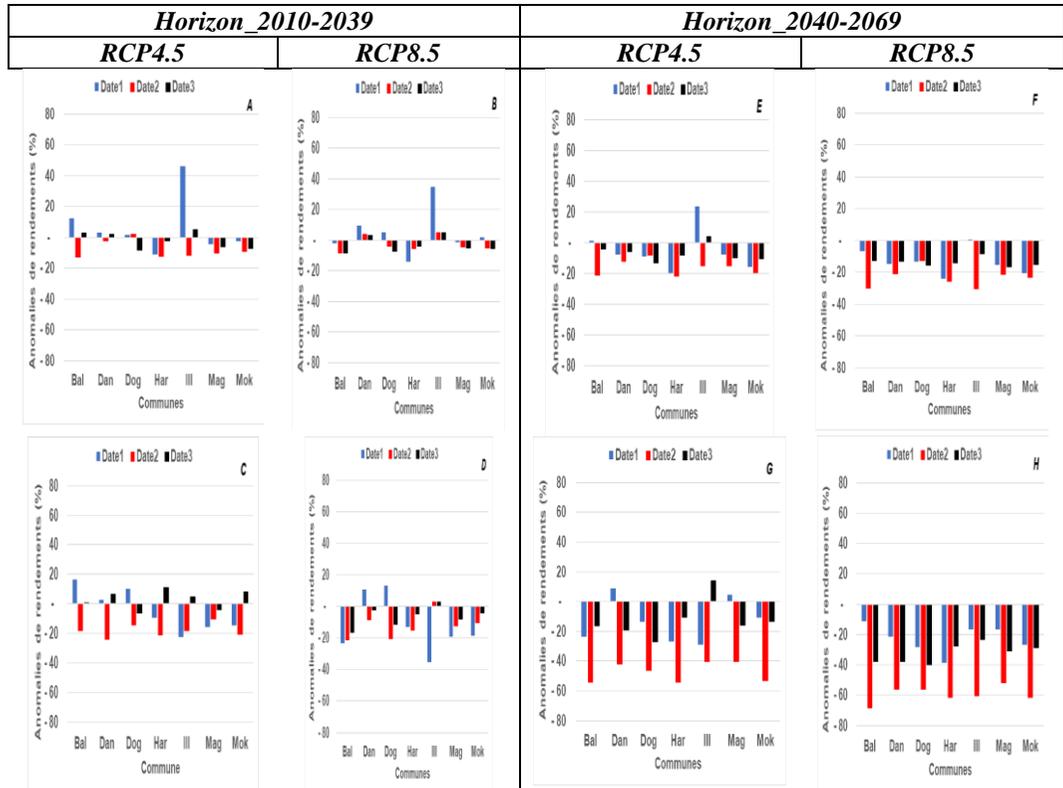


Figure 10. Anomalies des rendements grains de la variété de sorgho Caudatum sur un sol sableux fertile (A, B, E et F) et non fertile (C, D G et H) selon les dates de semis (Date1, Date2 et Date3), dans les Communes de Balleyara (Bal), Dan Issa (Dan), Dogo (Dog), Illéla (Ill), Harikanassou (Har), Magaria (Mag) et Mokko (Mok)

Impact sur les rendements grains de la variété sorgho Caudatum sur le sol sablo-argileux

Sur le sol sablo-argileux fertile, à l’horizon 2010-2039 les rendements du sorgho Caudatum vont globalement baisser au niveau des Communes, sauf à Balleyara (Date 3), Dan Issa (Date 3), Dogo (Dates 1 et 2) et à Illéla (Dates 1 et 3) où ils pourraient légèrement augmenter selon la date de semis avec les RCP4.5 et 8.5 (figure 11A et B). Les baisses de rendements seraient plus accrues sur ce type de sol à l’horizon 2040-2069 selon les dates de semis au niveau de toutes les Communes (figures 11E et F).

Sur le sol sablo-argileux non fertile, les baisses de rendements de la Caudatum seraient encore plus importantes au niveau de toutes les Communes, en particulier avec la deuxième date de semis (Date2). Toutefois, les figures 11C et D montrent qu’à l’horizon 2010-2039 il y a des possibilités que les rendements de cette variété augmentent de +5 à +20% avec la première ou la troisième date de semis à Balleyara, Dan Issa, Harikanassou, Dogo, Mokko et Illéla. Avec l’horizon 2040-2069, les rendements vont davantage

baissier dans toutes les Communes (de-5 à plus de -70%) selon les RCP et les dates de semis ; la Date2 étant toujours la plus exposée (figures 11G et H)

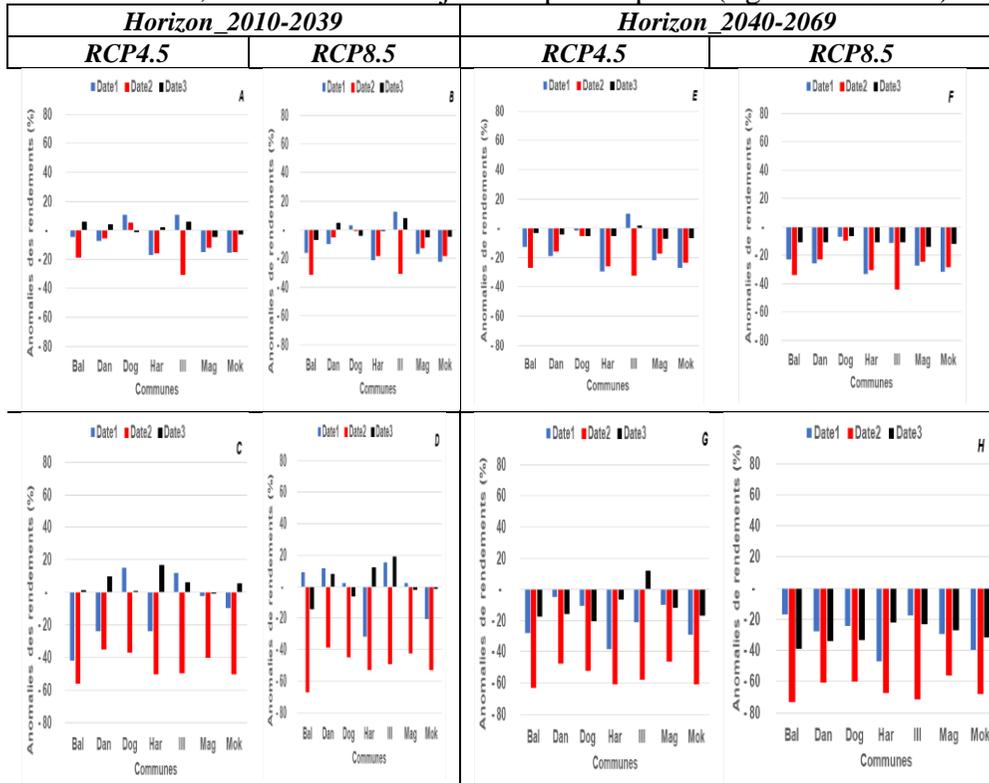


Figure 11. Anomalies des rendements grains de la variété de sorgho Caudatum sur un sol sablo-argileux fertile (A, B, E et F) et non fertile (C, D G et H) selon les dates de semis (Date1, Date2 et Date3), dans les Communes de Balleyara (Bal), Dan Issa (Dan), Dogo (Dog), Illéla (Ill), Harikanassou (Har), Magaria (Mag) et Mokko (Mok)

Discussion

Rendements grains simulés sur la période de référents 1990-2020

Les rendements, simulés pour les différentes variétés de mil et de sorgho sur la période de référence 1990-2020, ont varié selon les Communes, les types de sol, les dates de semis et le niveau de fertilité des sols. Ils ont été plus élevés chez la variété de sorgho Caudatum que chez celles de mil (HKP et SOMNO). Les variations sont liées aux comportements génétiques et physiologiques conférant à chaque variété un potentiel de rendements et un niveau d'adaptation aux conditions pédoclimatiques locales qui sont naturellement différents (Alhassane, 2009). Au sujet de l'adaptation aux conditions locales, la Commune de Magaria a été la plus favorable à la production des variétés de mil et de sorgho testées, et ceci pour tous les types de sol et toutes les dates de semis. La Commune d'Illéla a été globalement la moins productive, après celles de Balleyara et de Harikanassou. Les meilleures

potentialités de production de la Commune de Magaria peuvent s'expliquer par la pluviométrie annuelle (592 mm, en moyenne sur la période 1990-2020) qui y est nettement plus élevée que dans les autres Communes (429 mm à Illéla, contre 456 mm à Balleyara et 518 mm à Harikanassou). Les températures sont en moyenne plus faibles à Magaria, (Tmin =19,24°C et Tmax =35,71°C) qu'à Illéla (Tmin =22,84°C et Tmax =36,46°C), Balleyara (Tmin =23,05°C et Tmax =36,59°C) et Harikanassou (Tmin =23,06°C et Tmax =36,52°C). Le niveau de la fertilité des sols est aussi un autre facteur ayant un effet déterminant sur les rendements des céréales, notamment, au Sahel et au Niger en particulier (Yamoah *et al.*, 2002). En effet, comme attesté par ces auteurs, les rendements simulés pour les sols fertiles ont été meilleurs au niveau de toutes les Communes et avec toutes les dates de semis. Ceci concorde également avec les résultats obtenus par Gnoumou (2017) sur les rendements de sorgho au Burkina Faso. Les trois dates de semis (Date1, Date2 et Date3), testées selon les Communes, ont permis de mettre en évidence les effets des caractères précoces, normaux et tardifs de la mise en place des cultures testées, relativement à la variabilité de la pluviométrie locale. La date de semis « Date2 » a été la plus favorable à la hausse des rendements des céréales testées dans les conditions pédoclimatiques des différentes Communes et, ceci notamment pour le sorgho Caudatum. La Date3 a, quant à elle, donné des rendements meilleurs à ceux obtenus avec la Date1, pratiquement dans toutes les Communes. Dans le même sens, Togo (2019) a obtenu des rendements grains plus élevés à la deuxième date de semis qu'à la première, chez les variétés améliorées de sorgho Soubatimi et Peke testées au Mali. Chez les variétés de mil HKP et SOMNO, les rendements grains simulés n'ont pas montré des grandes différences entre les trois dates de semis testées selon les Communes. Ce résultat montre que le mil s'adapte mieux au décalage de semis, notamment chez la variété photosensible comme l'ont indiqué Bamba *et al.*, (2019) et Mohamed *et al.*, (2022).

Impacts des scénarios climatiques futurs sur les rendements grains des variétés de mil et de sorgho testées

Les anomalies de rendements, obtenues pour les variétés de mil et sorgho dans les conditions des scénarios climatiques futurs (basés sur les RCP4.5 et RCP8.5) comparées à celles de la période de référence 1990-2020, ont été contrastées selon les dates de semis, les variétés/cultures, les types de sols, les Communes et les horizons projetés. De façon générale, elles ont révélé une tendance à la baisse de rendements, notamment, chez la variété de mil HKP et celle de sorgho Caudatum. Cependant, il est possible d'observer une augmentation du rendement grains chez la variété de mil photopériodique (SOMNO) dans les différentes Communes, sous les mêmes conditions climatiques et plus particulièrement sur des sols fertiles. La tendance à la

baisse des rendements qui a été quasi-générale (notamment chez le mil HKP et le sorgho Caudatum), ne s'explique pas forcément et exclusivement par la diminution de la pluviométrie sur les horizons futurs considérés. En effet, certains des cinq modèles utilisés ont même prévu des conditions plus humides selon les RCP et les Communes. Quant aux températures, tous les modèles utilisés ont prévu des augmentations dans les différentes Communes, aux horizons futurs 2010-2039 et 2040-2069 ; ce qui expliquerait plus vraisemblablement les baisses de rendements projetées. Dans le même sens, Sultan *et al.*, (2015) ont indiqué que même si les pluies ne changent pas dans le futur, le rendement des cultures diminuerait d'environ 15 %, du fait de l'augmentation des températures qui réduit la longueur du cycle de la culture et augmente sa sensibilité au stress hydrique à travers une évaporation accrue. Les résultats de cette étude corroborent aussi ceux obtenus sur le millet, le sorgho, le maïs, le riz, l'arachide, les haricots, le manioc, le taro et le coton par Zakari *et al.*, (2016) au Niger. Ces auteurs ont indiqué des variations de rendements allant de -50% à +90% sous les effets du changement des conditions climatiques en Afrique de l'Ouest. L'impact négatif sur le rendement était essentiellement attribué aux hausses de températures projetées, bien que les précipitations (dont la prévision est incertaine) aient le potentiel de réduire ou de renforcer cet impact. Des simulations, réalisées à l'aide du modèle DSSAT, ont montré qu'une hausse de température de + 2°C se traduirait par une baisse de la longueur des cycles des cultures de mil précoce de 5 à 10 %, une augmentation des besoins en eau des cultures de l'ordre de 10 % et une baisse des rendements pouvant aller au-delà de 10 à 20 % à l'horizon 2050, quel que soit le scénario pluviométrique (Agrhymet, 2015). Il est ressorti des simulations faites dans le cadre de cette étude que la date de semis (Date2) qui est moyennement favorable aux rendements des variétés testées sur la période de référence (1990-2020), est devenue la moins favorable sur les périodes projetées (2010-2039 et 2040-2069), notamment, chez le mil HKP et le sorgho Caudatum. Cependant, chez la variété de mil SOMNO, cette date de semis (Date2) a révélé des augmentations des rendements possibles pour cette variété photopériodique, en particulier sur le sol fertile dans toutes les Communes concernées par cette étude. Ces comportements traduisant une certaine spécificité de la réponse variétale vis-à-vis des effets combinés ou spécifiques de la date de semis et du niveau de fertilité du sol méritent d'être considérés dans le choix des pratiques culturales les plus favorables à l'augmentation des rendements des céréales pluviales dans le contexte de la variabilité et du changement climatique (Alhassane *et al.*, 2008, Alhassane *et al.*, 2013). Les résultats de cette étude indiquent que la variabilité et le changement climatiques n'ont donc pas toujours des effets négatifs systématiques sur les cultures, car le comportement adaptatif de la variété, les conditions locales du site (y compris le niveau de fertilité du sol)

et les autres pratiques culturales comme le choix de la date de semis peuvent apporter des effets inversement très positifs. Ces résultats renforcent ceux obtenus sur la culture du mil au Niger par Alhassane (2009) qui a signifié que plus les variétés photopériodiques sont semées tôt en début de saison, plus elles prolongent leur cycle de croissance et mieux elles produisent de la biomasse aérienne (tiges, feuilles et grains), tant que les conditions hydriques et de fertilité du sol ne constituent pas des facteurs limitants. Cette étude a aussi révélé que la variété de sorgho Caudatum est la plus sensible aux scénarios climatiques projetés aux horizons 2010-2039 et 2040-2069, en montrant des anomalies de rendements beaucoup plus négatives, notamment sur un sol non fertile associé aux conditions climatiques du RCP8.5 à l'horizon 2040-2069. Ces résultats sont cohérents avec ceux trouvés par Sultan *et al.*, (2015) stipulant que le changement climatique entraîne environ 12 % de pertes de rendement du sorgho au milieu du XXI^e siècle sur l'ensemble du Sahel.

Conclusion

Il ressort de cette étude que la Commune rurale de Magaria a été la plus favorable aux rendements des variétés de mil HKP et SOMNO et de sorgho Caudatum, sur la période de référence 1990-2020. Les Communes d'Illéla et de Balleyara ont été les moins favorables et celles des Dan Issa, Dogo, Harikanassou et Mokko ont occupé une place intermédiaire. L'analyse des impacts des scénarios climatiques futurs a révélé une tendance globale à la baisse des rendements des variétés de sorgho et de mil : sauf chez la variété photopériodique SOMNO qui a montré une nette possibilité d'augmentation de ses rendements dans les différentes Communes de l'étude, sous les conditions des RCP4.5 et 8.5 aux horizons 2010-2039 et 2040-2069. La tendance à l'augmentation des rendements de cette variété est plus grande sur un sol fertile ; le type de sol n'ayant pas un effet très significatif. Par ailleurs, les effets associés des scénarios climatiques et des dates de semis testés révèlent la deuxième date semis (Date2) comme étant la plus favorable à l'augmentation des rendements de la variété de mil SOMNO dans les différentes Communes. Elle est en revanche la moins favorable chez le sorgho Caudatum, surtout quand le sol est pauvre. Il ressort, donc, de cette étude que la variabilité et les changements climatiques n'ont pas toujours des effets négatifs systématiques sur les céréales pluviales ; tout dépend du comportement de la variété, des conditions locales du site (y compris le niveau de fertilité du sol) et des autres pratiques culturales comme la date de semis. D'où la nécessité de nuancer les conclusions liées aux effets des changements climatiques sur les rendements agricoles, relativement aux réalités locales.

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

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

Déclaration de financement : L'étude a bénéficié de l'appui financier du projet PASEC-Niger de la Banque Mondiale et du projet Intra ACP ClimSA de l'union Européenne.

References:

1. AGRHYMET. 2015. Atlas agro-climatique sur la variabilité et le changement climatique au Niger.37 Pages
2. Alhassane A. 2009. Effets du climat et des pratiques culturales sur la croissance et le développement du mil (*Pennisetum glaucum* [L.] R.BR.) au Sahel : contribution à l'amélioration du modèle SARRA-H de prévision des rendements. Thèse de doctorat de l'Université de Cocody, Abidjan, Côte d'Ivoire. Physiologie Végétale, Option : Agrométéorologie. 224 P.
3. Alhassane A., Salack. S, M. Ly, Lona. I, Traoré. S. B. et Sarr. B. 2013. Evolution of agro-climatic risks related to the recent trends of the rainfall regime over the Sudano-Sahelian region of West Africa, Sécheresse, Vol. 24, N° 4, (2013) 282 -293 p.
4. Alhassane A., Traoré S. B., Zouzou M., Sarr B. et Amadou M. 2008. Effet de la fertilisation azotée et de la densité de semis sur la croissance et le développement d'une variété de mil au sahel. Agronomie Africaine 20 (2) : 151 - 163 (2008). PP 151-163
5. Almorox J and Hontoria C. 2003. Global solar radiation estimation using sunshine duration in Spain. Energy Conversion and Management. 45 (2003) 1529–1535.
6. Balme M., S. Galle et Lebel T. 2005., Démarrage de la saison des pluies au Sahel : variabilité aux échelles hydrologique et agronomique, analysée à partir des données EPSAT-Niger, Sécheresse, Vol. 16, N° 1 (2005) 15 -22 p.
7. Bamba B., Gueye M., Badiane A., Ngom D. et Ka S. L. 2019. Effet de la date et de la densité de semis sur la croissance et le rendement en grain du mil tardif [*Pennisetum glaucum* (L.) R. Br] dans les zones sud-est et sud du Sénégal. Journal of Applied Biosciences 138: 14106 – 14122. Published online at www.m.elewa.org/journals/ on 30th June 2019 <https://dx.doi.org/10.4314/jab.v138i1.9>.
8. Bandyopadhyay A., Bhadra A., Raghuwanshi N. S. and Singh R. 2008. Estimation of monthly solar radiation from measured air temperature extreme. Agricultural and Forest Meteorology. 148 (2008) 1707–1718.

9. Bichet A. et Diedhiou. A. 2018. West African Sahel has become wetter during the last 30 years, but dry spells are shorter and more frequent, *Clim. Res.*, Vol. 75, N° 2, (2018) 155 -162 p
10. Boureima M. 2006. Les politiques agricoles au Niger, 1960-2015 : 55 ans à la recherche de la sécurité alimentaire et de la réduction de la pauvreté", *Belle Afrique*. Niamey, (2006) 35 p.
11. Chineke T.C. 2007. Equation for estimating global solar radiation in data sparse regions. *Renewable Energy* 33 (2007) 827–831.
12. Descroix L., Diongue Niang A., Panthou G., Bodian. A., Sane Y., Dacosta H., Malam Abdou M., Vandervaere J-P. et Quantin G. 2015. Evolution récente de la pluviométrie en Afrique de l'Ouest à travers deux régions : la Sénégalie et Bassin du Niger Moyen, *Climatologie*, Vol. 12, (2015) 25 -43 p.
13. Dunn, O. J. 1964. Multiple comparisons using rank sums *Technometrics*, 6(3):241–252s. Page 244,
14. Faye M., Fall. A., Faye. G. et Van Hecke. E. 2018. La variabilité pluviométrique et ses incidences sur les rendements agricoles dans la région des Terres Neuves du Sénégal oriental, *Belg. Rev. Belge Géographie*, N° 1 (2018), doi: 10.4000/belgeo.22083
15. Gnoumou X. N., Yaméogo J.T., Traoré, M., Bazongo G., and Bazongo P. 2017. Adaptation aux changements climatiques en Afrique subsaharienne: impact du zaï et des semences améliorées sur le rendement du sorgho dans les villages de Loaga et Sika (province du Bam), *Burkina Faso*. ISSN 2028-9324 Vol. 19 No. 1 Jan. 2017, pp. 166-174 © 2017 Innovative Space of Scientific.
16. Hargreaves, G.H et Samani, Z.A. 1985. Évapotranspiration des cultures de référence en fonction de la température. *Ingénierie appliquée à l'agriculture*, 1, 96-99. <http://dx.doi.org/10.13031/2013.26773>
17. INS-Niger. 2018. Tableau de bord social, ministère du plan et institut national de la statistique 106P.
18. Irwanto M., Malek F., Masri M., Alam H., Gomesh N., Irman Y. M. and Suhelmi. 2015. Solar Radiation Estimation Using Hargreaves Model for Required data of photovoltaic Power Génération in Perlis. The 1st International Joint Conference of Indonesia-Malaysia-Bangladesh-Ireland (IJCIMBI). 10P. https://www.researchgate.net/publication/275951748_Solar_Radiation_Estimation_Using_Hargreaves_Model_For_Required_Data_of_Photovoltaic_Power_Generation_in_Perlis#fullTextFileContent
19. Janicot S., Aubertin, C. Bernoux M., Dounias E., Guegan J., Lebel T., Mazurek H. et Sultan B. 2015. "Changement climatique : Quels défis pour le Sud ? ", *IRD*, (2015) 268 p.

20. Kabore P.N., Ouedraogo A., Sanon M., Yaka P., Some L. 2017. Caractérisation de la variabilité climatique dans la région du centre-nord du Burkina Faso entre 1961 et 2015. *Climatologie*, vol. 14 (2017). <https://doi.org/10.4267/climatologie.1268>. PP 82-95
21. Kruskal and Wallis. 1952. Use of ranks in one criterion variance analysis *Journal of the American Statistical Association*. Vol.47 N° 260, December 1952
22. Marteau R., Sultan. B., Moron. V., Baron. C., Traore. S. B, et Alhassane. A. 2010. Démarrage de la saison des pluies et date de semis du mil dans le sud-ouest du Niger, in "Risques et changement climatique", Rennes (2010) 379 -384 p.
23. Mohamed. A.M.L, Jibrin. J.M., B. M. Auwalu. B. M., Garba. M. and Lawan. B.A. 2022: Application of Ceres-Millet model of DSSAT for simulating millet varieties under different sowing windows in Niger, *Journal of Crop Improvement*, DOI: 10.1080/15427528.2022.2048764.
24. Nicholas H. et Alex R. 2013. Guide for Running AgMIP Climate Scenario Generation Tools with R in Windows (Version 2.3). CCSR Columbia University. nih2106@columbia.edu / www.agmip.org
25. Olivier J.-P. De Sardan. 2011. Au Niger, le cycle des crises alimentaires, *Le Monde diplomatique*, 2011. <http://blog.mondediplo.net/2011-01-07-Au-Niger-le-cycle-des-crisis-alimentaires> (consulté l'avr. 28, 2017)
26. Panthou G. 2013. Analyse des extrêmes pluviométriques en Afrique de l'Ouest et de leur évolution au cours des 60 dernières années, Université de Grenoble, (2013) 270 p.
27. Panthou G., Lebel. T., Vischel. T., Quantin. G., Y. Sane A. Ba, Ndiaye. O., Diong-Niang. A., and Diopkane. M. 2018. Rainfall intensification in tropical semi-arid regions: the Sahelian case, *Environ. Res. Lett.*, Vol. 13, N° 6 (2018), doi: 10.1088/1748-9326/aac334 .
28. Rossi A., Vischel. T. et Lebel. T. 2012. Analyse spatiale et temporelle de la variabilité à méso-échelle du régime pluviométrique sahélien depuis les années 1950, in "24ème Colloque de l'Association Internationale de Climatologie", Grenoble, (2012) 679 -683 p.
29. Ruane A.C., Winter J. M., McDermid S.P., and Hudson N. I. 2015. AgMIP Climate Data and Scenarios for Integrated Assessment. ICP Series on Climate Change Impacts, Adaptation, and Mitigation Handbook of Climate Change and Agroecosystems, pp. 45-78 (2015) https://doi.org/10.1142/9781783265640_0003
30. Sitta A., et M.Bacci., 2016. Analyse du risque de sécheresse agricole dans la région de Tillabéry au Niger », in "Risques et adaptation

- climatique dans la région de Tillabéri, Niger”, L’Harmattan, (2016) 143 - 154 p.
31. Shapiro S. S. and Wilk M. B. 1965. An analysis of variance test for normality (complete samples). *Biometrika* 52 591–611. <https://doi.org/10.1093/biomet/52.3-4.591>
 32. Sivakumar M. V. K. 1988. Predicting rainy season potential from the onset of rains in southern Sahelian and Sudanian climatic zones of West Africa. *Agric For Meteorol* 1988 ; 42 : 295-305.
 33. Sultan B., Roudier P., Traoré S. 2015. Les impacts du changement climatique sur les rendements agricoles en Afrique de l'Ouest. *In : Sultan Benjamin (ed.), Lalou Richard (ed.), Amadou Sanni M. (ed.), Oumarou A. (ed.), Soumaré M.A. (ed.). Les sociétés rurales face aux changements climatiques et environnementaux en Afrique de l'Ouest.* Marseille: IRD, 2015, p. 209-225. (Synthèses). ISBN 978-2-7099-2146-6.
 34. Tinni Halidou S., Alhassane. A., Lona. I. et Moussa. I. B. 2021. Analyse de l'évolution spatio-temporelle des dérivés pluviométriques caractérisant la saison agricole au Sahel – Central, 20pages
 35. Togo A. 2019. Effets de la fertilisation et de la date de semis sur des variétés de sorgho à double usage. Mémoire d'Ingénieur Agronome de l'Institut polytechnique rural de formation et de recherche appliquée (IPRipr/IFRAifra) de Katibougou, 52pages. <https://cgspace.cgiar.org/bitstream/handle/10568/108798/MSc%20Thesis%20Aly%20Togo.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
 36. Vodounou J. B. K. et Doubogan Y. O. 2016. Agriculture paysanne et stratégies d'adaptation au changement climatique au Nord-Bénin. Rural agriculture and adaptation strategies to the climate change in North Benin. <https://doi.org/10.4000/cybergeogeo.27836>
 37. Yamoah C. F., Bationo A.; Shapiro B. et Koala S. 2002. Trend and stability analyses of Millet Yields treated with fertilizer and Crop residues in the Sahel. *Field Crops Research* 75 (2002) 53-62),
 38. Zakari A. H., Mahamadou K. B. et Toudou A. 2016. Les systèmes de productions agricoles du Niger face au changement climatique : défis et perspectives, 2016 International Formulae Group. All rights reserved. 2730-IJBCS DOI : <http://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v10i3.28>, 11pages.

Caracterisation Geochimique des Deblais du Substratum de la Baie du Banco, Abidjan, Basse Cote d'Ivoire

Yao Diby Ferdinand
Assale Fori Jean Paul
Alla Amani Jonas
Digbehi Zeli Bruno

Université Félix Houphouët Boigny, UFR des Sciences de la Terre et des Ressources Minières, Laboratoire de Géologie, Ressources Minérales et Energétiques (LGRME) Abidjan, Côte d'Ivoire

[Doi:10.19044/esj.2023.v19n36p124](https://doi.org/10.19044/esj.2023.v19n36p124)

Submitted: 19 October 2023
Accepted: 05 December 2023
Published: 31 December 2023

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

Cite As:

Yao D.F., Assale F.J.P., Alla A.J. & Digbehi Z.B. (2023). *Caracterisation Geochimique des Deblais du Substratum de la Baie du Banco, Abidjan, Basse Cote d'Ivoire*. European Scientific Journal, ESJ, 19 (36), 124. <https://doi.org/10.19044/esj.2023.v19n36p124>

Résumé

L'étude géochimique réalisée s'est effectuée sur les déblais du substratum de la baie du Banco situé au Sud-est du bassin sédimentaire côtier de la Côte d'Ivoire. Cette étude vise à caractériser le substratum de la baie du Banco à partir des éléments chimiques ainsi que la détermination des paléoconditions des environnements de dépôt. La spectrométrie par fluorescence à rayon x (XRF) a permis de déterminer les éléments majeurs ainsi que des éléments traces présents dans les lutites noirâtres du substratum de la baie. Les éléments majeurs identifiés sont par ordre décroissant le Silicium (45,33 %), le Fer (35,56 %), l'Aluminium (9,24 %), le Potassium (2,31 %), le Calcium (2,22 %), le Titane (2,15 %), le Chlore (2,04 %) et le Phosphore (1,12 %). L'analyse géostatistique a permis de mettre en évidence de fortes corrélations entre la matière organique et le fer réduit (Fe²⁺), l'étain (Sn), l'arsenic (As) et le soufre (S). Le substratum de la baie du Banco est caractérisé par une forte concentration en soufre variant de 12475 à 75752 ppm et une bioproduktivité primaire plus importante en profondeur qu'en surface. Les éléments traces U, V et Mo ont permis d'identifier un milieu euxinique à interface eau-sédiment en subsurface du substratum (0- 32 m) tandis qu'en fin de forage (78-80 m), on distingue un milieu suboxique à anoxique. Ces

différents résultats ont permis de caractériser le substratum de la baie du Banco.

Mots-clés: Géochimie, Paléoconditions, Substratum, baie du Banco, Côte d'Ivoire

Geochemical Characterization of Substrate Spoils in Banco Bay, Abidjan, Ivory Coast

Yao Diby Ferdinand
Assale Fori Jean Paul
Alla Amani Jonas
Digbehi Zeli Bruno

Université Félix Houphouët Boigny, UFR des Sciences de la Terre et des Ressources Minières, Laboratoire de Géologie, Ressources Minérales et Energétiques (LGRME) Abidjan, Côte d'Ivoire

Abstract

The geochemical study was carried out on cuttings from the Banco Bay bedrock in the southeastern part of the Côte d'Ivoire coastal sedimentary basin. The study aimed to characterize the Banco Bay bedrock based on chemical elements and to determine the paleo conditions of the depositional environments. X-ray fluorescence spectrometry (XRF) was used to determine the major and trace elements present in the blackish lutites of the bay bedrock. The major elements identified were, in descending order, Silicon (45.33%), Iron (35.56%), Aluminium (9.24%), Potassium (2.31%), Calcium (2.22%), Titanium (2.15%), Chlorine (2.04%) and Phosphorus (1.12%). Geostatistical analysis revealed strong correlations between organic matter and reduced iron (Fe 2+), tin (Sn), arsenic (As), and sulfur (S). The Banco Bay bedrock is characterized by high sulfur concentrations ranging from 12475 to 75752 ppm, and higher primary bioproductivity at depth than at the surface. Trace elements U, V, and Mo identified an euxinic environment at the water-sediment interface in the subsurface of the bedrock (0-32 m), while at the end of the borehole (78-80 m), a suboxic to anoxic environment was distinguished. These results have enabled us to characterize the bedrock of the Banco Bay.

Keywords: Geochemistry, Paleoconditions, Substratum, Banco Bay, Ivory Coast

Introduction

Les bassins sédimentaires se définissent comme une dépression de la croûte terrestre (continentale ou océanique) où s'accumulent des sédiments. Sous l'effet du poids, ces sédiments s'enfoncent et se transforment en roches sédimentaires par diagenèse. Ces bassins sédimentaires présentent en général, un intérêt socio-économique et scientifique important. En effet, ils renferment les ressources hydro-énergétiques, des substrats sédimentaires utiles à la fabrication des produits de première nécessité pour l'homme. Ils permettent également de reconstituer l'histoire de la vie au cours des temps géologiques ainsi que l'évolution des paléoenvironnements (Boga *et al.*, 2017).

En Côte d'Ivoire, la plupart des études effectuées sur le bassin ont porté sur les formations anciennes d'âges crétacé-tertiaires ayant des intérêts pétroliers et hydrogéologiques avérés. Dans le bassin sédimentaire immergé de Côte d'Ivoire, différents travaux ont été réalisés (Digbehi *et al.*, 2001 ; Bamba *et al.*, 2011 ; Bié *et al.*, 2012 ; Yao, 2014 ; Kouassi, 2014 ; Kessé, 2016) et qui ont conduit à une meilleure connaissance de cette partie du bassin. Plusieurs études ont été également réalisées dans le bassin sédimentaire côtier, (Yao (2012) ; Assalé (2013) ; Gbangbo *et al.* (2012)). En ce qui concerne les terrains beaucoup plus récents, du quaternaire à l'actuel, les travaux antérieurs ont montré qu'au cours du quaternaire, dans la partie émergée du bassin ivoirien se sont développées des lagunes durant la dernière régression (18000 BP). Ces lagunes ont occupé des dépressions côtières situées au-dessous du niveau moyen des océans ayant une communication permanente ou temporaire. Ce sont donc des zones de transition entre le milieu marin et le milieu continental. Dans la partie émergée du bassin ivoirien, précisément dans le domaine lagunaire, les recherches ont porté essentiellement sur les dépôts superficiels des vases lagunaires soit pour une étude de la pollution ou soit pour la compréhension de la dynamique sédimentaire actuelle au niveau du littoral Diangoné *et al.* (2020), Irié *et al.* (2015). Néanmoins, Des travaux sur la lithostratigraphie et la granulométrie ont été effectués sur le substratum de la baie du Banco (Yao, 2022). Cependant, une approche géochimique dans l'étude du substratum de la baie du Banco demeure primordiale dans la caractérisation de cette baie. L'objectif de cette étude est de caractériser le substratum de la baie du Banco à partir de la géochimie inorganique et déterminer les différents paléoenvironnements.

1. Présentation de la zone d'étude

La baie de Banco est située au Sud-est du bassin sédimentaire côtier ivoirien (Figure 1). Cette partie (onshore) du bassin est très étroite à l'Ouest mais atteint 35 km de large au niveau d'Abidjan. Ce bassin est traversé d'Ouest en Est par une faille majeure, appelée « faille des lagunes » qui le divise en deux entités :

- Au Nord de cette faille, les formations sont moins épaisses et formées des dépôts d'âge du «continental terminal » constitués d'argiles, de sables argileux et de grès plus ou moins ferrugineux (Digbéhi, 1987).
- Au Sud, les formations qui affleurent sont plus épaisses et sont recouvertes par des dépôts quaternaires (Affian, 1986) composés de sables blancs et sable argileux continentaux, cordons sableux, de sables, d'argilites fluvio-lagunaire et des sables marins.

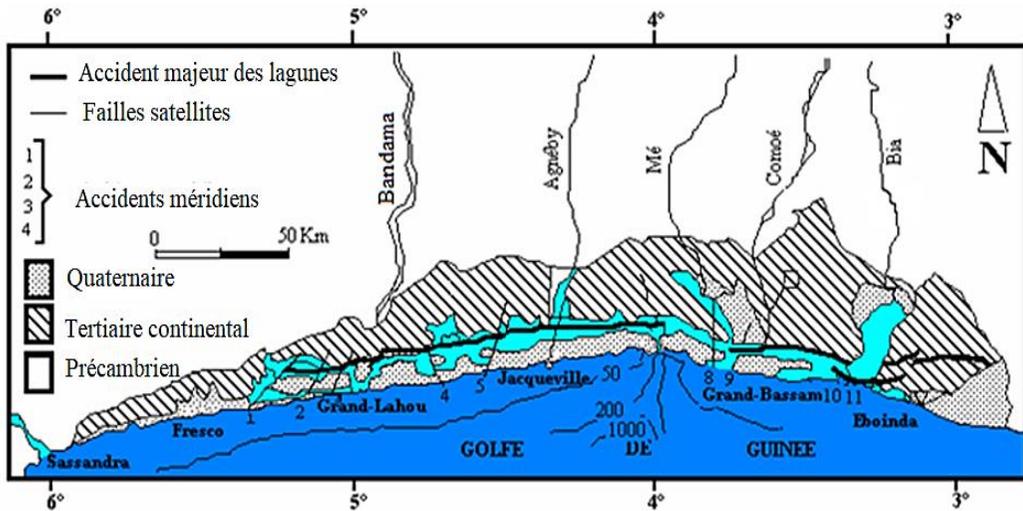


Figure 1. Bassin sédimentaire de la Côte d'Ivoire (Aka, 1991 ; in Koffi Bi, 2009)

2. Localisation des sondages

Les déblais proviennent de cinq (5) sondages exécutés dans la baie du Banco dans le cadre du projet de construction du 4ème pont d'Abidjan, Côte d'Ivoire (Figure 2). Trois (3) sondages ont été utilisés dans le cadre de cette étude. Il s'agit des forages DIBY-1, DIBY-2 et DIBY-3.

Tableau 1. Coordonnées géographiques des différents sondages en UTM

SONDAGES	LONGITUDE (m)	LATITUDE (m)
DIBY-1	384777,68	590044,895
DIBY-2	385015,274	590174,303
DIBY-3	385082,206	590236,894

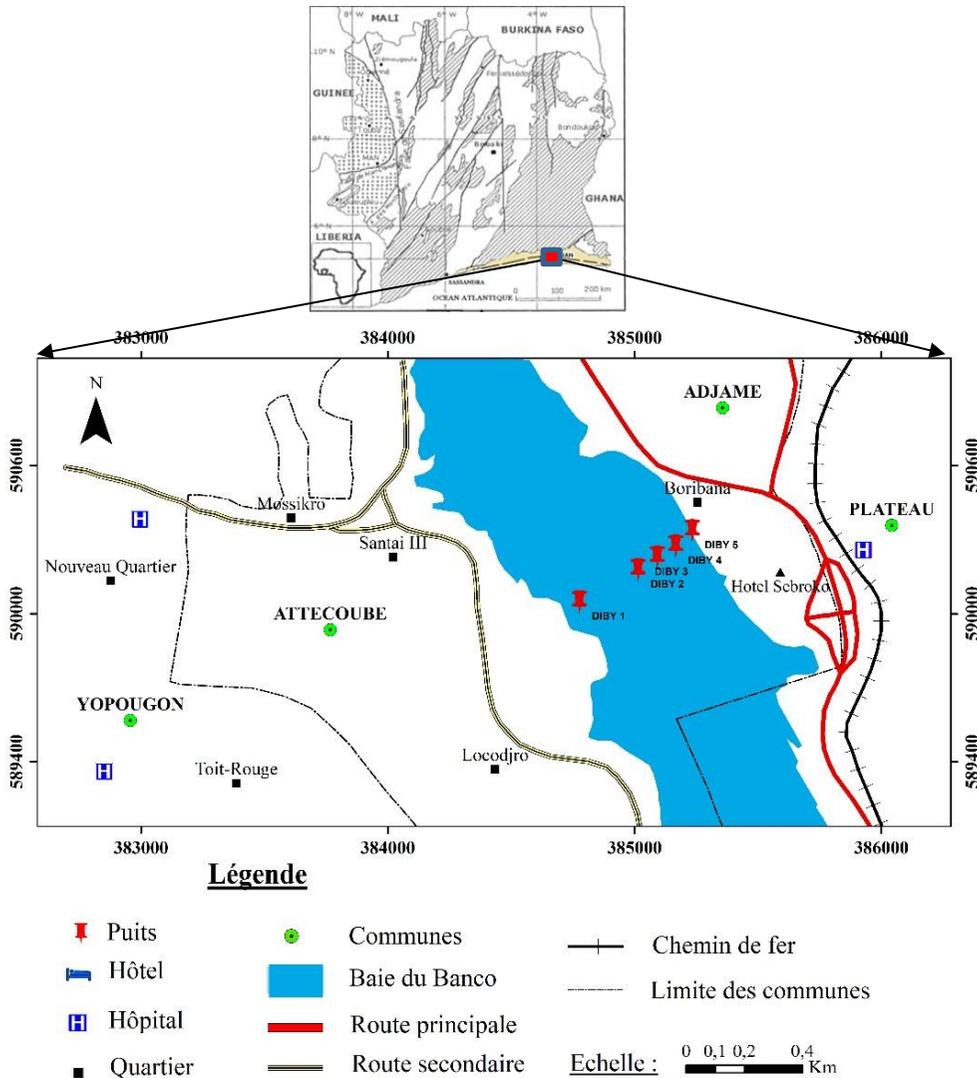


Figure 2. Localisation des différents forages

3. Matériel et méthode

Le matériel utilisé dans le cadre de ce travail est le spectromètre à fluorescence X (XRF) portable. Ce matériel permet une analyse chimique non destructive qualitative et semi-quantitative utilisant une propriété physique de la matière, la fluorescence de rayons X. En effet, chaque élément chimique est caractérisé par un spectre de fluorescence X spécifique. L'analyse du spectre de chaque élément chimique permet d'identifier cet élément ainsi que sa concentration dans l'échantillon. Deux analyses simultanées de durées

différentes sont effectuées sur l'échantillon et les résultats de ces analyses insérés dans un classeur Excel :

- une première analyse pour déterminer les éléments traces contenus dans les lutites sombres (Durée : 90s, Unité : en ppm).
- une deuxième analyse pour déterminer les éléments majeurs contenus dans les lutites sombres (Durée : 120s, Unité : en %).

Les analyses univariée et multivariée ont été réalisées avec le langage de programmation R. Ces analyses ont mis en évidence la dynamique des éléments chimiques dans le milieu en fonction de la concentration de la matière organique. L'identification des éléments chimiques caractéristiques a permis d'être renseigné sur les paléoconditions des milieux de dépôt.

4. Résultats et interprétations

4.1. Composition chimique des lutites

4.1.1. Analyse des éléments majeurs

Les différents éléments majeurs ainsi que leurs concentrations en pourcentage d'oxydes dans les lutites noirâtres du substratum de la baie du Banco sont présentés dans le tableau 2.

Tableau 2. Pourcentage d'oxyde des éléments majeurs dans les forages DIBY

Eléments	Fe	Ti	Ca	K	Al	P	Si	Cl
D1-01 m	43,114	3,882	8,528	3,133	5,296	0	33,27	2,777
D2-20 m	27,387	2,23	1,717	2,031	12,348	1,947	47,929	4,411
D2-26 m	27,66	1,671	0,68	1,575	8,625	1,228	54,6	3,961
D2-32 m	16,591	3,332	0,575	1,204	13,112	1,773	63,413	0
D2-80 m	84,84	0,548	0,449	1,639	2,895	0	9,366	0,263
D3-19 m	31,31	1,766	2,132	2,45	9,739	1,77	47,915	2,918
D3-79 m	18,07	1,668	1,454	4,137	12,711	1,124	60,836	0
MOYENNE	35,56	2,15	2,22	2,31	9,24	1,12	45,33	2,04

Les éléments majeurs identifiés dans les lutites noirâtres du substratum de la baie du Banco sont le fer (Fe), le titane (Ti), le calcium (Ca), le potassium (P), l'aluminium (Al), le phosphore (P), le silicium (Si) et le chlore (Cl). Les concentrations moyennes des éléments majeurs donnent les statistiques suivantes : le silicium (45,33 %), le fer (35,56 %) et Al (9,24 %) avec des concentrations qui varient respectivement de (9,36 à 63,41 %) ; (18,07 à 84,84 %) et de (2,89 à 13,11 %) dans les puits DIBY. Le phosphore est le moins abondant avec une moyenne de 1,12 %. Le chlore, le titane, le calcium, et le potassium sont très faibles dans les échantillons. Leurs concentrations moyennes évoluent de 2,04 à 2,31 %.

