

European Scientific Journal, *ESJ*

November 2025

European Scientific Institute, ESI

The content is peer reviewed

ESJ Natural/Life/Medical Sciences

November 2025 edition vol. 21, No. 33

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

ISSN: 1857-7431 (Online)

ISSN: 1857-7881 (Print)

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

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

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

Dejan Marolov,
European Scientific Institute, ESI

Noor Alam,
Universiti Sains Malaysia, Malaysia

Rashad A. Al-Jawfi,
Ibb University, Yemen

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

Hans W. Giessen,
Saarland University, Saarbrücken, Germany

Frank Bezzina,
University of Malta, Malta

Monika Bolek,
University of Lodz, Poland

Robert N. Diotalevi,
Florida Gulf Coast University, USA

Daiva Jureviciene,
Vilnius Gediminas Technical University, Lithuania

Anita Lidaka,
Liepaja University, Latvia

Rania Zayed,
Cairo University, Egypt

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

Lydia Ferrara,
University of Naples, Italy

Byron A Brown,
Botswana Accountancy College, Botswana

Grazia Angeloni,
University "G. d'Annunzio" in Chieti, Italy

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

Cinaria Tarik Albadri,
Trinity College Dublin University, Ireland

Mahammad A. Nurmamedov,
Shamakhy Astrophysical Observatory of the Ministry of Science and Education of the
Republic of Azerbaijan

Henryk J. Barton,
Jagiellonian University, Poland

Saltanat Meiramova,
S.Seifullin AgroTechnical University, Kazakhstan

Rajasekhar Kali Venkata,
University of Hyderabad, India

Ruzica Loncaric,
Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Croatia

Stefan Vladutescu,
University of Craiova, Romania

Billy Adamsen,
University of Southern Denmark, Denmark

Marinella Lorinczi,
University of Cagliari, Italy

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

N. K. Rathee,
Delaware State University, USA