L'élément majeur le plus important dans ces lutites est le silicium (Figure 3) avec une proportion moyenne de 45,33 %. Cette forte concentration serait

liée à l'abondance du quartz d'où proviendrait le silicium fortement concentré dans les lutites. L'aluminium est un élément chimique qui caractérise les apports continentaux. Il a une proportion moyenne plus importante (9,24%) que celle du calcium qui caractérise les apports marins avec une moyenne de (2,22%). Les concentrations moyennes des éléments Al et Ca identifiés dans le milieu indiquent que les apports continentaux des sédiments dominent largement sur les apports marins dans la baie du Banco.

Les lutites grises à noires sont riches en matières organiques dont le taux dans le forage DIBY-2 atteint les 56,83%. La quantité de fer exprimée dans ces lutites grises à noires (35,56 %) provient donc du fer réduit (Fe^{2+}) et non du fer oxydé (Fe^{3+}) au regard du milieu qui est réducteur (conservation de la matière organique). Plus la quantité de matière organique est élevée et plus le (Fe^{2+}) est exprimé.

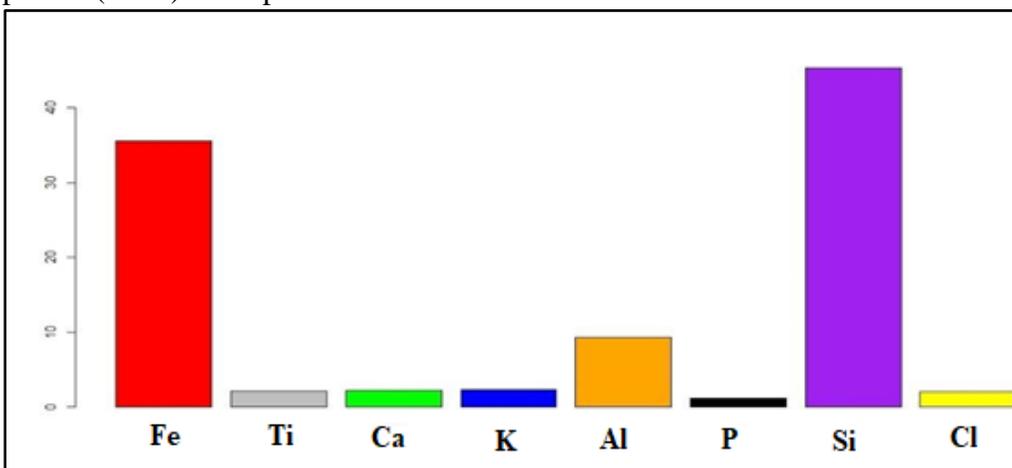


Figure 3. Éléments majeurs des puits DIBY

3.1.2. Analyse des éléments traces

Les éléments traces identifiés dans les lutites sombres de la baie du Banco sont présentés dans le tableau 3. Ces éléments sont le molybdène (15,94 ppm), le zircon (118,12ppm), l'uranium (10,25 ppm), le strontium (55,46 ppm), le rubidium (28,66 ppm), le thorium (11,73 ppm), le plomb (14,67 ppm), l'arsenic (24,34ppm), le zinc (38,82 ppm), le cuivre (24,39 ppm), le nickel (90,48 ppm), le chrome (93,07 ppm), le vanadium (141,33 ppm), le soufre (24376) et le baryum (154,6 ppm), l'étain (39,48 ppm). Les lutites étudiées dans les différents puits sont très riches en soufre (Figure 4) dont la concentration moyenne est de 24375,57 ppm avec des valeurs allant de 12475 à 75752 ppm.

Tableau 3. Proportion des éléments traces en ppm dans les puits DIBY

Eléments	Mo	Zr	Sr	U	Rb	Th	Pb	As	Zn	Cu	Ni	Cr	V	S	Ba	Cs	Sn
D1-01 m	48,51	270,76	81,83	11,55	22,95	15,36	21,95	10,69	32,01	27,03	< LOD	110,7	140,2	17190	58,32	< LOD	< LOD
D2-20 m	4,83	215,89	64,27	< LOD	36,14	12,74	13,54	6,49	44,4	26,5	< LOD	96,95	157,4	14520	< LOD	< LOD	< LOD
D2-26 m	8,7	168,98	56,78	< LOD	27,1	9,82	15,09	< LOD	30,13	17,38	< LOD	83,38	117,2	19990	< LOD	< LOD	< LOD
D2-32 m	10,57	323,68	32,36	13,11	9,1	10,14	10,4	< LOD	< LOD	20,3	< LOD	63,36	121,7	12664	< LOD	< LOD	< LOD
D2-80 m	< LOD	67,26	22,1	8,11	14,94	< LOD	14,36	74,74	< LOD	< LOD	133,63	88,42	181,2	75752	196,7	70,21	39,43
D3-19 m	7,11	161,1	65,76	8,24	32,99	14,87	10,24	< LOD	44,48	25,06	< LOD	95,19	117,3	18038	< LOD	< LOD	< LOD
D3-79 m	< LOD	179,14	65,13	< LOD	57,41	7,45	17,1	5,47	43,08	30,12	47,37	113,5	154,3	12475	208,7	33,62	< LOD
Moyenne	15,94	118,12	55,46	10,25	28,66	11,73	14,67	24,34	38,82	24,39	90,48	93,07	141,3	24376	154,6	51,92	39,43

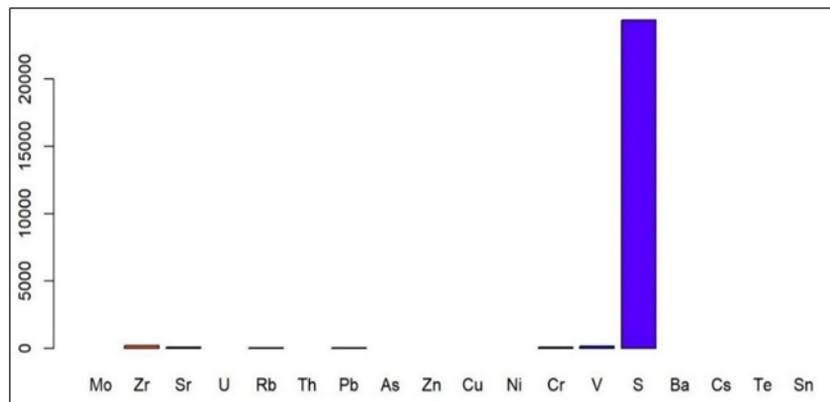


Figure 4. Élément soufre dans les lutites étudiées

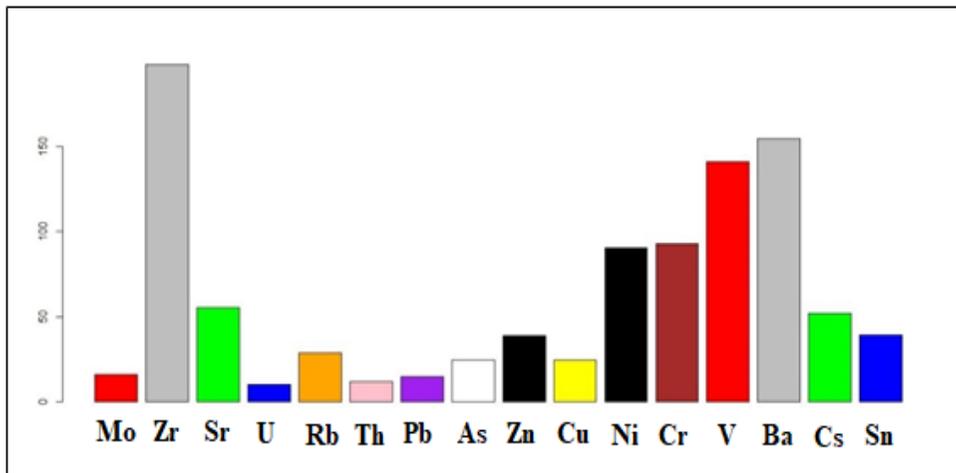


Figure 5. Éléments traces sans le soufre dans les lutites étudiées

3.2. Statistiques multivariées des éléments chimiques

3.2.1. Statistique multivariée des éléments majeurs

3.2.1.1. Corrélation entre les variables des éléments majeurs

On distingue deux types de corrélation entre les différentes variables des éléments majeurs: la corrélation positive et la corrélation négative (Figure 6). Les corrélations entre les différentes variables ont permis de les regrouper selon les affinités entre elles et la matière organique.

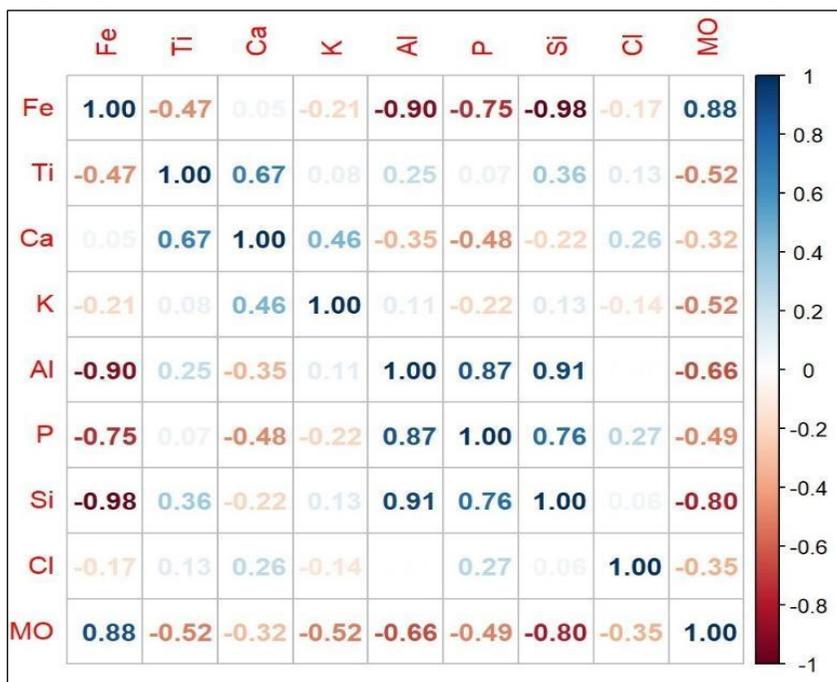


Figure 6. Corrélation des variables des éléments majeurs et la matière organique (Mo)

3.2.1.2. Analyse en Composante Principale (ACP) des éléments majeurs

L'analyse en composante principale utilisée dans cette étude a permis de mettre en évidence la répartition des éléments majeurs dans un milieu réducteur à différentes concentrations de matière organique. Les deux premiers axes nommés Dimension 1 et Dimension 2 (Dim 1 et Dim2) expliquent clairement les huit (09) individus étudiés à 77,9 % (Figure 7); ce qui est suffisant pour l'interprétation des données étudiées. Les résultats de l'ACP ont permis de mettre en évidence certaines relations entre ces variables en les regroupant en quatre groupes suivant : groupe 1, groupe 2, groupe 3 et groupe 4. Ces variables sont représentées par : le fer, le titane, le calcium, le potassium, l'aluminium, le phosphore, le silicium, le chlore et la matière organique.

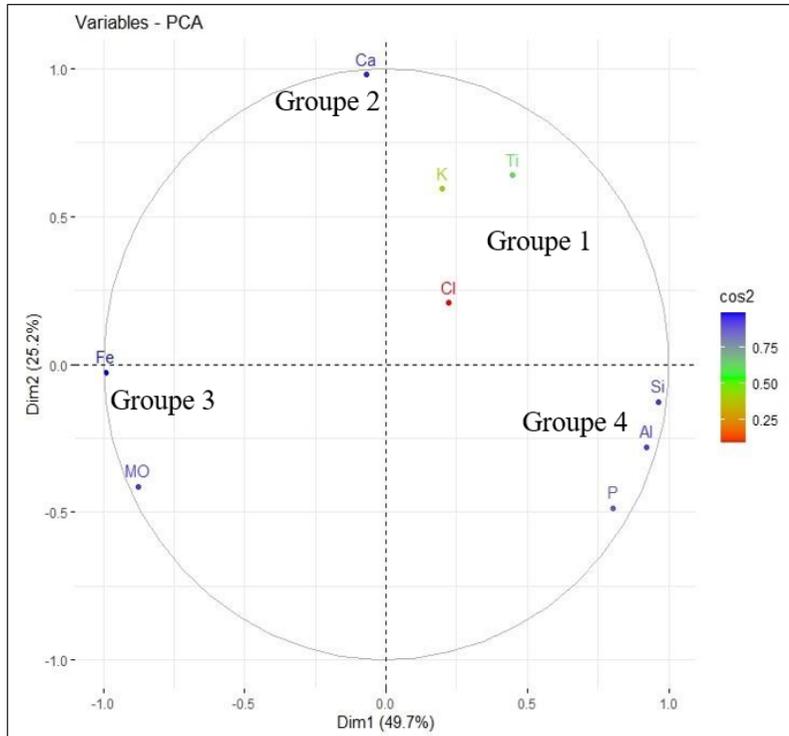


Figure 7. ACP des 09 variables des forages DIBY

➤ **Groupe 1**

Ce groupe est constitué de deux variables que sont : K, Ti avec une corrélation moyenne 0,50. Néanmoins ces deux variables sont regroupées selon leurs affinités. Ce groupe comprendra tous les individus ayant une affinité positive avec ces variables dans une corrélation moyenne. Ce groupe de variables chimiques ne favorise pas la concentration et la préservation de la matière organique. Leur présence dans un milieu indiquera une faible présence voire une absence de la matière organique dans le milieu. Ce milieu pourrait être suboxydé.

➤ **Groupe 2**

Ce groupe contient une seule variable qui est le Ca. Il n'y a pas d'affinité entre le calcium et les autres éléments chimiques présents dans le milieu. Cette variable se situe à proximité de l'axe 1 dans la partie positive. Ce groupe comprendra les variables qui ont une forte affinité avec le Ca et qui se concentreraient dans un milieu calme, peu profond favorisant le dépôt des minéraux carbonatés.

➤ **Groupe 3**

Ce groupe contient deux éléments à savoir le Fe et la Mo. Ces deux variables ont une forte corrélation positive (0,88). La liaison Fe-Mo met en

évidence une forte affinité entre ces deux variables. Cette affinité se caractérise par l'accumulation de la matière organique dans un environnement réducteur riche en minéraux de fer. Tous les individus qui vont se retrouver dans ce groupe auront une forte affinité et également une forte concentration en Fe^{2+} . Le Fer réduit Fe^{2+} permet la concentration et la préservation de la matière organique.

➤ **Groupe 4**

Dans ce groupe, on a trois variables : Si, Al, et P. Ces trois variables ont une forte corrélation allant de (0,76) à (0,91). Ce groupe va contenir les individus ayant une forte affinité aux trois variables précitées. Les individus dans ce groupe se concentreront dans un milieu à forte influence continentale.

▪ **Relation avec les différents groupes**

Deux relations significatives existent entre les différents groupes déterminés par l'ACP des éléments majeurs. Une relation entre le groupe 3 et le groupe 4 et une autre d'opposition entre les groupes 2 et 4. La relation entre les groupes 2 et 4 les oppose sur l'axe 2 (Dim 2) dans une corrélation négative. Au niveau de ces deux groupes, il existe une véritable corrélation négative entre les variables situées dans le groupe 4 et celles du groupe 3. On peut observer et noter que plus la concentration de Si, Al et P augmentent dans le milieu, la quantité de Fe et de Mo diminue et vice versa lorsque la concentration de Fe et Mo augmente, le taux de Si, Al et P diminuent également dans le milieu. Dans la deuxième relation entre les groupes 2 et 4, on note deux environnements de dépôt distincts. Le groupe 2 contenant les minéraux carbonatés indique un environnement calme, chaud, peu profond. Quant au groupe 4 contenant les variables Si, Al et P, il indiquerait un milieu turbulent à forte influence continentale.

3.2.1.3. Regroupement des classes (Clustering des individus)

Le regroupement des classes permet de ranger les individus en 3 classes ou clusters : cluster 1 ; cluster 2 et cluster 3 (Figure 8).

▪ **Cluster 1**

Cette classe est constituée d'un individu D2-80. C'est la seule classe qui contient le taux le plus élevé de matière organique (Mo). Elle contient également la concentration la plus importante de minéraux de fer réduit Fe^{2+} . Cette classe va correspondre au regroupement d'individus ayant une forte concentration en matière organique Mo et en (Fe^{2+}) milieu réducteur propice à la concentration de la matière organique.

▪ **Cluster 2**

Cette classe est également constituée d'un seul individu D1-1 qui est isolé des autres. Cette classe se distingue des autres par sa concentration la plus élevée en Ca (8,53%). Le taux en Fe est important (43,11%). On note également un faible taux de matière organique (8,78%). Cette classe va

regrouper les individus qui ont un fort taux de calcium et une faible concentration en matière organique. Cet échantillon pourrait contenir des carbonates de calcium sous forme de microfossiles.

▪ **Cluster 3**

Ce cluster comporte 5 individus qui sont : D2-20 ; D2-26 ; D2-32 ; D3-19 ; D3-79. Ces différents individus regroupés dans ce cluster ont une forte concentration en Silicium et en Aluminium. On note également une concentration de Phosphore déterminée dans ces individus tandis que les autres individus ont une très faible concentration en Phosphore. Le taux de matière organique de ces individus est relativement faible et on note une baisse importante de la concentration de fer. Ce dernier cluster va donc regrouper les individus qui ont une forte proportion en silicium, aluminium, phosphore et dont les pourcentages en fer et matière organique sont faibles. La particularité de ce cluster c'est que tous les individus contiennent du phosphore.

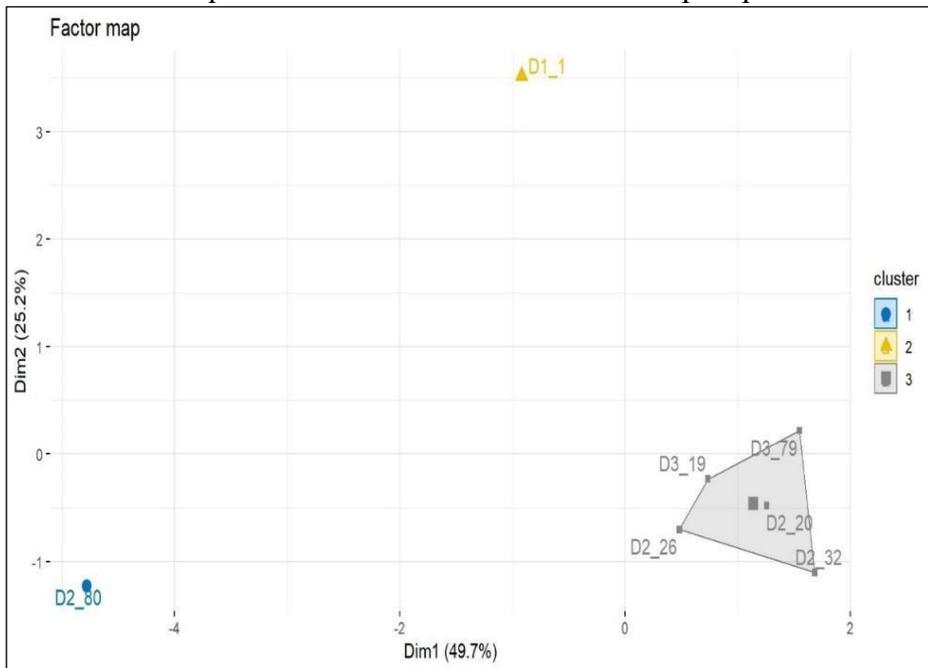


Figure 8 : Clustering des sédiments du substratum de la baie du Banco

3.2.1.4. Classification ascendante hiérarchique (CAH)

Cette classification permet de regrouper les puits DIBY selon leurs affinités aux différentes variables (Figure 9). Elle a permis de séparer les forages en 2 grandes classes. La première classe contient uniquement le puits D2-80 avec le taux le plus élevé de matière organique. Tous les individus qui vont appartenir à cette classe seront les individus riches en matière organique et en Fer 2+. La deuxième classe regroupe 2 groupes. Le premier groupe contient uniquement le forage D1-1 qui a la concentration la plus élevée en

calcium (Ca). Le groupe 1 rassemble les forages qui contiennent des carbonates de calcium en microfossiles. Le groupe 2 comprend 5 forages. Ces forages ont tous un taux élevé de silicium et d'aluminium et contiennent tous du phosphore.

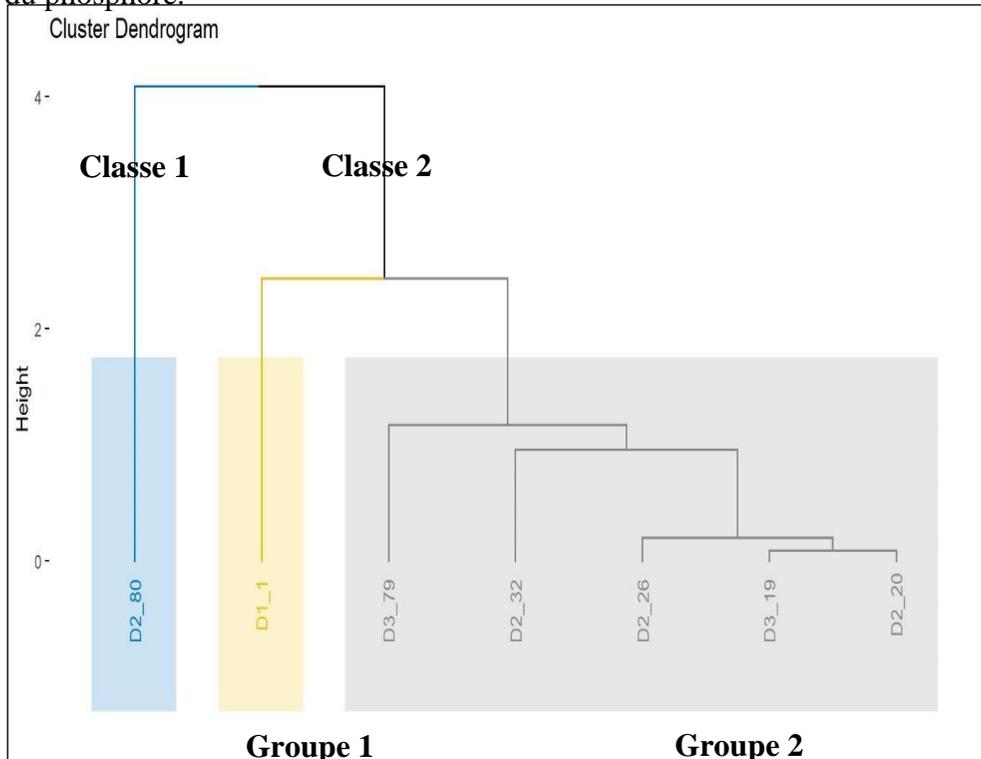


Figure 9. Classification Hiérarchique Ascendante des éléments majeurs du substratum de la baie du Banco

3.2.2. Statistique multivariée des éléments traces

3.2.2.1. Corrélation entre les variables des éléments traces

Deux types de corrélation existent également entre les différentes variables des éléments traces : la corrélation positive marquée par la couleur bleue foncée et la corrélation négative marquée par la couleur rouge foncée (Figure 10).

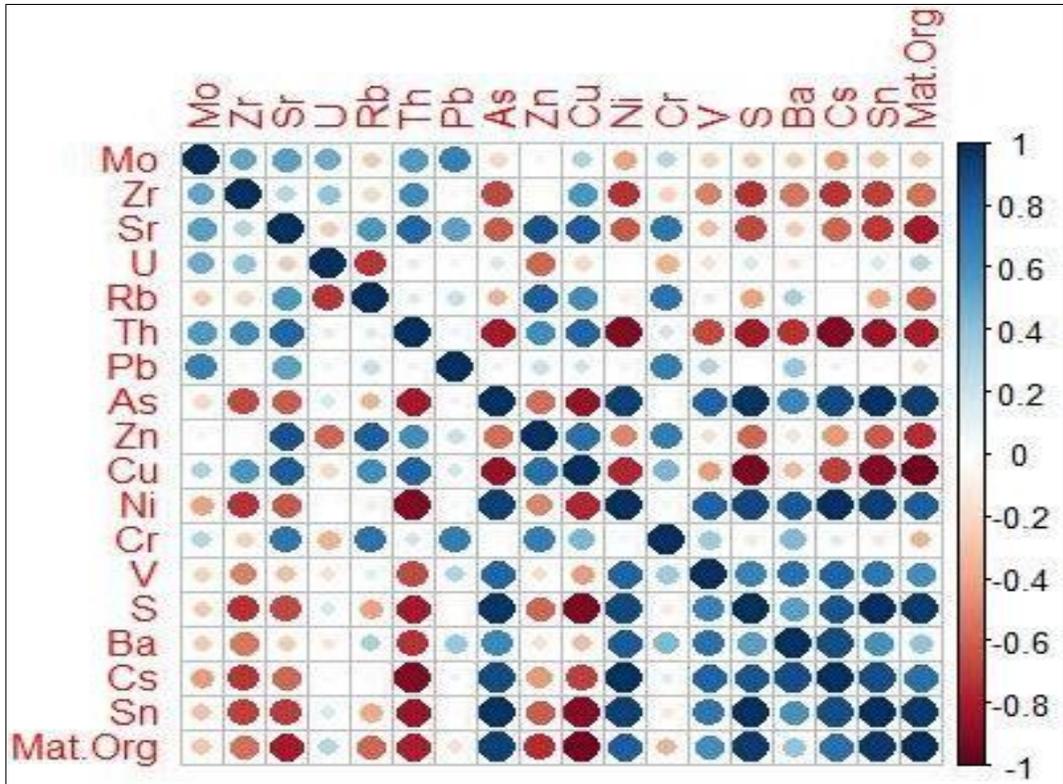


Figure 10. Corrélation des éléments traces du substratum de la baie du Banco

3.2.2.2. Analyse en Composante Principale (ACP) des éléments traces

Les deux premiers axes Dim 1 et Dim 2 définis par l'ACP des éléments traces permettent d'expliquer valablement les 18 variables étudiées à 78 %. Ce qui est largement suffisant pour l'interprétation de ces données (Figure 11). L'ACP permet de regrouper les 18 variables en 3 groupes qui sont : le groupe 1, le groupe 2 et le groupe 3.

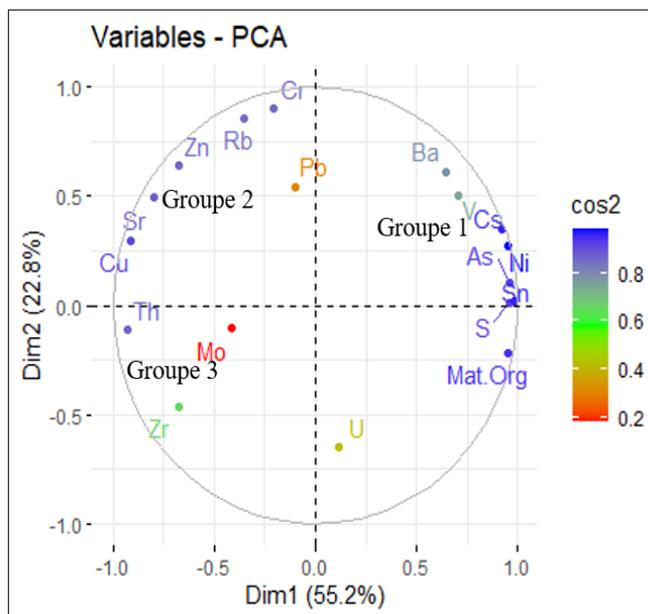


Figure 11. ACP des 17 variables traces des forages DIBY

➤ Groupe 1

Le groupe 1 est constitué de (08) variables qui sont : S, Sn, As, Ni, Cs, V, Ba et Mat Org. Les corrélations entre ces différentes variables sont moyennes à très fortes et se situent dans l'axe positif (Dim 2). Le regroupement de ces variables dans le groupe 1 suggère une très forte affinité entre ces éléments et la matière organique. Les échantillons de ce groupe auront une forte concentration en matière organique, en soufre et présenteront une bonne bioproduktivité primaire.

➤ Groupe 2

Ce groupe contient (06) variables qui sont : Cr, Rb, Zn, Sr, Cu et Th. Les corrélations entre ces variables sont fortes à très fortes. Les éléments de ce groupe vont contenir de faibles concentrations de matières organiques avec de fortes corrélations en ses différentes variables.

➤ Groupe 3

Le groupe 3 contient (2) variables qui sont Zr et U. La corrélation dans ce groupe est faible à moyenne. Les sédiments de ce groupe auront une forte concentration en zirconium avec une présence d'uranium.

➤ Relation avec les différents groupes

La relation importante et significative existante est la relation d'opposition entre les groupes 1 et 2. Dans cette relation, on note que plus la concentration de la matière organique augmente ainsi que les éléments traces Sn, As, Ni, Cs, V et Ba dans le milieu, on assiste à une baisse des éléments Th, Cu et Sr.

3.2.2.3. Regroupement des classes (Clustering des individus)

Le clustering permet de classer les individus représentés par les différents puits DIBY étudiés en quatre classes ou clusters. On a le cluster 1, le cluster 2, le cluster 3 et le cluster 4 (Figure 12).

- **Cluster 1**

Il est constitué d'un seul élément D1-1. Il se distingue des autres échantillons par son taux le plus élevé en Molybdène et en Strontium.

- **Cluster 2**

Ce cluster comprend quatre éléments qui sont D2-20 ; D2-26 ; D3-19 ; D3-79. Les éléments de ce cluster contiennent tous le plomb de concentration considérable.

- **Cluster 3**

Il contient un seul élément à savoir D2-32. Ce cluster va regrouper les échantillons fortement concentré en zirconium (Zr) et Uranium (U).

- **Cluster 4**

Le cluster 4 comprend un seul élément qu'est D2-80. Il va caractériser les échantillons qui ont une forte concentration en matière organique, soufre et présentant également une bonne bioproduktivité primaire.

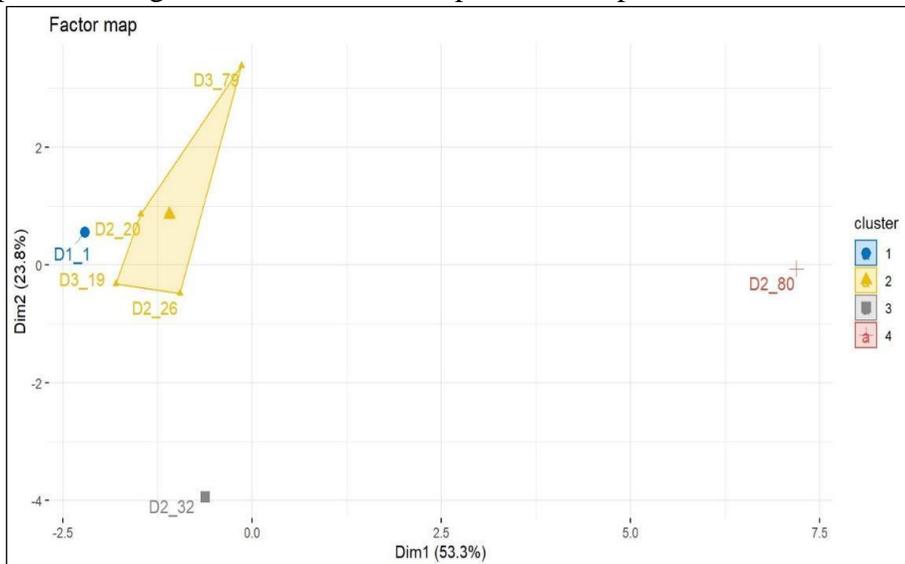


Figure 12. Clustering des sédiments du substratum de la baie du Banco

3.2.2.4. Classification ascendante hiérarchique (CAH)

La CAH permet de comprendre les affinités existantes entre les individus et les différents clusters qui ont été déterminés (Figure 13). Elle a permis de séparer les clusters en deux grandes classes. La classe 1 comprend un seul individu D2-80 qui a le taux de Mo le plus élevé des puits et qui a une forte affinité avec les variables S et Sn. La classe 2 comprend les autres

individus avec les taux de Mo inférieurs à ceux de la classe 1 et qui vont se regrouper dans les sous-classes en fonction de leurs concentrations dans les autres éléments chimiques. La classe 2 comprend 3 sous-classes. La sous-classe 1 comprend l'individu D2-32 qui est le deuxième puits ayant une forte concentration en Molybdène et zirconium. La sous-classe 2 comprend l'individu D1-1 qui a un faible taux de matière organique mais les proportions les plus élevées en ppm des éléments tels que le strontium, le thorium et le plomb. La sous-classe 3 comprend 4 individus qui ont des fortes concentrations en chrome et vanadium.

Au niveau des classes, la CAH permet de regrouper les familles sur la base de leur concentration en matière organique et aussi des différentes affinités entre les éléments chimiques des individus.

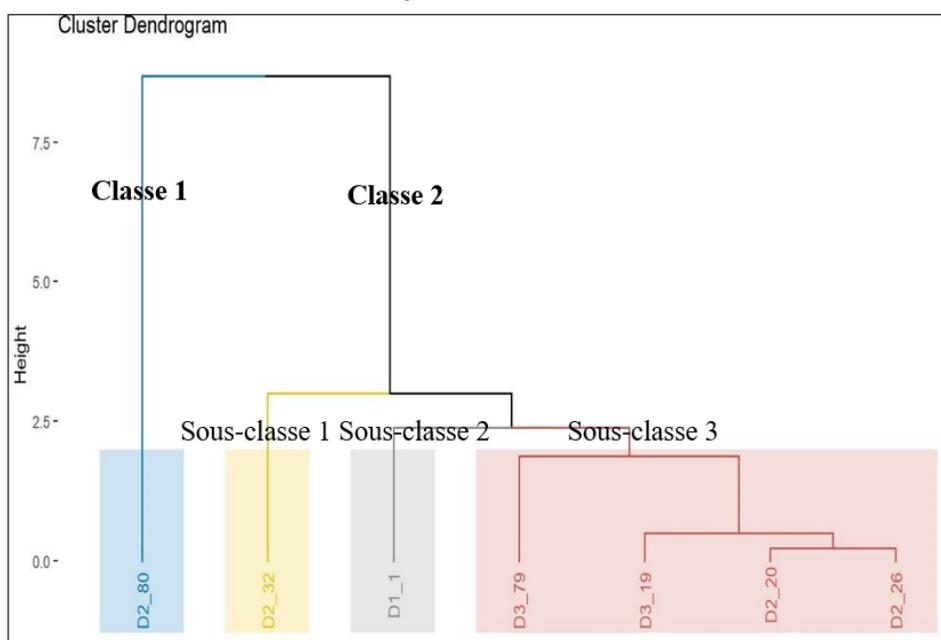


Figure 13. Classification Hiérarchique Ascendante des éléments traces la baie du Banco

3.3. Interprétation des paramètres géochimiques et contexte paléoenvironnementale

L'interprétation des données géochimiques s'est appuyée sur l'enrichissement ou l'appauvrissement en éléments majeurs ou éléments traces caractéristiques. L'association de différents éléments traces montre différentes sensibilités aux variations des conditions rédox d'un milieu (Tribovillard, 2006). La détermination du paléoenvironnement s'est faite à partir des marqueurs chimiques de paléoconditions du milieu.

➤ **Puits DIBY-1**

L'analyse géochimique du puits DIBY-1 s'est effectuée sur les sédiments de subsurface (3 m - 0 m). Ces sédiments contiennent le taux le plus élevé de Ca dans tous les puits étudiés (8, 52 %). Cet enrichissement en Ca traduit un dépôt de minéraux carbonatés dans la subsurface du puits. La présence des minéraux carbonatés dans ces sédiments indiquerait un milieu de dépôt calme, chaud et peu profond.

Le Ba identifié dans ce puits permet de caractériser la présence d'une bioproduktivité primaire en subsurface. Le taux de Ba (58,32 ppm) est le plus faible taux comparativement aux autres pourcentages de Ba dans les autres puits étudiés. Ce qui indiquerait que la bioproduktivité est moins dense dans ce puits (Tribovillard, 2006).

On observe également le taux le plus élevé en Mo (48,51 ppm). Les sédiments de subsurface présentent un enrichissement en U, V et Mo (Tableau 3), ce qui traduirait un milieu euxinique à interface eau-sédiment (Algéo et Maynard, 2004 ; Tribovillard, 2006).

➤ **Puits DIBY-2**

L'analyse géochimique du puits DIBY-2 s'est effectuée sur deux sections distinctes. La première section concerne les lutites noirâtres allant de 35 m à 20 m. La deuxième section concerne les lutites noirâtres situées en fin de forage (80-78 m).

Section 1

La somme des différents taux de Ca dans cette section est de 0,99 ppm (Tableau 2). On note un très faible taux de Ca dans cette section. Ce taux négligeable traduit une lithologie carbonatée (CaCO_3) négligeable voire nulle au niveau de cette section du puits. Ce faible taux de Ca pourrait indiquer un milieu agité ou turbulent et profond ne favorisant pas le dépôt de minéraux carbonatés.

Le Ba qui caractérise la bioproduktivité primaire n'a pas été identifié dans cette section ce qui suggère une absence de productivité primaire dans cette section.

Les sédiments présentent un enrichissement en U, V et Mo (Tableau 3). Ce qui traduirait un environnement euxinique à l'interface au-sédiment. Les éléments traces tels que U, Cu, Ni, As, Se, Zn, Pb et Mo ont été déterminés dans cette section du puits DIBY-2 mais l'élément Ba n'a pas été identifié. La présence de ces éléments dans cette section suggère un dépôt en milieu anoxique dépourvu d'une bioproduktivité primaire (Tribovillard, 2006).

Section 2

Cette section concerne les sédiments en fin de forage (80 à 78 m). On note un faible taux de Ca (0,449 ppm), Ce qui indiquerait un niveau de

lithologie carbonaté négligeable voire nul dans cette section. Cela serait dû à un milieu de dépôt peu profond.

Le taux de Ba très important (196, 7 ppm) traduit une meilleure productivité primaire dans le milieu.

Dans cette section on a une forte concentration en V et en U tandis que le taux en Mo est nul dans ce puits (Tableau 3) traduisant un milieu de dépôt suboxique à anoxique (Algéo et Maynard, 2004 ; Tribovillard, 2006).

➤ **Puits DIBY-3**

L'analyse géochimique de ce puits concerne deux principales sections. La section 1 qui part de 27 m à 0 m et la section 2, de 81 m à 79 m.

Section 1

Cette section constitue les sédiments de subsurface du puits DIBY-3. Elle présente un faible taux de carbonate inférieur à 3%. Ce faible taux indiquerait un milieu agité qui ne permet pas le dépôt de carbonate.

Ba n'a pas été identifié ce qui indiquerait que la bioproduktivité primaire n'est pas mise en évidence dans cette section.

L'enrichissement en U, V et en Mo traduirait un milieu euxinique à l'interface au-sédiment.

Section 2

Cette section représente les lutites de fin de forage situées entre 81 m et 79 m. Elle contient un taux de Ca inférieur à 2%. Ce taux très faible voire négligeable indiquerait une très faible présence de minéraux carbonatés. Cela serait dû à un milieu agité peu profond n'ayant pas favorisé le dépôt de minéraux carbonatés.

Le Ba a une forte concentration dans ce milieu (208, 7 ppm). Cette forte concentration, la plus importante de tous les puits étudiés suggère indique une bioproduktivité primaire plus importante dans cette section du puits. Les éléments chimiques U, V identifiés sans Mo indique un milieu suboxique à anoxique.

Synthèse paléoenvironnementale de la baie du Banco

Le taux de carbonate décroît de la surface vers la profondeur du substratum. Le taux de carbonate à la surface (0 -3 m) est la plus importante (8,52 %). Ce taux baisse significativement dans la subsurface (3 -35 m) de la baie avec une proportion comprise entre 0,575 % et 2,132 %. En fin de forage (78 - 81 m), ce taux très faible varie de 0,449 % à 1, 454 % dans les profondeurs du substratum. Ces différents taux indiquent que le milieu de dépôt des sédiments en surface est un milieu calme, chaud et peu profond. Cela a favorisé le dépôt de minéraux carbonatés sous forme de fossile. La

profondeur du substratum est pauvre en minéraux carbonatés probablement dans un milieu agité.

Le pourcentage de Ba croît de la surface à la profondeur du substratum. Cela suggère une meilleure productivité primaire pour les sédiments au fond de la baie contrairement aux sédiments de surface.

L'enrichissement en éléments U, V et Mo a été enregistré dans les sédiments de surface et de subsurface du substratum de la baie. Cela témoigne d'un milieu euxinique à interface eau-sédiment selon (Algéo et Maynard, 2004 ; Tribovillard, 2006). Dans le milieu profond du substratum précisément en fin de forage (80-78 m), on note un enrichissement en U, V sans MO. Ce qui suggère un environnement suboxique à anoxique. Cet environnement varie d'un puits à un autre. En fin de forage dans le puits DIBY-2, le milieu est anoxique tandis que dans le puits DIBY-3, le milieu est suboxique. Les conditions anoxiques identifiées dans le puits DIBY-2 à 80 m sont vérifiées par une forte concentration de matière organique dans le milieu. Ces conditions sont étayées par l'enrichissement en éléments chimiques liés aux environnements redox Zr, Sr, U, Rb, Pb, Cr, V, S (Tribovillard, 2006).

4- DISCUSSION

- **Concentration moyenne de l'aluminium et du calcium dans la baie du Banco: influence paléo-milieu**

Au sein des sédiments de la lagune, deux éléments sont désignés comme éléments clés. Il s'agit de l'aluminium et du calcium. L'aluminium est lié aux argiles et feldspaths issus de l'altération des massifs volcaniques (origine détritique) et le calcium est surtout d'origine marine (Bloundi, 2005). La concentration moyenne de l'aluminium (9,24%) est largement supérieure à celle du calcium (2,22%). Ces différentes concentrations en aluminium et en calcium indiquent une influence continentale dominant largement le substratum de la baie du Banco. L'influence marine est très faible.

- **Concentration du soufre**

Le soufre a une concentration qui domine largement tous les éléments traces identifiés dans le substratum. Il serait associé à la pyrite d'où sa forte teneur dans les lutites. Néanmoins la baie du Banco étant le réceptacle des eaux domestiques et industrielles, l'origine de la forte concentration en soufre devrait être approfondie.

- **Concentration du baryum**

Le baryum qui caractérise la bioprodutivité primaire (Tribovillard, 2006) est identifié dans les forages étudiés. Il est plus concentré dans les sédiments en fin de forage (80-78 m) avec une moyenne de 202,7 ppm et faible en surface 58,32 ppm. Cette concentration traduit une évolution de la bioprodutivité primaire de la surface vers les profondeurs du substratum de la baie du Banco. Cette bioprodutivité est également mise en évidence dans

la marge d'Abidjan précisément à l'ouest par les travaux de (Ouattara, 2017). Ces travaux indiquent que la bioproduktivité est plus importante à l'ouest de la marge d'Abidjan et faible à l'est.

Conclusion

Les éléments majeurs identifiés sont par ordre décroissant le Silicium (45,33 %), le Fer (35,56 %), l'Aluminium (9,24 %), le Potassium (2,31 %), le Calcium (2,22 %), le Titane (2,15 %), le Chlore (2,04 %) et le Phosphore (1,12 %). L'analyse géostatistique a permis de mettre en évidence de fortes corrélations entre la matière organique et le fer réduit (Fe 2+), l'étain (Sn), l'arsenic (As) et le soufre (S). Le substratum de la baie du Banco est caractérisé par une forte concentration en soufre variant de 12475 à 75752 ppm et une bioproduktivité primaire plus importante en profondeur qu'en surface. Les éléments traces U, V et Mo ont permis d'identifier un milieu euxinique à interface eau-sédiment en subsurface du substratum (0- 32 m) tandis qu'en fin de forage (78-80 m), on distingue un milieu suboxique à anoxique.

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

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

Déclaration de financement : Les auteurs n'ont obtenu aucun financement pour cette recherche.

Références :

1. AFFIAN K., 1986. Incidence réciproque des structures océaniques et continentales sur l'évolution des bassins ouest Africain (Golfe de Guinée et de la Côte d'Ivoire Méridionale), Thèse de 3ème cycle océanographique, Université, Bordeaux I, No 2167, 259 p.
2. AKA K., 1991. La sédimentation quaternaire sur la marge de Côte d'Ivoire : Essai de modélisation., Thèse Doctorat Etat ès Sciences Naturelles, Univ. Abidjan, n°146, 320 p.
3. ASSALE F. Y. P., 2013. Caractérisation Sédimentologique, Palynologique, Géochimique et Paléoenvironnementale des formations sédimentaires connexes à la faille des lagunes (est du bassin onshore de Côte d'Ivoire). Thèse de doctorat. Univ F.H.B, 349 p.
4. ALGEO T. J. & MAYNARD J. B., 2004. Trace element behaviour and redox facies in core shales of Upper Pennsylvanian Kansas-type cyclothems. *Chemical geology* 206, pp.289-318.
5. BAMBA M. K., DIGBEHI Z. B., SOMBO B. C., GOUA T. E. et N'DA L. V., 2011. Foraminifères planctoniques, biostratigraphie et

- paléoenvironnement des dépôts albo-turonien de la Côte d'Ivoire, Afrique de l'Ouest. *Revue de Paléobiologie*, Genève, 30(1) : 1-11.
6. BIE G. R., DIGBEHI Z. B., YAO K. R., TEA Y. J., KANGAH K. D. et TAHI I., 2012. Stratigraphie Palynologique du Maastrichtien Supérieur-Éocène Supérieur du Bassin Sédimentaire Offshore de Côte d'Ivoire, Afrique de l'Ouest. *International Journal of African Studies* Issue 6, pp.40-57.
 7. BLOUNDI M. K. (2005). Etude géochimique de la lagune de Nador (Maroc oriental): Impacts des facteurs anthropiques. Thèse de Doctorat Sciences de la Terre et de l'Univers, Université Mohamed V-Agdal, 215 p.
 8. BOGA A. H, WANGO T. E., YAO K., AKOBE A. C, COULIBALY A. S., MONDE S., 2017. Mise en évidence des phases majeures de sédimentation dans le dépôt des formations sédimentaires de l'est du bassin sédimentaire tertiaire-quaternaire onshore de Côte d'Ivoire par l'étude de Stone-line, *International journal of development research*, Vol. 07, Issue 09, 14972 -14980.
 9. DIGBEHI Z. B., 1987. Etude comparée de la sédimentation des stades d'ouverture Atlantique Golfe de Guinée-Golfe de Gascogne : Sédimentologie, biostratigraphie, Thèse Doctorat Université de Pau, 366 p.
 10. DIGBEHI Z. B., AFFIAN K., MONDÉ S., POTHIN K. B. K. et AKA K., 2001. Analyse sédimentologique de quelques faciès du continental terminal. *BIOTERRE* vol. 2, n°1, pp.71-84.
 11. GBANGBOT J-M. K., DIGBEHI Z. B., N'GORAN J-P. Y., MONDE S., N'GUESSAN A. Y., 2012. Lithostratigraphie des dépôts de subsurface des régions de Bingerville et d'Assinie, Sud et Sud-est, Basse Côte d'Ivoire. Essai de comparaison des environnements de dépôts au cours du Tertiaire. *European Journal of Scientific Research*, Vol. 86, n°1, pp 41-52.
 12. IRIE B. T. J. G, WOGNIN A. V, AKA A. M, KANDO A. M. L, COULIBALY A. S, MONDE S, AKA K., 2015. Caractérisation sédimentologique et minéralogique des dépôts superficiels du chenal est de la lagune Ebrié (Côte d'Ivoire), *BIOTERRE, Rev. Inter. Sciences de la Terre*, Vol. 15., pp. 69 – 81.
 13. KESSE T. M., 2016. Caractérisation lithologique, micropaléontologique et paléoenvironnementale des intervalles Cénomaniens et Turoniens des puits A1 à A9 du bassin sédimentaire immergé de Côte d'Ivoire, Thèse de Doctorat, Université d'Abidjan, 183 p.
 14. KOUASSI A. K, KOUASSI F. W, JULES O. M. MANGOUA J. O. M, et SAVANE I., 2014. Modèle conceptuel de l'aquifère du

- Continental Terminal d'Abidjan, Hydrology in a Changing World: Environmental and Human Dimensions Proceedings of FRIEND-Water, Montpellier, France, October 2014 (IAHS Publ. 363, 2014).
15. OUATTARA. I. B., 2017. Impacts de la crise biologique intermédiaire du cénoomanien-turonien dans le golfe de Guinée : cas du bassin sédimentaire de Côte d'Ivoire, à partir des études sédimentologique, géochimique, chiostratigraphique et palynostratigraphique, Thèse Doctorat, Univ. FHB. Cocody (Côte d'Ivoire) 219 p.
 16. TRIBOVILLARD. N, THOMAS J. ALGEO. B, TIMOTHY. L, ARMELLE. R., 2006. Trace metals as paleoredox and paleoproductivity proxies: An update.
 17. YAO D. F., ASSALE F. Y. P, YAO N. J. P., BROU U. M., DIGBEHI Z. B., 2022. Caractérisation lithostratigraphique, morphoscopique et granulométrique des sédiments du substratum de la baie du banco, Abidjan, basse Côte d'Ivoire., Afrique SCIENCE 21(2)., pp 28 – 43.
 18. YAO N. J. P., 2012. Caractérisation sédimentologique, minéralogique, géochimique et biostratigraphique des falaises vives de Fresco: région de Grand-Lahou (Cote d'Ivoire). Thèse Doctorat Université F.H.B (Cocody/Abidjan): 222 p.
 19. YAO N. J. P., GBANGBO J. M. K., BIE G. R, DIGBEHI Z. B., 2014. Essai de corrélation sédimentologique et paléoenvironnement des dépôts de subsurface d'Abidjan nord (sud de la Côte d'Ivoire) ", BIOTERRE, Revue Internationale Sciences de la terre, vol. 14.

Préservation et Gestion Durable de la Zone Humide de Bagré : Analyse des Enjeux, Menaces et Défis Pour la Conservation de l'Ecosystème

Tapsoba Aïcha, MA
Sawadogo Louis, PhD
Sanou Josias, PhD

Institut de l'environnement et de recherches agricoles
Laboratoire de l'Environnement et des Ecosystèmes Forestiers,
Agroforestiers et Aquatiques, Burkina Faso

[Doi:10.19044/esj.2023.v19n36p148](https://doi.org/10.19044/esj.2023.v19n36p148)

Submitted: 20 October 2023
Accepted: 23 December 2023
Published: 31 December 2023

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

Cite As:

Tapsoba A., Sawadogo L. & Sanou J. (2023). *Préservation et Gestion Durable de la Zone Humide de Bagré : Analyse des Enjeux, Menaces et Défis Pour la Conservation de l'Ecosystème*. European Scientific Journal, ESJ, 19 (36), 148.
<https://doi.org/10.19044/esj.2023.v19n36p148>

Résumé

Cet article vise à analyser l'incidence de la gestion actuelle sur la pérennisation des biens et services écosystémiques offerts par la zone humide de Bagré. Une approche théorique, des focus groupes et des entretiens individuels semi-dirigés ont permis de collecter des données sur les enjeux, défis et menaces en considérant les dimensions du développement durable. Les résultats d'analyse montrent que la gestion des zones humides au Burkina repose sur la Convention de Ramsar et est régie par un cadre institutionnel, réglementaire et législatif diversifié. Le Comité National Ramsar assure en principe la coordination des interventions des acteurs directs et indirects engagés pour la gestion de la zone humide de Bagré et de ses ressources naturelles. De l'opinion des acteurs interrogés, les enjeux majeurs sont la création d'emploi et le développement des services sociaux. L'enjeu lié à la conservation de l'écosystème est mineur. 52 % exprime une satisfaction du mode de gestion, 95 % propose une amélioration de l'approche, 81% suggère l'adoption d'autres approches pour les fiscaux et 97 % voit des conflits découler d'une gestion libre. Les facteurs démographiques, environnementaux et climatiques sont des menaces pesant sur les efforts de gestion. Les redevances

et les fiscaux imposés aux producteurs pour leur accompagnement accroissent leur vulnérabilité. L'intensification de l'agriculture familiale et les investissements privés impactent l'environnement. L'autonomisation des acteurs directs, la construction d'une économie inclusive, et la conservation de l'écosystème, restent des défis à relever. Pour contribuer à améliorer les résultats de gestion, l'approche participative intégrée est suggérée pour la zone humide de Bagré.

Mots-clés: Zone humide de Bagré, gestion durable, analyse des menaces, conservation des écosystèmes

Preservation and Sustainable Management of the Bagré Wetland: Analysis of Issues, Threats, and Challenges for Ecosystem Conservation

Tapsoba Aïcha, MA
Sawadogo Louis, PhD
Sanou Josias, PhD

Institut de l'environnement et de recherches agricoles
Laboratoire de l'Environnement et des Ecosystèmes Forestiers,
Agroforestiers et Aquatiques, Burkina Faso

Abstract

This article aims to analyze the impact of current management on the sustainability of ecosystem goods and services offered by the Bagré wetland. A theoretical approach, focus groups, and individual semi-structured interviews made it possible to collect data on issues, challenges, and threats by considering the dimensions of sustainable development. The analysis results show that wetland management in Burkina is based on the Ramsar Convention and is governed by a diverse institutional, regulatory, and legislative framework. The Ramsar National Committee is in principle responsible for coordinating the actions of direct and indirect actors involved in the management of the Bagré wetland and its natural resources. In the opinion of those involved, the major challenges are job creation and the development of social services. The issue of ecosystem conservation is minor. 52% expressed satisfaction with the management method, 95% proposed an improvement in the approach, 81% suggested the adoption of other approaches for tax purposes and 97% saw conflicts arising from free management. Demographic, environmental, and climate factors are threats to management efforts. Royalties and taxes imposed on producers for their

support increase their vulnerability. The intensification of family farming and private investments impact the environment. The empowerment of direct actors, the construction of an inclusive economy, and the conservation of the ecosystem remain challenges to be met. To help improve management outcomes, an integrated participatory approach is suggested for the Bagré wetland.

Keywords: Phytosociological characterization, *Turraeantho-Heisterietum* association, Banco National Park

Introduction

Dans les pays en voie de développement comme au Burkina Faso, la gestion des ressources, notamment celles en eau, végétale et foncière, est garantie par l'Etat et repose sur des règles concertées par les usagers (Luigi et Peter, 2010). Cependant, la gestion des ressources naturelles et surtout celle dans les zones humides rencontre des difficultés d'ordre sociopolitique et culturel (Traoré, 2012). Pour le cas de la zone humide de Bagré, la réduction progressive de leur disponibilité, suscite une interrogation sur la gestion qui la régit (Tapsoba et al., 2023). En effet, une forte concentration de la population, environ 80 %, s'observe autour des ressources, générant de ce fait des préoccupations liées à leur gestion rationnelle (Traoré, 2012; Tapsoba et al., 2018; Tapsoba et al., 2023)). Et, l'Etat, censé être à même d'en assurer la gestion, peine de nos jours à maîtriser sa politique de gouvernance, de répression et d'exclusion. Alors que, par son pouvoir régalién, il a affecté les systèmes traditionnels et coutumiers de gestion des ressources naturelles, favorisant de ce fait une pression anthropique effrénée sans pareille (Nana, 2013 ; Bouju, 2010). La modification de ces systèmes traditionnels d'exploitation des ressources naturelles et d'utilisation de l'espace génère une dynamique de stratégies paysannes axées sur la compétition (Diakitè, 2012). A la périphérie de la zone humide de Bagré, l'attrait est fortement constaté vers l'exploitation des terres agricoles et des plaines aménagées (Tapsoba, 2018 ; Daré, 2019). Pourtant, les actions de restauration et de protection à côté des activités économiques ne sont pas toujours perceptibles et les clauses de gestion y sont également peu discutées avec les populations (Ngom, 2021).

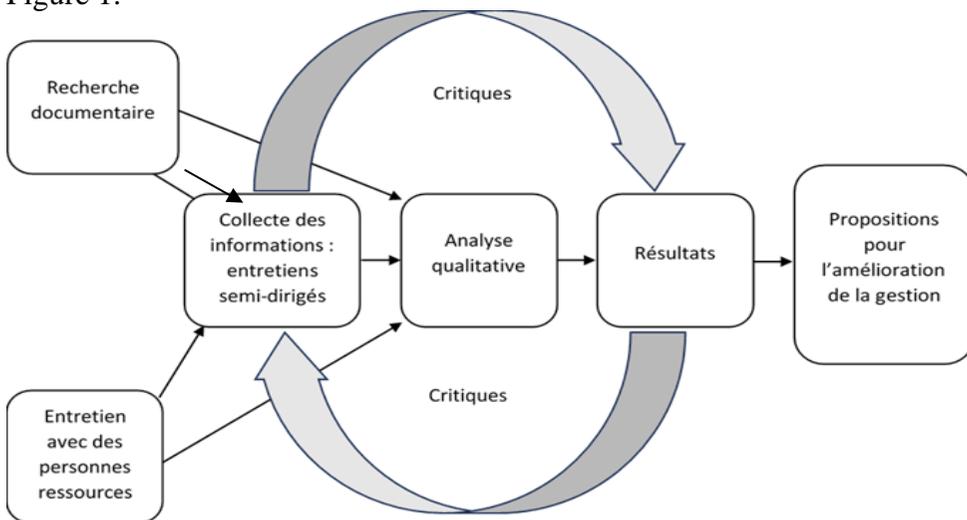
Ainsi, au regard de ces faits, il est nécessaire de s'intéresser à l'influence de la gestion en vigueur sur la durabilité des biens et services écosystémiques offerts par la zone humide de Bagré. Le présent article sert de cadre d'analyse des enjeux, des menaces et des défis liés à la gestion du site Ramsar de Bagré. L'objectif poursuivi est d'analyser l'incidence de la gestion actuelle sur la pérennisation des biens et services écosystémiques offerts par ledit site.

1- Méthodologique

La méthodologie adoptée pour cette étude donne une description de l'approche de travail utilisé et décrit enfin les outils et le procédé utilisés pour la collecte et le traitement des informations.

1-1- Approche méthodologique

Elle a consisté en premier lieu à une recherche documentaire et des entretiens avec des personnes-ressources. Ce qui a permis une description de la gestion actuelle de la zone humide de Bagré et de ses ressources naturelles. En second lieu, elle détaille les outils et le procédé utilisés pour la collecte des informations relatives aux enjeux, menaces et défis de la conservation de l'écosystème de la zone humide étudiée. L'approche adoptée est relatée par la Figure 1.



Légende : → Direction des étapes du schéma

Figure 1. Schéma adopté pour l'analyse des enjeux, menaces et défis de la conservation de l'écosystème de la zone humide de Bagré

La Figure 1 montre trois étapes cruciales dans la méthode adoptée pour la conduite de cette étude. Il s'agit de la collecte des données, de l'analyse de ces données et de la proposition d'une approche de gestion. La recherche documentaire positionne le cadre de l'étude, complète les informations obtenues des entretiens et permet une discussion des résultats obtenus de l'analyse des données. Cette analyse critique permet de proposer une approche pour contribuer à l'amélioration de la gestion de la zone humide de Bagré.

1-2- Outils, collecte et analyse des données

Les informations collectées renseignent sur les impacts de la gestion actuelle de la zone humide de Bagré par rapport aux trois dimensions du

développement durable (économie, social, environnement) et concernent principalement les enjeux, les défis et les menaces. La méthode de collecte de données est celle de l'entretien individuel semi-dirigé et de focus groupe. L'attention est mise sur la perception de la population par rapport au statut et à l'encre juridique et institutionnel de gestion des ressources naturelles du site. Pour ce faire, les fiches d'enquête sont utilisées comme outils pour la collecte de données auprès d'acteurs dont l'âge est supérieur à 25 ans ; ce qui permet ainsi d'avoir une couverture raisonnée et authentique des réponses. Les tranches d'âge de 36 à 46 ans et de 47 à 57 ans sont les plus représentées dans l'échantillon (33 % et 30 % respectivement). Les tranches d'âge des plus jeunes (25 à 35 ans) et des plus âgés (58 ans et plus) représentent 17 % et 19 % de l'échantillon. Les acteurs considérés sont des responsables de la gestion (15 %) et la population locale (85 %). Cette population locale est composée de responsables/délégués des organisations paysannes des producteurs de riz, de produits maraîchers, de plants et vergers, du secteur de la pêche, des produits forestiers non ligneux (PFNL) et ligneux ainsi que des Chefs de village et/ou des Conseillers villageois de développement (CVD).

La méthode par réseau (boule de neige) est utilisée pour l'échantillonnage tout en respectant le quota genre (30 % de femmes au moins de l'effectif total enquêté). Ainsi, dans l'échantillon de la population de 120 enquêtés dont 45 % de sexe féminin, 92,1 % sont de la province du Boulgou contre 7,9 % de la province du Zoundwéogo représentée par la seule commune de Gomboussougou. Le niveau d'instruction de l'échantillon enquêté, est caractérisé par 48 % de non scolarisés, 10 % de personnes ayant un niveau d'instruction en langue locale et/ou arabe et seulement 9 % de personnes ayant atteint le niveau supérieur. Ce dernier groupe est constitué des agents des services techniques déconcentrés de l'Etat en poste dans la région.

Par ailleurs, la matrice de Léopold (Léopold et al., 1971) est utilisée pour caractériser les composantes socioéconomiques et environnementales touchées par la gestion actuelle du site de la zone de Bagré. Les informations recueillies lors des différents entretiens, sont saisies et traitées à l'aide du logiciel SPSS version 20. Une analyse descriptive des données, est faite de manière à cerner les enjeux, les menaces et les défis liés à la gestion de la zone humide de Bagré et de ses ressources naturelles.

2- Résultats

Les résultats obtenus comprennent, d'une part, une description de l'environnement actuel de gestion des zones humides au Burkina Faso. D'autre part, ils donnent les perceptions des acteurs sur les enjeux, menaces et défis de conservation des biens et services écosystémiques offerts par la zone humide de Bagré.

2-1- Description de la gestion actuelle des zones humides au Burkina Faso

La gestion des ressources naturelles et surtout des écosystèmes humides dans les pays en voie de développement comme le Burkina Faso est le plus souvent tributaire de plusieurs acteurs et de ce fait régie par un cadre réglementaire et institutionnel diversifié.

Cadre institutionnel, réglementaire et législatif

Le cadre institutionnel, réglementaire et législatif relate dans un premier temps l'ensemble des conventions internationales ratifiées par le Burkina Faso et qui peuvent répondre aux questions en lien avec les zones humides. En deuxième lieu, il dépeint le cadre institutionnel national sous la tutelle duquel évolue la gestion des zones humides. Enfin, il relate les politiques, textes et lois qui dirigent la gestion desdites zones à l'échelle du pays.

- Conventions internationales

Les fondements de la gestion durable des zones humides du Burkina Faso reposent principalement sur ce Traité de protection de l'environnement signé le 2 février 1971 en Iran dans la ville de Ramsar qui donne son nom à la Convention. Ladite Convention est entrée en vigueur le 21 décembre 1975 et ratifiée par le Burkina Faso le 27 octobre 1990. Ainsi, à travers cette Convention, la vision de l'Etat burkinabè est de faire des "écosystèmes des zones humides et leurs périphéries" des "espaces conservés, viables et durablement gérés". Son objectif est de fournir des biens et services nécessaires à la lutte contre la pauvreté aux niveaux local et national, et de contribuer à la conservation de la diversité biologique mondiale. Le document d'orientation qui accompagne la mise en œuvre de ce Traité au niveau national est la Politique Nationale en matière de Zones Humides (PNZH) assortie de son Plan d'Action National pour la gestion durable des Zones Humides (PAZH). Trois Ministères assurent la tutelle de cette Convention. Le premier est celui en charge de l'environnement, du changement climatique et du Développement durable à travers son Secrétariat Permanent du Conseil National pour le Développement Durable (SP/CNDD) et sa Direction Générale des Eaux et Forêts (DGEF) ; le second est celui en charge de l'agriculture à travers la Direction Générale chargée des Aménagements Agricoles et du Développement de l'Irrigation (DGADI) et enfin le Ministère en charge de l'eau à travers sa Direction Générale des Ressources en Eau (DGRE) et son Secrétariat Permanent du Plan d'Action pour la Gestion Intégrée des Ressources en Eau (SP/PAGIRE).

Parallèlement, des Conventions relatives, se sont aussi penchées sur la question de la durabilité de ces écosystèmes humides et des biens et services qu'ils offrent. Parmi ces dernières, les plus importantes ratifiées par le Burkina

sont principalement la Convention Internationale des espèces de Faune et de Flore Sauvages menacées d'Extinction (CITES), la Convention Cadre des Nations Unies sur les changements climatiques (CCNUCC), la Convention sur la Diversité Biologique (CDB) et de la Convention Cadre des Nations Unies sur la Lutte contre la Désertification (CCNULCD). Elles veillent de manière successive, (i) à ce que le commerce international des spécimens d'animaux et de plantes sauvages ne menace pas la survie des espèces auxquelles ils appartiennent, (ii) à limiter le réchauffement global en dessous de 2°C d'ici à 2100 tout en poursuivant les efforts pour le maintenir à 1.5°C, (iii) à conserver et à assurer un partage juste et équitable des bénéfices découlant de l'exploitation des ressources biologiques et surtout génétiques, (iv) à lutter contre la désertification et à atténuer les effets de la sécheresse dans les pays gravement touchés par la sécheresse et/ou la désertification, en particulier en Afrique.

- ***Encrage institutionnel***

La nature des écosystèmes notamment, forestier, faunique, aquatique et terrestre des zones humides fait intervenir plusieurs institutions ministérielles pour leur gouvernance. Chaque entité, en fonction de ses attributions, joue un rôle spécifique relevant de ses compétences. Ainsi, les ministères qui interviennent d'une manière ou d'une autre dans la gestion des zones humides au Burkina Faso à travers la mise en œuvre de la Convention de Ramsar sont principalement : le Ministère en charge de l'environnement, du développement durable et du changement climatique, le Ministère en charge de l'eau, le Ministère en charge de l'agriculture, celui en charge des Ressources Animales et Halieutiques, le Ministère de l'Economie et des finances (MEF) et enfin celui responsable de l'Administration Territoriale. Respectivement, ils (i) accompagnent la mise en œuvre de la politique nationale, coordonne et suit toutes les stratégies et interventions en matière d'environnement et de développement durable et est chargé de la gestion des ressources naturelles ; (ii) participe à l'opérationnalisation de la Convention de Ramsar en assurant la mobilisation et la gestion intégrée des ressources en eau ; (iii) intervient dans la mise en œuvre de la Convention de Ramsar à travers ses missions d'aménagement des ouvrages hydroagricoles ; (iv) assure le développement de l'Hydraulique et des espaces pastoraux, ainsi que la gestion durable des ressources halieutiques, (v) gère les questions de coopération et de financement des projets et programmes et enfin (vi) participe à la gestion des zones humides par l'entremise des collectivités territoriales qui les abritent et qui sont sous sa tutelle.

- ***Cadre politique, législatif et réglementaire***

La mise en œuvre des différentes Lois adoptées est réglementée par des décrets d'application. Ceux qui concernent directement la gestion des zones humides au Burkina Faso sont entre autres le Décret n°2003-

285/PRES/PM/MAHRH 09 juin 2003 portant détermination des bassins et des sous-bassins hydrographiques, le Décret n°2003-286/PM/PRES/MAHRH du 09 juin 2003 portant détermination des espaces de compétence des structures de gestion des ressources en eau, le Décret n°2006-590/PRES/PM/MAHRH/MECV/MRA du 06 décembre 2006 portant protection des écosystèmes aquatiques et le Décret N° 2009-672/PRES/PM/MEF/MPF du 7 octobre 2009 portant adoption de la Politique nationale sur la sécurisation foncière en milieu rural.

Pour ce qu'il s'agit des textes législatifs qui régissent la gestion des zones humides et de leurs ressources écosystémiques en vigueur au Burkina Faso, on retient :

- . Constitution du Burkina qui prononce la nécessité absolue de préserver, protéger, défendre et promouvoir l'environnement (alinéa 9 & Article 29) ;
- . Loi N° 002-2001/AN du 08 août 2001 portant orientation relative à la gestion de l'Eau, donne les orientations pour une gestion durable des ressources en eau et mentionne le caractère prioritaire et d'intérêt général pour la conservation de la diversité biologique des écosystèmes aquatiques ;
- . Loi N° 055/AN du 21 décembre 2004 portant code général des collectivités territoriales, se penche sur l'administration et l'aménagement du territoire, ainsi que la protection et mise en valeur des ressources naturelles et l'amélioration du cadre de vie;
- . Loi N°34-2009/AN du 16 juin 2009 portant régime foncier rural, assure un accès équitable aux terres rurales et favorise la réduction de la pauvreté en milieu rural ainsi que la gestion rationnelle et durable des ressources naturelles ;
- . Loi N°003-2011/AN du 05 avril 2011 portant code forestier, s'intéresse à la préservation du milieu naturel, à la conservation de la biodiversité et à l'adaptation aux changements climatiques et fait de la gestion des forêts, faune et ressources halieutiques, un devoir pour tous ;
- . Loi n°034-2012/AN du 02 juillet 2012 portant réorganisation agraire et foncière régit l'ensemble des ressources naturelles par des normes d'utilisation, de gestion et d'exploitation et définit les modalités d'attribution et d'exploitation des terres au niveau rural et urbain ;
- . Loi n°006-2013/AN du 02 avril 2013 portant code de l'environnement consacre un droit d'usage sur les ressources naturelles aux populations locales, ainsi que le partage des avantages liés à leur exploitation ;
- . Loi N° 008/AN du 08 avril 2014 portant orientation pour le développement durable s'applique à l'ensemble des lois et fixe les règles générales d'orientation nationales. Ces règles assurent la cohérence des interventions des différents acteurs pour garantir l'efficacité économique, la viabilité

environnementale et l'équité sociale dans toutes les actions de développement.

Au-delà des lois suscitées, des politiques et des stratégies qui gouvernent le foncier, les ressources végétales et eau sont consignées dans le tableau 1 ci-après.

Tableau 1. Politiques, Stratégies et plans de gestion

Politique/ Stratégie/Plan	Date d'adoption	Ressource			Climat
		Eau	Foncière	Forêt	
Politique Nationale sur les zones humides du Burkina Faso	12/2013	X	X	X	X
Politique Nationale de Développement durable de l'Elevage 2010-2025	09/2010		X	X	
Politique nationale de l'eau	03/2015	X			X
Politique sectorielle agro sylvo pastorale 2018-2027	01/2018	X	X	X	X
Politique nationale forestière	08/1990		X	X	X
Politique nationale de sécurisation foncière en milieu rural	08/2007		X		
Politique et stratégies nationales d'assainissement	07/2007		X	X	
Politique Nationale Développement Durable	10/2013	X	X	X	X
Politique Nationale de Développement Durable de l'Agriculture Irriguée	01/2006	X	X		
Stratégie Nationale et plan d'action en matière de Conservation de la Biodiversité	1999		X	X	
Stratégie nationale de promotion et de valorisation des produits forestiers non ligneux	08/2012			X	X
Plan d'Action National pour l'Environnement	01/2007		X	X	X
Plan National d'Adaptation aux Changements Climatiques	06/2015	X	X	X	X
Plan d'Action pour la Gestion Intégrée des Ressources en Eau	05/2003	X			
Plan d'action sur la gestion durable des zones humides	12/2013		X		X

Analyse du rôle des acteurs dans la gestion de la zone humide de Bagré

Deux catégories d'acteurs s'illustrent dans la gestion des ressources naturelles de la zone humide de Bagré. Il s'agit des acteurs directs représentés par les exploitants directs du site et ceux dits indirects constitués par des acteurs locaux, nationaux et internationaux. La Figure 2 représente les relations entre ces différents acteurs et leurs interactions avec les différentes ressources naturelles du site.

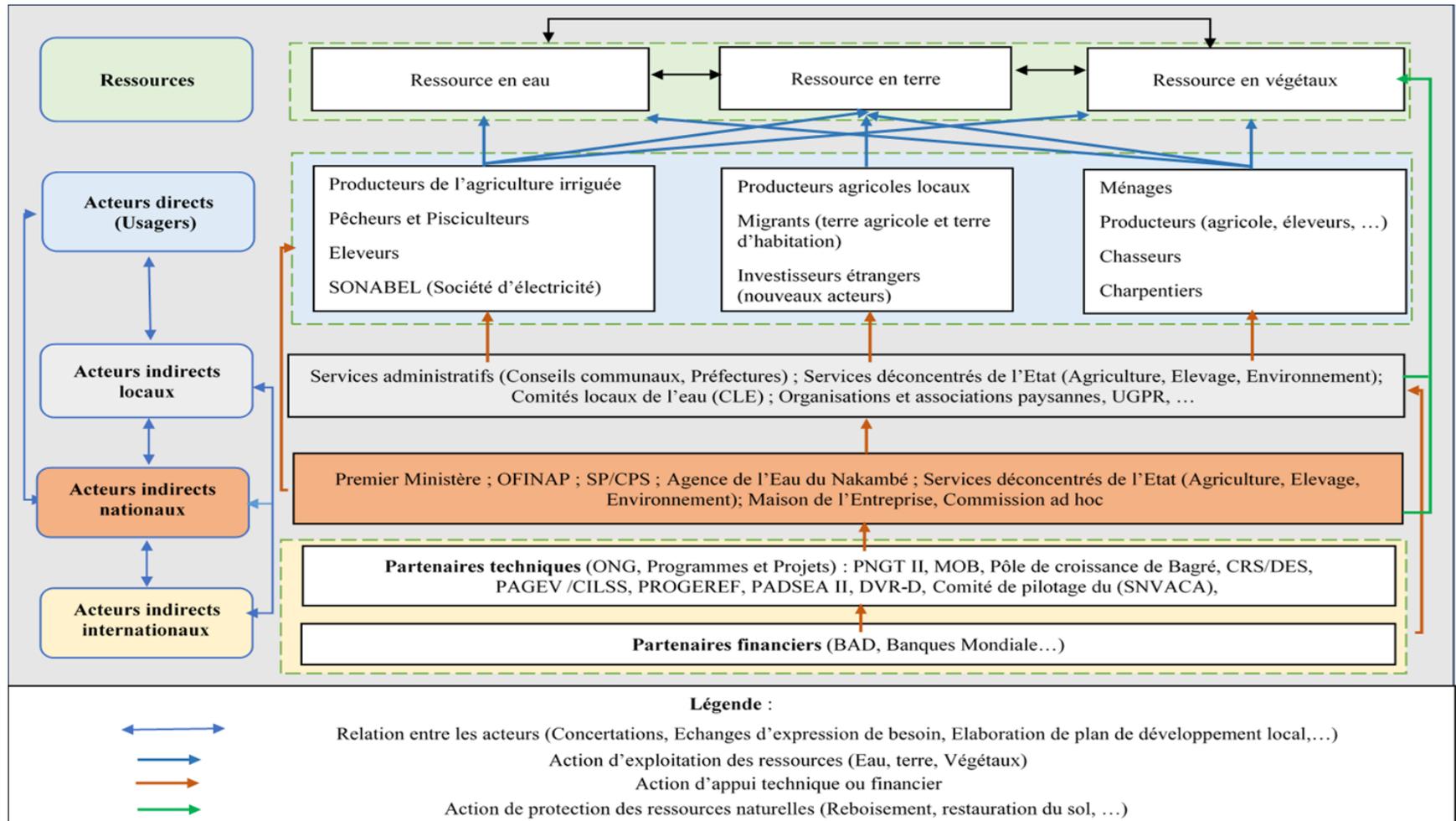


Figure 2 : Cartographie des acteurs

L'analyse de la figure 2 montre que les **acteurs directs** sont représentés par les usagers directs des ressources foncières, en eau et végétales. Leurs actions ou activités se résument à l'exploitation/prélèvement en vue d'en donner une plus-value pour la satisfaction des besoins individuels, de famille ou collectifs. Les **acteurs indirects** sont issus de trois niveaux :

- **au niveau local** : ce sont les collectivités municipales (Mairie et Préfecture), les comités locaux de l'eau, les comités villageois de développement, des organisations paysannes. Ils assurent un appui-conseil et technique aux usagers physiques directs des ressources naturelles. Ils participent aux actions de gouvernance et au développement local. Ils collectent les préoccupations des populations et prennent en compte les besoins et les richesses offertes par la zone humide dans les plans communaux de développement territorial. Les régions et les communes, habilitées à la faveur de la décentralisation, exercent les compétences dans le domaine de la gestion de l'environnement et des ressources naturelles dans la limite de leurs territoires. Les régions du Centre-est et du Centre-sud ainsi que les communes de Bagré, Niaogo, Béguedo, Boussouma et Gomboussougou sont les collectivités de tutelle de la zone humide de Bagré. Elles ont la charge de veiller au respect des dispositions réglementaires existantes auxquelles est soumise toute initiative de développement locale, y compris celles relatives aux zones humides.

- **au niveau national** : les acteurs mentionnés à travers leurs structures déconcentrées participent à la planification du plan de gestion et assurent le suivi et l'appui technique aux acteurs locaux. Placés sous l'autorité du Gouverneur de la Région selon l'organisation administrative, ces services techniques déconcentrés de l'Etat, travaillent en étroite collaboration avec les collectivités locales décentralisées, comme le prédisent la Loi portant transfert de compétences aux régions, aux communes et aux communautés rurales et le Code des Collectivités locales.

Ils ont pour vocation de mettre en œuvre les politiques de l'Etat, chacun selon la politique de son ministère de tutelle, ils définissent les objectifs de développement pour les plans d'aménagement territoriaux et assurent les patrouilles de veille pour une meilleure exploitation des ressources naturelles en faisant usage des textes réglementaires.

- **au niveau international** : ces acteurs contribuent à travers leur appui financier, logistique et technique. La gestion tripartite (Etat, Organisations de la Société Civile et Secteur privé) des ressources naturelles et de l'environnement a été affirmée en 1990 avec l'élaboration du Plan d'Action National pour l'Environnement (PANE). Dès lors, les Organisations Non Gouvernementales (ONG) sont devenues des actrices incontournables dans les processus de développement durable et travaillent généralement à promouvoir

les bonnes pratiques d'usage des ressources, la mobilisation sociale (sensibilisation) et font le plaidoyer politique.

Par ailleurs, dans les normes, le Comité National Ramsar devrait faire office de cadre de coordination des interventions des acteurs dans le site de Bagré. Il oriente et joue le rôle d'appui-conseil en matière de gestion des zones humides.

La description de la gestion actuelle des zones humides au Burkina, arbore que la mise en application du cadre institutionnel, réglementaire et législatif qui la régit rencontre des difficultés. En effet, face aux régimes traditionnel et culturel des populations locales, certains textes ne sont pas en accord avec la réalité du milieu. Le pouvoir traditionnel est toujours rattaché aux valeurs endogènes (sacrée, leg, don) des ressources naturelles alors que ce cadre proclame l'Etat comme étant le seul propriétaire de celles-ci. En sus, la majorité des textes règlementaires et législatifs transcrite dans la langue officielle et peu vulgarisée, est méconnue des populations locales. Enfin, le transfert du pouvoir régalien aux collectivités territoriales n'est pas effectif pour permettre véritablement une décentralisation de la gestion des zones humides ainsi que leurs ressources naturelles au profit des populations locales. Il y a donc besoin de réajuster ce cadre qui régit la gestion desdites zones afin de prendre en compte les réalités locales.

L'analyse du rôle des acteurs intervenants dans la gestion de la zone humide de Bagré montre qu'ils poursuivent des objectifs divergents et parfois complexes avec différentes approches propres. Elle révèle également une faible synergie des actions de valorisation, préservation et de conservation des ressources naturelles, un manque de clarification des rôles et responsabilités des acteurs nationaux impliqués dans la gestion et une inconstance dans l'harmonie des approches d'interventions des acteurs indirects aussi bien nationaux qu'internationaux. Elle a en outre illustré une défaillance dans les concertations et la coordination des actions. De plus, les acteurs directs manquent de responsabilisation et ne sont pas conscients des implications de leurs actions d'exploitation effrénée sur la durabilité de la zone et de ses ressources. Cette analyse établit qu'une approche de proximité est nécessaire pour permettre de responsabiliser les usagers directs et de mobiliser des solutions durables et agréées de tous les acteurs pour une plus grande efficacité et efficience dans la gestion de la zone. De même, elle interpelle la volonté politique à définir d'un cadre de concertation et coordination pour l'Etat et les différents acteurs impliqués pour l'atteinte des objectifs de gestion et de conservation durables des écosystèmes de la zone humide de Bagré.

2-3- Enjeux, menaces et défis pour la conservation de l'écosystème

Cette partie relate en trois paragraphes l'ensemble des enjeux liés à l'existence de la zone humide de Bagré, les menaces qui pèsent sur le site et

défis à relever pour une meilleure gestion et conservation des ressources et des écosystèmes de ladite zone.

Enjeux de la gestion de la zone humide de Bagré selon les acteurs locaux

La perception actuelle de la gestion du site Ramsar de Bagré et de ses ressources s'articule autour de deux points. Le premier donne une description des enjeux politiques, environnementaux et socio-économiques. Le second met en évidence les menaces et les défis de ces enjeux sur les écosystèmes et les communautés.

- Enjeux politiques, environnementaux, socio-économiques

Les personnes interrogées mettent bien l'accent sur l'importance des activités économiques pour les populations locales (Tableau 2).

Tableau 2. Enjeux de l'aménagement et l'exploitation de la zone humide de Bagré selon les acteurs locaux

Enjeux	Pourcentage de voix
Création d'emplois	18%
Développement des services sociaux	14%
Développement de la pêche	10%
Disponibilité de vivres	10%
Développement de l'agriculture	8%
Développement de l'élevage	6%
Développement du Commerce	5%
Disponibilité de l'eau	5%
Développement de l'agriculture irriguée	5%
Amélioration du cadre de vie	5%
Amélioration du niveau de vie des populations	5%
Développement du tourisme	3%
Développement du secteur bancaire	3%
Production d'électricité	3%
Maintien de l'écosystème	1%

Le Tableau 2, illustre que la création d'emploi (18 %) et le développement des services sociaux (14 %) sont les enjeux majeurs de l'aménagement et l'exploitation de la zone humide que révèlent les résultats des entretiens. En seconde position, le développement de la pêche et la disponibilité de vivre (autosuffisance alimentaire) ont un taux de citations de 10 %. La conservation de l'écosystème est la moins citée (1 %) et seulement par des responsables de la gestion du site. Ainsi, il ressort clairement des entretiens que les principaux enjeux pour les acteurs du site concernent tout d'abord l'autosuffisance alimentaire puis, la possibilité d'améliorer leur

niveau de vie. Cette amélioration passe par l'accroissement de leur revenu provenant du développement de la pêche, l'agriculture, l'élevage, du commerce et du tourisme. La protection et la conservation de l'écosystème du site n'est qu'un enjeu secondaire au vu des résultats.

- ***Evaluation par les acteurs de la gestion actuelle par rapport aux enjeux définis***

La majorité des personnes enquêtées, environ 52 % est satisfaite de l'aménagement de la zone humide en pôle de croissance. Pour ces dernières, son existence contribue significativement à l'amélioration du bien-être socio-économique des populations (Figure 3).

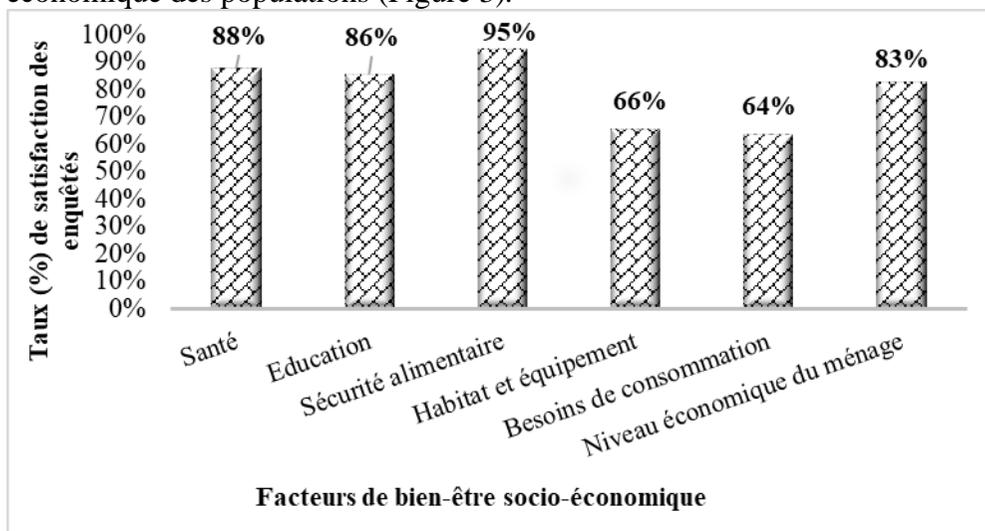


Figure 3. Impact positif de l'aménagement du site de Bagré sur le bien-être de la population

La Figure 3 relate les pourcentages ou niveau de satisfaction des acteurs entretenus par rapport à la contribution du pôle aux facteurs qui caractérisent leur bien-être socio-économique. Ainsi, leur contentement est plus remarquable au niveau de la contribution à leur sécurité alimentaire (95 %). Aussi, l'aménagement du site a induit une attraction des populations dans la localité nécessitant ainsi la construction des services sociaux de base, d'où leur satisfaction enregistrée dans les domaines de la santé (88 %) et de l'éducation (86 %). En sus, il a engendré des mesures d'accompagnement pour la réinstallation des populations et les personnes enquêtées affichent une satisfaction des infrastructures d'habitation à 66 %. Enfin, le pôle de croissance contribue à remplir les autres besoins de consommation (64 %) et à améliorer le niveau économique à l'échelle ménage (83 %).

Par ailleurs, la contribution du site au développement de l'agriculture, l'élevage et la pêche et à la création d'emploi, estimée à hauteur de 65 % et 50 % respectivement, sont des avantages tangibles perçus par les personnes entretenues. Ces dernières ont également évalué les bénéfices du site sur

l'abondance et la permanence des vivres, sur le développement des villes/villages voisins et sur la pratique des cultures de contre-saison à 45 %, 40 % et 26 % respectivement.

Les entretiens ont en outre montré que la mise en place du pôle de croissance de Bagré a contribué à améliorer l'accès des populations aux infrastructures sociales de base et à l'accroissement de leur revenu (Figure 4).

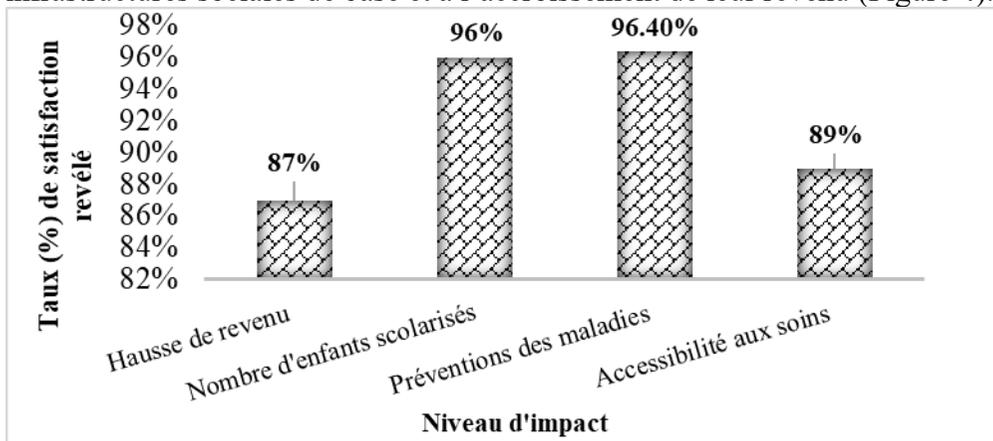


Figure 4. Impacts positifs de l'aménagement et l'exploitation de la zone humide de Bagré sur le niveau de vie de la population

Ressource exploitée	Activités/sources d'impacts	Dimensions du développement durable												
		Économique			Social					Environnement				
		Revenu	Épargne	Emploi	Éducation	Logement	Santé	Sécurité alimentaire	Population	Flore et Faune	Paysage	Sol	Pollution (environnement)	Pollution (Eau)
Terrestre	Aménagement des plaines irriguées	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(-)	(-)			
	Construction des infrastructures (hydraulique, hydroélectrique, habitat et de base)				(+)			(+)		(+)	(-)	(-)		
	Agrosylvopastoralisme	(+)	(+)	(+)				(+)				(-)	(-)	
Forestière	Débroussaillage à ras pour la réalisation des infrastructures				(+)	(+)	(+)			(-)	(-)			
	Exploitation des produits forestiers (ligneux et non ligneux)	(+)	(+)	(+)		(+)		(+)		(-)				
Eau	Production hydraulique /Desserte d'eau potable	(+)			(+)		(+)	(+)						
	Irrigation agricole	(+)	(+)	(+)				(+)			(-)	(-)	(-)	
	Pêche	(+)	(+)	(+)				(+)	(+)	(-)		(-)	(-)	
	Production hydroélectrique	(+)			(+)		(+)							
Changement climatique									(+)		(-)			
Croissance démographique				(-)				(-)		(-)	(-)	(-)	(-)	
Migration				(-)				(-)	(-)					

Tableau 3: Matrice d'identification des impacts
Légende: (+) = impact positif ; (-) = impact négatif

La Figure 4 révèle un taux de satisfaction (87 %) des acteurs par rapport à l'amélioration de leur revenu. Ce qui leur permet de scolariser plus d'enfants et de fréquenter les centres de santé. Malgré tous les avantages, 95 % des acteurs interrogés dénotent des impacts négatifs sur l'environnement. Parmi lesquels, il y a la dégradation de la flore et de la faune et la pollution aux déchets solides et chimiques. La matrice de Léopold (Tableau 3) résume les activités/sources d'impacts et les composantes socio-économiques et environnementales affectées.

Le Tableau 3 révèle que l'aménagement de la zone humide de Bagré en pôle de croissance a un impact socio-économique positif dans son ensemble. En revanche son impact sur l'environnement est négatif. En plus, la croissance démographique et la migration influencent négativement les facteurs socio-économiques et environnementaux. Le changement climatique qui favorise le mouvement des populations modifie de manière indirecte et négative le paysage (l'occupation des sols).

D'un autre côté, 24 % des personnes enquêtées trouvent que l'Etat à travers entre autres les subventions/aides sur les intrants et équipements agricoles, ainsi que le suivi des activités de production et des relations partenariales, contribue à améliorer les rendements de leurs productions. Pendant cela, 95 % autres, proposent une amélioration de l'approche étatique (les titres d'exploitation et taxes) et 81 % suggèrent l'adoption d'autres approches de soutien et d'accompagnements. Une minorité (3 %) trouve qu'une gestion libre des ressources naturelles du site serait plus bénéfique alors que la majorité (97 %) y voit des conflits qui vont en découler.

Menaces pesant sur la zone humide de Bagré selon les acteurs locaux

Dans le contexte des variabilités climatiques, les facteurs démographiques, environnementaux et climatiques affectent négativement les efforts de gestion des ressources foncières, végétales et en eau. Pour les acteurs, les variabilités climatiques influencent les efforts de planification des activités, la raréfaction des ressources engendre leur exploitation incontrôlée et l'insuffisance des terres culturales est source de conflits. Ils affirment que la menace majeure qui entrave la gestion de ladite zone est l'augmentation de la densité humaine, engendrant par conséquent une augmentation des besoins en ressources naturelles. Les causes qui favorisent cette densité sont la croissance démographique, l'immigration/migration et l'urbanisation selon 80 %, 62 % et 32 % des acteurs interrogés respectivement. Ainsi, les principales menaces qui pèsent sur la zone humide de Bagré sont relatées par la Figure 5.

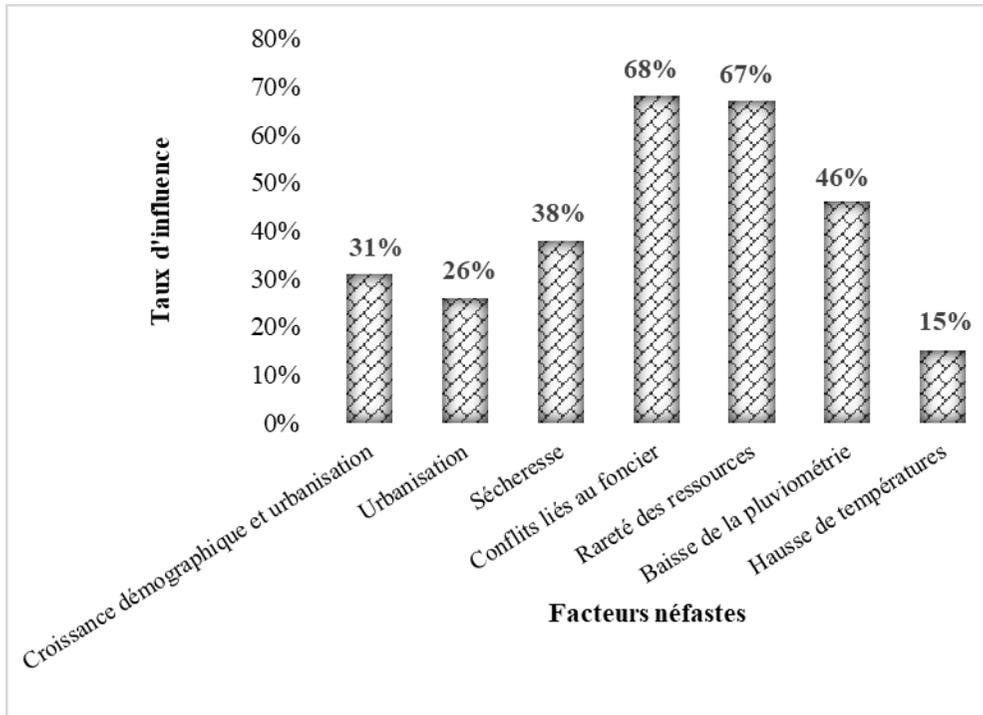


Figure 5. Les principales menaces à la conservation de l'écosystème de la zone humide de Bagré selon les acteurs locaux

La Figure 5 montre les taux d'influence de différents facteurs énumérés par les enquêtés, qui menacent la durabilité de la zone humide de Bagré. Les conflits liés au foncier (68 %) et la rareté des ressources (67 %) constituent les principaux obstacles à la gestion durable de la zone, tandis que la menace liée à la hausse des températures est négligeable.

Pour le reste, 11,1 % des acteurs rencontrés ont relevé que la mise en place du site a eu des conséquences néfastes sur l'équilibre familial, notamment sur l'agriculture familiale. En effet, le projet d'aménagement des plaines irriguées a contribué à exclure certains groupes sociaux du site ou en a limité leur accès. Plus de 60 % ont énoncé l'exclusion de groupe social ou de genre sur le site. Ils argumentent qu'il existe trop de critères de sélection et de conditions à remplir avant d'y avoir accès. Ce qui limite ou biaise l'équité des chances d'accès pour tous.

Défis pour la bonne gestion de la zone humide de Bagré selon les acteurs locaux

La majorité des acteurs interrogés (51 %) estiment que la population ne maîtrise pas les objectifs poursuivis par la gestion actuelle du site. Les raisons avancées sont la faible implication de la population dans cette gestion, le peu d'intérêt accordé à la gestion et l'analphabétisme de la majorité des

exploitants locaux. Le sentiment général des acteurs locaux est qu'ils se contentent d'exploiter les sites aménagés et font l'effort de respecter les règlements établis par les autorités.

La gestion actuelle du site comporte de nouveaux défis pour 52 % des acteurs interrogés. Les défis majeurs recensés auprès des acteurs locaux sont entre autres : la migration des jeunes (72,6 %) est la préoccupation majeure des acteurs par rapport à l'avenir de la zone humide. Cette migration serait largement due à l'emploi temporaire et au développement des activités d'orpillage. Le défi suivant est l'intensification des productions (29 %) car les acteurs locaux estiment qu'il y a une non maîtrise des techniques de production, une mauvaise organisation des activités agricoles et des rendements faibles. La réinstauration de la cohésion sociale est le troisième défi (24 %) souligné par les acteurs en raison des tensions sociales issues des retraits des terres agricoles. L'autosuffisance alimentaire (12%) reste aussi un défi pour les acteurs locaux en tenant compte des faibles rendements, des retraits de terre agricole et du manque d'emploi permanent pour les jeunes.

Les autres défis cités sont la disponibilité de l'eau potable, la conservation de la ressource en eau, la diversification des activités de production. En outre, est cité, un meilleur choix des sites à aménager puisque certains aménagements sont inaccessibles et impropres aux travaux agricoles.

3- Discussion

Dans une perspective dynamique, la gestion des zones humides au Burkina Faso considère la triple dimension "patrimoine, exploitation et valorisation". La gestion de ces écosystèmes et de leurs biens et services doit concilier la conservation de la biodiversité au développement durable local. Ainsi, elle ne perd pas de vue le développement économique et social et la protection de l'environnement. Pendant que 52 % des enquêtés sont satisfaits de l'aménagement du site, car contribuant à la satisfaction de leur sécurité alimentaire (95 %), 95% autres indexent les impacts négatifs sur l'environnement.

Pour la gestion de la zone humide de Bagré, des enjeux et défis se dressent aux côtés des menaces qui pèsent sur elle. L'enjeu et le défi majeurs restent la création d'emploi (18 %) et la migration des jeunes/main d'œuvre valide (72,6 %) respectivement. Les litiges liés au foncier (68 %) et la raréfaction des ressources (67 %), demeurent les menaces cruciales.

Enjeux et menaces liés à la gestion de la zone humide de Bagré

La discussion des enjeux s'articule autour de cinq classes. La première se penche sur la politique de gestion, la seconde a trait au développement territorial. Les trois dernières dimensions se focalisent sur les piliers du développement durable que sont : l'environnement, l'économie et le social.

- ***Aspects politiques***

La politique de gestion durable est liée à l'aptitude de la population locale à assurer la gestion dans un environnement relationnel impacté par l'extérieur. Aussi, cette durabilité intègre les décisions prises par la communauté locale pour la planification de la gestion, sans oublier leur disposition à s'accommoder d'une part de la valeur ajoutée qui découle des ressources naturelles. Ainsi, les résultats obtenus de l'analyse des acteurs impliqués dans la gestion du site Ramsar de Bagré corroborent avec ceux des travaux de Flores et Vieira Medeiros (2018) qui soulignent l'importance de « *la participation des citoyens à la vie politique, leur accès aux décisions de planification, et la capacité du territoire à s'approprier la valeur ajoutée générée* ». Aussi, ces résultats attestent ceux de Eshun et *al.*, (2021) qui considèrent « *une participation égale et active et une coordination des acteurs publics et privés* ».

La Politique Nationale de gestion et son Plan d'action sur les Zones Humides au Burkina, adoptée en 2013, ainsi que les différentes politiques citées qui se penchent sur la question de la durabilité des zones humides mentionnent l'intérêt de la cogestion multiacteurs ou la gestion participative des ressources. C'est dire que la "politique de développement local" qui découle de la "politique nationale de développement et de gestion des zones humides" met autant l'accent sur la participation obligatoire des acteurs locaux à la gestion des zones humides. C'est ce que Ait-Alhayane (2010) mentionne en ces termes : « *la participation de la population n'est possible que si son langage est synchronisé avec l'univers politique, juridique et administratif* ».

Pourtant, les populations ne sont réellement pas consultées, car le dispositif en place pour leur permettre de compter leur voix dans les prises de décision n'est pas véritablement actif. D'ailleurs, l'insuffisance de ressources humaines constitue une contrainte dans l'élaboration et la coordination des plans d'aménagement au niveau des collectivités territoriales qui doivent dans les normes prendre en compte les orientations locales et les besoins révélés des populations.

- ***Développement territorial local***

Le Plan d'action de gestion des zones humides au Burkina Faso définit que l'objectif de gestion des sites Ramsar est de contribuer à la lutte contre la pauvreté. S'alignant ainsi derrière ce plan d'action, la gestion de la zone humide de Bagré attend de contribuer à ériger un développement local durable basé sur l'agriculture. Le système agricole poursuivi qui englobe l'agriculture familiale et les investissements privés est assis sur le principe de partenariat public-privé (PPP) tel que défini par Rankin et *al.*, (2017). Le même système est défini dans le schéma d'aménagement du site de Bagré, comme une intégration de « *l'agriculture familiale, l'agrobusiness local et l'agrobusiness*

exogène », (Sawadogo, 2014). Toutefois, les redevances et les fiscs imposés aux producteurs pour leur accompagnement participent à augmenter leur vulnérabilité ; comme l'indiquent les résultats de cette étude. Ceci confirme la conclusion de McKeon, (2017) qui trouve que la capacité du PPP « à impulser un véritable développement local n'est pas prouvée ».

- ***Aspects socioéconomiques et environnementaux***

La participation des acteurs aussi bien directs qu'indirects, privés que publics et l'équité de leurs voix dans les prises de décision définissent la durabilité de gestion de la zone humide de Bagré dans sa dimension sociale. Malgré le taux de scolarisation en hausse depuis l'implantation du site, le niveau d'analphabétisme encore élevé des populations (environ 47 % selon les résultats de cette étude) ne facilite pas la considération de leur opinion. Pourtant, Sawadogo (2014) fait savoir que « *l'accessibilité aux infrastructures de base telles que les écoles et/ou les centres de santé s'est améliorée depuis la mise en place du site* ». C'est aussi sans contexte que Flores et Vieira Medeiros (2018) considèrent « *les potentialités locales comme des facteurs de différenciation et de compétitivité au-delà de l'entité territoriale active pour impulser le développement endogène* ». Les travaux conduits par Sawadogo (2014) dans la localité ont révélé une régression des activités agropastorales alors que 98,48 % des populations vivaient des activités agricoles avant l'aménagement du site. Ce qui authentifie les résultats de cette étude qui montrent qu'approximativement 65 % des agriculteurs se sont retrouvés dans l'incapacité de mener leur activité à cause du retrait des terres et de la réinstallation des populations pour l'aménagement du site.

Par ailleurs, au niveau du site de Bagré le modèle de développement économique basé sur l'intensification de l'agriculture familiale et les investissements privés dégrade entre autres la flore et la faune, modifie le paysage et pollue l'environnement et les ressources en eau. Ce qui s'aligne sur les travaux de Daré et *al.*, (2019). Ces derniers ont montré que la quête de meilleurs rendements et revenus amène les acteurs primaires à exercer une pression foncière et à mener des activités plus intenses qui exposent les populations à des risques environnementaux. L'usage des produits chimiques (pesticides et engrais), la perte de matières organiques et de la biodiversité, la dégradation des sols, le déboisement et la pollution de l'eau sont entre autres des facteurs qui impactent négativement l'environnement.

Défis liés à la gestion de la zone humide de Bagré

A la suite de l'analyse des enjeux et menaces liés à la gestion de la zone humide Bagré, les défis restent à être relevés pour atteindre les objectifs de gestion durable souhaités. L'opinion retenue dans le schéma directeur d'aménagement du site est la création d'emplois et le renforcement des capacités des paysans à travers le développement de l'agriculture familiale et

de l'agrobusiness aussi bien local qu'exogène (Sawadogo, 2014). Par contre, le constat fait, courant cette étude, est que l'aménagement du site de Bagré a non seulement tendance à exclure des individus du processus, mais aussi à favoriser l'agrobusiness au détriment de l'agriculture familiale. Ceci se conjugue avec l'affirmation de Yaméogo (2015) : « *l'Etat, principal acteur du développement après près de plusieurs décennies de gestion économique, peine encore à trouver les voies de son émergence économique* ». Des paysans qui disposaient d'importantes superficies de terres agricoles se sont retrouvés avec des superficies réduites et d'autres ont perdu leurs terres cultivables. Pour la question de sécurisation foncière, surtout agricole, Nana (2013) et Lavigne et Aurore (2015), remarquent la concurrence et/ou la mutation des formes de régulation et d'attribution locales à celles étatiques qui peuvent favoriser des conflits. Le défi de l'autonomisation reste à être relevé. En d'autres termes, il s'agit du défi de l'exploitation familiale comme pilier de la résilience locale, dans la mesure où les acteurs directs affirment ne pas pouvoir se passer de l'intervention étatique.

D'un point de vue économique, des résultats sont perceptibles, malgré les faiblesses dans l'implémentation d'une économie de développement local.

De cette étude, il ressort que les revenus des populations se sont améliorés avec un taux de satisfaction de 87 %, de même que leurs capacités à épargner, bien qu'elles ne soient pas très importantes. Il y a donc lieu de travailler pour une juste répartition des richesses locales en orientant la gestion vers un impact économique plus inclusif. En outre, la faiblesse du marché fait installer une dépendance des producteurs du marché international, d'où la nécessité de construire une économie locale inclusive.

Au niveau environnemental, les impacts des externalités liés à la surexploitation des ressources naturelles ne sont pas recouverts. Pourtant, les conséquences de la pression démographique sur celles-ci et sur la conservation de la diversité biologique sont sans conteste (Tapsoba et *al.*, 2023). Les résultats ont révélé que les objectifs de gestion durable de la zone humide soient compromis. La conservation de l'écosystème du site est aussi à relever.

4- Proposition d'une approche de gestion pour améliorer la viabilité des biens et services écosystémiques

Sur les territoires ruraux, des relations sociales, culturelles et de pouvoir historiquement établies gouvernent la gestion des ressources naturelles. Les populations rurales ont en effet de véritables aptitudes pour prévenir et gérer les conflits liés aux ressources naturelles. Elles ont leurs propres règles traditionnelles d'attribution de ces ressources et de gestion des différends. Pourtant, les acteurs directs ruraux interviewés lors des focus groupes durant cette étude se sentent exclus des processus d'élaboration des

politiques de gestion dans la zone humide de Bagré. La faible prise en compte de l'opinion de ces usagers directs affecte négativement l'application des politiques et textes qui gouvernent la gestion, car étant plus souvent inadaptés au contexte local, territorial et culturel.

Pendant que la décentralisation du pouvoir régalién produit des effets peu perceptibles dans la gestion des ressources naturelles, le transfert de ce pouvoir à la communauté locale présente aussi des limites. L'espace communautaire local dans la localité de Bagré n'est pas légalement bien délimité et les populations revendiquent par moment leur liberté et leur droit de jouissance des ressources, surtout foncières, qui leur sont d'ordinaire traditionnellement reconnues.

Toutefois, l'approche communautaire est privilégiée par les usagers directs pour la gestion de la zone humide de Bagré et de ses ressources. Les focus groupes ont révélé que les populations locales considéraient les ressources naturelles de la zone comme un patrimoine commun et faisaient recours aux pouvoirs endogènes pour assurer leur gestion. Ces pouvoirs induisent forcément la recherche commune de l'intérêt commun à travers la gestion rationnelle et prévoyante dans le temps. En outre, les pouvoirs endogènes (chefferie, tradition, coutume et rites) militent pour les décisions consensuelles (sous l'arbre à palabre) au milieu de multiples opinions antagoniques. Et enfin, cette approche communautaire accorde une considération aux intérêts des populations allochtones minoritaires présentes sur le territoire. En ce sens que la résolution tout conflit fait intervenir une délégation locale légitime et légalement responsable (chef de terre, chef coutumier, chef du village ou le CVD) et une audition de ceux concernés par le conflit.

Cependant, la coexistence des coutumes, des traditions, des administrations publiques déconcentrées ainsi que les politiques avec toute la procédure légitime et réglementaire qui accompagne chacune conduit habituellement à l'incertitude et à la complication. Dans de telles circonstances, l'approche participative intégrée semble convenir le mieux pour la gestion de la zone humide de Bagré et de ses ressources naturelles. En effet, impliquer les usagers directs locaux dans la définition de nouvelles règles, normes et pratiques peut permettre de réduire les contentieux liés à l'exploitation des ressources naturelles. En ce sens que résoudre tout conflit lié aux ressources nécessite une délégation locale légitime et légalement responsable (chef de terre, chef coutumier, chef du village ou le CVD) et une audition de ceux qui vivent le conflit.

Conclusion

La gestion des ressources naturelles est une priorité de développement socio-économique et territorial dans la zone humide de Bagré. Les données

bibliographiques et d'enquêtes ont révélé que les acteurs qui interviennent dans le processus de gestion des ressources de la zone humide de Bagré sont multiples avec des compétences partagées. Cependant, cette multitude d'acteurs limite l'équité dans les prises de décision pour la planification et la gestion. Aussi, l'approche actuelle de développement de la zone humide de Bagré quoique bénéfique pour les populations, favorise la dégradation des ressources naturelles et biaise ainsi la pérennité des biens et services qu'elle offre. Pour l'échantillon interrogé, ladite zone contribue d'une part à 65 % au développement de l'agriculture, de l'élevage et de la pêche et d'autre part à la création d'emploi à hauteur de 50 %, mais la majorité (95 %) signale des impacts négatifs sur l'environnement.

La gestion de ladite zone humide est régie par un cadre législatif, politique et institutionnel avec des enjeux d'ordre politique, environnemental et socio-économique. Les enjeux majeurs sont entre autres la création d'emplois (18 %), le développement des activités dites rurales et des services sociaux (14 %). Toutefois, les facteurs démographiques avec l'augmentation de la densité de la population et les litiges fonciers (87 %), les facteurs environnementaux manifestés par la raréfaction des ressources (67 %) et les facteurs climatiques avec la hausse des températures et la réduction des pluviométries, constituent des menaces pesantes sur les efforts de gestion.

Par ailleurs, la migration des jeunes (72,6 %), l'intensification des productions agricoles et halieutiques et la cohésion sociale sont des défis qui restent à relever. Une approche participative et intégrée, pourrait permettre de relever ces défis et d'amoinrir les effets des facteurs menaçants. Il s'avère donc essentiel de disposer d'une base de connaissances sur les cultes et traditions liés aux ressources naturelles considérées comme un patrimoine ancestral par les populations locales dans les limites de la zone humide de Bagré.

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

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

Déclaration de financement : Les auteurs n'ont obtenu aucun financement pour cette recherche.

Références:

1. Ait-Alhayane, K. (2010). Gestion des ressources naturelles : une démarche pour voir et comprendre l'espace des hommes. *L'Espace géoFigure*, vol. 39(1), 20-34.

2. Berkes, F., Feeny, D., Mccay, BJ, et Acheson, JM. (1989). The Benefits of the Commons. *Nature*, vol. 340, 91-93.
3. Bouju, J. (2010). La malédiction, l'honneur et la spéculation. *Bulletin de l'APAD*, 29-30.
4. Coase, RH. (1960). The Problem of Social Cost. *Journal of Law and Economics*, vol. 3, 1- 44.
5. Combes, JL, Combes-motel, P., et Schwartz, S. (2016). Un survol de la théorie des biens communs. *Revue d'économie du développement*, Vol. 24, 55-83
6. Dare, W., Venot, JP, Kabore, E., Tapsoba, A., Traore, F., Gerard, F., Carboni, S., Idani, D., Kambire, H. et Napon, K. (2019). Grands aménagements hydroagricoles, inégalités environnementales et participation : le cas de Bagré au Burkina Faso. *Vertigo 19*, no. 1
7. Diakite, N. (2012). Etude du schéma directeur de développement agricole de la zone de concentration de Bagré : composante élevage
8. Eshun, BTB, Chan, APC, and Osei-kyei, R. (2021). Conceptualizing a win-win scenario in public-private partnerships: evidence from a systematic literature review. *Engineering, Construction and Architectural Management*, Vol. 28 No. 9, 2712-2735
9. Flores, SS, and Vieira Medeiros, RM. (2018). La dimension territoriale du développement durable. *Confins* [Online], 38 | doi.org/10.4000/confins.15992
10. Hardin, G. (1968). The Tragedy of the Commons. *Science*, Vol 162, No 3859, 1243-1248. ISBN :978-1-78431-111-7 <https://www.iied.org/search?k=16575IIED>
11. Kabore, E., et Sedego, SA. (2014). Economie politique autour des grands barrages. Le cas du barrage de Bagré, Burkina Faso. *IIED Rapport pays*. IIED, London, 48p
12. Lavigne, D., et Aurore, M. (2015). La formalisation des droits sur la terre dans les pays du Sud, Comité technique Foncier & développement, <http://hal.ird.fr/ird-01168317>, 86p.
13. Leopold, LB, Clark FF, Hanshaw BB, Balsley JR. (1971). A procedure for evaluating environmental impact. *US Geological Survey Circular*, 645. Department of the Interior, Washington DC, USA.
14. Luigi, AB, et Peter, H. (2010). Aperçu du cadre juridique et institutionnel de la gestion des ressources naturelles et foncières au Burkina Faso. *Ouagadougou/Paris, Laboratoire Citoyennetés/Gret*, 69p
15. Mckee, N. (2017). Are Equity and Sustainability a Likely Outcome When Foxes and Chickens Share the Same Coop? Critiquing the Concept of Multistakeholder Governance of Food Security. *Globalizations*, 14 :3, 379-398,

16. Nana P., (2018). Du groupe à l'individu : dynamique de la gestion foncière en pays gouin (sud-ouest du Burkina Faso). Belgeo [En ligne], 2
17. Nana P., (2013). Problématique foncière dans le sud-ouest du Burkina Faso : l'insertion des migrants de retour en question. Les Cahiers du Cread, 98/99, 2011 & 2012, Alger, 125-143.
18. Ngom, D. (2021). Biodiversité, restauration écologique et intensification écologique : quelles imbrications ? Vertigo – la revue électronique en sciences de l'environnement, Débats et perspectives, [En ligne], URL : <https://journals.openedition.org/vertigo/28605>.
19. Ostrom, E., (1989). "Governing the Commons", Cambridge Univ. Press
20. Pigou, AC., (1920). Co-operative societies and income tax. The Economic Journal, 30 (118), 156-162.
21. Rankin, M., Galvez Nogales, E., Santacoloma, P., Mhlanga, N. & Rizzo, C. (2017). Public-Private Partnerships for Agricultural Transformation – Trends and Lessons from Developing Countries. Leitão, J., de Moraes Sarmiento, E. and Aleluia, J. (Ed.) The Emerald Handbook of Public-Private Partnerships in Developing and Emerging Economies, Emerald Publishing Limited, Bingley, 191-219.
22. Sawadogo, J. (2014). Le projet pôle de croissance de Bagré (Bagrépôle) comme initiative d'aménagement territorial et de développement agricole au Burkina Faso : avantages, inconvénients et perspectives. Mémoire. Rimouski, Québec, Université du Québec à Rimouski, Département sociétés, territoires et développement, 160 p.
23. Tapsoba, A., Kokou, K. & Sanou, Z. (2023). Dynamique spatiale d'occupation du sol à la périphérie du barrage de Bagré au Burkina Faso. Rev. Ivoi.Sci. Technol., n°41, 66-82.
24. Tapsoba, A., Gerard, F. & Dare, W. (2018). Grands périmètres irrigués et résilience des paysans au Sahel : Le cas de Bagré au Burkina Faso. Revue internationale des études du développement 2018/3 (N° 235), 147 – 176.
25. Traore, R. (2012). Eau, territoire et conflits : analyse des enjeux de la gestion communautaire de l'eau au Burkina Faso : l'exemple du bassin versant du Nakambé. Economies et finances. Université Toulouse le Mirail - Toulouse II, 380p
26. UICN, (2013). Guide juridique de gestion des ressources en eau au Burkina Faso. Ouagadougou, Burkina Faso, UICN, 44 p.
27. Weber, J. & Reveret, JP. (1993). La gestion des relations sociétés-natures : modes d'appropriation et processus de décision. Le Monde Diplomatique, coll. Savoirs, n°2, « Environnement et Développement»

28. Weber, J. (1992). Problématique du développement des pêches. IIFET, Third International Conference, Antona, M., Catanzano, J. Sutinen, J. (eds). Paris, Ifremer
29. Yameogo, L. (2015). Le pôle de croissance de Bagré dans la nouvelle projectualité du développement au Burkina Faso. *Rivista Geografica Italiana*, num. 122, 305-322

Rendement et Composition Chimique du Tourteau de *Tetracarpidium conophorum* (Müll. Arg.) Hutch. & Dalz Produit par Pression Mécanique et Hydrodistillation

Ntsoumou M.V.

Institut national de Recherche Agronomique (IRA), Avenue des premiers jeux africains, face stade Alphonse Massamba-Débat, Brazzaville, Congo
École Nationale Supérieure d'Agronomie et de Foresterie,
Université Marien NGOUABI, Brazzaville, Congo
Faculté des Sciences et Techniques,
Université Marien NGOUABI, Brazzaville, Congo

Adzona P.P.

Ndoulou T.M.

École Nationale Supérieure d'Agronomie et de Foresterie,
Université Marien NGOUABI, Brazzaville, Congo

Banga Mboko H.

École Nationale Supérieure d'Agronomie et de Foresterie,
Université Marien NGOUABI, Brazzaville, Congo
Institut national de Recherche Agronomique (IRA), Avenue des premiers jeux africains, face stade Alphonse Massamba-Débat, Brazzaville, Congo
École Nationale Supérieure d'Agronomie et de Foresterie,
Université Marien NGOUABI, Brazzaville, Congo

[Doi:10.19044/esj.2023.v19n36p175](https://doi.org/10.19044/esj.2023.v19n36p175)

Submitted: 28 August 2023

Accepted: 28 December 2023

Published: 31 December 2023

Copyright 2023 Author(s)

Under Creative Commons CC-BY 4.0

OPEN ACCESS

Cite As:

Ntsoumou M.V., Adzona P.P., Ndoulou T.M. & Banga M.H. (2023). *Rendement et Composition Chimique du Tourteau de Tetracarpidium conophorum* (Müll. Arg.) Hutch. & Dalz Produit par Pression Mécanique et Hydrodistillation. European Scientific Journal, ESJ, 19 (36), 175. <https://doi.org/10.19044/esj.2023.v19n36p175>

Résumé

Les tourteaux, principales sources de protéines végétales, sont les sous-produits de l'usinage des graines traitées pour en extraire l'huile selon les techniques de pressage à chaud et d'extraction par les solvants. L'objectif de ce travail était de produire le tourteau de *Tetracarpidium conophorum* et évaluer son rendement et sa composition chimique par deux techniques de

production : la presse mécanique et la méthode d'hydrodistillation. Le rendement du tourteau à partir du broyat a été de : 73,63% et 72,50% respectivement pour la presse mécanique et l'hydrodistillation. ($P > 0,05$). Quant à la composition physico-chimique du tourteau, les différences significatives ont été observées ($p < 0,05$) en faveur de la méthode par presse mécanique notamment sur la MS (91,10% contre 97,63%) ; lipides (10,78% contre 14,46%) ; protéines brutes (24,63% contre 43,75%) ; calcium (1,94% contre 3,17%) ; phosphore (0,46% contre 0,85%). La faible composition chimique du tourteau en protéines brutes du tourteau produit par hydrodistillation par rapport à celle du tourteau produit par pression mécanique suscite la maîtrise de la température de l'eau.

Mots-clés: Protéines brutes, minéraux, production, noix de kaso, délipidation, distillation, pressage

Yield and Chemical Composition of Oil cake of Tetraploid *Tetraploidium conophorum* (Müll. Arg.) Hutch. & Dalz Produced by Pressure in Cold and Hydrodistillation

Ntsoumou M.V.

Institut national de Recherche Agronomique (IRA), Avenue des premiers jeux africains, face stade Alphonse Massamba-Débat, Brazzaville, Congo
École Nationale Supérieure d'Agronomie et de Foresterie,
Université Marien NGOUABI, Brazzaville, Congo
Faculté des Sciences et Techniques,
Université Marien NGOUABI, Brazzaville, Congo

Adzona P.P.

École Nationale Supérieure d'Agronomie et de Foresterie,
Université Marien NGOUABI, Brazzaville, Congo

Ndoulou T.M.

École Nationale Supérieure d'Agronomie et de Foresterie,
Université Marien NGOUABI, Brazzaville, Congo

Banga Mboko H.

École Nationale Supérieure d'Agronomie et de Foresterie,
Université Marien NGOUABI, Brazzaville, Congo
Institut national de Recherche Agronomique (IRA), Avenue des premiers jeux africains, face stade Alphonse Massamba-Débat, Brazzaville, Congo
École Nationale Supérieure d'Agronomie et de Foresterie,
Université Marien NGOUABI, Brazzaville, Congo

Abstract

Oil cakes are by-products of seeds treated to extract oil by using many ways. The objective of the present study was to produce the oil cake of *Tetraploidium conophorum* and to evaluate its yield and their chemical composition by two techniques of production mainly the pressure in cold and the hydrodistillation methods. There was no significant difference in yield in both techniques used. ($P > 0,05$). Whereas, chemical composition was significantly higher in oil cake produced by using pressure in cold than by hydrodistillation mainly ($p < 0,05$) the DM (91,10% versus 63%); lipids (10,78% vs 14,46%); crude proteins (24,63% vs 43,75%); calcium (1,94% vs 3,17%); phosphorus (0,46% vs 0,85%). The lower chemical composition of the crude protein oil cake produced by hydrodistillation compared to that of the oil cake produced by cold pressures may be due to the uncontrolled temperature of the water during the process of delipidation.

Keywords: Rough proteins, macro elements, output, kaso, delipidation, distillation, pressing

Introduction

Les tourteaux sont les résidus de l'usinage des graines d'oléagineux. Ils sont, obtenus par un procédé d'extraction d'huile appelé trituration au cours duquel les graines sont broyées et pressées à chaud ou par les solvants, laissant alors un coproduit appelé tourteaux d'oléagineux (Nys, 2001 ; Sonaiya et Guéye, 2010). Les tourteaux ne contiennent qu'une très faible teneur en matières grasses résiduelles variable suivant la technique de délipidation appliquée, mais sont concentrés en d'autres nutriments notamment en protéines brutes faisant d'eux les principaux ingrédients protéiques pour l'alimentation animale dans le monde.

La production mondiale en tourteaux en 2009 était estimée à environ 270 millions de tonnes et dont les tourteaux de colza, de tournesol, d'arachide et surtout de soja demeurent les sources protéiques les plus utilisées respectivement soit 12,4 ; 6,9 ; 5,3 et 2,8 et 69 % d'utilisation (Foster et al., 2009). Récemment, plus de 20 millions de tonnes de tourteaux d'oléagineux sont produits chaque année par les pays de l'Union Européenne et dont le tourteau de soja, de colza et de tournesol représente 94% de la production totale, avec la France, premier consommateur en termes d'élevage devant l'Allemagne, l'Espagne et les Pays-Bas (Interprofession des huiles et protéines végétales, 2020).

La production africaine des trois cultures oléagineuses les plus importantes (palme, coton, arachide) a subi une courbe ascendante pendant les dix dernières années sur les plans productions, transformations et utilisations.

Cependant, du fait de l'accroissement des besoins africains en huile et en tourteaux consécutif à l'augmentation de la population et à l'élévation du niveau de vie, la situation continentale en en termes de disponibilité des matières premières surtout les oléo protéagineux demeure préoccupante. Ainsi, récemment, des équipes de recherche ont mis à jour le niveau de production des huiles et tourteaux de certaines nouvelles espèces oléagineuses parmi les plantes domestiques dans certains pays d'Afrique. Il s'agit du *Canarium schweifurthii* Engl, du *Dacryodes edulis* et du *Ricinodendron heudelotii* dont les avantages sont notables et les potentialités ont été étudiées (Kapseu, 2009).

Au Congo, la disponibilité d'intrants agricoles est un éminent problème qui limite la productivité des animaux élevés hors-sol. Pourtant, le pays dispose d'énormes atouts notamment de par ses potentialités agroforestières et libéralise de grandes surfaces de productions agricoles. Malheureusement, le manque d'huilerie dû à la faible production nationale et au manque de programmes adéquats sur l'utilisation des fonds de subventions ainsi que

l'insuffisance de connaissances précises sur l'adaptation des oléo protéagineux conventionnels aux zones d'exploitation, compromettent sérieusement la traçabilité de production, de transformation et d'utilisation des tourteaux tant conventionnels que locaux en alimentation animale. Ainsi la plupart des ingrédients riches en matières azotées totales (MAT) utilisés comme les tourteaux sont conventionnels et proviennent de l'étranger dont l'irrégularité, le délai d'utilisation et les prix prohibitifs sont trois facteurs majeurs qui compromettent sérieusement la production des aliments de qualité (Dolumbia, 2002 ; Livet et al., 2015 ; ITAVI, 2021). Par conséquent, leur utilisation pour la fabrication des aliments de volailles entraîne des coûts élevés de production d'aliment, de poulet de chair et de l'œuf. A cet effet, l'utilisation des ingrédients et additifs biologiques locaux et disponibles dans les formulations d'aliment pour volailles devient dès lors une alternative (Adzona, 2019 ; Mbanza-Mbanza et al., 2023). Cela a conduit des paysans, éleveurs et chercheurs à se tourner vers des cultures émergentes commerciales et locales (safou, coprah, courge, feuille de manioc, etc.), pour la production artisanale et manuelle des huiles cosmétiques, de consommation et des tourteaux locaux destinés à être incorporés dans les formulations alimentaires des animaux. (Sianard, 2010 ; Adzona., 2019)

C'est aussi dans ce même cadre que les besoins du marché des tourteaux et de la détection de protéines locales ont suscité au niveau national un intérêt de l'Institut national de Recherche Agronomique (IRA) à s'orienter vers l'identification et la valorisation d'une nouvelle source végétale locale d'oléagineux, encore sous-exploitée tel que le *Tetracarpidium conophorum*.

Tetracarpidium conophorum, est un arbre sarmenté, produit forestier non ligneux. C'est une espèce de liane appartenant à la famille des Euphorbacés (Bernadin, 2012). Cette plante regorge de vertus pharmaceutiques et cosmétiques (Oriakhiet Uadia, 2020 ; Ojokoh et al., 2020). Plusieurs études menées sur *T. conophorum* sur la caractérisation chimique de ses feuilles, ses noix, son résidu, révèlent une variabilité des teneurs en éléments chimiques suivant la technique de délipidation appliquée (Ezugwu et al., 2021 ; Ossoko et al., 2021 ; Akassa et al., 2023). Son huile peu connue dans la cuisine est extraite en petite quantité. Son tourteau est richement nutritif avec les teneurs en protéines brutes variant entre 33% et 47% (Mezajougkenfack, 2010 ; Uchechukwu-Nkeirukayvonne, 2017).

C'est au regard de ce qui précède et compte tenu de sa disponibilité remarquable à l'état sauvage dans le contexte du Congo, que ce travail se fixe comme objectif : produire mécaniquement ou localement le tourteau de *Tetracarpidium conophorum* et évaluer son rendement et sa composition chimique par presse mécanique et par hydrodistillation.

Cette étude est basée sur l'hypothèse selon laquelle le rendement et la composition chimique du tourteau de *T. conophorum* varient avec sa technique de production.

Méthodologie

Zones d'étude

Cette étude a été réalisée en plusieurs étapes dans 3 localités du Congo : Lékana (l'unique District de tous les Départements du Congo où se trouve disponible la noix à l'état sauvage), Brazzaville (disposant de laboratoire d'analyse physico chimique et la station des expérimentations) et Pointe-Noire (pour la poursuite d'analyses bromatologique).

Les noix de *T. conophorum* ont été collectées des lianes sauvages dans le District de Lékana du Département des Plateaux, situé à près de 450 kilomètres de la capitale (Brazzaville), perché à 790 mètres d'altitude par rapport au niveau de la mer ; avec une Latitude de 20° 19' 31'' Sud et 14°36'00'' Est de quoi ???de la République du Congo (Anonyme, 2019).

Le tourteau a été produit à Brazzaville, dans trois sites distincts : l'Agence Nationale de Valorisation des Résultats de la Recherche et de l'Innovation (ANVRI) pour le broyage ou transformation des amandes, la maison cosmétique Santé et Nature pour la presse mécanique et la ferme expérimentale de l'unité mixte de valorisation des produits et sous-produits agroindustriels de l'Institut national de Recherche Agronomique (IRA), pour la production par hydrodistillation.

Les analyses ont été effectuées dans deux laboratoires distincts :

- Le laboratoire de l'École Nationale d'Agronomie et de Foresterie (ENSAF), situé à Brazzaville, pour la détermination de la teneur en eau, de la matière sèche, des lipides ;
- Le laboratoire de l'Institut de Recherches Scientifiques en Sciences Naturelles (IRSSN), situé à Pointe noire, pour la détermination de l'azote, des protéines, du calcium (Ca) et du phosphore (P).

Matériel végétal

Le tourteau de *T. conophorum* a constitué le principal matériel végétal. Ce tourteau a été obtenu après extraction d'huile à partir des amandes issues des graines de capsules de *T.conophorum* illustrée à la figure 1.



Figure 1. Méthodes d'obtention des amandes de *T.conophorum*

Méthodiquement, plusieurs étapes ont été observées pour produire le broyat du *T. conophorum*.

Les noix crues de *T. conophorum* ont d'abord fait l'objet du tri des graines avariées vu le temps de stockage, puis ensuite bouillies durant 3h à l'aide d'une marmite casserole et d'un foyer de feu. Ensuite, elles ont été séchées à l'air libre au soleil pendant 3 journées afin d'égoutter l'eau et faciliter le décortiquage. Ces graines ont été enfin décortiquées manuellement et séchées à nouveau à température ambiante pendant 4 jours d'enseillement pour permettre d'avoir les amandes sèches devant passer au broyage. Les deux techniques de production de tourteau appliquées après obtention du broyat sont illustrées à la figure 2.

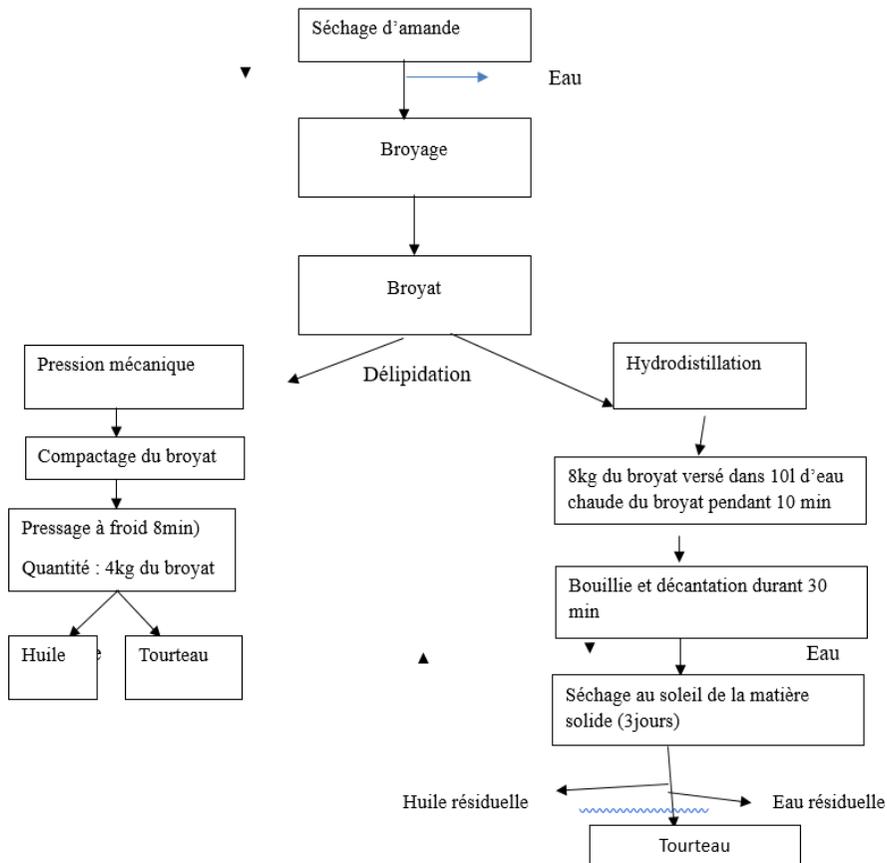


Figure 2. Délipidation par pression mécanique et hydrodistillation

La production du broyat

La production du broyat a été effectuée selon la méthode appliquée antérieurement par Mezajoug Kenfack (2010).

Le broyat constitue la farine issue du broyage des noix cuites, servant à l'extraction d'huile pour laisser un résidu appelé tourteau indispensable à l'alimentation animale. Pour obtenir le broyat ou la farine de *T. conophorum*, les amandes séchées ont été transportées à l'endroit de transformation à l'ANVARI où elles ont été broyées à l'aide d'un Moulinex adapté à des broyages fins.

De la récolte à la transformation des noix en tourteau, le passage d'une étape à une autre a été marqué par la pesée du produit et sous-produit de cette matière.

Production du tourteau de *T. conophorum* par pression mécanique

Le broyat écrasé a été transporté en partie au lieu de la transformation où il a été ensuite pressé à l'aide d'un extracteur mécanique (presse manuelle). Ce broyat a subi le compactage à l'aide d'une spatule et fermé avec une plaque en inox et mis dans le cylindre en forme de tamis inséré dans la presse hydraulique de l'extracteur ensuite la goupille a été fermée tout en possédant à l'élévation directe de l'extracteur, ce tamis est garni d'un tissu servant à faire passer l'huile grâce à la pression physique exercée par l'effort démesuré de l'opérateur à manœuvrer la manivelle. Après toutes les 5 minutes, la procédure était de vérifier s'il y a augmentation d'huile dans l'assiette de recueillement et retirer l'huile à l'aide d'une cuillerée à soupe jusqu'à ce qu'il n'y ait rien à récupérer. Ceci s'observe au bout de quelques minutes (3-5 minutes) et à retirer enfin le cylindre dans l'extracteur. Le tourteau était enfin récupéré après avoir recueilli 3 à 4 reprises l'huile aboutissant à un rendement de 25% d'huile pour un cylindre contenant 4 kg de broyat, soit 75% du tourteau produit.

Production du tourteau de *T. conophorum* par hydro distillation

La technique d'hydro distillation permet d'obtenir, à partir d'un mélange complexe, le composé organique souhaité par simple séparation de phases dès lors que ce dernier est non miscible à l'eau. L'avantage principal de cette méthode par rapport à une distillation fractionnée tient aux températures utilisées : l'hétéro azéotrope est distillé à des températures, toujours inférieures à 100 °C.

Afin de mettre à la disposition des aviculteurs fermiers une méthode simple facilement adaptable au contexte local, il a été proposé un essai de production du tourteau par la méthode d'hydrodistillation. A cet effet, une partie du broyat a subi sur place au lieu des expérimentations un traitement par hydro distillation pour produire le tourteau ayant servi d'analyses physico chimiques. Cette technique a consisté à chauffer 10L d'eau dans une marmite placée sur un foyer de feu, à des températures variables puis faire descendre aussitôt la marmite à raison de 4kg de broyat par échantillon.

La solution laissée au repos au bout de 30 minutes (temps d'incubation) laisse monter la matière grasse en surface de l'eau après refroidissement. L'huile est ainsi recueillie à l'aide de la cuillère et l'eau est renversée pour laisser au fond la matière solide.

Cette matière a été ensuite laissée à l'air libre au soleil pendant 4 jours sur le contre-plaqué pour faire disparaître toute la quantité d'eau contenue et obtenir un résidu solide (tourteau).

Sur 16 kg de broyat, 20L d'eau ont été utilisés. La procédure était reprise chaque fois selon la quantité de *T. conophorum* à traiter.

Analyses physico-chimiques des échantillons du tourteau de *T. conophorum*

Les deux types de tourteaux produits ont été séparément constitués en échantillons de 100g, Ces échantillons ont été pesés à l'aide d'une balance (donner la marque et les caractéristiques et sa marge d'erreur) à précision et séparés en 2 essais à raison de 30g, par échantillon (masse de l'échantillon frais : m_o). Ils ont été placés dans des cartouches faites à base du papier filtre, qui lui aussi était pesé au départ. Ces échantillons ont été ensuite séchés dans une étuve ventilée, réglée à 65 ° C dont le protocole est décrit selon la méthode AOAC (2005).

Des pesées ont été effectuées toutes les 24h à deux reprises (en 24h et en 48h), jusqu'à l'obtention d'un poids constant (masse sèche de l'échantillon séché m_s).

Après avoir déterminé les teneurs en eau, les matières sèches obtenues ont été analysées comparativement suivant trois méthodes. Les protocoles décrits et appliqués préalablement par certains auteurs (Diallo Koffi et *al.*, 2015) ont été soigneusement suivis.

- La méthode de Soxhlet, par utilisation de l'Hexane pour déshuiler la matière organique
- La méthode de KJELDAHL, pour le dosage de l'Azote La minéralisation des végétaux ou des aliments, pour le dosage du Ca et P.

Éléments calculés

Rendement en amandes, en broyat, huile et en tourteau

L'application de la règle de trois ou de la formule du ratio ci-après a permis de déterminer le rendement en amandes, en broyat huile et en tourteau de *T.conophorum*.

$$\text{Ainsi, } R_h = \frac{m_h}{mb} \times 100 \quad (Eq1)$$

$$R_t = \frac{mt}{mb} \times 100 \quad (Eq2)$$

Avec : R_h , rendement en huile, R_t , rendement en tourteau ; mb , masse du broyat ; m_h , masse d'huile ; mt , masse du tourteau.

Teneurs en eau

Les teneurs en eau ont été calculées par simple déduction de la matière brute par rapport à la masse moyenne des essais de pesées réalisées au frais et au sec suivant la formule ci-après.

$$\% \text{ Eau} = \frac{m_o - m_s}{m_o} \times 100 \quad \text{Eq3}$$

Avec : m_o = masse des échantillons frais et m_s : masse des échantillons secs ou matières sèches

Teneurs en lipides

Les rendements en huile de ces différents échantillons ont été calculés en utilisant la formule suivante :

$$\% \text{ lipides} = \frac{m_1 - m_0}{m} \times 100 \quad \text{Eq4}$$

Avec m_0 : masse du ballon vide, m_1 : masse du ballon avec huile et m : masse des graines broyées.

Teneurs en minéraux

L'azote, le Ca et le P ont été dosés par minéralisation d'une quantité de 0,5g de l'échantillon séché. Il a été introduit dans un Matra durant 2 heures 30 à l'aide de l'acide sulfurique concentré en présence d'un catalyseur, l'ammoniac libéré a été distillé et recueilli dans une solution d'acide borique ensuite titré par une solution d'acide sulfurique. Les formules suivantes ont été enfin utilisées pour déterminer les teneurs du Ca et P

$$\%Ca = \frac{(Clue - Cblanc) \times 50 \times 0,01}{(2,5 \times m)} \quad \text{Eq5}$$

$$\text{et } \%P = \frac{Clue - Cblanc}{m \times 10} \quad \text{Eq6}$$

avec m , masse de l'échantillon minéralisé

Teneurs en protéines

Les formules ci-dessous ont permis de déterminer le pourcentage d'azote et la teneur en protéines

$$\%N = (VH_2SO_4 \times 0,07) / \text{Pesée} \quad \text{Eq6}$$

$$\text{Taux de protéines} = \%N \times 6,25 \quad \text{Eq7}$$

(qui est le coefficient de multiplication).

Analyses statistiques

Les données obtenues au cours de cette expérience ont été saisies dans le logiciel Excel, puis exportées et analysées avec le logiciel SAS (Statistical Analysis System) version 2013. Le type de tourteau (soja et *T. conophorum*) a été le seul facteur pour le modèle d'analyse de variance. Le test F de Fisher a été utilisé pour déterminer la significativité de l'effet du facteur traitement et le t de student est intervenu pour comparer les moyennes deux à deux.

Résultats et discussion

Rendement en amande, broyat, huile et en tourteau des noix de T. conophorum

Les tableaux 1 et 2 présentent les rendements de la transformation de la noix en tourteau.

Tableau 1. Rendements en amande et en broyat des noix cuites de *Tetracarpidium conophorum*

Rendement	%
Noix ou graines	100
Graines avariées	10
Coques de noix	21
Amandes de noix	69

De ce tableau 1, il ressort que sur une quantité globale de 200kg de noix brutes, 10kg de graines avariées ont été triés ; 180kg de noix ont été soumises à la cuisson. Une quantité de 138kg d'amandes a été obtenue après décortication (42kg de coques). Ces amandes ont été enfin broyées et pressées.

Tableau 2. Rendement en huile et en tourteau des noix cuites de *Tetracarpidium conophorum*

Rendement	T.T.C.P.M. (%)	T.T.C.H.D. (%)
Huile	26,37 ^a	27,50 ^b
Tourteau	73,63 ^a	72,50 ^a

Sur une même ligne, 2 moyennes qui sont suivies par 2 lettres différentes en exposant sont significativement différentes à $P < 0,05$.

T.T.C.P.M : Tourteau du *Tetracarpidium conophorum* produit par presse mécanique

T.T.C.H.D : Tourteau du *Tetracarpidium conophorum* produit par hydrodistillation

Rationnellement, ces tableaux montrent que, 100% de bonnes noix fournissent la production du tourteau de 53,17% et 50,56% respectivement pour la presse mécanique et l'hydrodistillation.

Aussi, 100% d'amandes séchées et broyées permettent l'obtention de 69,36% et 65,94% du tourteau respectivement pour la pression mécanique et l'hydrodistillation.

Après extraction par presse mécanique de 110kg de broyat, 29L d'huile et 81kg de tourteaux ont été produits, par contre pour 20 kg de broyat, l'hydrodistillation a produit 6L d'huile et 14 kg de tourteau.

Ces travaux confirment ceux de Mezajoug Kenfack (2010), qui en déduisant la quantité d'huile contenue dans la matière première de *Tetracarpidium conophorum*, a trouvé un rendement de 3,05kg (76,25%) de tourteau pour 1L d'huile (23,75%). Ces résultats comparés à ceux des expériences de presse à chaud et par solvant réalisé sur chaque échantillon de 980kg de noix, sont supérieurs à ceux du tourteau de colza soit 420kg (43%) d'huile pour 560kg du tourteau (57%) et du tourteau de tournesol soit (45%) d'huile pour 540kg du tourteau (55%). Ils sont légèrement inférieurs à ceux du tourteau de soja 180kg (18,36%) d'huile pour 800kg du tourteau (81,63%) (Interprofession des huiles et protéines végétales, 2020).

Cet oléo protéagineux a un rendement meilleur en tourteau et contient moins d'huile par rapport à d'autres matières comme l'arachide, le safou (Livet et al., 2015 ; Adzona et al., 2019).

Les résultats de production par presse mécanique sont similaires à ceux réalisés par Mezajoug Kenfack (2010) qui en évaluant les propriétés nutritionnelles et fonctionnelles des protéines de tourteaux, de concentras et d'isolats de *Tetracarpidium conophorum*, a obtenu un rendement en tourteau de 73,33%. Ces résultats montrent que le protocole de production du tourteau appliqué à la présente étude a été conforme à celui de ce premier auteur qui a déterminé pour la première fois la durée optimale de cuisson traditionnelle des graines à 120 min temps où la digestibilité est meilleure et à 30 min, la concentration en substances anti nutritionnelles est élevée (Mezajoug Kenfack2010).

Par comparaison des résultats des deux méthodes, aucune différence significative n'a été observée, ce qui laisse à croire que la méthode d'hydrodistillation bien qu'elle soit traditionnelle, est applicable à l'échelle d'une aviculture fermière. Cela explique que le rendement en huile et en tourteau varie avec la nature du produit à déshuiler peu importe la technique utilisée surtout si le procédé celle-ci est bien subi. Le présent rendement d'extraction répond à la standardisation des techniques reconnues à l'échelle scientifique.

En revanche, la légère différence observée sur le rendement en tourteau et en huile entre les deux techniques pourrait se justifier par la nature des acides gras hyper thermolabiles contenus dans les huiles de ces amandes tels que les Oméga 3 qui sont sensibles à des températures d'ébullition qu'elles soient modérées. Donc cela stipule que les analyses chimiques de ces deux types de tourteaux pourraient donner des teneurs en huiles moins élevées pour le tourteau produit par hydrodistillation par rapport au tourteau produit par pression mécanique.

Rendement en certains constituants chimiques du tourteau de *T. conophorum*

Les résultats des différents constituants chimiques du tourteau de *T. conophorum* analysés sont consignés dans le tableau 3.

Tableau 3. Composition du tourteau de *T. conophorum* en certains constituants chimiques

Constituants (%)	T.T.C.P.M. (%)	T.T.C.HD. (%)
Eau	8,90 ^a	3,27 ^b
MS	91,10 ^b	97,63 ^a
Lipides	14,46 ^a	10,78 ^b
Protéines brutes	43,75 ^a	24,63 ^b
Glucides	-	-
Calcium	3,17 ^a	1,94 ^b
Phosphore	0,85 ^a	0,46 ^b

Sur une même ligne, 2 moyennes qui sont suivies par 2 lettres différentes en exposant sont significativement différentes à $P < 0,05$.

D'une manière générale, les concentrations chimiques du tourteau produit varient d'une méthode à une autre.

La presse mécanique a produit un tourteau contenant plus de matière organique notamment les lipides et protéines (azote y compris) suivi du calcium et du phosphore, alors que le tourteau obtenu par hydrodistillation a moins d'eau et plus de la matière sèche. Cette variabilité s'explique du fait de la nature du traitement appliqué. En effet, la technique d'hydrodistillation fait appel à la chaleur qui certes a un léger degré d'ébullition (60-80°C), mais dénature la qualité nutritionnelle tant lipidique que protéique de la matière ainsi que les minéraux hydrothermosensibles. Ces résultats confirment ceux réalisés par Mezajoug Kenfack (2010), qui, en évaluant la composition physico chimique du tourteau de *T. conophorum* par les mêmes méthodes a conclu que la concentration du tourteau en protéines brutes varie avec la solubilité protéique de la matière, aussi, les teneurs en matières sèche et lipides sont fonctions de la capacité de rétention d'eau et d'huile par rapport au pH à différentes concentrations et surtout par rapport à la solubilité dans le milieu de solubilisation.

Ces résultats sont similaires à ceux trouvés par Mezajoug Kenfack (2010) soit (94,94MS, 6,6% eau, 6,12%MM, 56,98% MAT et 2,03% MG). Les teneurs en eau trouvées montrent que les tourteaux obtenus des graines cuites de cette Euphorbiacée sont favorables pour une conservation de longue durée. D'autre part, sur le plan microbiologique, ces teneurs faibles en eau limitent le développement des microorganismes, à l'exception des moisissures comme l'affirment (Chapeland-Leclerc et al., 2005).

Les résultats obtenus sur la composition chimique du tourteau de *T. conophorum* produit par presse mécanique (standard) notamment en MS et en protéines brutes sont approximativement similaires à ceux réalisés par ce même auteur qui a trouvé 90,69% de MS et 49,25% de MAT. Quant aux teneurs en Ca et P, les résultats sont divergents, soit 0,64 Ca et 2,03P (Mezajoug Kenfack, 2010).

Les convergences et divergences observées sur la composition chimique des tourteaux des deux techniques expliquent simplement que le résultat chimique est fonction des conditions de faisabilité. Ces résultats comparés à ceux des analyses physico-chimiques des autres matières conventionnelles des travaux réalisées par certains auteurs notamment le tourteau de colsa (9% eau, 91%MS, 2% MG, 34%MAT, 7% MM) le tourteau de tournesol (9% eau, 91%MS, 2% MG, 28%MAT, 6% MM) et le tourteau de soja (2% eau, 98%MS, 2% MG, 46%MAT, 6% MM) sont proches (Interprofession des huiles et protéines végétales, 2020) ; malgré quelques variabilités observées au niveau des matières grasses plus élevées dans cette étude.

Cependant, la variabilité observée entre ces études s'explique par la nature du produit et des traitements appliqués. En effet, les traitements hydrothermiques utilisés dans la présente étude (presse mécanique et hydrodistillation) se sont arrêtés à la première délipidation du broyat (huile brute) et n'ont pas été approfondis de manière à faire la deuxième délipidation sur le tourteau pour produire l'huile raffinée. D'ailleurs, Mezajoug Kenfack, (2010) affirme que le tourteau de *T.conophorum* contient d'autres acides gras de nature omega 3 qui ne dessoudent pas facilement en présence de l'eau, à certain degré de température. En plus les techniques de solvatation appliquées à ces études permettent l'obtention du tourteau net ayant plus d'éléments nutritifs (Mezajoug Kenfack, 2010).

Ces présents résultats seraient encore meilleurs si les techniques appliquées dans la présente étude avaient été renforcées par l'utilisation des solvants tels que l'hexane bien que moins adapté pour une aviculture fermière, pour des raisons économiques de cherté (10.000FCFA le prix d'un litre).

En revanche, la teneur en MAT du tourteau de *T. conophorum* obtenu par presse mécanique est plus élevée que celle des autres tourteaux locaux non conventionnels tels que les tourteaux de sésame (35,42%) de coprah (22,42%), de courge (31,41%), de safou (19,28%) trouvée par Adzona, (2019).

Ce taux est proche de celui du tourteau de soja (46%), tourteau conventionnel le plus utilisé en alimentation de volaille à l'échelle internationale.

Conclusion

L'objectif de ce travail était de comparer deux techniques de production du tourteau de *T. conophorum*, notamment le rendement et la composition chimique. Les résultats ont montré que quelle que soit la procédure de délipidation appliquée, le rendement est le même pour différents traitements. Les analyses chimiques ont montré une différence significative en MAT au profit du tourteau produit par presse mécanique par rapport à celui produit par hydrodistillation (43,75% contre 23,63%). Cette différence peut être expliquée par la température de l'eau utilisée pour diluer le broyat. Les deux hypothèses formulées au départ ont été vérifiées.

La production du tourteau par ses deux procédés ouvre des perspectives intéressantes dans la valorisation des bioressources locales en aviculture tropicale.

Remerciements

Les auteurs expriment leur gratitude envers l'Institut national de Recherche Agronomique. Ce travail a bénéficié également de l'appui technique du Docteur Florence Dorothee Sianard, Directrice de l'Agence Nationale de la Valorisation des Résultats de la Recherche et de

l'Innovation(ANVRI) ; de Madame Diane Mavoungou, Présidente de la Coopérative Santé et Nature (CSN) pour la production du tourteau et du Docteur Ossoko Jean Paul Latran, pour son apport lors de la réalisation des analyses physico-chimiques. Enfin, nos sincères remerciements à l'endroit du Directeur de l'ENSAF et le Directeur de l'IRSEN pour avoir accepté la réalisation des analyses physico-chimiques des échantillons dans leurs laboratoires d'analyses des échantillons.

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

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

Déclaration de financement : Les auteurs n'ont obtenu aucun financement pour cette recherche.

References:

1. Adzona P.P, Bonou G.A, Bati JB, Ndinga F.A, Ondjomoko L.D, Itoua P.L, Kiki P.S, Dotchet I.O, Banga-Mbokoko H. & Abdou-Karim I. (2019). Influence du tourteau de sésame en alimentation fractionnée séparée et séquentielle sur les performances zootechniques et économiques du poulet de chair standard de la souche Cobb 500, *Revue Internationale des Sciences Appliquées*, 2(1) : 1-11.
2. Adzona PP. (2019). Influence de quatre tourteaux locaux non conventionnels en alimentation mélangée, fractionnée et séquentielle chez la volaille en milieu tropical. Thèse de doctorat unique, Faculté des Sciences et Techniques, Université Marien Ngouabi, Brazzaville, Congo, 133 P.
3. Akassa, H., Peneme B.M.L., Moukouma C. Mongo D-M. B. G., Osandze R., Etou-Ossibi A.W., (2023). Seroidogenic effects and phytochemical profile of aqueous extra of *Tetracarpidium conphorum* (Mull. Aeg.) & Huth kernels in male rats. *Journal of Biosciences and Medicines*. 11: 156-167. Doi: 10.436/JBM.2023.1110015.
4. Anonyme, (2019). Lékana (Ville). [En ligne], sur « [https://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=Lékana_\(ville\)&oldid=162542356](https://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=Lékana_(ville)&oldid=162542356) ». Consulté le 25 juin 2021.
5. AOAC, (2005). Official method of analysis of the Association of official analytical chemist, 5th ad. AOAC press, Arlington Virginia USA.
6. Bernadin J., (2012). Agroforestry and socioeconomic potential of a non-conventional liana :*Tetracarpidium conophorum* (Müll. Arg.) Huch. and Dalz. in Cameroon. Higher Institute of Environmental Sciences,

Yaounde, Cameroon article, See discussions, stats, and author profiles for this publication at: <https://www.researchgate.net/publication/263008600>. Consulté le 15 février 2021.

7. Chapeland-Leclerc F., Papon N., Noël T. & Villard J. (2005). Moisissures et Risques. Alimentaires (Mycotoxicoles). *Revue Française des laboratoires*, 373 : 61 – 66.
8. Diallo Koffi S, Doudjo S, Koné Kisselmina Y, Assidjo Nogbou E, Yao Kouassi B, et Gnakri D (2015), Fortification et substitution de la farine de blé par la farine de Voandzou (*Vigna subterranea L. verdc*) dans la production des produits de boulangerie. *International Journal of Innovation and Scientific Research*.14 (18): 434-44Ezugwu N.S., Anyanwu G. E. & Nto J.N. (2021). Ameliorative Effect of The Seed of *Tetracarpidium conophorum* (African Walnut) on wistar Rats with Doxorubicin Induced Cardiac Toxicity. *Research. Analyses Journal*. 4: 349-360.<http://dx.doi.org/10.4314/jab.v97i1.6>. Interprofession des huiles et protéines végétales. (2020). Cultures et utilisation des produits débouché en alimentation animale des tourteaux d'oléagineux.<https://www.univiva.fr/PRODUITS/BOUCHES/alimentation animale>. Consulté le 04 Aout 2023.
9. Jiofack T., Lejoly J., Tchoundjeu Z. & Guedje N.M. (2012). Agroforestry and socioeconomic potential of a non-conventional liana: *Tetracarpidium conophorum* (Müll. Arg.) Hutch. & Dalz. in Cameroon, *Bois et forêts des tropiques*, 3 (313), 36.
10. Kapseu C. (2009). Production, analyse et applications des huiles végétales en Afrique. OCL 16 (4) : 2015-229. <http://dx.doi.org/10.1051/ocl.2009.0280>
11. Livet A, Daspres N, Lepeule C. & Bordeaux C. (2015). Tourteau de sésame. Etat des lieux et perspectives de développement d'une filière pour l'alimentation avicole biologique. *Aviaal. Biological, Alimentation.*, 2, 12p.
12. Mbanza–Mbanza B.B., Bati J.B., Adzona P.P., Guembo J.R., Ntsoumou M.V., Saboukoulou A.J. & Banga Mboko H. (2023). Evaluation des Doses Variables du Miel Local de *Apis Mellifera adansonii* Latr. 1789 du Congo sur les Performances Zootechniques des Poulets de Chair standard. *European Scientific Journal*, 19 (9):89-101. Doi:10.19044/esj.2023.v19n9p89.
13. Mezajougkenfack L. B (2010). Propriétés nutritionnelles et fonctionnelles des protéines de tourteaux, de concentrats et d'isolats de *Ricinodendron heudelotii* (Bail.) Pierre ex Pax et de *Tetracarpidium conophorum* (Müll. Arg) Thèse en vue d'obtention du grade de Docteur

- de L'institut National Polytechnique de Lorraine, Spécialité : Procédés Biotechnologiques et Alimentaires, Université de N'Gaoundéré, Cameroun, 188p.
14. Montfort M. A. (2005). Notes et études économiques. Filières oléagineuses, N° 23, pp 55– 85.
 15. Moure A., Sineiro J., Domínguez H. & Parajó J. C. (2006). Functionality of oilseed protein products: A review. *Food Research International*, 38 (9), 945–963.
 16. Nys Y. (2001). Oligo-éléments, croissance et santé du poulet de chair. INRA. *Production Animal*. 14: 171-180.
 17. Nzaba D. (2014). Typologie et évaluation de l'offre en aliment de bétail par les minoteries de Brazzaville Mémoire présenté en vue de l'obtention du diplôme de licence professionnelle en productions et santé animales. Université Marien Ngouabi, Ecole Nationale Supérieure d'Agronomie et de Foresterie, Brazzaville, Congo, 45 p.
 18. Oriakhi K, Uadia PO. (2020). Hepatoprotective Fractions from Methanol Extract of *Tetracarpidium conophorum* (African walnut), *Archet. Bassin. Appliqued Medecine*. 8: 45 – 48. DOI: 10.1111/jfbc.13288
 19. Ossoko J.P.L, Dzondo M.G, Miakayizila B.D.E, Mvoula Tsieri M.D. (2021). Assessment of the nutritional potential of the kernels of the seeds of *Tetracarpidium conophorum* collected in lékana in the department of plateaux in the republic of congo. *Journal Biological Innovation* 10 (4): 1102-1110. DOI: <https://doi.org/10.46344/JBINO.2021.V10i04.17>
 20. Sianard, FD. (2010). Inventory of Congo's psychotropic herbs, detoxification recipes and chemical and pharmacological studies of indigofera capitatakotschy and *Tetracarpidium conophorum* (Mull-Arg) Hutch. & Dalziel. Doctoral thesis, University Marien Ngouabi, Discipline: Chimie – Technology– Modélisation, 2, 152p.
 21. Sonaiya B.E. et Gueya E. L. H.F., (2011). Statistiques d'élevage en 2010. Dakar : DIREL, 5p.
 22. UchekukwuNkeirukayvonne C., (2017). "Phytochemical and Proximate Compositions of *Tetracarpidium Conophorum* [African Walnut] Seeds", *Int. Journal .Research Studes Biosciences*. 5 (10): 25-31. Mettre les parenthèses

Varicocèle : Profil Epidémiologique, Clinique, et Paraclinique dans une Ville Sub-Saharienne

Sikpa Komi Hola

CHU Kara, Togo

Agbedey Messan Semefa

CHU Sylvanus Olympio, Lomé, Togo

Sewa Edoe Viyome

CHP d'Aného, Aného, Togo

Zoleko Voufack Jores Patrick

CHU Sylvanus Olympio, Lomé, Togo

Botcho Gnindou

CHR Sokode, Sokode, Togo

Mbuya Musapudi Eric

Nonoa Bawa

Kpatcha Tchilabalo Matchonna

CHU Kara, Togo

Tengue Kodjo

CHU Sylvanus Olympio, Lomé, Togo

[Doi:10.19044/esj.2023.v19n36p193](https://doi.org/10.19044/esj.2023.v19n36p193)

Submitted: 19 October 2023

Accepted: 25 December 2023

Published: 31 December 2023

Copyright 2023 Author(s)

Under Creative Commons CC-BY 4.0

OPEN ACCESS

Cite As:

Sikpa K.H., Agbedey M.S., Sewa E.V., Zoleko V.J.P., Botcho G., Mbuya M.E., Nonoa B., Kpatcha T.M. & Tengue K. (2023). *Varicocèle : Profil Epidémiologique, Clinique, et Paraclinique dans une Ville Sub-Saharienne*. European Scientific Journal, ESJ, 19 (36), 193. <https://doi.org/10.19044/esj.2023.v19n36p193>

Résumé

But : décrire les aspects épidémiologiques, cliniques, et paracliniques des patients pris en charge pour varicocèle à Lomé.

Patients et méthodes : Il s'est agi d'une étude rétrospective, monocentrique, à caractère descriptif, couvrant la période allant du 1er janvier 2016, au 31 Décembre 2021, soit une période de 06 ans. Notre étude a porté sur les patients vus en consultation, dans le service d'urologie du CHU SO, chez qui le diagnostic de varicocèle avait été posé. Nos critères d'inclusion étaient : tous patients chez qui le diagnostic de varicocèle avait été posé, et qui avaient

consulté dans le service d'urologie du CHU Sylvanus Olympio. Les paramètres étudiés étaient : les aspects épidémiologiques (âge, le statut matrimonial), les aspects cliniques (les circonstances de découverte, le côté atteint, la classification de la varicocèle selon Dubin et Amelar), les aspects paracliniques (étude du spermogramme, l'échodoppler testiculaire).

Résultats : après dépouillement, 47 dossiers avaient été retenus. L'âge moyen des patients était de $33 \pm 7,8$ ans, avec des extrêmes de 19 ans et 50 ans. Les patients mariés étaient les plus représentés avec un pourcentage de 76,6% (36 patients) ; L'infertilité du couple était la circonstance de découverte la plus représentée avec 59,6% des cas. La varicocèle était à prédominance bilatérale chez 31 patients soit 66% des cas. La varicocèle de grade II selon la classification du Dubin et Amelar était la plus retrouvée avec 51,1% des cas. La numération moyenne de spermatozoïdes était de $17,7 \pm 3,4 \times 10^6/\text{ml}$ avec des extrêmes de 0 et $35 \times 10^6/\text{ml}$. La mobilité totale moyenne était de $38,2 \pm 15,7\%$ avec des extrêmes de 0 et 70%. La vitalité moyenne était de $49,8 \pm 12,2\%$ avec des extrêmes de 0 et 65%. L'anomalie du spermogramme la plus retrouvée était l'oligoasthenozoospermie chez 18 patients soit 38,3%.

Conclusion : varicocèle fréquemment découverte chez les hommes mariés, et l'oligoasthenozoospermie est l'anomalie la plus retrouvée au spermogramme.

Mots-clés: Varicocèle ; clinique, paraclinique, infertilité, ville sud-saharienne

Varicocele: Epidemiological, Clinical, and Paraclinical Profile in a Sub-Saharan City

Sikpa Komi Hola

CHU Kara, Togo

Agbedey Messan Semefa

CHU Sylvanus Olympio, Lomé, Togo

Sewa Edoe Viyome

CHP d'Aného, Aného, Togo

Zoleko Voufack Jores Patrick

CHU Sylvanus Olympio, Lomé, Togo

Botcho Gnimdou

CHR Sokode, Sokode, Togo

Mbuya Musapudi Eric

Nonoa Bawa

Kpatcha Tchilabalo Matchonna

CHU Kara, Togo

Tengue Kodjo

CHU Sylvanus Olympio, Lomé, Togo

Abstract

Objective: describe the epidemiological, clinical, and paraclinical aspects of patients treated for varicocele in Lomé. **Methods:** This was a retrospective, single-center, descriptive study, covering the period from January 1, 2016, to December 31, 2021, i.e. a period of 06 years. Our study focused on patients seen in consultation, in the urology department of the teaching hospital Sylvanus Olympio, in whom the diagnosis of varicocele had been made. Our inclusion criteria were all patients in whom the diagnosis of varicocele had been made, and who had consulted the urology department of teaching hospital Sylvanus Olympio. The parameters studied were epidemiological aspects (age, marital status), clinical aspects (circumstances of discovery, affected side, classification of varicocele according to Dubin and Amelar), paraclinical aspects (study of spermogram, testicular duplex ultrasound). **Results:** after analysis, 47 files were retained. The average age of the patients was 33 ± 7.8 years, with extremes of 19 and 50 years. Married patients were the most represented with a percentage of 76.6% (36 patients). Infertility of the couple was the most common discovery circumstance with 59.6% of cases. The varicocele was predominantly bilateral in 31 patients or 66% of cases. Varicocele grade II according to the Dubin and Amelar classification was the most common with 51.1% of cases. The average sperm

count was $17.7 \pm 3.4 \times 10^6/\text{ml}$ with extremes of 0 and $35 \times 10^6/\text{ml}$. The average total mobility was $38.2 \pm 15.7\%$ with extremes of 0 and 70%. The average vitality was $49.8 \pm 12.2\%$ with extremes of 0 and 65%. The most common spermogram abnormality was oligoasthenozoospermia in 18 patients or 38.3%. Conclusion: varicocele is frequently discovered in married men, and oligoasthenozoospermia is the most common abnormality found in the spermogram.

Keywords: Varicocele; clinical, paraclinical, infertility, sub-Saharan city

Introduction

La varicocèle est une dilatation variqueuse des veines du plexus pampiniforme. Elle est liée à une absence ou à une incontinence valvulaire du réseau veineux spermatique, responsable d'un flux rétrograde vers les plexus gonadiques. A cette dilatation parfois visible ou palpable, s'associe souvent une hypotrophie testiculaire (Wagner et al, 2002). La varicocèle est fréquente, et est présente dans 15% de la population masculine (Bouchot et al, 1999), avec une incidence qui peut atteindre jusqu'à 22% des hommes dans la population générale (Wagner et al, 2006). Elle est découverte chez environ 35% des patients, présentant une infertilité primaire, et chez 81% des patients, avec une infertilité secondaire (Gorelick et al, 1993). Le mécanisme exact par lequel la varicocèle affecte la fertilité, reste indéterminé (Baazeem et al, 2009) ; des lésions testiculaires d'intensité variable et s'aggravant avec le temps, sont évoquées. L'incidence des douleurs scrotales, associées à la varicocèle, est de 2 à 10% (OWH,1992). Au Sénégal, DIAO (Diao et al, 2012), avait rapporté dans son étude, qu'une hypotrophie testiculaire était associée à la varicocèle dans 62% des cas, et l'anomalie spermatique la plus fréquente, était une oligoastheno- térazoospermie. Au Maroc, BENAZZOUZ (Benazzouz et al, 2014), avait retrouvé dans sa série, la douleur scrotale comme principale circonstance de découverte dans 79,5% des cas, avec une hypotrophie testiculaire dans 7% des cas, et les anomalies du spermogramme se voyaient dans 69,2% des cas. Au Togo, on a peu de données sur la varicocèle, et ses conséquences. Le but de ce travail était de décrire les aspects épidémiologiques, cliniques et paracliniques des patients pris en charge pour varicocèle au CHU Sylvanus Olympio (CHU SO) de Lomé.

Patients et méthodes:

Il s'est agi d'une étude rétrospective, monocentrique, à caractère descriptif, couvrant la période allant du 1er janvier 2016, au 31 Décembre 2021, soit une période de 06 ans.

Notre étude a porté sur les patients vus en consultation, dans le service d'urologie du CHU SO, chez qui le diagnostic de varicocèle avait été posé.

Nos critères d'inclusion étaient : tous patients chez qui le diagnostic de varicocèle avait été posé, et qui avaient consulté dans le service d'urologie du CHU Sylvanus Olympio.

Nos critères de non-inclusion : n'ont pas été inclus dans notre étude, les dossiers incomplets des patients ayant consulté dans le service d'urologie du CHU Sylvanus Olympio, et chez qui le diagnostic de varicocèle avait été posé.

Les paramètres étudiés étaient : les aspects épidémiologiques (âge, le statut matrimonial), les aspects cliniques (les circonstances de découverte, le côté atteint, la classification de la varicocèle selon Dubin et Amelar (1970)), les aspects paracliniques (étude du spermogramme, l'échodoppler testiculaire).

Les sources de données ont été : les dossiers médicaux de consultation des patients ; les données ont été consignées sur une fiche de recueil avec préservation de l'anonymat. Le traitement des données avait été fait avec le logiciel Epi info 7.

Résultats :

Données sociodémographiques

Après dépouillement des dossiers des patients, chez qui le diagnostic de varicocèle avait été posé durant la période d'étude, 47 dossiers avaient été retenus, sur un total de 1244 patients hospitalisés durant la même période ; soit une fréquence hospitalière de 3,8 %.

-Age

L'âge moyen des patients était de $33 \pm 7,8$ ans, avec des extrêmes de 19 ans et 50 ans. La tranche d'âge de 30- 40 ans était la plus représentée dans notre étude, comme l'indique la figure 1.

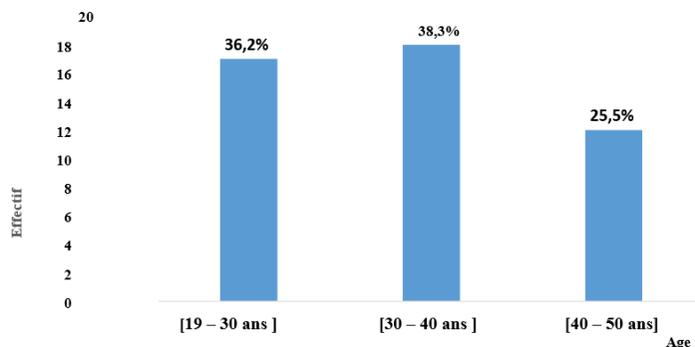


Figure 1. Répartition des patients selon l'âge

-Situation matrimoniale

Les patients mariés étaient les plus représentés avec un pourcentage de 76,6% (36 patients) ; les célibataires étaient au nombre de 11 avec un pourcentage de 23,4%.

Données cliniques

L'infertilité du couple était la circonstance de découverte la plus représentée.

Elle était retrouvée chez 28 patients soit un pourcentage de 59,6%. La douleur testiculaire était la deuxième circonstance de découverte la plus retrouvée, avec un pourcentage de 36,6%. La figure 2 montre la répartition des patients selon les circonstances de découverte.



Figure 2. Répartition des patients selon les circonstances de découverte de la Varicocèle

-Signes cliniques

A l'examen clinique, on a retrouvé 9 patients avec une hypotrophie testiculaire, soit 19,1% des cas. Cette hypotrophie testiculaire était présente chez les patients ayant une varicocèle de grade III. On notait une tuméfaction testiculaire chez 26 patients. Les signes cliniques sont présentés dans le tableau I.

Tableau I. Répartition des patients selon les signes cliniques

	Effectif	%
Tuméfaction testiculaire	26	55,3
Gauche	10	38,5
Droite	4	15,4
Bilatérale	12	46,1
Veines dilatées et tortueuses	12	25,5
Hypotrophie testiculaire	9	19,2
Total	47	100

-Distribution de la varicocèle en fonction du côté atteint

La varicocèle était à prédominance bilatérale chez 31 patients, soit 66% des cas. La figure 3 montre la répartition des patients en fonction du côté où se trouve la varicocèle

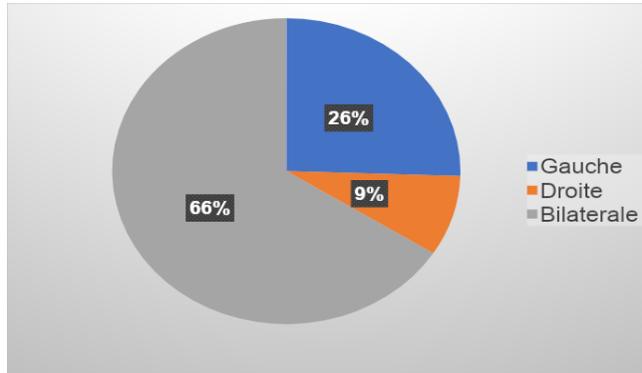


Figure 3. Répartition des patients selon le côté atteint

-Grade de la varicocèle

La varicocèle de grade II selon la classification du Dubin et Amelar était la plus représentée. Elle était retrouvée chez 24 patients, soit un pourcentage de 51,1% (figure 4).

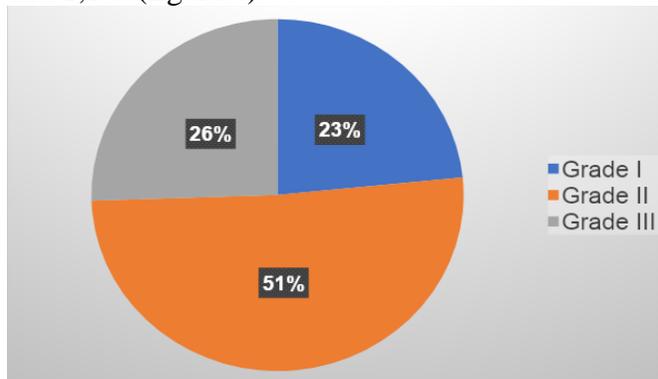


Figure 4. Répartition des patients en fonction du grade de varicocèle

Données paracliniques

-Imagerie

L'échodoppler veineux testiculaire avait pour but d'identifier le reflux et aussi de confirmer l'hypotrophie testiculaire décelée à la clinique.

Les résultats de l'échodoppler veineux sont présentés dans le Tableau II

Tableau II. Répartition des patients selon les résultats de l'échodoppler veineux

	Effectif	%
Varicocèle bilatérale	22	46,8
Varicocèle gauche	12	25,5
Varicocèle droite	4	8,5
Varicocèle kyste épидидymaire et hypotrophie bilatérale	3	6,4
Varicocèle avec hypotrophie testiculaire bilatérale	6	12,8
Total	47	100

-Biologie

Tous nos patients avaient réalisé la testostéronémie, et on retrouvait chez chacun d'entre eux une valeur normale. (Entre 8,2-34,6nmol/l)

-Spermogramme

La numération moyenne de spermatozoïdes était de $17,7 \pm 3,4 \times 10^6/\text{ml}$ avec des extrêmes de 0 et $35 \times 10^6/\text{ml}$. La mobilité totale moyenne était de $38,2 \pm 15,7\%$ avec des extrêmes de 0 et 70%. La vitalité moyenne était de $49,8 \pm 12,2\%$ avec des extrêmes de 0 et 65%.

L'anomalie du spermogramme la plus retrouvée était l'oligoasthénospermie chez 18 patients, soit 38,3% des cas, suivie de l'oligospermie chez 17 patients, soit 36,2% des cas. Le spermogramme était normal chez 5 patients, soit 10,6% des cas. La répartition des patients selon les résultats des spermogrammes est présentée dans le tableau III.

Tableau III. Répartition des patients selon les résultats des spermogrammes

	Effectif	%
Oligoasthénospermie	18	38,3
Oligospermie	17	36,2
Azoospermie	6	12,8
Normal	5	10,6
Polyzoospermie, leucospermie et tératozoospermie	1	2,1
Total	47	100

Discussion

Age et statut matrimonial

Dans notre étude, l'âge moyen était de $33 \pm 7,8$ ans. Ce résultat est similaire à ceux de LEUNG en Chine (Leung et al, 2013) et DIAO au Sénégal (Diao et al, 2012) qui avaient respectivement trouvé 35,5 et 36,5 ans.

La tranche d'âge la plus représentée dans notre série, était celle de 30 à 40 ans. Nos résultats sont similaires à ceux de JALLOULI en Tunisie, où la tranche d'âge la plus représentée était la même (Jallouli et al, 2008). La varicocèle est donc souvent découverte chez l'adulte, après la trentaine. Cela peut s'expliquer par le fait qu'au delà de 30 ans, l'homme, après quelques

années de mariage sans enfant, vient consulter, car il y a un désir de devenir « papa ».

Cela s'est confirmé dans notre étude, car 76,6% des patients étaient mariés ; la plupart du temps, le diagnostic de varicocèle se faisait dans le cadre du bilan d'infertilité. Nos résultats sont similaires à ceux de YEVI au Bénin, qui avait trouvé dans son étude, un pourcentage de 74% (Yevi et al, 2020). Cependant, la varicocèle peut survenir à tout âge ; elle toucherait également moins de 15% des enfants et adolescents. C'est plus l'inquiétude des parents, devant l'apparition des varicosités scrotales, plutôt qu'une symptomatologie douloureuse, qui va entraîner une consultation. Il se posera alors chez ces adolescents un problème : faut-il traiter ou pas ?

Clinique

-Circonstances de découverte

L'infertilité conjugale était la première circonstance de découverte de la varicocèle dans notre étude avec un nombre de 28 patients soit un pourcentage de 59,6%. Ce résultat est similaire à celui de DIALLO, qui avait trouvé l'infertilité conjugale comme principale circonstance de découverte de la maladie dans 80,7% des cas (Diallo et al, 2015).

Cependant chez les adolescents, SINANOGLU en Turquie, avait trouvé l'hypotrophie ou l'atrophie testiculaire comme circonstance de découverte de la varicocèle (Sinanoglu et al, 2012).

Parfois asymptomatique, d'autres symptômes peuvent être retrouvés : pesanteur au niveau scrotal, douleurs lors d'efforts physiques ou en position debout.

-Distribution de la varicocèle

La varicocèle était bilatérale dans 66% des cas, gauche dans 25,5%, et droite dans 8,5% des cas. Ces résultats sont contraires aux données de la littérature qui montrent pour la plupart une prédominance de la varicocèle à gauche comme le suggère les études de MENDEZ-GALLART en Espagne (Mendez-Gallart et al, 2009), et GALFONO en Italie (Galfano et al, 2008). DIALLO en Guinée (Diallo et al, 1994), et GUEYE au Sénégal (Gueye et al, 1999) avaient respectivement rapporté 96,3% et 85,5% avec une prédominance du côté gauche. Cependant, d'autres études révélaient une prédominance bilatérale ; c'est le cas de l'étude de JALLOULI en Tunisie (Jallouli et al, 2008), ainsi que celle de HODONOU au Benin (Hodonou et al, 2019); ceci peut être expliqué par plusieurs facteurs liés à la structure anatomique des veines spermatiques : en effet la veine spermatique droite rejoint directement la veine cave inférieure en un angle aigu, et la veine spermatique gauche rejoint la veine rénale gauche en un angle droit ; d'où la prédominance de la varicocèle à gauche.

-Grade de la varicocèle

Dans notre étude, les varicocèles de grade III et de grade II selon la classification de Dubin et Amelar (1970), étaient les plus représentées avec des pourcentages respectifs de 25,5% et 51,1%. DIALLO avait trouvé dans son étude, 49,6% des varicocèles de grade III, et 33,6% des varicocèles de grade II (Diallo et al, 2015). Ceci peut s'expliquer par le fait que les varicocèles de grade I et 0 passent parfois inaperçues à la clinique.

-Examen de la taille des testicules

L'hypotrophie testiculaire dans notre étude a été retrouvée chez 9 patients, soit 19,2%, et tous ces patients avaient un grade III de varicocèle soit 75%. Nos résultats sont similaires aux données de la littérature. En effet, selon les données de la littérature il existerait une corrélation entre le degré de gravité de la varicocèle, et la survenue d'une hypotrophie testiculaire : jusqu'à 20% de varicocèles de grade III s'accompagnent d'une hypotrophie testiculaire (Niedzielski et al, 1997). L'hypotrophie testiculaire est une des conséquences les plus reconnues de la varicocèle (Lipshultz et al, 1977). DIALLO avait retrouvé dans son étude, une hypotrophie testiculaire dans 14,3% des cas, dont 22% des cas étaient associés à des varicocèles de grade III (Diallo et al, 2015).

-Spermogramme

L'anomalie la plus retrouvée au spermogramme était l'oligoasthénozoospermie dans 38,3% des cas, suivie de l'oligospermie dans 36,2% des cas. Ce résultat ne confirme pas les données de la littérature selon lesquelles, le profil spermatique d'un patient porteur de varicocèle correspond le plus souvent à une oligoasthénotérazoospermie (Comhaire et al, 2006). DIALLO (Diallo et al, 2015) et DIAO (Diao et al, 2012) avaient respectivement trouvé dans leur étude une oligoasthénotérazoospermie dans 46,2% et 63,2% des cas.

La varicocèle, entraîne une altération de la spermatogenèse par atteinte des cellules de SERTOLI, et elle entraîne également une diminution de la production de testostérone par les cellules de LEYDIG associée et/ ou en lien avec des modifications histologiques de celles-ci. Elle s'accompagne d'un volume d'éjaculat normal, voire d'une hyperspermie, parfois d'une augmentation du nombre de cellules rondes, marquant la libération prématurée des cellules germinales. Une augmentation de la leucospermie peut également être retrouvée. Le spermocytogramme montre classiquement des anomalies de la tête des spermatozoïdes (allongées ou amincies), des anomalies de la pièce intermédiaire à type de reste cytoplasmique (persistance de la gouttelette cytoplasmique) ou encore des anomalies flagellaires à type d'enroulement. Une atteinte testiculaire avec une diminution de la taille du testicule est

reconnue. L'existence de cofacteurs aggravant comme le tabagisme actif est aussi incriminé (Nevoux et al, 2009).

Conclusion

La varicocèle à Lomé, est diagnostiquée le plus souvent chez les hommes mariés, de la trentaine, dans un contexte de désir de paternité. L'oligoasthenozoospermie était l'anomalie la plus retrouvée quand un spermogramme est demandé.

Conflit d'intérêt : les auteurs n'ont signalé aucun conflit d'intérêt

Disponibilité des données : toutes les données sont incluses dans le contenu de l'article

Déclaration de financement : les auteurs n'ont reçu aucun financement pour cette recherche

Déclaration pour les participants humains : cette étude a été approuvée par le comité d'éthique, et les principes de la déclaration d'Helsinki ont été respectés.

Références :

1. Baazeem, A., Boman, JM., Libman, J., Jarvi, K., Zini, A. (2009) Microsurgical varicocelectomy for infertile men with oligospermia: differential effect of bilateral and unilateral varicocele on pregnancy outcomes. *BJU Int.* Août 2009 ;104(4) :524-8.
2. Benazzouz, MH., Essatara, Y., El Sayegh, H., Iken, A., Benslimane, L., Nouini,
3. Y. (2014). Impact de la varicocèle sur le volume testiculaire et les paramètres spermatiques. *Pan Afr Med J.* 2014 ;19:334
4. Bouchot, O., Prunet, D., Gaschignard, N., Buzelin, JM. (1999). Chirurgie de la varicocèle : résultats sur la mobilité et la morphologie des spermatozoïdes. *Prog. En Urol.* 1999 ;9 :703-6.
5. Comhaire, F., Mahmoud, A. (2006). Implications of multifactorial aetiology in the diagnosis and management of male infertility. In: *Andrology for the clinician.* Springer; 2006. p. 33-5.
6. Diallo, AB., Bah, I., Barry, M., Diallo, TMO., Bah, MD., Kanté, D., Cissé, D., Bah, OR., Diallo, MB. (2015). La varicocèle de l'adulte : aspects anatomo-cliniques et résultats thérapeutiques au service d'urologie-andrologie du CHU de Conakry, Guinée. *Afr J Urol.* 2015 ;21(2) :137-41.

7. 6. Diallo, MB., Bah, I., Diabaté, IBI. (1994). La varicocèle au CHU Ignace Deen Conakry, étude rétrospective. Guinée Médicale. 1994 ;7 :25-7.
8. Diao, B., Sy, MR., Fall, B., Sow, Y., Sarr, A., Mohamed, S., Sine, B., Fall, PA., Ndoeye, AK., Ba, M. (2012). Varicocèle et infertilité masculine. Basic Clin Androl. 2012 ;22(1) :29-35.
9. Galfano, A., Novara, G., Iafrate, M., Fracalanza, S., Novella, G., Cavalleri, S., Artibani, W., Ficarra, V. Surgical outcomes after modified antegrade scrotal sclerotherapy: a prospective analysis of 700 consecutive patients with idiopathic varicocele. J Urol. 2008 ;179(5) :1933-7.
10. Gueye, SM., Fall, PA., Ndoeye, AK., Bâ, M., Daffé, AS., Afoutou, JM., Diagne, BA. (1999). Influence de la cure chirurgicale de la varicocèle sur la qualité du sperme. Andrologie. 1999 ;9(3) :376-9.
11. Gorelick, JI., Goldstein, M. (1993). Loss of fertility in men with varicocele. Fertil Steril. 1993 ;59(3) :613-6.
12. Hodonou, F., Avakoudjo, J., Gbedo, G., Yevi, M., Agoukpe, M., Hounnasso, P. (2019). Profil épidémiologique et clinique des patients opérés de varicocele à la clinique universitaire d'urologie andrologie du CNHU-HKM. Cahiers du CBRST, Médecine et santé publique, n° 16, 1er semestre 2019 ; 59-68.
13. Jallouli, H., Slimen, MH., Sahnoun, A., Kechou, S., Amar, SB., Bahloul, A., Mhiri, MN. (2008). Le traitement chirurgical de la varicocèle améliore la fertilité et aide à la procréation médicalement assistée. Prog En Urol. 2008 ;18(8) :543-9.
14. Leung, L., Ho, KL., Tam, PC., Yiu, MK. (2013). Subinguinal microsurgical varicocelectomy for male factor subfertility: a ten-year experience. Hong Kong Med J. 2013.
15. Lipshultz, LI., Corriere, JIN. (1977). Progressive testicular atrophy in the varicocele patient. J Urol. 1977 ;117(2) :175-6.
16. Méndez-Gallart, R., Bautista-Casasnovas, A., Estevez-Martínez, E., Varela- Cives, R. (2009). Laparoscopic Palomo varicocele surgery: lessons learned after 10 years' follow up of 156 consecutive pediatric patients. J Pediatr Urol. 2009 ;5(2) :126-31
17. Nevoux, P., Robin, G., Gonheim, T., Boitrelle, F., Rigot, JM., Marcelli, F. (2009).
18. Varicocèle et actualité : mythe ou réalité ? Prog. En Urol. 2009 ; 19 (4) : 26-3.
19. Niedzielski, J., Paduch, D., Raczynski, P. (1997). Assessment of adolescent varicocele. Pediatr Surg Int. 1997 ;12(5) :410-3.

20. Organization WH. (1992). The influence of varicocele on parameters of fertility in a large group of men presenting to infertility clinics. *Fertil Steril.* 1992 ;57(6) :1289-93.
21. Sinanoglu, O., Eyyupoglu, SE., Ekici, S. (2012). Ipsilateral testicular catch-up growth rate following microsurgical inguinal adolescent varicocelectomy. *Sci World J.* 2012 ;2012.
22. Wagner, L. Varicocèle. (2002). Physiopathologie et approches thérapeutiques. *Andrologie.* 2002 ;12(1) :100-4.
23. Wagner, L., Tostain, J. (2007). Varicocèle et infertilité masculine : recommandations comité andrologie-AFU 2006. *Prog En Urol.* 2007 ;17(1) :12-7.
24. Yevi, D., Bori, M., Hodonou F., Agoukpe M., Sossa J., Natchagande G., Avakoudjo J. (2020). Indications, techniques, résultats de la chirurgie de varicocele au CNHU-HKM/Cotonou: à propos de 86 cas. *J Société Biol Clin.* 2020;(034) :66-9.

Evaluation des Impacts Environnementaux et Sanitaires Liés aux Analyses Physico-Chimique et Bactériologique de la Rivière Matsiatra à Fianarantsoa, Madagascar

Andry Harinaina Rabearisoa, PhD

Bertrand Manjolongo, MA

Ravo Victoire Nasolomampionona, MA

Hajandrainy Rabearisoa, Doctorant

Université de Fianarantsoa, Ecole Normale Supérieure,
Sciences et technologies, Fianarantsoa, Madagascar

Bruno Razanamparany, Professeur

Université d'Antananarivo, Ingénierie en Sciences et Techniques de l'eau,
laboratoire de Chimie de la faculté des sciences, Antananarivo, Madagascar

Nasolo Sedravola Randimbiarison, MA

Université de Fianarantsoa, Faculté des Lettres et sciences humaines,
Fianarantsoa, Madagascar

[Doi:10.19044/esj.2023.v19n36p206](https://doi.org/10.19044/esj.2023.v19n36p206)

Submitted: 05 October 2023

Accepted: 25 December 2023

Published: 31 December 2023

Copyright 2023 Author(s)

Under Creative Commons CC-BY 4.0

OPEN ACCESS

Cite As:

Rabearisoa A.H., Manjolongo B., Nasolomampionona R.V., Rabearisoa H., Razanamparany B. & Randimbiarison N.S. (2023). *Evaluation des Impacts Environnementaux et Sanitaires Liés aux Analyses Physico-Chimique et Bactériologique de la Rivière Matsiatra à Fianarantsoa, Madagascar*. European Scientific Journal, ESJ, 19 (36), 206.

<https://doi.org/10.19044/esj.2023.v19n36p206>

Résumé

L'eau est une source de vie mais peut aussi être source de maladies, notamment dans les pays en développement, comme Madagascar. Les sites d'étude à Ankijana sont situés en dessous du pont de la route nationale RN4 et proches des sociétés BIONEX et QUIMPEX dans les coordonnées géographiques suivantes : longitude Est entre 47,08 et 47,20, latitude Sud entre -21,30 et -21,50. L'objectif principal de l'étude est d'évaluer les risques sanitaires et environnementaux liés à la qualité des eaux de rivière. Pour atteindre l'objectif, 23 échantillons ont été collectés en mars 2023. Des mesures in situ de température et de pH ont été effectuées, suivies d'analyses approfondies in vitro. Des paramètres physico-chimiques de l'eau de la rivière

a été évaluée, incluant la conductivité électrique, les matières dissoutes, le chlorure, le chlorure de sodium, la turbidité et la demande biochimique en oxygène. La contamination fécale a été quantifiée par coliformes totaux et streptocoques fécaux, analysés par filtration sur membrane. Les effets de la qualité de l'eau ont été évalués à l'aide de techniques statistiques comme l'analyse en composantes principales. Ainsi, les résultats d'analyse ont montré que les eaux étudiées ont un pH moyen de 6,56, ce qui les rend acides. Les températures moyennes, les conductivités électriques, les teneurs en solides totaux dissous et les turbidités des eaux étudiées sont respectivement de 24,74°C, 24µS/cm, 12,65ppm et 36,8NTU. La teneur en chlorure (92,61mg/L), en chlorure de sodium (144,14mg/L) et en demande biochimique en oxygène (1,14 mg/L d'O₂) des eaux étudiées sont faibles, ce qui indique de faible pollution chimique pendant la période de pluie. Les analyses microbiologiques ont révélé la présence de coliformes thermotolérants à une concentration moyenne de 11 ufc/100mL et de streptocoques fécaux à un niveau de 134 ufc/100mL dans les eaux étudiées indiquant une contamination fécale. Ainsi, la rivière comporte des risques pour la santé, résultant de la consommation d'eau et d'autres activités, notamment des loisirs, en raison des rejets industriels et domestiques, de l'utilisation de produits liés à la pêche et des déchets agricoles. Cette altération de la qualité de l'eau pourrait également entraîner la disparition de certaines espèces aquatiques.

Mots-clés: Eaux de rivière, risques environnementaux et sanitaires, analyse statistique, contamination chimique et microbiologique

Assessment of Environmental and Health Risks Related to Physico-Chemical and Bacteriological Analyses of the Matsiatra River in Fianarantsoa, Madagascar

Andry Harinaina Rabearisoa, PhD

Bertrand Manjolongo, MA

Ravo Victoire Nasolomampionona, MA

Hajandrainy Rabearisoa, Doctorant

Université de Fianarantsoa, Ecole Normale Supérieure,

Sciences et technologies, Fianarantsoa, Madagascar

Bruno Razanamparany, Professeur

Université d'Antananarivo, Ingénierie en Sciences et Techniques de l'eau,
laboratoire de Chimie de la faculté des sciences, Antananarivo, Madagascar

Nasolo Sedravola Randimbiarison, MA

Université de Fianarantsoa, Faculté des Lettres et sciences humaines,
Fianarantsoa, Madagascar

Abstract

Water is a source of life, but it can also be a source of disease, especially in developing countries like Madagascar. The study sites in Ankijana are located below the bridge of the national road RN4 and near the BIONEX and QUIMPEX companies at the following geographic coordinates: longitude East between 47.08 and 47.20, latitude South between -21.30 and -21.50. The main objective of the study is to assess the health and environmental risks associated with the quality of river water. To do this, physicochemical (temperature, pH, electrical conductivity, total dissolved solids, chloride, sodium chloride, turbidity and biochemical oxygen demand) and microbiological (thermotolerant coliforms and fecal streptococci) analyses as well as principal component analysis were performed on 23 samples collected from the SP01, SP02 and SP03 sites. The results of the analysis showed that the waters studied have an average pH of 6.56, making them acidic. The average temperatures, electrical conductivities, total dissolved solids and turbidities of the waters studied are 24.74°C, 24µS/cm, 12.65ppm and 36.8NTU, respectively. The chloride (92.61mg/L), sodium chloride (144.14mg/L) and biochemical oxygen demand (1.14 mg/L of O₂) contents of the waters studied are low, indicating low chemical pollution during the rainy season. Microbiological analyses revealed the presence of thermotolerant coliforms at an average concentration of 11 ufc/100mL and fecal streptococci at a level of 134 ufc/100mL in the waters studied indicating fecal contamination. Thus, the river poses health risks from water

consumption and other activities, including recreation, due to industrial and domestic waste, the use of fishing-related products and agricultural waste. This deterioration of water quality could also lead to the extinction of some aquatic species.

Keywords: River water, environmental and health risks, statistical analysis, chemical and microbiological contamination

Introduction

L'eau, cruciale pour la vie, est au cœur de l'existence humaine, animale et végétale (Vissin, et al., 2016). Malgré son importance, 884 millions de personnes, principalement en Afrique, consomment de l'eau non potable (OMS, 2011). En 2020, seuls 74 % de la population mondiale et 33 % de la population Malagasy avaient accès à une eau potable (Pierre Aubry, 2023 ; Taglioni, 2019). En raison du manque de ressources en eau douce, les populations Malagasy utilisent les eaux de surface, notamment celles des rivières, à la fois comme source d'eau de consommation et pour leurs activités récréatives.

Dans les pays en développement, l'utilisation d'eau sans traitement est fréquente. À Ialanandiro, près de la rivière Matsiatra, notre enquête a montré une augmentation de la consommation d'eau pendant les coupures de la JIRAMA, et des pénuries d'eau potable de juillet à novembre entre 2019 et 2022. Cette pratique est risquée, car les eaux de rivière peuvent être contaminées par des bactéries et des contaminants chimiques selon les études antérieures menées par Abahi et al. (2023) et Edokpayi et al. (2017). La pollution des rivières, un problème fréquent dans les pays en développement, est principalement due à des facteurs tels que la croissance démographique, l'intensification agricole et le développement industriel, comme indiqué par Abahi et al. (2023), Leigh et al. (2010). Il est important de noter que la pollution des rivières résulte de diverses substances rejetées directement ou indirectement dans l'eau ou le bassin versant, comprenant des éléments nutritifs, des matières organiques, des micropolluants, des microorganismes, des déchets (Zirirane et al., 2017) et des rejets physico-chimiques (Edokpayi et al., 2017). Les rivières peuvent être affectées par diverses formes de pollution, qu'elles proviennent de sources naturelles ou humaines (Bramard, 2022).

La dégradation de la qualité de l'eau a des conséquences néfastes sur la santé humaine et la biodiversité aquatique (Dudgeon, et al., 2006). Les microbes provenant des rejets domestiques ou industriels peuvent causer diverses maladies, dont le choléra, la bilharziose et la diarrhée, affectant particulièrement les enfants (Sokegbe, et al., 2017 ; Viland, et al., 2016). Chaque année, environ 1,8 million de personnes décèdent de maladies

diarrhéiques et de choléra, selon l'OMS (2005), avec près de 22% des décès d'enfants de moins de cinq ans à Madagascar attribués à ces maladies (Taglioni, 2019). De plus, la pollution chimique, notamment le chlorure de sodium, peut entraîner des problèmes d'hypertension artérielle (Hartemann, 2013). Les écosystèmes aquatiques sont également impactés par la contamination chimique, les produits chimiques provenant des eaux agricoles et des eaux usées pouvant piéger les espèces aquatiques et favoriser la prolifération des algues, entraînant une diminution de l'oxygène dissous et l'asphyxie des organismes aquatiques (Nawel Aouadi, 2018).

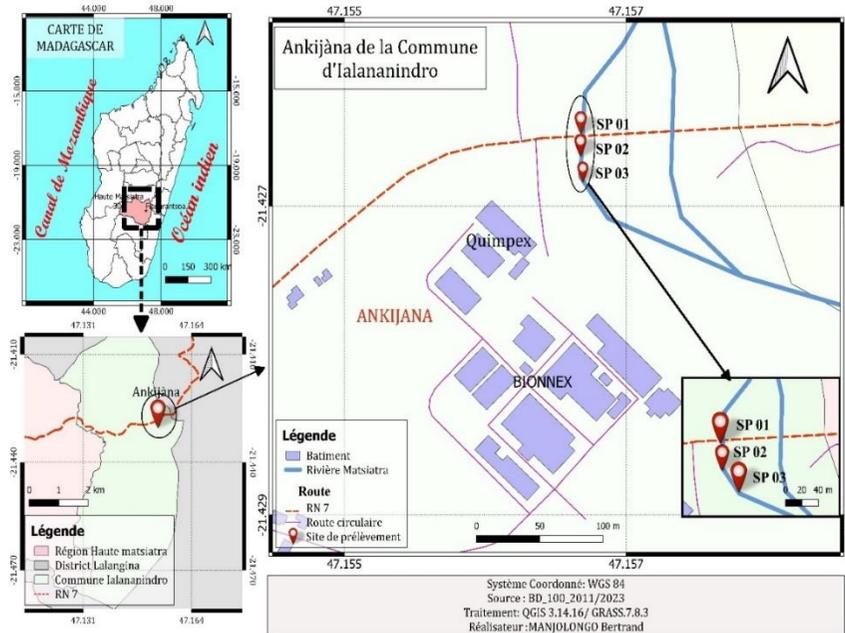
L'objectif principal de cette étude est d'évaluer les risques environnementaux et sanitaires associés à la qualité de l'eau de la rivière Matsiatra dans la zone d'étude. En utilisant des données qualitatives pour caractériser les aspects physico-chimiques et bactériologiques, nous visons à améliorer la compréhension de ces risques liés à l'eau.

Materiels et methodes

Zone d'étude

La commune d'Ialanandro est située dans la région Haute Matsiatra de la province de Fianarantsoa à Madagascar, à des coordonnées géographiques comprises entre 47,08 et 47,20 de longitude Est et entre -21,30 et -21,50 de latitude Sud, comme indiqué sur la figure 1. La rivière Matsiatra traverse cette commune et la ville de Fianarantsoa, suivant un cours sinueux, et constitue une importante source d'eau pour l'irrigation des cultures et l'approvisionnement en eau.

La rivière traverse le pont de la route nationale RN7, à proximité des sociétés BIONEX et QUIMPEX, dans le village d'Ankijana, avant de s'écouler vers l'Est en direction de l'Océan Indien. Pour cette étude, les sites de prélèvements (SP) ont été choisis entre ce pont et ces sociétés, avec des coordonnées géographiques variant entre 47°155' et 47°157' de longitude Est et entre -21°429' et -21°432' de latitude Sud et ont été situés au milieu de la rivière Matsiatra. Ces sites sont les suivants : SP01, avec des coordonnées E047°09'390'' et S21°25'610'' ; SP02, situé à E047°09'390'' et S21°25'610'' ; et SP03, se trouvant à E047°09'451'' et S21°25'614''.



Les coordonnées géographiques des points d'échantillonnage ont été collectées à l'aide d'un dispositif GPS Garmin Map 64 SC.

Echantillonnage

Durant la saison des pluies au mois de mars 2023, un total de vingt-trois échantillons d'eau, repartis en 7 pour le site SP01, 7 pour le site SP02 et 9 pour le site SP03, a été prélevé deux fois par jour sur une période de cinq jours. L'échantillonnage a été effectué à trois emplacements comme illustré dans la figure 2. Les échantillons destinés aux analyses physico-chimiques ont été recueillis dans des bouteilles en polyéthylène d'une capacité de 1 litre. Pour les échantillons destinés aux analyses bactériologiques, des flacons de verre transparent stérilisés de 500 mL ont été utilisés. Les prélèvements ont été effectués en utilisant la méthode d'échantillonnage à gué jusqu'à une profondeur de 50 cm sous la surface de la rivière, conformément à la méthode décrite par Jean RODIER (2009).

Les bouteilles ont été étiquetées, stockées dans une glacière contenant de la glace, puis transportées au laboratoire. Conformément à la norme ISO 5667-3 de juin 2004, les échantillons d'eau ont été conservés à une température de 4°C en attendant leur analyse en laboratoire.

Analyses physico-chimiques

Les mesures des paramètres physico-chimiques, tels que la température et le pH, ont été effectuées in situ entre 8h du matin et 15h l'après-midi à chaque station d'étude. La température a été relevée à l'aide d'un

thermomètre digital JR-1, tandis que le pH a été mesuré à l'aide d'un pH-mètre de type CE selon le protocole de mesure in situ de Jean Rodier (2009).

Les autres paramètres, notamment la conductivité, les solides totaux dissous (TDS), la turbidité, les chlorures (Cl^-), la demande biochimique en oxygène (DBO5), ainsi que des analyses qualitatives comme les tests des ions Fe^{2+} et Fe^{3+} et la photométrie de flamme, ont été réalisés en laboratoire. La conductivité électrique et les TDS ont été mesurés à l'aide d'un TDS&EC-mètre de type E-1. La turbidité a été déterminée au moyen d'un turbidimètre de type Palintest®. Les analyses qualitatives ont été effectuées de la manière suivante : le test des ions Fe^{2+} et Fe^{3+} a été réalisé en utilisant une solution de soude NaOH, et l'identification des ions Na^+ a été effectuée à travers la photométrie de flamme en introduisant quelques gouttes d'eau dans la flamme (CGP, 2020).

La mesure de la Demande Biochimique en Oxygène (DBO5) a été effectuée à l'aide d'un analyseur multiparamètre WTW 340i, en suivant le protocole établi par Jean Rodier (2009). Initialement, la quantité d'oxygène nécessaire pour oxyder les matières organiques biodégradables par voie biologique a été déterminée avant l'incubation de 100 mL et 150 mL d'échantillons, auxquels un ensemencement a été ajouté. Ensuite, la mesure a été répétée après une période d'incubation de cinq jours à 20 °C, dans un environnement obscur. La différence entre ces deux valeurs est considérée comme la Demande Biochimique en Oxygène (DBO5), calculée selon la formule suivante :

$$\text{DBO5}(\text{mg/L}) = F \times \left[\frac{V_i}{V_0} (T_0 - T_5) - \frac{V_i}{V_0} (B_0 - B_5) \right]$$

B_0 (mg/L) représente la teneur en oxygène de l'eau de dilution au moment du remplissage des flacons; B_5 (mg/L) correspond à la teneur en oxygène de l'eau de dilution après cinq jours d'incubation; T_0 (mg/L) est la teneur en oxygène de l'une des dilutions de l'échantillon au moment du remplissage des flacons; T_5 (mg/L) représente la teneur en oxygène de cette dilution de l'échantillon après cinq jours d'incubation; F est le facteur de dilution.

L'analyse chimique des chlorures a été réalisée par titrage avec du nitrate d'argent, selon la méthode volumétrique de Mohr conformément à la norme ISO 9297:1989 (Jean, Bernard, Nicole, & Coll, 2009). La salinité en chlorure de sodium (NaCl) a été déterminée en titrant l'ion chlorure contenu dans l'échantillon avec l'ion argent contenu initialement dans une solution de nitrate d'argent à une concentration de $[\text{AgNO}_3] = 2090 \text{ mg/L}$, en présence de 10% de chromate de potassium.

Cela a permis de déterminer la chlorure de l'eau, ce qui a permis de calculer sa salinité selon la formule suivante :

$$[NaCl](mg/L) = \frac{V_{AgNO_3} \times [AgNO_3] \times M_{NaCl} \times 1000}{M_{AgNO_3} \times V_{ech}} \quad \text{et} \quad [Cl^-](mg/L) = [NaCl] \times \frac{35,5}{58,5}$$

V_{AgNO_3} [mL]: volume équivalent de la solution titrante d'AgNO₃; M_{NaCl} [g/mol]: masse molaire de NaCl ($M_{NaCl} = 58,5$ g/mol); V_{ech} [mL]: volume de l'échantillon d'eau.

Analyses bactériologiques

Les analyses bactériologiques, comprenant les coliformes totaux (CT) et les streptocoques fécaux (SF), ont été réalisées en filtrant 100 mL d'échantillon à travers une membrane de 45 µm de porosité, conformément aux normes ISO 9308-1 :2000 et 7899-2 :2000. Les filtres ont ensuite été déposés sur des boîtes de Pétri stériles contenant un milieu de culture spécifique à chaque groupe de microorganismes. Les coliformes totaux ont été analysés en utilisant le milieu de culture Slanetz and Barthy, tandis que pour les streptocoques fécaux, le milieu de culture utilisé était la gélose lactosée au TTC. Les boîtes de Pétri ont été placées dans une étuve thermostatée pendant 24 heures à une température de 37°C. Des essais de filtration ont été réalisés, à la fois avec et sans dilution (une dilution de facteur 1/10 a été effectuée). Le dénombrement des colonies bactériennes a été effectué conformément aux procédures décrites dans le tableau 1.

Tableau 1. Méthode de dénombrement des colonies de bactéries

	Coliformes totaux	Streptocoques fécaux
Colonies caractéristiques	Colonies caractéristiques de coloration jaune à orangée	Colonies violette, rouge, marron ou rose
Expression des résultats	$N = \frac{Nb \text{ colonies à oxydase} -}{d}$ d : facteur de dilution N : nombre de coliformes totaux/100ml	$N = \frac{Nb \text{ colonies à catalase} -}{d}$ N : nombre de streptocoques du groupe D/100ml

Nb : Nombre

Traitement statistique

Préalablement à l'analyse statistique, les résultats obtenus ont été soumis à une comparaison des moyennes à l'aide du test de Newman-Keuls. Une valeur de $p < 0,05$ a été choisie comme seuil de signification. Par la suite, les valeurs des paramètres physico-chimiques et bactériologiques ont été soumises à une analyse statistique descriptive, incluant la moyenne, le minimum et le maximum, afin de fournir une vue d'ensemble approfondie de la distribution des données. Ces procédures statistiques ont été employées pour déterminer toute variation significative entre les échantillons, contribuant ainsi à une compréhension approfondie des caractéristiques de l'eau étudiée.

Une analyse en composantes principales a été réalisée sur une matrice de données, comprenant les valeurs moyennes des différents paramètres

physico-chimiques et bactériologiques collectées aux stations d'échantillonnage (SP01, SP02 et SP03) (Kouassi Ernest et al ; 2011). Cette démarche visait à évaluer la qualité de l'eau aux différents points d'échantillonnage le long de la rivière.

Ensuite, une analyse factorielle des correspondances simples a été effectuée sur l'ensemble des paramètres physico-chimiques et microbiologiques, dans le but de caractériser principalement les risques environnementaux et sanitaires associés à ces paramètres. La relation entre la qualité de l'eau et la concentration en microorganismes au niveau des stations ont été également examinés en utilisant la carte factorielle. Pour mener à bien ces analyses, nous avons utilisé le logiciel SPSS (Statistical Package for Social Sciences) version 23.

Resultats

Une série d'analyses de laboratoire a été réalisée sur l'ensemble des échantillons d'eau pour chaque échantillon pour évaluer leur qualité, les risques sanitaires et environnementaux dans la zone de prélèvement le long de la rivière Matsiatra à Ankijana, dans la commune d'Ialananindro.

➤ **Caractéristique physico-chimique et bactériologique des eaux**

Les résultats des analyses physico-chimiques et bactériologiques menées sur chaque site de prélèvement sont récapitulés dans le Tableau 2. Les résultats globaux de ces analyses sont, quant à eux, présentés dans le Tableau 3. Ces résultats ont été analysés par l'analyse de la variance par la méthode de Newman-Keuls afin de comprendre la différence significative des valeurs pour chaque site d'étude.

Ces analyses ont montré que la température moyenne enregistrée sur les sites d'étude est de $24,74 \pm 0,78^\circ\text{C}$, avec une plage allant de $22,5^\circ\text{C}$ à 26°C . Plus précisément, les températures moyennes aux sites SP01, SP02 et SP03 sont respectivement de $24,91 \pm 1,33^\circ\text{C}$, $24,67 \pm 0,61^\circ\text{C}$ et $24,69 \pm 0,38^\circ\text{C}$, conformément aux normes établies par l'OMS (inférieur à 25°C). L'analyse de la variance montre que cette variation est moins significative ($p > 0,05$).

Quant au pH de l'eau, il varie de 6,23 à 6,95, avec une moyenne de $6,56 \pm 0,22$. Les sites SP01, SP02 et SP03 affichent des valeurs moyennes de pH respectives de $6,44 \pm 0,19$, $6,58 \pm 0,21$ et $6,65 \pm 0,24$, comprise dans la plage de l'OMS ($6,5 \leq \text{pH} \leq 8,5$). Ces données indiquent que les eaux de la rivière sont légèrement acides et montrent une différence significative avec $p < 0,05$.

La conductivité électrique a permis d'évaluer rapidement la minéralisation de la rivière Matsiatra à Ankijana. Les résultats montrent une valeur minimale de $20 \mu\text{S/cm}$, une valeur maximale de $30 \mu\text{S/cm}$ et une moyenne de $24 \pm 3,25 \mu\text{S/cm}$. Ces chiffres indiquent une faible minéralisation des sites d'étude, avec des valeurs moyennes respectives de $25,33 \pm 3,72 \mu\text{S/cm}$

pour SP01, $24 \pm 3,53 \mu\text{S/cm}$ pour SP02 et $22,86 \pm 2,27 \mu\text{S/cm}$ pour SP03 qui sont inférieurs à la limite de l'OMS ($300 \mu\text{S/cm}$) présentant une différence non significative après une analyse de la variance ($p > 0,05$). Cela suggère une carence en fer dans l'eau, comme l'indique l'analyse qualitative avec 2 mL d'échantillon en présence de 2 mL de soude NaOH, qui a donné des résultats négatifs pour chaque site. Concernant les Solides Dissous Totaux (TDS), ce paramètre mesure la quantité maximale de sels dissous dans l'eau. Les résultats d'analyse montrent une variation entre 10 ppm et 15 ppm, avec une moyenne de $12,65 \pm 1,5$ ppm. Les sites SP01, SP02 et SP03 affichent des valeurs moyennes de TDS respectives de $13 \pm 1,41$ ppm, $12,7 \pm 1,83$ ppm et $12,3 \pm 1,2$ ppm, indiquant des concentrations relativement faibles de sels dissous et montrant ainsi une variance non significative avec $p > 0,05$.

La turbidité de la rivière varie de 10 NTU à 95,5 NTU, avec une moyenne de $36,81 \pm 20,38$ NTU. Le site SP03 présente la turbidité la plus élevée par rapport aux sites SP01 et SP02, affichant une moyenne de $41,11 \pm 26,32$ NTU significative ($p < 0,05$), tandis que les deux autres sites présentent des valeurs de $35 \pm 23,2$ NTU pour SP01 et $34,86 \pm 15,3$ NTU pour SP02. Ces valeurs sont tous supérieures à la limite tolérée par l'OMS (5NTU). L'analyse qualitative par photométrie de flamme a révélé la présence d'ions sodium dans l'eau, indiquée par une légère coloration jaune orangé à l'œil. Cela suggère également la présence d'ions sodium (Na^+) en faible quantité dans la rivière. L'analyse chimique des chlorures a montré que la concentration de chlorure varie entre 56,64 mg/L (équivalent à 90,65 mg/L de NaCl) et 127,8 mg/L (équivalent à 194,26 mg/L de NaCl), avec une moyenne de $92,61 \pm 21,46$ mg/L de Cl^- (correspondant à $144,14 \pm 34$ mg/L de NaCl). Les teneurs moyennes en chlorure (ou NaCl) aux sites SP01, SP02 et SP03 sont respectivement de $110,76 \pm 12,05$ mg/L de Cl^- (ou $168,35 \pm 18,32$ mg/L de NaCl), $86,91 \pm 22,38$ mg/L de Cl^- (ou $139,86 \pm 38,64$ mg/L de NaCl) et $85,2 \pm 19,21$ mg/L de Cl^- (ou $129,5 \pm 29,12$ mg/L de NaCl) présentant également une différence significative selon l'analyse de la variance ($p < 0,05$).

En ce qui concerne les analyses bactériologiques, des bactéries de type coliformes totaux (CT) ont été détectées, avec une quantité moyenne de $134,17 \pm 254,15$ ufc/100mL, variant de 5 ufc/100mL à 1000 ufc/100mL. Les valeurs moyennes pour chaque site, ayant une différence significative ($p > 0,05$), sont de $440 \pm 361,94$ ufc/100mL pour SP01 qui a une teneur le plus élevé, $14 \pm 6,72$ ufc/100mL pour SP02 et $43 \pm 21,74$ ufc/100mL pour SP03. Et pour les streptocoques fécaux (SF), les taux moyens dans l'eau de rivière sont respectivement de 17 ± 9 ufc/100mL, $6 \pm 3,64$ UFC/100mL et $14 \pm 4,27$ ufc/100mL pour ces sites et présentent une différence significative ($p < 0,05$).

Tableau 2. Résultats statistiques des analyses physico-chimiques et bactériologiques pour chaque site de prélèvement

SITE S	PARAMETRE PHYSIQUES, CHIMIQUES ET BACTERIOLOGIQUES										
		pH	T(°C)	CE	TDS	Turb	Cl	NaCl	DBO5	SF (ufc/100mL)	CT
SPO1	Min	6,23	22,5	20	11	10,9	93,72	142,45	0,88	5	40
	Moy±σ	6,44±0,19	24,91±1,33	25,33±3,72	13±1,41	35,02±23,2	110,76±12,05	168,35±18,31	1,48±0,65	17±9	440±381,94
	Max	6,69	26	30	15	72,2	127,8	194,26	2,46	30	1000
SPO2	Min	6,23	23,6	20	10	10	59,64	90,65	0,56	2	5
	Moy±σ	6,58±0,21	24,67 ±0,61	24±3,53	12,7±1,8	34,86±15,3	86,91±22,38	139,86±38,64	1,15±0,72	6±3,64	14±6,72
	Max	6,77	25,7	30	15	63	127,8	194,26	2,46	14	28
SPO3	Min	6,36	24,22	20	11	12	63,9	97,13	0,25	9	10
	Moy±σ	6,65±0,24	24,69±0,38	22,86±2,27	12,3±1,2	41,11±26,32	85,2±19,21	129,5±29,12	0,85±0,44	14±4,27	44±21,74
	Max	6,95	25,2	26	14	14	110,76	168,36	1,36	20	70
Valeur limites (OMS)		6,5-8,9	25	3000	-	5	250	-	-	0	0

Tableau 3. Résultats statistiques des analyses physico-chimiques et bactériologiques

Paramètres	Moy±σ	OMS
T(°C)	24,74±0,78	25
pH	6,56±0,22	6,5-8,9
CE (μS/cm)	24±3,25	3000
TDS (ppm)	12,65±1,5	-
Tur (NTU)	36,81±20,38	5
Cl (mg/L)	92,61±21,46	250
NaCl (mg/L)	144,15±34	-
DBO (mg O2/L)	1,15±0,65	5
SF (ufc/100mL)	11,4±7,31	0
CT (ufc/100mL)	134,17±254,15	0

➤ Contamination des eaux en Matière organique

La Demande Biochimique en Oxygène en cinq jours (DBO₅), présenté dans le tableau 2, varie de 0,250 mg/L d'O₂ à 2,456 mg/L d'O₂, avec une moyenne de 1,148 ±0,65 mg/L d'O₂. Les sites SP01, SP02 et SP03 affichent des moyennes de DBO respectives de 1,48 ±0,65 mg/L d'O₂, 1,15 ±0,72 mg/L d'O₂ et 0,85 ±0,44 mg/L d'O₂ présentant une différence significative avec $p < 0,05$. Selon la norme de qualité de la littérature de Jean Rodier (tableau 4), ces eaux sont classées comme très bonne (DBO₅ < 3).

Tableau 4. La qualité de DBO selon Jean Rodier (Rodier, 2009)

DBO ₅ < 3	Très bonne
3 < DBO ₅ < 5	Bonne
5 < DBO ₅ < 8	Moyenne
DBO ₅ > 8	Mauvaise, voire très mauvaise

➤ Caractéristiques spatiales des eaux

L'analyse en composante principale (ACP) a été réalisée sur les données des échantillons prélevés sur les sites SP01, SP02 et SP03. Les résultats de l'ACP sont présentés dans les tableaux 5, 6 et 7, ainsi que les figures 2 et 3. Le tableau 5 présente les valeurs propres et les variances exprimées pour chaque composante. La première composante, avec une variance de 53,573%, est la plus significative, suivie de près par la deuxième composante, avec une variance de 16,801%. Ces deux composantes renferment la majeure partie des informations recherchées et permettent de représenter de manière significative le nuage de points, car leur variance cumulée dépasse 70% (Kouassi Ernest, et al ; 2011).

Le tableau 6 et la figure 4 présentent la contribution des différentes variables aux deux premières composantes. Ces représentations montrent que la première composante F1 est principalement définie par les variables pH ($r = -0,914$), CE ($r = 0,941$), TDS ($r = 0,681$), Cl⁻ ($r = 0,843$), NaCl ($r = 0,943$) et DBO ($r = 0,934$), tandis que la deuxième composante est influencée par T° ($r = 0,618$), Tur ($r = 0,518$), SF ($r = -0,740$) et CT ($r = -0,605$). Les relations significatives entre les différents paramètres sont mises en évidence par la matrice de corrélation présentée dans le Tableau 7. Cette matrice révèle les corrélations entre les variables étudiées, notamment la forte corrélation entre la conductivité et TDS ($r = 0,730$), le chlorure ($r = 0,706$), le chlorure de sodium ($r = 0,869$) et la DBO ($r = 0,915$). D'autres corrélations significatives incluent TDS/NaCl ($r = 0,521$), TDS/DBO ($r = 0,612$), Cl⁻/NaCl ($r = 0,883$), Cl⁻/DBO ($r = 0,698$), NaCl/DBO ($r = 0,880$) et SF/CT ($r = 0,697$).

La projection des sites étudiés dans le plan factoriel des deux premières composantes principales F1 et F2 est illustrée dans la figure 3 et le tableau 6. L'analyse suggère que la diversité des caractéristiques de l'eau est observée aux sites SP01, SP02 et SP03. Ces trois sites sont corrélés négativement à l'axe F1 dans la moitié gauche, reflétant l'acidité de l'eau. Les sites SP01 et SP03

sont positivement corrélés avec le même axe dans le quart droit, indiquant une contamination chimique liée à des paramètres tels que CE, TDS, Cl⁻, NaCl et DBO5.

L'axe F2 présente une corrélation positive avec les sites SP01 et SP02 dans le quart droit, suggérant une eau légèrement trouble, tandis qu'il est négativement corrélé avec le site SP01 dans le quart gauche, signalant une contamination bactériologique en SF et CT.

Tableau 5. Valeurs propres pour les analyses en composante principale

Composante	Valeurs propres initiales		
	Total	% de la variance	% cumulé
1	5,357	53,573	53,573
2	1,680	16,801	70,375
3	1,007	10,072	80,447

Tableau 6. Contribution des variables étudiés sur des composantes factorielles

	Composantes factorielles	
	1	2
T(°C)		0,618
pH	-0,914	
CE (µS/cm)	0,941	
TDS (ppm)	0,681	
Tur (NTU)		0,518
Cl(mg/L)	0,843	
NaCl (mg/L)	0,943	
DBO (mg O2/L)	0,934	
SF (ufc/100mL)		-0,740
CT (ufc/100mL)		-0,605

Tableau 7. Matrice de corrélation ^a des paramètres physico-chimiques et microbiologiques

Corrélation	T°	pH	CE	TDS	Tur	Cl	NaCl	DBO	SF	CT
T	1,000									
pH	-0,308	1,000								
CE	0,287	-0,879	1,000							
TDS	0,312	-0,572	0,730	1,000						
Tur	0,175	-0,044	0,265	0,124	1,000					
Cl	0,335	-0,738	0,706	0,373	-0,111	1,000				
NaCl	0,396	-0,866	0,869	0,521	0,027	0,883	1,000			
DBO	0,338	-0,894	0,915	0,612	0,225	0,698	0,880	1,000		
SF	-0,204	-0,288	0,314	0,196	-0,126	0,426	0,389	0,320	1,000	
CT	-0,050	-0,417	0,432	0,275	-0,055	0,492	0,426	0,446	0,697	1,000

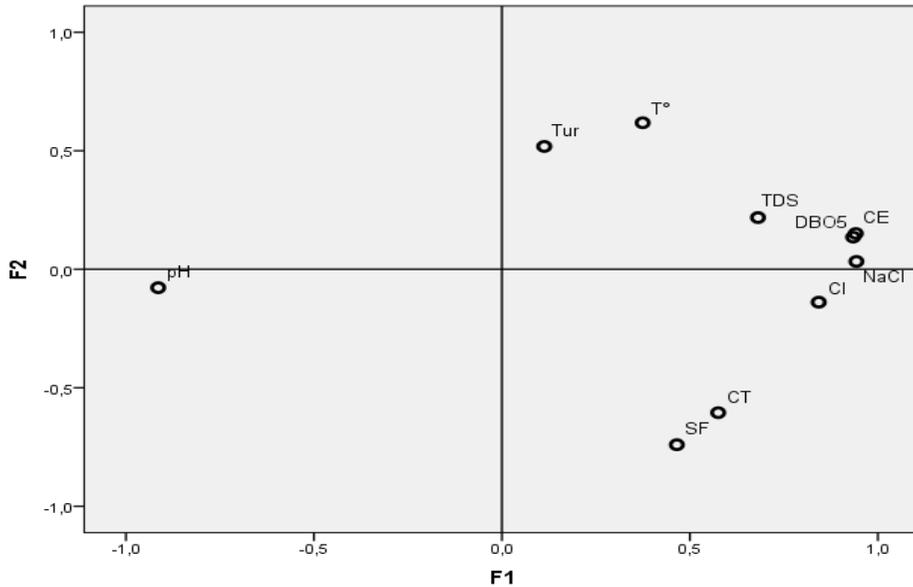


Figure 2. Contribution des variables sur les deux composantes principales choisies

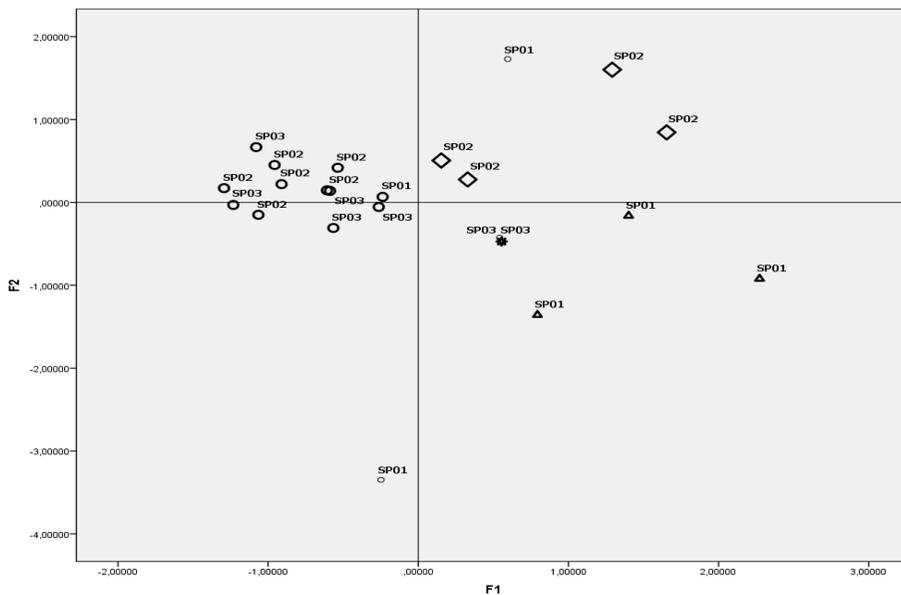


Figure 3. Projection des stations d'échantillonnage dans le plan d'axe factoriel

Discussion

L'objectif de cette étude de recherche est d'évaluer les risques environnementaux et sanitaires associés à la qualité de l'eau de la rivière Matsiatra à Ankijana, en se concentrant sur les trois sites d'étude spécifiques.

Pour ce faire, des analyses physico-chimiques, bactériologiques, et statistiques ont été menées pendant la saison des pluies.

La température, indicateur crucial des caractéristiques physiques, chimiques et biologiques (Jaofara, 2022), révèle des moyennes conformes à la norme OMS ($T < 25^{\circ}\text{C}$) aux sites SP01 ($24,91 \pm 1,33^{\circ}\text{C}$), SP02 ($24,67 \pm 0,61^{\circ}\text{C}$) et SP03 ($24,69 \pm 0,38^{\circ}\text{C}$), bien que certaines dépassent, atteignant 26°C . En corrélation avec Kouassi Ernest et al (2011) et l'étude de Roddier (2009), ces résultats favorisent au développement de la faune, la flore, mais posent des risques pour la santé (Merhabi et al., 2019).

Le pH, indicateur de l'acidité ou de l'alcalinité de l'eau (Orelien, 2016-2017), révèle pour la rivière Matsiatra une tendance acide, variant de 6,23 à 6,95, avec une moyenne de $6,65 \pm 0,22$, conforme aux normes de l'OMS (6,5 à 8,5). Cette concordance est observée chez Merhabi (2009) (pH varie de 6,35 et 7,39) et Zirirane (2017) (pH varie de 6,7 et 7,4) pendant la saison des pluies. Les eaux de la rivière présentent une légère acidité attribuable à des acides minéraux ou organiques. Cela peut résulter de réactions complexes, telles que la formation d'eau, qui abaisse le pH en impliquant les ions hydrogène des polluants et les ions hydroxydes présents dans l'eau de la rivière (Phu Duc, et al., 2018). En outre, des réactions d'oxydation entre les composés sulfurés générant de l'acide sulfurique peuvent également être la source à cette acidité. Ces sources d'acidité peuvent être liées aux rejets d'eaux résiduelles, à l'agriculture intensive et aux natures géologiques du sol qui pourraient avoir des implications sur la vie aquatique et la qualité globale de l'écosystème (Ali, Abdelkader, & Habib, 2012).

La conductivité électrique, liée aux TDS, reflète l'abondance ionique dans l'eau. Les valeurs de conductivité et de TDS, entre $20 \mu\text{S}/\text{cm}$ et $30 \mu\text{S}/\text{cm}$, et 10 ppm et 15 ppm respectivement, se situent dans les normes OMS et malgaches, corroborant le rapport de Rajonson et al (1992) et l'étude de Yvonbert Pambou et al (2020). Cela indique une faible présence d'éléments chimiques dissous dans l'eau de rivière. La saison des pluies peut diluer les ions présents, expliquant la négativité des tests pour les ions Fe^{2+} et Fe^{3+} . La station SP01, la plus acide, présente une forte minéralisation, suggérant des effluents agricoles ou industriels, induisant une pollution. Les valeurs exceptionnellement basses signalent une pollution minimale liée à la saison des pluies, affectant la disponibilité des nutriments essentiels pour les plantes aquatiques et les organismes.

Les faibles valeurs de chlorures et de chlorures de sodium, variant respectivement de 56,64 mg/L à 127,8 mg/L et de 90,65 mg/L à 194,26 mg/L, demeurent en dessous des limites OMS (250 mg/L pour Cl⁻ et 380 mg/L pour NaCl). Ces résultats, en cohérence avec les études de Yvonbert Pambou (2020) et Lakhili Ferdaous et al (2015), démontrent une similarité dans les plages de valeurs (60 à 150 mg/L et 35,5 mg/L à 284 mg/L respectivement).

Les valeurs maximales observées à SP02 et SP01 indiquent un indice de pollution potentiel, attribuable aux précipitations et aux activités humaines telles que les rejets industriels et les eaux usées domestiques. Ces niveaux de chlorures et chlorures de sodium peuvent affecter négativement les écosystèmes aquatiques, perturbant les chaînes alimentaires et sensibilisant certaines espèces, notamment les poissons (Mariann & Joanna, 2018). Les environnements riches en chlorure sont mal tolérés par certaines espèces. Pour la santé humaine, une consommation excessive de sodium présente des risques, notamment pour les personnes souffrant de problèmes cardiaques ou d'hypertension artérielle, contribuant potentiellement à une augmentation de la pression artérielle (OMS, 2005).

La turbidité, indicateur de la concentration de particules en suspension comme l'argile, le limon, le grain de silice, les matières organiques et les bactéries, se manifeste avec des moyennes de $35,02 \pm 23,2$ NTU à SP01, $34,86 \pm 15,27$ NTU à SP02 et $41,11 \pm 26,31$ NTU à SP03, toutes dépassant les limites de qualité de l'OMS. Ces résultats se rapprochent de ceux obtenus dans l'étude de Joseph sur la rivière Lukunga à Kinshasa, où les valeurs moyennes varient entre $23,93 \pm 0,67$ NTU et $51,35 \pm 5,53$ NTU (Joseph, et al., 2023). Ces auteurs affirment que les eaux de rivière, riches en particules en suspension, présentent des risques potentiels en raison de la turbidité élevée, notamment pour la consommation humaine et les activités récréatives, créant des environnements favorables à la croissance de microorganismes pathogènes (Lakhili, et al., 2015). Ces particules peuvent également absorber des substances chimiques toxiques, mettant en danger la santé. L'abondance de matières en suspension peut avoir des répercussions environnementales en transportant des sédiments (Phu Duc, et al., 2018), entraînant la sédimentation des particules et altérant la qualité de l'habitat aquatique, potentiellement réduisant la quantité d'oxygène dissous et affectant la photosynthèse des plantes aquatiques.

Les niveaux de DBO indiquent une excellente qualité de l'eau pour les sites SP01, SP02 et SP03, avec des moyennes respectives de $1,48 \pm 0,65$ mg/l d'O₂, $1,15 \pm 0,72$ mg/l d'O₂ et $0,85 \pm 0,44$ mg/l d'O₂. Malgré une faible quantité de matières polluantes biodégradables ou non biodégradables pendant la période pluvieuse, les résultats correspondent à des recherches antérieures, comme celle de Dieudonné sur les rivières Kahuwa (ZIRIRANE, et al., 2014) et Mpungwe, et d'Abahi et al (2023) sur la rivière Klou au Bénin et celui de Victor Désiré qui montre que le station 1 situé en amont de la rivière Nkam au Cameroun a un DBO moyenne de 2,02mg/l d'O₂ et le station 3 se trouvant en aval à un DBO de 2,27mg/l d'O₂ (Victor Désiré, et al., 2017). Cependant, la détection de coliformes totaux et de streptocoques fécaux suggère une possible contamination par des composés organiques d'origine naturelle ou anthropique, provenant des eaux usées domestiques ou industrielles. Cela

souligne le risque potentiel pour la santé humaine et les écosystèmes aquatiques, avec une diminution de la quantité d'oxygène disponible, favorisant la condition d'eutrophisation et présentant des dangers potentiels pour la toxicité des espèces aquatiques (Phu Duc, et al., 2018).

Concernant les paramètres bactériologiques, les niveaux de coliformes totaux (CT) et de streptocoques fécaux (SF) sont utilisés comme indicateurs de contamination fécale (Collins et al., 2004). L'analyse de cette étude révèle une variation significative des concentrations en CT, allant de 40 ufc/100ml (SP02) à 440 ufc/100ml (SP01), tandis que les concentrations en SF varient entre 6 ufc/100ml (SP02) et 17 ufc/100ml (SP01). Ces valeurs dépassent les normes de potabilité établies par l'OMS et se situent en dessous de celles trouvées par Merhabi et al dans son étude sur la qualité des eaux de surface de la rivière Kadicha, où elles oscillent entre 25×10^2 ufc/100ml et 20×10^3 ufc/100ml (Merhabi et al., 2019) pour les CT, et par Ahoussi et al dans son étude des caractéristiques hydrogéochimiques et microbiologiques des ressources en eau (SF = 1700 ufc/100ml) pour les SF. Ces auteurs ont affirmé que la présence de ces indicateurs suggère la possibilité de la présence de germes pathogènes dangereux dans l'eau due à une contamination fécale, représentant ainsi des risques modérés pour la santé humaine, avec une augmentation du risque de maladies gastro-intestinales et cutanées (OMS, 2005). De plus, ce niveau élevé de coliformes totaux et de streptocoques fécaux contribuerait à la pollution de l'environnement aquatique, perturbant l'équilibre biologique des écosystèmes aquatiques en modifiant la composition bactérienne et en favorisant la croissance d'algues et d'autres microorganismes nuisibles (Collins et al., 2004). Ces microorganismes pourraient avoir des conséquences écologiques, mais aussi sanitaires, en altérant la qualité de l'eau destinée à la consommation et aux activités récréatives, soulignant l'importance de surveiller et de réguler la qualité microbiologique des ressources en eau (Hartemann, 2013).

L'analyse en composante principale a montré que les stations SP01 et SP03 des eaux de rivière Matsiatra ont été soumises à une pollution chimique, due aux activités anthropiques, lié aux paramètres détectés tels que le pH, la température T°, la conductivité CE, le TDS, le chlorure, le chlorure de sodium et le DBO5 selon la composante factorielle F1. Cela est expliqué par les corrélations entre ces paramètres tels que CE avec TDS ($r = 0,730$), Cl⁻ ($r = 0,706$), NaCl ($r = 0,869$) et la DBO ($r = 0,915$), TDS/NaCl ($r = 0,521$), TDS/DBO ($r = 0,612$), Cl⁻/NaCl ($r = 0,883$), Cl⁻/DBO ($r = 0,698$), NaCl/DBO ($r = 0,880$). Autrement, les milieux plus acide (pH < 7) sont conducteurs en sels minéraux et contiennent beaucoup de matières organiques. Les stations SP01 qui est fortement trouble suivie de SP02, lié à la composante F2 ont subi une pollution bactériologique liée aux germes de contamination (SF et CT) et au paramètre turbidité Turb puisque ces milieux contiennent des milieux

propices à la croissance des bactéries. Les pollutions pourraient être d'origine naturelle ou anthropique, causé par le rejet domestique ou industrielle et aux lessivages des champs agricoles.

Conclusion

Les résultats obtenus dans cette étude ont révélé que les eaux de la rivière Matsiatra comportent des risques tant pour la santé humaine que pour la faune et la flore. Ils indiquent des variations significatives des paramètres physico-chimiques et microbiologiques, notamment un pH acide ce qui peut être dû à la présence de matières organiques en décomposition ou à l'acidification des sols, une température élevée ce qui peut favoriser la croissance des bactéries et autres micro-organismes, une conductivité élevée par rapport à la minéralisation de l'eau naturel de Madagascar, une turbidité dépassant les normes de l'OMS, des concentrations élevées de chlorures et de sodium, ainsi que des niveaux de DBO5 variables. Ces constatations soulignent la possibilité de pollutions organiques et microbiologiques d'origine naturelle ou humaine.

L'analyse en composantes principales (ACP) a permis d'illustrer les relations entre les différents paramètres. Elle a mis en évidence une corrélation entre la turbidité (SF) et la charge totale en coliformes thermotolérants (CT), ce qui suggère un risque accru de maladies hydriques dans les zones présentant des niveaux élevés de ces paramètres due à la défécation dans l'eau de rivière. De plus, les zones plus acides sont associées à des valeurs élevées de température, de conductivité, de TDS, de chlorures, de sodium et de DBO5, suggérant des risques chimiques potentiels due aux activités anthropiques : rejets domestiques et les lessivages agricoles.

En termes perspective, l'étude souligne l'importance d'envisager des études complémentaires sur le traitement de l'eau en relation avec sa qualité. Ces études pourraient aider à élaborer des stratégies de gestion de l'eau visant à réduire les risques pour la santé humaine et les écosystèmes.

Re,merciements

Les auteurs remercient le laboratoire de centre national de recherche sur l'environnement (CNRE) à Antananarivo et le laboratoire de chimie de la faculté de science de l'Université de Fianarantsoa.

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

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

Déclaration de financement : Les auteurs n'ont obtenu aucun financement pour cette recherche.

References:

1. Abahi, K. S., Akodogbo, H. H., Gouton, R. R., Adje, A. S., Gnohossou, P. M., & Piscart, C. (2023). Evaluation de l'Effet des Eaux Usées Industrielles sur la qualité de l'Eau de la Rivière Klou au Centre du Bénin. *European Scientific Journal, ESJ*, 148-163. doi:<https://doi.org/10.19044/esj.2023.v19n3p148>
2. Ali, B. M., Abdelkader, C., & Habib, R. E. (2012). Évaluation de la pollution physico-chimique des eaux de l'Oued Khoumane (Moulay Idriss Zerhoun, Maroc). *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 6(6), 7096-7111. doi:<https://doi.org/10.4314/ijbcs.v6i6.44>
3. Bramard, M. (2022). *Les impacts de la pollution de l'eau*. Fonte: eaufrance: <https://www.eaufrance.fr/les-impacts-de-la-pollution-de-leau>
4. CGP. (2020). *chemistry for the Grade 9-1 Cours*. Edexcel's 9-1 International GCSE. doi:<https://www.cgpbook.co.uk/extras>
5. Dudgeon, D., Arthington, A., M.O.Gessner, Kawabata, Z.-I., Knowler, D., C.Lévêque, . . . M.L., & S. (2006). Freshwater biodiversity: importance, threats, status and conservation challenges. *Biological reviews*, 163–182. doi:<https://doi.org/10.1017/S1464793105006950>
6. Edokpayi, J., J.O., O., & O.S., & D. (2017). Impact of wastewater on surface water quality in developing countries: a casestudy of South Africa. *In Water Quality: IntechOpen*, 402–416. doi:<https://doi.org/10.5772/66561>
7. Hartemann, P. (2013). Eau de consommation, risque, santé. (C. I. Edition, Ed.) *Sciences Eaux & Territoires*, 14 à 21. Acesso em jiu de 2023, disponível em <https://www.cairn.info/revue-sciences-eaux-et-territoires-2013-1-page-14.htm>
8. Jaofara, B. V. (2022). Analyses qualités des eaux de puits dans la commune urbaine de Bealanana, région Sofia, Madagascar. *American Journal of Innovative Research and Applied Science*, 14.
9. Jean, R., Bernard, L., Nicole, M., & Coll. (2009). *L'Analyse de l'eaux* (Vol. 09). Paris: Dunod .
10. Joseph, M. N., Kamb, J.-C. T., Mutambel'Hity, D. S., & Kipimbye, E. M. (2023). Détermination de la qualité physique et chimique et analyse des micropolluants des eaux de la rivière Lukunga à Kinshasa/ Rd Congo. *International Journal of Progressive Sciences and Technologies (IJPSAT)*, 243-252. doi:<http://dx.doi.org/10.52155/ijpsat.v36.2.4936>

11. Kouassi Ernest, A., Oga, Y. M., Koffi, Y. B., Kouassi, A. M., & Biemi, N. S. (2011). Caractérisation hydrogéochimique et microbiologique des ressources en eau du site d'un Centre d'Enfouissement Technique (CET) de Côte d'Ivoire : cas du CET de Kossihouen dans le District d'Abidjan (Côte d'Ivoire). *International Formulae Group*, 2524-2542. doi:<http://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v5i6.32>
12. Lakhili, F., Benabdelhadi Mohammed, P., & Boudarka Nouzha, D. (2015). Etude de la qualité physico-chimique et de la contamination métallique des eaux de surface du bassin versant de Beht (Maroc) . *European Scientific Journal*, 132-147.
13. Leigh, C., Burford, M., Robert, D., & Udy, J. (2010). Predicting the vulnerability of reservoirs to poor water quality and cyanobacterial blooms. *Water Research*, 4487-4496. doi:<https://doi.org/10.1016/j.watres.2010.06.016>
14. Mariann, L.-S., & Joanna, I. (2018). *Guide sur les polluants océaniques: menaces toxiques pour la santé humaine et la vie marine*. Suède: National Toxics Networ.
15. Merhabi, F., Amine, H., & Halwani, J. (Avril 2019). Evaluation de la qualité des eaux de surface de la rivière Kadicha. *Lebanese Science Journal*, 10-34. doi:<http://dx.doi.org/10.22453/LSJ-020.1.010-034>
16. Nawel Aouadi, F. M. H. (octobre 2018). Évaluation des risques de contamination des eaux de surface par les produits phytosanitaires : application à un bassin versant viticole (projet PhytoCOTE). *HAL open science*, 12.
17. OMS. (2005). *Combatre les maladies véhiculées par l'eau à la maison*. Genève: Suisse: Organisation Mondiale de la Santé.
18. Orelie, F. (2016-2017). *Etude de la qualité de l'eau destinée à la consommation humaine dans le sous-bassin versant de Ravine Diable (Anse-a-Veau)*. Communauté Française de Belgique: matheo. Accès en février 2023, disponible en <http://hdl.handle.net/2268.2/3245>
19. Pambou, Y.-b., Banaka, A. M., Legnouo, E. A., Goa, N. N., & Ngomanda, A. M. (02 de Septembre de 2020). Évaluation de la qualité des eaux de puits et de rivière, utilisées par certaines populations de la ville de Libreville au Gabon: Cas du quartier Nzengey-Ayong Dragages. *International Journal of Innovation and Scientific Research*, 148-165. Source: <https://www.issr-journals.org/xplore/ijisr/0050/002/IJSR-20-185-06.pdf>
20. Phu Duc, N., Babacar, T., Sophie, D., & Nomessi, K. (2018). Évaluation de l'impact de la pollution diffuse sur la qualité de l'eau en rivière avec données restreintes : cas d'application du bassin versant de la rivière Cau. *Revue des sciences de l'eau*, 31(3), 293-312. doi:<https://doi.org/10.7202/1054308ar>

21. Pierre Aubry, D. B.-A. (juin 2023). *Les maladies liées à l'eau*. Bordeaux (France): Institut de Médecine Tropicale, Université de Bordeaux. Acesso em 24 de juillet de 2023, disponível em <http://medecinetropicale.free.fr/cours/eau.pdf>
22. Rajonson, J., Rasolofonirina, N., Ratoveloson, J., & Ravaonindrina, N. (1992). Fonte: Institut de Recherche pour le Developpement (IRD): https://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins_textes/pleins_textes_7/carton01/40360.pdf
23. Sokegbe, O. Y., Djeri, B., Kogno, E., Kangnidossou, M., Mensah, R. T., Soncy, K., & Ameyapoh, Y. (2017). 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 Chemical Sciences*, 2341-2351. doi:<https://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v11i5.31>
24. Taglioni, C. O. (2019). Ressource en eau et fabrique du risque sanitaire au prisme de l'analyse de la vulnérabilité dans la capitale malgache. *OpenEdition journals*. doi:<https://doi.org/10.4000/com.10528>
25. Victor Désiré, T., Saya, R. a., & Eyango, M. T. (2017). Impacts des caractéristiques physico-chimiques des eaux sur la distribution du phytoplancton et des macrophytes de la rivière Nkam (Cameroun). *International Formulae Group*, 19. doi:<http://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v11i4.28>
26. Viland, M., Duchemin, A. M., Larivière, M., Zarrabi, P., & Chazelon, J. (2016). *Eau et santé: Guide pratique pour les interventions en milieu rural africain*. Afrique: pS-Eau. Acesso em Juin de 2023, disponível em https://www.pseau.org/outils/ouvrages/gret_mae_ps_eau_eau_et_sante_2001.pdf
27. Vissin, E. W., Aimade, H. S., Dougnon, L. D., Sohounou, M., Atiye, E. Y., & Atchade, G. A. (2016). Qualité de l'eau et maladies hydriques dans la commune de Toffo (Bénin, Afrique de l'ouest). *Journal of Applied Biosciences* 106:10300 –10308, 50. doi:<http://dx.doi.org/10.4314/jab.v106i1.10>
28. WHO. (2011). *Guidelines for Drinking Water (4th éd)*. Geneva, Switzerland: World Health Organization.
29. Zirirane, D., Bagalwa, J. J., Isumbisho, M., Mulengezi, M., Mukumba, I., Bora, M., . . . Kamangal, K. R. (2017). Évaluation comparée de la pollution des rivières Kahuwa et Mpungwe par l'utilisation des macroinvertébrés benthiques. *OpenEdition journal*, 22. doi:<https://doi.org/10.4000/vertigo.15365>

Infestations des Gares Routières par les Punaises de Lit à Abidjan et Risque de Dissémination en Côte d'Ivoire

Fofana Diakaridia

Ministère de la Santé, de l'Hygiène Publique et de la Couverture Maladie Universelle, Institut National d'Hygiène Publique, Abidjan, Côte d'Ivoire

Beugré Jean-Michel-Vianney

Université Félix Houphouët Boigny, UFR Biosciences, Laboratoire de Biologie et Santé, Abidjan, Côte d'Ivoire

Kouassi Moïhet Samuel

Université Alassane Ouattara, Centre d'Entomologie Médical et Vétérinaire, Bouaké, Côte d'Ivoire

Koné Salifou

Ministère de la Santé, de l'Hygiène Publique et de la Couverture Maladie Universelle, Institut National d'Hygiène Publique, Abidjan, Côte d'Ivoire

Konan Kouassi Lambert

Institut Pasteur, Abidjan, Côte d'Ivoire

Ouattara Kassoum

Ministère de la Santé, de l'Hygiène Publique et de la Couverture Maladie Universelle, Institut National d'Hygiène Publique, Abidjan, Côte d'Ivoire

Yapi Yapi Grégoire

Touré Mahama

Université Alassane Ouattara, Centre d'Entomologie Médical et Vétérinaire, Bouaké, Côte d'Ivoire

Koné Atioumounan Blaise

Coulibaly Daouda

Benié Bi Vroh Joseph

Ministère de la Santé, de l'Hygiène Publique et de la Couverture Maladie Universelle, Institut National d'Hygiène Publique, Abidjan, Côte d'Ivoire

[Doi:10.19044/esj.2023.v19n36p227](https://doi.org/10.19044/esj.2023.v19n36p227)

Submitted: 28 June 2023

Accepted: 28 December 2023

Published: 31 December 2023

Copyright 2023 Author(s)

Under Creative Commons CC-BY 4.0

OPEN ACCESS

Cite As:

Diakaridia F., Jean-Michel-Vianney B., Samuel K.M., Salifou K., Lambert K.K., Kassoum O., Grégoire Y. Y., Mahama T., Blaise K.A., Daouda C. & Joseph B.B.V. (2023). *Infestations des Gares Routières par les Punaises de Lit à Abidjan et Risque de Dissémination en Côte d'Ivoire*. European Scientific Journal, ESJ, 19 (36), 227.

<https://doi.org/10.19044/esj.2023.v19n36p227>

Résumé

En Côte d'Ivoire, principalement à Abidjan, de plus en plus de cas d'infestations par les punaises de lit sont signalées dans les gares routières. Malheureusement, les données se rapportant à la bionomie de ces insectes sont quasi inexistantes. La présente étude a pour objectif d'évaluer le niveau d'infestation des gares routières par les punaises de lit. La méthode de collecte a consisté à rechercher les signes de la présence des punaises de lit (œufs éclos ou non, nymphes, peaux de mue brunâtres etc.) dans les cinq communes du district autonome d'Abidjan (Abobo, Adjamé, Koumassi, Treichville et Yopougon) abritant les plus importantes compagnies de transport inter-urbain. À l'observation de ces signes, des bombes aérosols ont été utilisées pour débusquer les insectes. Ceux-ci ont par la suite été prélevés puis conservés dans des bocaux en plastique de 50 mL contenant de l'alcool à 70 %. Les échantillons de punaises ont été identifiés à la loupe binoculaire à l'aide de clés dichotomiques. Au total, 726 punaises de lit ont été capturées dans différents types de gîtes. Ce sont : les bancs des passagers, les sièges des cars, les lits de repos, les fissures dans les murs de bâtiments, les nattes de repos et les tables de bureau. *Cimex hemipterus* et *Cimex lectularius* ont été les espèces de punaises de lit identifiées. Elles ont été collectées dans les gares routières d'Abobo, Adjamé et Yopougon, excepté Koumassi et Treichville. À Yopougon, Adjamé et Abobo respectivement, 100 ; 89,46 et 85,72 % des gares étaient infestées par ces deux espèces. À Abobo, *Cimex lectularius* a été l'espèce prédominante (n = 42 ; soit 55,27 %). À Adjamé et à Yopougon, *Cimex hemipterus* était l'espèce la plus représentée avec, respectivement 53,4 et 76,2 %. Par ailleurs, les femelles et les mâles des deux espèces avaient une forte préférence pour les bancs des passagers. Les infestations de punaises de lit constatées au niveau des gares routières du district autonome d'Abidjan traduisent un risque de dissémination vers d'autres villes, voir hors des limites de la Côte d'Ivoire. Il apparait donc urgent de mettre en place, sur la base des présents résultats, des mesures de lutte et de contrôle avant que la colonisation de ces insectes ne devienne un véritable problème de santé publique.

Mots clés : Infestations, punaises de lit, Côte d'Ivoire

Infestations of Bus Stations by Bedbugs in Abidjan and Risk of Dissemination in Côte d'Ivoire

Fofana Diakaridia

Ministère de la Santé, de l'Hygiène Publique et de la Couverture Maladie Universelle, Institut National d'Hygiène Publique, Abidjan, Côte d'Ivoire

Beugré Jean-Michel-Vianney

Université Félix Houphouët Boigny, UFR Biosciences,
Laboratoire de Biologie et Santé, Abidjan, Côte d'Ivoire

Kouassi Moihet Samuel

Université Alassane Ouattara,
Centre d'Entomologie Médical et Vétérinaire, Bouaké, Côte d'Ivoire

Koné Salifou

Ministère de la Santé, de l'Hygiène Publique et de la Couverture Maladie Universelle, Institut National d'Hygiène Publique, Abidjan, Côte d'Ivoire

Konan Kouassi Lambert

Institut Pasteur, Abidjan, Côte d'Ivoire

Ouattara Kassoum

Ministère de la Santé, de l'Hygiène Publique et de la Couverture Maladie Universelle, Institut National d'Hygiène Publique, Abidjan, Côte d'Ivoire

Yapi Yapi Grégoire

Touré Mahama

Université Alassane Ouattara,
Centre d'Entomologie Médical et Vétérinaire, Bouaké, Côte d'Ivoire

Koné Atioumounan Blaise

Coulibaly Daouda

Benié Bi Vroh Joseph

Ministère de la Santé, de l'Hygiène Publique et de la Couverture Maladie Universelle, Institut National d'Hygiène Publique, Abidjan, Côte d'Ivoire

Abstract

In the Ivory Coast, mainly in Abidjan, more and more cases of infestation by bedbugs are reported in road stations. Unfortunately, the data relating to the bionomy of these insects are almost non-existent. The purpose of this study is to evaluate the level of infestation of road stations by the bedbugs. The collection method consisted of seeking signs of the presence of bedbugs (eggs or non-naked, nymph, brown-mud heavy skin, etc.) in five districts of Abidjan. Standardist District (Abobo, Adjame, Koumassi, Treichville, and Yopougon) which house the largest inter-urban transport companies. In the observation of these signs, aerosol bombs were used to get insects out. They were taken and preserved in 50 ml bottles containing alcohol

at 70 %. These samples were identified in the binocular magnifying glass using dichotomic keys. A total of 726 bedbugs were captured in different types of places: the passenger benches, the seats of cars, the rest mats, the cracks in the walls of buildings, and the office tables. *Cimex hemipterus* and *Cimex lectularius* were the identified bedbugs specified. They were collected in the bus stations of Abobo, Adjame, and Yopougon, except Koumassi and Treichville. In Yopougon, Adjame, and Abobo respectively, 100; 89.46, and 85.72 % of the stations were infested by these two species. In Abobo, *Cimex lectularius* was the predominant species (n = 42, or 55.27 %). In Adjame and Yopougon, *Cimex hemipterus* was the most represented species with 53.4 and 76.2 % respectively. In addition, females and males of both species had a strong preference for passenger benches. The bedbug infestations noticed in coach stations in Abidjan district show a risk that they spread to other cities including outside the borders of the country. It is therefore urgent to take measures to solve that issue before it becomes a real public health problem.

Keywords: Infestations, bedbugs, Ivory Coast

1. Introduction

Les Cimicidae du genre *Cimex*, encore appelés punaises de lit sont des insectes hématophages cosmopolites hautement invasifs. Leur dispersion est principalement due à l'action de l'homme (Delaunay et al., 2015 ; Zorrilla-Vaca et al., 2015 ; Masini et al., 2019). À ce jour, deux modes de déplacement sont décrits pour expliquer au mieux le processus de colonisation par ces ectoparasites. Ce sont : le déplacement actif et le déplacement passif (Anastay et al., 2011).

Le déplacement actif des punaises de lit est réalisé nuitamment, lors de la recherche d'une source nutritive pour la prise d'un repas de sang. Cela permet à l'insecte d'assurer son développement ou de se reproduire. Le second mode de déplacement est dit passif. Il nécessite l'action de l'homme qui, de manière fortuite, assure la dissémination de l'insecte. Aussi, la mondialisation des échanges commerciaux, les déplacements des biens et des personnes des zones infestées vers de nouveaux territoires ainsi que l'urbanisation incontrôlée sont autant de facteurs qui contribuent à l'expansion et à l'implantation durable des punaises de lit (Anastay et al., 2011 ; Delaunay et al., 2015 ; Zorrilla-Vaca et al., 2015 ; Masini et al., 2019).

En Côte d'Ivoire, les punaises de lit sont bien présentes (Fofana et al., 2023). Actuellement, elles ne constituent pas un problème de santé publique. Cependant, les nombreuses plaintes enregistrées par le service en charge de la lutte anti-vectorielle à l'Institut National Hygiène Publique sont autant d'indicateurs alarmants à prendre très au sérieux (Fofana et al., 2023). À Abidjan particulièrement, des cas d'infestations de punaises de lit sont

régulièrement signalées dans divers endroits (domiciles de particuliers, entreprises, hôtels, lieux de culte, marchés, hôpitaux, gares routières...) (Fofana et al., 2023). La nuisance qu'elles occasionnent suscite de plus en plus d'inquiétudes parmi lesquelles : l'ampleur des infestations et la possibilité de dissémination. Dès lors, il importe d'envisager des stratégies de contrôle appropriées et de lutter contre les punaises de lit, notamment dans les gares routières du district autonome d'Abidjan. Ces actions nécessitent au préalable, une parfaite connaissance de leur bionomie. Malheureusement, les données se rapportant à la bionomie des punaises de lit de Côte d'Ivoire sont quasi inexistantes.

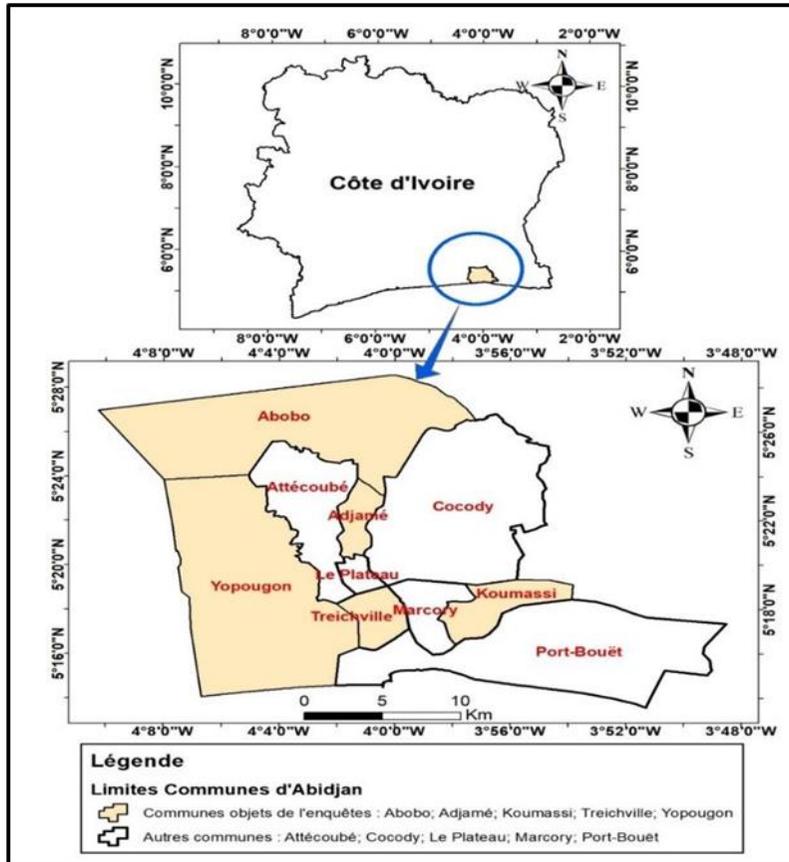
La présente étude a pour objectif d'évaluer le niveau d'infestation des gares routières par les punaises de lit. Elle a été menée dans les cinq communes du district autonome d'Abidjan abritant les plus importantes compagnies de transport inter-urbain.

2. Méthodologie

2.1. Zone d'étude

Les investigations entomologiques ont été menées au Sud de la Côte d'Ivoire, précisément à Abidjan (Figure 1). C'est l'une des villes les plus peuplées d'Afrique de l'Ouest. Elle couvre une superficie de 2 119 km² et compte plus de 5 616 633 d'habitants (RGPH, 2021). Dans cette ville sont concentrées l'essentiel des activités et infrastructures économiques (Olahan et Tahoux, 2007).

Dix communes composent la ville d'Abidjan, parmi lesquelles, cinq abritent des gares routières de transport inter-urbain, entre Abidjan et de nombreuses villes nationales et internationales. Il s'agit des communes d'Abobo, Adjamé, Koumassi, Treichville et Yopougon (Figure 1). Ces gares ont servi de cadre géographique pour la collecte des échantillons de punaises de lit (Figures 2, 3, 4, 5, 6).



Source : Institut National d'Hygiène Publique, Données de janvier à mars 2022

Figure 1. Localisation des sites d'étude

2.2. Collecte des échantillons de punaises de lit

Les investigations entomologiques ont été menées de janvier à mars 2022 dans 100 gares routières dont 42 à Adjamé, 35 à Abobo, 11 à Yopougon, 9 à Koumassi et 3 à Treichville. Chaque gare a été visitée au moins trois fois.

La collecte des punaises de lit a été réalisée selon la méthode décrite par Fofana et al. (2023). La méthode a consisté à rechercher par observation à l'œil nu, les signes de la présence des punaises de lit (œufs éclos ou non, nymphes, peaux de mue brunâtres, traces de sang et excréments) dans tous les endroits susceptibles de les abriter. Ce sont entre autres, les matelas, les vêtements usagés, les meubles usagés et les fissures dans les murs de bâtiments. À l'observation de ces signes, des bombes aérosols ont été utilisées pour débusquer les insectes. Ceux-ci ont par la suite été prélevés puis conservés dans des bocaux en plastique de 50 mL contenant de l'alcool à 70%. Les échantillons de punaises de lit ont été soumis aux techniques de diagnose

classique à l'aide d'une loupe binoculaire et de clés dichotomiques de Masini et al. (2019) et Benkacimi et al. (2020).

2.3. Exploitation et analyse des données

Les données ont été saisies et organisées dans le tableur Excel version 2013. Ce tableur a servi aux calculs des effectifs, des proportions des espèces de punaises de lit et à la réalisation de graphiques.

Par ailleurs, le logiciel statistique SPSS (version 25.) a été utilisé pour la réalisation du test non paramétrique de Fisher. Ce test a permis de comparer les proportions des différentes espèces de punaises de lit, à un seuil de significativité de 5 %.

3. Résultats

3.1. Répartition et proportions des gares routières infestées par les punaises de lit

Lors des investigations entomologiques réalisées dans les gares routières des communes de Treichville et de Koumassi, aucune punaise de lit n'a été collectée (Figures 2 et 3). Toutefois, dans les gares routières des communes d'Abobo, Adjamé et Yopougon, des punaises de lit ont été capturées (Figures 4, 5 et 6).

Deux espèces de punaises de lit ont été identifiées dans les gares routières infestées. Ce sont : *Cimex hemipterus* et *Cimex lectularius*. Dans les communes de Yopougon, Adjamé et Abobo respectivement, 100 ; 89,46 et 85,72 % des gares routières considérées ont été infestées par ces deux espèces (Figure 7).

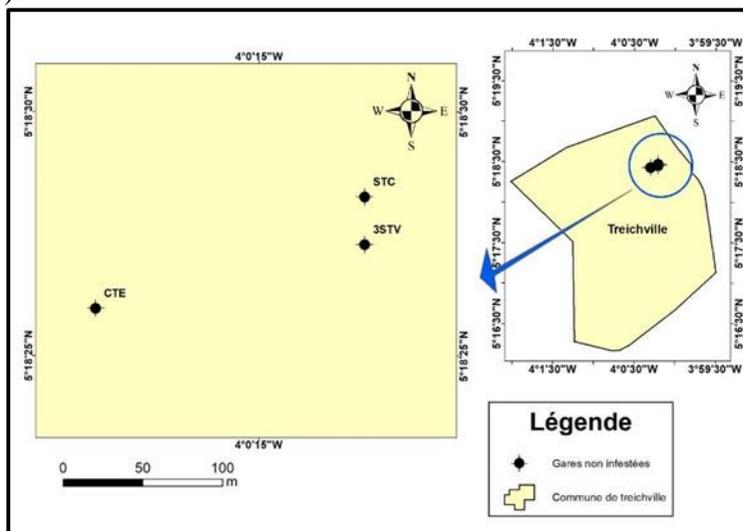


Figure 2. Gares routières non infestées par les punaises lit à Treichville

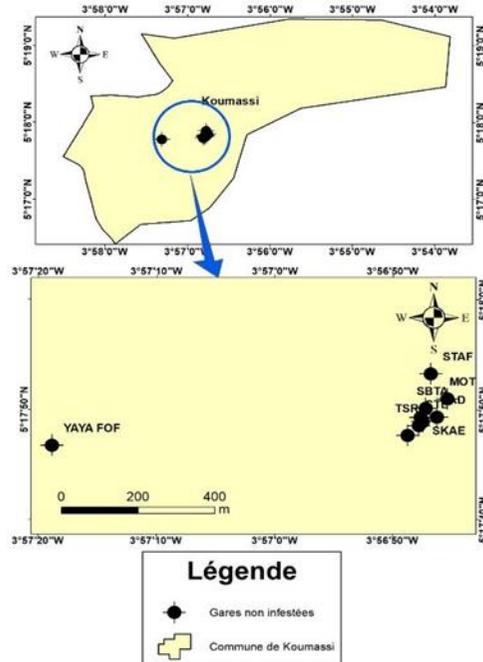


Figure 3 : Gares routières non infestées par les punaises lit à Koumassi

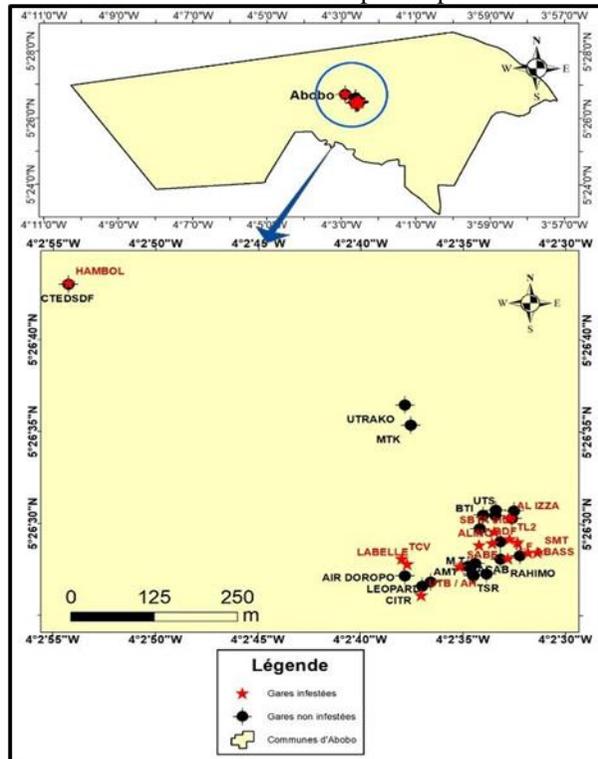


Figure 4 : Infestation des gares routières par les punaises de lit à Abobo

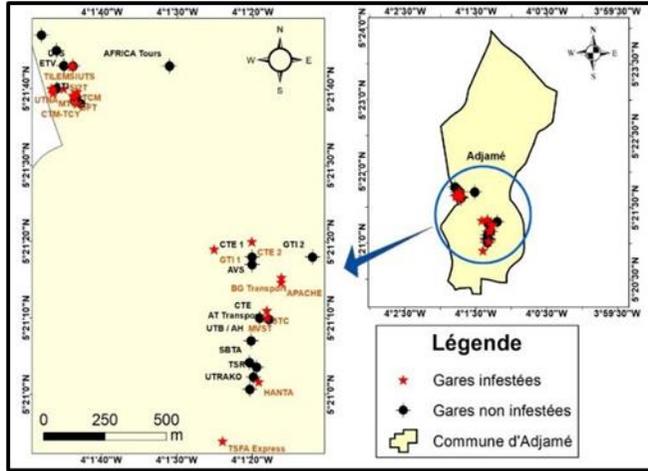


Figure 5 : Infestation des gares routières par les punaises de lit à Adjamé

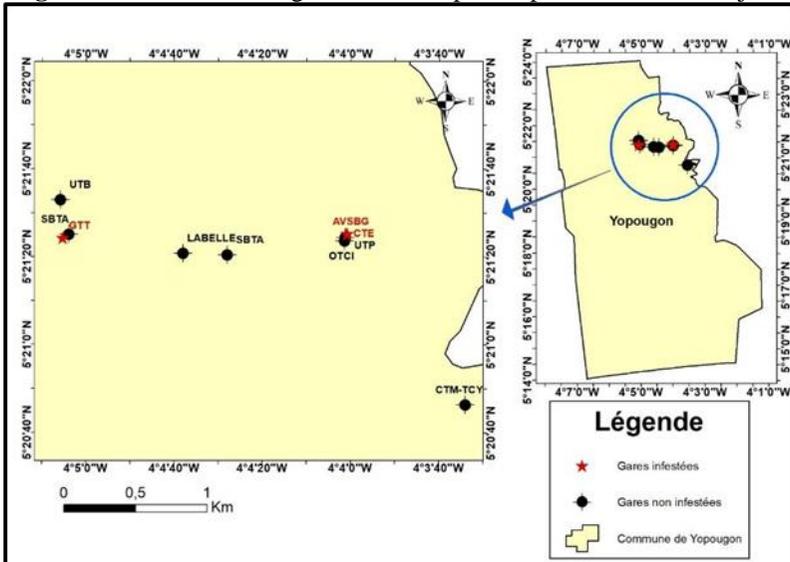


Figure 6 : Infestation des gares routières par les punaises de lit à Yopougon

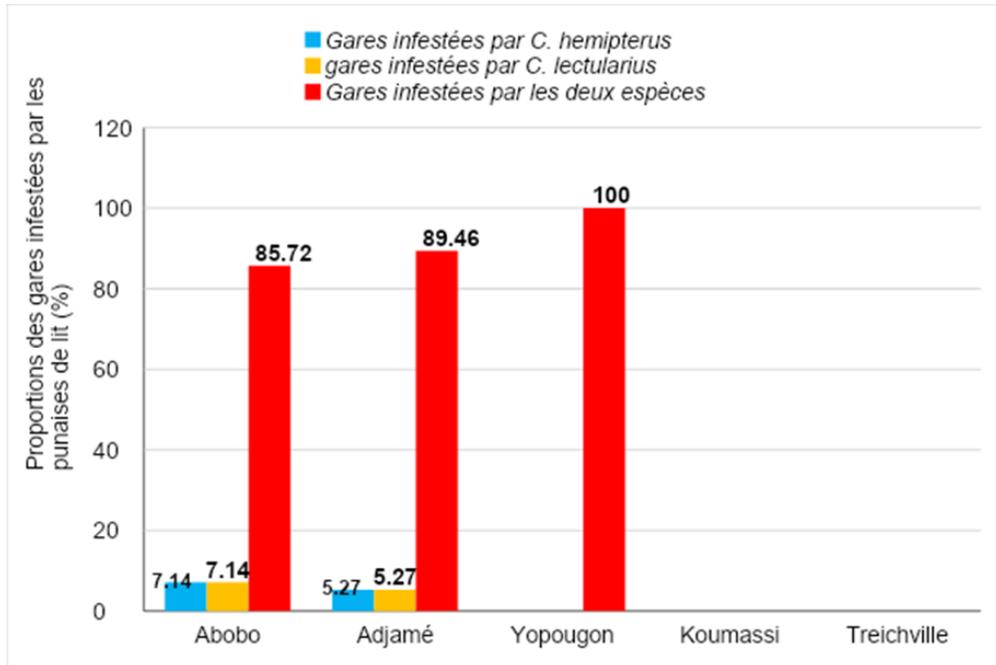


Figure 7 : Proportions des gares routières infestées par les espèces de punaises de lit à Abidjan

3.2. Abondance des espèces de punaises de lit dans les gares routières

Au total, 726 échantillons de punaises de lit ont été collectés dans l'ensemble des gares routières infestées.

Dans les gares routières d'Abobo, un total de 76 punaises de lit a été dénombré. L'espèce *Cimex lectularius* était la plus représentée avec 42 échantillons ; soit 55,27 % (Figure 8). Ce nombre n'était pas significativement différent ($p = 0,356$) de celui de *Cimex hemipterus* ($n = 34$; soit 44,73 %).

Dans les gares routières d'Adjamé, sur 629 punaises de lit capturées, *Cimex hemipterus* comptait le plus grand nombre d'échantillons ($n = 336$, soit 53,4 %). Ce nombre, n'était pas significativement différent ($p = 0,094$) de celui de *Cimex lectularius* ($n = 293$; soit 46,6 %).

Dans les gares routières de Yopougon, un total de 21 échantillons de punaises de lit a été obtenu. *Cimex hemipterus* comptait 16 échantillons ; soit 76,2 % (Figure 8). Ce nombre, comparé à celui de *Cimex lectularius* ($n = 5$; soit 23,8 %) n'était pas significativement différent ($p = 0,27$).

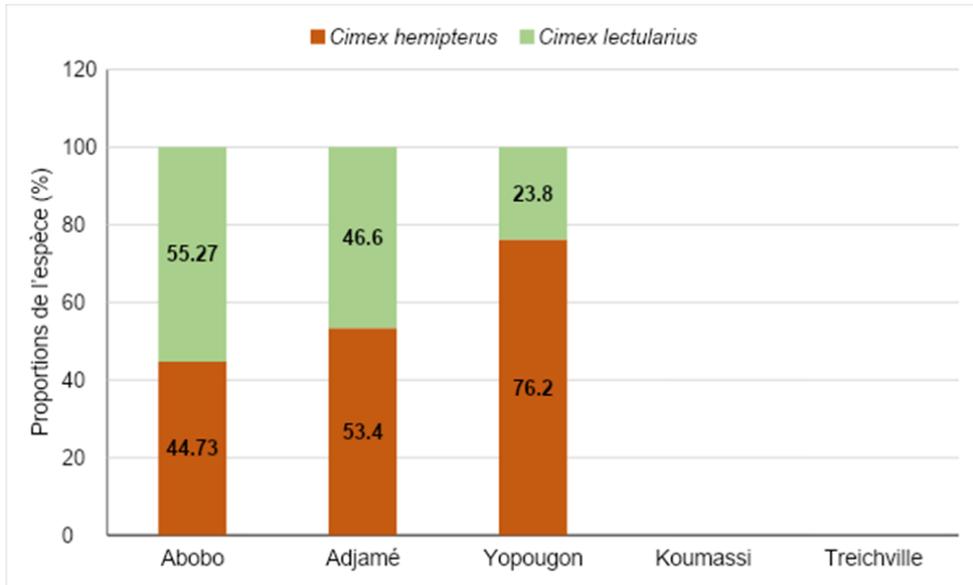


Figure 8. Abondance des espèces des punaises de lit dans les gares routières des communes visitées

3.3. Abondance des espèces de punaises de lit selon le sexe et les types de gîtes

Six types de gîtes de punaises de lit ont été répertoriés dans les gares routières infestées. Ce sont : les bancs des passagers, les sièges des cars, les lits de repos, les fissures dans les murs de bâtiments, les nattes de repos et les tables des bureaux (Tableau 1).

L'espèce *Cimex hemipterus* :

Les femelles de cette espèce étaient significativement ($p = 0,000$) plus abondantes ($n = 291$; soit 75,38 %) que les mâles ($n = 95$; soit 24,62 %). Les punaises des deux sexes colonisaient, en proportions différentes, les bancs des passagers, les fissures dans les murs de bâtiments, les tables des bureaux, les sièges des cars, les lits de repos et les nattes de repos. Dans les bancs des passagers, les femelles ($n = 224$, soit 71,56 %) ont été significativement ($p = 0,000$) plus abondantes que les mâles ($n = 89$, soit 28,84 %). Ce constat était le même pour les échantillons de punaises collectés dans les fissures des murs et les tables des bureaux (Tableau).

L'espèce *Cimex lectularius* :

Les femelles de cette espèce étaient significativement ($p = 0,001$) plus abondantes ($n = 201$; soit 59,11 %) que les mâles ($n = 139$; soit 40,89 %). Les punaises des deux sexes colonisaient, en proportions différentes tous les types de gîtes répertoriés. Dans les bancs de passagers, les femelles ($n = 166$; soit 58,65 %) ont été significativement ($p = 0,004$) plus abondantes que les mâles ($n = 117$; soit 41,35 %). Toutefois, au niveau des autres types de gîtes

(fissures des murs, tables des bureaux, sièges des cars, lits de repos et nattes de repos), l'abondance des deux sexes ne présentait pas de différence significative (Tableau).

Tableau. Abondance des espèces des punaises de lit selon le sexe et les types de gîtes

Types de gîtes	<i>Cimex hemipterus</i> n (%)			<i>Cimex lectularius</i> n (%)		
	f	m	p-value	f	m	p-value
Bancs des passagers	224 (71,56)	89 (28,44)	p = 0,000	166 (58,65)	117 (41,35)	p = 0,004
Sièges des cars	3 (100)	0 (0)	-	1 (50)	1 (50)	p = 1
Lits de repos	0 (0)	2 (100)	-	8 (57,14)	6 (42,86)	p = 0,791
Fissures des murs	43 (93,47)	3 (6,53)	p = 0,000	19 (61,3)	12 (38,7)	p = 0,281
Nattes de repos	0 (0)	0 (0)	-	1 (33,33)	2 (66,67)	p = 1
Tables des bureaux	21 (95,45)	1 (4,55)	p = 0,000	6 (85,71)	1 (4,29)	p = 0,125
Total	291 (75,38)	95 (24,62)	p = 0,000	201 (59,11)	139 (40,89)	p = 0,001

n : nombre d'échantillons ; % : proportions

4. Discussion

Les investigations entomologiques ont révélé l'existence de deux espèces de punaises de lit dans les gares routières du district autonome d'Abidjan. Ce sont : *Cimex hemipterus* et *Cimex lectularius*. Ces résultats corroborent ceux de Fofana et al. (2023) dans une étude réalisée de 2016 à 2019. De ces deux espèces, *Cimex hemipterus* était significativement plus abondante au niveau de l'habitat humain ; tandis que *Cimex lectularius* était peu représentée (Fofana et al., 2023). Dans la présente étude, *Cimex lectularius* a été plus abondante que *Cimex hemipterus* dans les gares routières de la commune d'Abobo. Au niveau des gares d'Adjamé et de Yopougon par contre, *Cimex hemipterus* étaient plus représentés que *Cimex lectularius*. Toutefois, les proportions obtenues ne présentaient pas de différence significative.

Cimex hemipterus et *Cimex lectularius* sont deux espèces synanthropiques (Delaunay et Pharm, 2012 ; Vernard et al., 2013 ; Zorrilla-Vaca et al., 2015). Elles se seraient bien adaptées aux conditions environnementales créées ou modifiées par l'activité humaine. La co-infestation de ces ectoparasites au niveau des gares routières témoigne d'un environnement favorable à leur développement. En effet, les communes de Yopougon, Abobo et Adjamé figurent parmi les communes à forte densité humaine (RGPH, 2021). Elles occupent respectivement le premier, deuxième et sixième rang des communes les plus peuplées du district autonome d'Abidjan (RGPH, 2021). Aussi, la commune d'Adjamé héberge plus de la moitié des marchandises de la ville d'Abidjan (Olahan et Tahoux, 2007 ; Dabié, 2011). Cela pourrait grandement contribuer au déplacement des punaises de lit vers de nombreuses villes nationales et internationales.

De plus, *Cimex hemipterus* et *Cimex lectularius* ont tous deux été observées dans des compagnies de transport inter-urbain du district autonome d'Abidjan. Cependant, *Cimex lectularius* a toujours été décrite comme une espèce originaire des pays tempérés (Masetti et Bruschi, 2007 ; Berenger et al., 2008 ; Federica et al., 2013). Sa présence dans de nouveaux territoires, notamment en Côte d'Ivoire pourrait être liée aux importations de marchandises préalablement infestées (meubles, literie, friperies, véhicules d'occasion etc.) et aux déplacements des voyageurs des zones tempérées infestées vers les pays tropicaux. Ces facteurs ont grandement contribué à la dispersion de cette espèce (Myamba et al., 2002 ; Karunamoorthi et al., 2015 ; Zorrilla-Vaca et al., 2015). Les résultats d'une étude menée au Nigéria notifie également sa présence (Oduola et al., 2017). Quant à *Cimex hemipterus*, elle est décrite comme une espèce tropicale (Delaunay et al., 2011) ; donc présente en Côte d'Ivoire. Elle a été décrite pour la première fois par Fofana et al. (2023).

Les punaises de lit ont été abondantes à Adjamé, Abobo et Yopougon. Cette abondance serait due au nombre de gares routières visitées (42 à Adjamé, 35 à Abobo et 11 à Yopougon). Dans ces communes, sont concentrées l'essentiel des compagnies de transport inter-urbain (Olahan et Tahoux, 2007). Celles-ci assurent le déplacement des biens et des personnes au niveau national et international (Olahan et Tahoux, 2007). À Koumassi et Treichville où très peu de gares routières ont été visitées, aucune punaise de lit n'a été capturée. Néanmoins, un échantillonnage plus exhaustif de ces lieux permettrait de mieux apprécier leur niveau d'infestation.

Cimex hemipterus et *Cimex lectularius* pullulent une diversité de gîtes (Davies et al., 2012 ; Jourdain et al., 2016). Dans cette étude, des bancs de passagers, des sièges de cars, des lits de repos, des fissures de murs, des nattes de repos et des tables de bureaux ont été identifiés comme gîtes préférentiels des punaises de lit. Les femelles de *Cimex hemipterus* et *Cimex lectularius* (femelles et mâles) prédominaient dans les bancs des passagers. Ces gîtes seraient plus adaptés à leur développement et offriraient toutes les commodités nécessaires à la pérennisation des individus. Aussi, la présence des punaises à ces endroits des gares favoriserait leur déplacement passif ; par conséquent, augmenterait leur risque de dissémination à d'autres villes de Côte d'Ivoire et aux pays limitrophes tels que le Burkina Faso, le Mali, la Guinée et le Ghana.

Conclusion

Deux espèces de punaises de lit sont présentes au niveau des gares routières du district autonome d'Abidjan, notamment à Adjamé, Abobo et Yopougon. Il s'agit de *Cimex hemipterus* et *Cimex lectularius*. Elles colonisent une diversité de gîtes à savoir : les bancs des passagers, les sièges des cars, les lits de repos, les fissures dans les murs de bâtiments, les nattes de

repos et les tables des bureaux. Les femelles de ces espèces sont plus abondantes que les mâles et ont une forte préférence pour les bancs des passagers. Les infestations des gares routières par les punaises de lit traduisent un risque de dispersion vers d'autres villes, voir hors des limites de la Côte d'Ivoire. Il apparait donc urgent de mettre en place, sur la base des présents résultats, des mesures de lutte et de contrôle avant que la colonisation des punaises de lit ne devienne un véritable problème de santé publique en Côte d'Ivoire.

Conflit d'intérêt: Les auteurs déclarent n'avoir aucun conflit d'intérêt en relation avec cet article.

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

Déclaration de financement : Les auteurs n'ont obtenu aucun financement pour cette recherche.

Déclaration pour les participants animaux : Cette étude a été approuvée par le ministère ivoirien de la Santé, de l'Hygiène publique et de la Couverture maladie universelle, et les principes de la Déclaration d'Helsinki ont été respectés.

Remerciements

Cette étude est le fruit de la collaboration et de l'implication de plusieurs institutions. C'est le lieu de remercier : le Ministère de la Santé, de l'Hygiène Publique et de la Couverture Maladie Universelle, le Ministère des Transports, l'Institut National d'Hygiène Publique (INHP), le laboratoire de Biologie et Santé de l'Université Félix Houphouët Boigny et le Centre d'Entomologie Médicale et Vétérinaire (CEMV) de l'Université Alassane Ouattara. Par ailleurs, il convient de remercier toutes les personnes qui ont contribué à la collecte des données de terrain, à l'identification des insectes au laboratoire et à l'amélioration de l'article.

Aucun financement n'a été accordé pour la réalisation de cette étude. Le matériel de locomotion et de collecte des données de terrain a été fourni par le service Lutte Anti-Vectorielle de l'INHP.

References:

1. Anastay M., Blanc V., Del Giudice P., Marty P. & Delaunay P., 2011. La punaise de lit : un ectoparasite émergent. *La Lettre de l'Infectiologie*, Tome XXVI (1), 18-22.

2. Benkacimi L., Gazelle G., El Hamzaoui B., Bérenger J.M., Parola P. & Laroche M., 2020. MALDI-TOF MS identification of *Cimex lectularius* and *Cimex hemipterus* bedbugs. *Infection, Genetics and Evolution*, 85 : 1-17.
3. Berenger J.M, Delaunay P. & Pagès F, 2008. Les punaises de lit (Heteroptera, Cimicidae) : une actualité «envahissante». *Médecine Tropicale*, 68 : 563-567.
4. Dabié D.A.N., 2011. Contribution de la téléphonie mobile à la dynamisation du commerce informel dans la commune d'Adjamé à Abidjan en Côte d'Ivoire. *halshs-00655619*, 14 p.
5. Davies T.G.E., Field M. & Williamson M.S., 2012. The re-emergence of the bed bug as a nuisance pest: implications of resistance to the pyrethroid insecticides. *Medical and Veterinary Entomology*, 26 : 241–254.
6. Delaunay P. & Pharm D, 2012. Human travel and traveling bedbugs. *Journal of Travel Medicine*, 19 (6) : 373-379.
7. Delaunay P., Berenger J.M., Izri A., Jourdain F., Perrin Y. & Robert V., 2015. Les punaises de lit *Cimex lectularius* et *Cimex hemipterus* Biologie, *Lutte et Santé publique*, 24p.
8. Delaunay P., Blanc V., Del-Giudice P., Levy-Bencheton A., Chosidow O., Marty P. & Brouqui P., 2011. Bed bugs and infectious diseases. *Clinical Infectious diseases*, 52(2) : 200-210.
9. Federica G., Lisa G., Marialetizia M., Annalisa A., Fabio M. & Walter M., 2013. Cases of bed bug (*Cimex lectularius*) infestations in Northwest Ital. *Veterinaria Italiana*, 335-340.
10. Fofana D., Yao K.P., Koné N., Beugré J.M.V., Acapovi-Yao G.L., Koné B. A., Konan K.L., Ouattara K. & Koné S., 2023. Diagnosis of Cimicidae, ectoparasites linked to human habitat in Côte d'Ivoire. *Journal of Parasitology and Vector Biology*, 15 (1) : 21-25.
11. Jourdain F., Delaunay P., Bérenger J.M., Perrin Y. & Vincent Robert V., 2016. The Common bed bug (*Cimex lectularius*) in metropolitan France. Survey on the attitudes and practices of private- and public-sector professionals. *Parasite*, 23 (38) : 1-8.
12. Karunamoorthi K., Beyene B. & Ambelu A., 2015. Prevalence, knowledge, and selfreported containment practices about bedbugs in the resource-limited setting of Ethiopia : a descriptive cross-sectional survey. *Health* 7 (9) : 1142–1157.
13. Masetti M. & Bruschi F., 2007. Bedbug infestations recorded in Central Italy. *Parasitology International* 56 : 81–83.
14. Masini P., Zampetti S., Llera M.G., Biancolini F., Moretta I., Romani R., Tramontana M., Hansel K. & Stingeni L., 2019. Infestation by the tropical bedbug *Cimex hemipterus* (Hemiptera: Cimicidae): first report

- in Italy. *Letter to the Editor, European Academy of Dermatology and Venereology*, 1-3.
15. Myamba J., Maxwell C., Asidi A. & Curtis C., 2002. Pyrethroid resistance in tropical bed bugs, *Cimex hemipterus*, associated with use of treated bednets. *Medical and Veterinary Entomology*, 16 (4) : 448-451.
 16. Oduola A.O., Omotayo A.I., Adelaja O.J. & Obembe A., 2017. Bedbug (*Cimex lectularius*) infestation and its control practices in two selected settlements in Ilorin, Kwara state, Nigeria. *Animal Research International* 14 (3) : 2818-2825.
 17. Olan A. & Tahoux M., 2007. Impacts socio-économiques et écologiques des transports collectifs urbains : cas des wôrô-wôrô et gbaka à Adjamé (Abidjan). *Revue de Géographie Tropicale et d'Environnement*, 2 : 66-85.
 18. RGPH (Recensement Général de la Population et de l'Habitat), 2021. Résultats globaux, Côte d'Ivoire, 37p.
 19. Vernard R.L., Sara E.M., Robin L.T., Andrew M.S, Dong-Hwan C. & Neil D.T., 2013. Researchers combat resurgence of bed bug in behavioral studies and monitor trials. *California Agriculture* 67 (3) : 172-178.
 20. Zorrilla-Vaca A., Melissa M., Silva-Medina & Escandón-Vargas K., 2015. Bedbugs, *Cimex spp.* : their current world resurgence and healthcare impact. *Asian Pacific Journal of Tropical Disease*, 5 (5): 342-352.

Cas Clinique : Anévrisme de l'Aorte Abdominale Complicqué de Thrombose à Propos d'Un Cas

Lex Léonard Lénguebanga

Pabingui Léonard

Yabeta Grace Á Dieu

Service de cardiologie, centre hospitalier universitaire de l'Amitié Sino centrafricaine de Bangui, République Centrafricaine

Izamo Léopold

Onambélé John

Kobelembi Armand

Service de médecine, centre hospitalier universitaire Communautaire de Bangui, République Centrafricaine

Kouandongui Francky

Service de radiologie, centre hospitalier universitaire Elisabeth Domitien de Bimbo, République Centrafricaine

[Doi:10.19044/esj.2023.v19n36p243](https://doi.org/10.19044/esj.2023.v19n36p243)

Submitted: 27 June 2023

Accepted: 28 December 2023

Published: 31 December 2023

Copyright 2023 Author(s)

Under Creative Commons CC-BY 4.0

OPEN ACCESS

Cite As: Lex L.L., Pabingui L., Yabeta Grace A.D., Izamo L., Onambélé J., Kobelembi A. & Kouandongui F. (2023). *Cas Clinique : Anévrisme de l'Aorte Abdominale Complicqué de Thrombose à Propos d'Un Cas*. European Scientific Journal, ESJ, 19 (36), 243.

<https://doi.org/10.19044/esj.2023.v19n36p243>

Résumé

L'anévrisme de l'aorte abdominale est une dilatation permanente de l'aorte abdominale dans sa portion sous-rénale. Les conséquences, en cas de rupture anévrismale, peuvent être fatales. La plupart des anévrismes de l'aorte abdominale ne présentent pas de symptômes jusqu'au moment de la rupture. Le symptôme le plus courant est la douleur abdominale ou dorsale. Parfois, une masse pulsatile (qui présente des pulsations) peut être palpée au niveau de l'abdomen. Le diagnostic paraclinique est basé sur l'échographie abdominale et l'angiomodensitométrie. Le dépistage est recommandé chez tous les hommes fumeurs de plus de 65 ans ayant un parent de premier degré connu pour un anévrisme de l'aorte abdominale. Les anévrismes asymptomatiques présentant un diamètre de plus de 50mm chez la femme, 55mm chez l'homme ou une croissance du diamètre de plus de 1cm par année doivent être opérés.

Le traitement est chirurgical ou endovasculaire. Le traitement médical consiste à lutter contre les facteurs de risque athéromateux.

Mots-clés: Anévrisme, aorte abdominale, athérosclérose, facteurs de risque cardiovasculaires

Clinical Case: Abdominal Aortic Aneurysm Complicated by Thrombosis - A Case Study

*Lex Léonard Lénguebanga
Pabingui Léonard
Yabeta Grace Á Dieu*

Service de cardiologie, centre hospitalier universitaire de l’Amitié Sino centrafricaine de Bangui, République Centrafricaine

*Izamo Léopold
Onambélé John*

Kobelemi Armand

Service de médecine, centre hospitalier universitaire Communautaire de Bangui, République Centrafricaine

Kouandongui Francky

Service de radiologie, centre hospitalier universitaire Elisabeth Domitien de Bimbo, République Centrafricaine

Abstract

The abdominal aortic aneurysm is a permanent dilation of the abdominal aorta in its sub-renal portion. The consequences, in the event of an aneurysmal rupture, can be fatal. Most abdominal aortic aneurysms do not show symptoms until the moment of rupture. The most common symptom is abdominal or back pain sometimes a throbbing mass (which is pulsating) can be felt in the abdomen. Paraclinical diagnosis is based on abdominal ultrasound and CT angiography. Screening is recommended for all male smokers over 65 years of age with a first-degree relative known to have an abdominal aortic aneurysm. Asymptomatic aneurysms with a diameter of more than 50mm in women, 55mm in men, or with a diameter growth of more than 1cm per year should be operated on. Treatment is surgical or endovascular. The medical treatment consists of combating the atherosclerotic risk factors.

Keywords: Aneurysm, Abdominal aorta, Atherosclerosis, Cardiovascular risk factors

Introduction

Un anévrisme est défini par la perte du parallélisme des parois vasculaires et une augmentation du diamètre supérieure à 1,5 fois le diamètre normal.

Selon la Haute Autorité de Santé (H.A.S), l'anévrisme de l'aorte abdominale (AAA) est une dilatation permanente de l'aorte abdominale (diamètre antéropostérieur > 30 mm dans sa localisation sous-rénale) [H.A.S, 2012]. La localisation est sous rénale dans 80% des cas.

Dans la cohorte de Framingham, le diamètre moyen de l'aorte sous-rénale normale est de 19,3 mm chez les hommes et de 16,7 mm chez les femmes. Ce diamètre aortique normal est soumis à des variations liées à l'âge, à la surface corporelle et à des facteurs de risque vasculaire comme le tabagisme et la pression artérielle [Brown LC et coll, 1999; Singh K, et coll 2001].

La cause principale si non exclusive est l'athérosclérose. Des facteurs génétiques pourraient également être impliqués et sont très probablement prédominant chez la femme qui présente moins de facteurs de risque athéromateux. La prédominance masculine est marquée, avec une fréquence cinq à dix fois plus élevée chez l'homme par rapport à la femme [Lindholt JS et coll, 2008]. Nous rapportons le cas d'une femme qui a présenté un anévrisme de l'aorte abdominale compliqué de thrombose artérielle

Observation

Madame X âgée de 38ans, a été vue le 14 janvier 2019 pour douleur abdominale associée à la lourdeur des membres inférieurs.

Dans ses antécédents et facteurs de risque, on note de l'hypertension artérielle et une obésité.

L'examen clinique montrait un poids à 95kg pour une taille de 1,65m, IMC à 35 ; la Pression artérielle à 178/107mmhg et la fréquence cardiaque chiffrée à 113bpm. Les Bruits du cœur perçus, réguliers sans bruits surajouté. Pas de signe périphérique d'insuffisance cardiaque. La Palpation abdominale perçoit une masse sous ombilicale pulsatile. Le pouls périphérique perçu de façon symétrique sans souffle vasculaire périphérique.

L'électrocardiogramme et l'écho Doppler cardiaque sont dans les limites de la normale.

L'échographie abdominale (figure 1) objective une aorte abdominale de calibre augmenté (60 mm) avec une calcification de sa paroi et un hématome pariétal, légèrement calcifiée. L'aorte abdominale sus rénale de diamètre normale. Un angioscanner complémentaire (figure 2 et 3) avait noté une aorte sous rénale anévrismale (anévrisme fusiforme) déroulée et tortueuse. Le diamètre variait entre 2,6 et 6,4cm. Elle avait un trajet déroulé avec un passage sous rénal gauche. Au niveau de cette zone, l'épaississement de la

graisse périvasculaire suspecte de fissuration a été observé. Il s'y associait une zone de thrombose en distalité avec des sténoses allant jusqu'à 60%, une ectasie de l'origine des iliaques communes à 1,6 cm de grand axe. Le diagnostic d'un anévrisme de 63x46 mm de l'aorte abdominale sous rénale avec thrombus murale circonférentiel et des calcifications totales de l'intima a été retenu. Il n'était pas associé à une dissection aortique ou de fissuration. On notait également une légère extension dans les artères iliaques communes qui ~~étaient~~ dilatées et perméables avec importantes calcifications pariétales.

Devant ce diagnostic l'indication opératoire a été posée, la patiente a été mise sous Nebivolol 5mg: 1comp/j, antaldique et AAP (cardioasperine 500mg/ jour) puis elle était adressée en chirurgie vasculaire ou elle a bénéficié d'une chirurgie ouverte avec ouverture de l'anévrysme et ablation du thrombus (mis à plat). Mise en place d'une prothèse synthétique aorto-bi-iliaque (greffe vasculaire) a permis le rétablissement du flux sanguin. La prothèse est fixée au moyen de sutures réalisées par le chirurgien vasculaire. Avec un recul de 15 mois les suites opératoires sont sans complication

Commentaire

La plupart des anévrismes de l'aorte abdominale non compliqués sont asymptomatiques et découverts fortuitement par un examen paraclinique. [Lederle FA et coll, 1988; Hoffmann B et coll, 2009]. Parfois l'anévrisme est douloureux (douleur abdominale, hypogastrique, continue, sans lien avec les mouvements), faisant craindre une rupture imminente.

La complication normale d'anévrisme de l'aorte abdominale est sa rupture, qui se traduit par un état de choc hémorragique associé à une douleur de survenue brutale, intense, localisée dans le dos ou à la partie basse de l'abdomen, irradiant parfois plus bas jusque dans les jambes.

Cliniquement, on retrouve alors souvent un abdomen distendu avec une masse battante. Le diagnostic peut être difficile chez les patients obèses ou lorsque l'anévrisme était méconnu.

La traduction physique de l'anévrisme est une masse pulsatile abdominale, allant de l'appendice xiphoïde à l'ombilic. Sa taille est souvent surestimée et il est parfois difficile de différencier l'anévrisme d'une tortuosité artérielle [FA, Simel DL, 1999]. La palpation peut être terrible, surtout si l'anévrisme est entrain d'augmenter de volume ou de se rompre. On retrouve fréquemment une artérite des membres inférieurs associés ainsi que d'autres manifestations de la maladie athéromateuse (antécédent d'infarctus ou revascularisation coronaire, angor, accident, vasculaire cérébral, chirurgie carotidienne...).

La mesure de l'aorte permet le diagnostic et le bilan de l'anévrisme (diamètre maximal, étendue, présence d'un thrombus). L'échographie abdominale est l'examen le plus simple, rapide, non onéreux, avec une

excellente sensibilité [Tayal VS et coll 2003]. Son apport diagnostique est légèrement inférieur pour les anévrismes siégeant au-dessus des artères rénales. L'échographie peut être utilisée pour le dépistage dans des populations à risque (parents de patients présentant un anévrisme de l'aorte abdominal, patients de plus de 60 ans avec des facteurs de risque, patients diabétiques). Le bénéfice du dépistage systématique n'a pas été établi [Costantino TG1 et coll, 2005; Mehta N et coll, 2013].

L'angiomodensitométrie avec injection permet de reconstituer et apprécier l'aorte dans son ensemble. Elle permet de mesurer le diamètre maximal de l'anévrisme et d'évaluer son étendu et sa forme de façon précise [Kuhn M et coll, 2000].

L'IRM n'a pas montré sa supériorité par rapport à la tomodensitométrie mais trouve sa place en cas de contre-indication à l'injection de produit de contraste iodé. Elle évite les radiations. L'aortographie, examen utilisé autrefois, n'est plus d'actualité.

L'expansion de l'anévrisme est inexorable. La vitesse de croissance est initialement lente puis s'accélère avec l'augmentation de taille. Le risque majeur est la rupture. Ce risque est corrélé à la vitesse d'expansion (en moyenne 0,4 cm/an mais très variable d'une personne à l'autre [Brown LC et coll, 1999]. D'autres facteurs semblent favoriser la rupture, comme le tabagisme actif et l'hypertension artérielle non contrôlée.

Le but du traitement est de prévenir une rupture de l'anévrisme. Le risque de rupture est donc le facteur déterminant de la date de l'intervention chirurgicale.

La mortalité opératoire d'un anévrisme de l'aorte opéré de manière élective est 4-6 %, elle augmente à 20% en cas de chirurgie en urgence, et à 50% en cas de chirurgie d'un anévrisme rompu [Ellenberger C et coll, 2006]. La mortalité globale (incluant les patients n'arrivant pas à l'hôpital) des patients dont l'anévrisme de l'aorte abdominale se rompt est de l'ordre de 75%. Ainsi, l'idéal est d'intervenir à froid. Une intervention précoce, avant que le diamètre atteigne 5,5 cm, ne semble pas nécessaire (pas de différence de mortalité entre attitudes médicale et chirurgicale), sous réserve d'une surveillance régulière et étroite des patients dans le groupe traité médicalement en conséquence, on retient généralement une indication opératoire pour des anévrismes de 55 mm et plus. Ce diamètre, dérive d'études réalisées chez l'homme, n'est à l'évidence pas applicable à la femme, pour laquelle le diamètre de 5 cm est proposé. Enfin l'indication doit également tenir compte de l'évolution du diamètre aortique, et bien sûr de l'apparition de symptômes qui font craindre une rupture [Brewster DC et coll, 2003]

Le traitement chirurgical, conventionnel ou non, consiste à exclure la zone anévrismale du flux circulatoire par interposition d'un tube prothésique de dacron ou de Gore-tex [Becquemin JP et coll, 2011].

L'ischémie myocardique est généralement recherchée par scintigraphie ou par échographie de stress avec perfusion de dobutamine. Il semble important dans cette population que les patients à risque reçoivent un traitement bêtabloquant au moment de la chirurgie.

L'anévrisme de l'aorte abdominale étant une complication de l'athérome, son traitement médical est celui de l'athérome.

Conclusion

L'anévrisme de l'aorte abdominale peut être fatal s'il y a rupture mais un traitement efficace peut empêcher cette rupture de se produire. La connaissance des facteurs de risque, des symptômes et des options thérapeutiques peut permettre de réagir rapidement si nécessaire. Le diagnostic repose sur l'échographie et la tomodensitométrie.

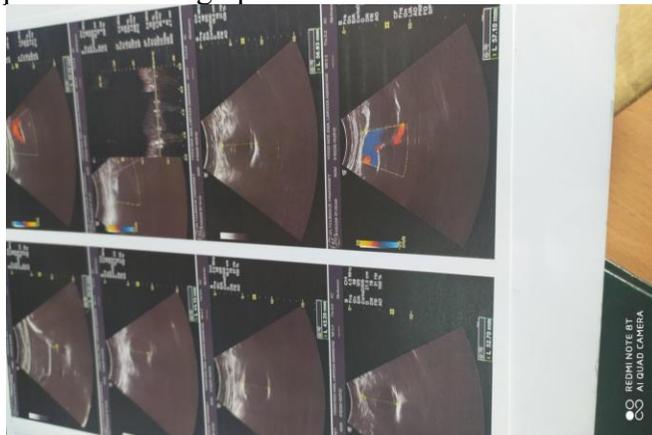


Figure 1. Echographie de l'aorte abdominale en mode B : dilatation de l'aorte abdominale sous rénale avec un hématome pariétal circonférentiel



Figure 2. Angioscanner de l'aorte abdominale, coupe sagittale gauche : dilatation fusiforme de l'aorte abdominale avec une calcification totale de l'intima et un hématome circonférentiel et un épaissement de la graisse (flèche bleue)

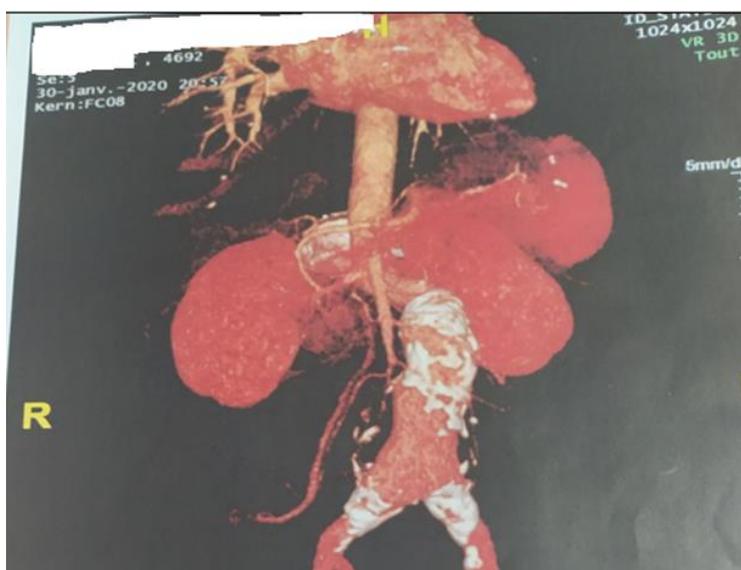


Figure 3. Angioscanner de l'aorte abdominale, reconstruction surfacique : anévrisme de l'aorte abdominal avec extension aux premières portions des artères iliaques primitives

Déclaration pour le droit de l'homme : Cette étude a été approuvée par le décanat de la faculté de médecine jouant le rôle du comité d'éthique et les principes de la Déclaration d'Helsinki ont été suivis.

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

Disponibilité de donnée : La donnée est incluse dans le contenu de l'article

Déclaration de financement : Les auteurs n'ont reçu aucun financement pour cette recherche.

Références:

1. HAS (Haute Autorité de Santé). Recommandation en santé publique. Dépistage et prévention des anévrismes de l'aorte abdominale. Novembre 2012
2. Brown LC, Powell JT. Risk factors for aneurysm rupture in patients kept under ultrasound surveillance. UK small aneurysm trial participants. *Ann Surg* 1999; 230:289-96.
3. Singh K, Bønaa KH, Jacobsen BK, et al. Prevalence of and risk factors for abdominal aortic aneurysms in a population-based study : The Tromsø study. *Am J Epidemiol* 2001;154:236-44.
4. Lindholt JS, Norman P. Screening for abdominal aortic aneurysm reduces overall mortality in men. A meta-analysis of the mid- and

- long-term effects of screening for abdominal aortic aneurysms. *Eur J Vasc Endovasc Surg* 2008;36:167-71
5. Lederle FA, Walker JM, Reinke DB. Selective screening for abdominal aortic aneurysms with physical examination and ultrasound. *Arch Intern Med* 1988; 148: 1753-6.
 6. Hoffmann B, Um P, Bessman ES, Ding R, Kelen GD, McCarthy ML. Routine screening for asymptomatic abdominal aortic aneurysm in high-risk patients is not recommended in emergency departments that are frequently crowded. *Acad Emerg Med* 2009;16:1242-50
 7. FA, Simel DL. The rational clinical examination. Does this patient have abdominal aortic aneurysm? *JAMA* 1999;281:77-82.
 8. Tayal VS, Graf CD, Gibbs MA. Prospective study of accuracy and outcome of emergency ultrasound for abdominal aortic aneurysm over two years. *Acad Emerg Med* 2003; 10: 867-71.
 9. Costantino TG1, Bruno EC, Handly N, Dean AJ. Accuracy of emergency medicine ultrasound in the evaluation of abdominal aortic aneurysm. *J Emerg Med* 2005; 29: 455-60.
 10. Mehta N, Caputo W, Paladino L, Sinert R. Systematic review: emergency department bedside ultrasonography for diagnosing suspected abdominal aortic aneurysm. *Acad Emerg Med* 2013;20:128-38.
 11. Kuhn M, Bonnin RL, Davey MJ, Rowland JL, Langlois SL. Emergency department ultrasound scanning for abdominal aortic aneurysm: accessible, accurate, and advantageous. *Ann Emerg Med* 2000; 36: 219-23.
 12. Brown LC, Powell JT. Risk factors for aneurysm rupture in patients kept under ultrasound surveillance. UK small aneurysm trial participants. *Ann Surg* 1999; 230:289-9
 13. Ellenberger C, Schweizer A, Diaper J, et al. Incidence, risk factors and prognosis of changes in serum creatinine early after aortic abdominal surgery. *Intensive Care Med* 2006;32:1808-16
 14. Brewster DC, Cronenwett JL, Hallett JW, et al. Joint Council of the American Association for Vascular Surgery and Society for Vascular Surgery. Guidelines for the treatment of abdominal aortic aneurysms. Report of a subcommittee of the Joint council of the American Association for Vascular Surgery and Society for Vascular Surgery. *J Vasc Surg* 2003;37:1106-17.
 15. Becquemin JP, Pillet JC, Lescalie F, et al. ACE trialists. A randomized controlled trial of endovascular aneurysm repair versus open surgery for abdominal aortic aneurysms in low-to moderate-risk patients. *J Vasc Surg*. 2011;53:1167-73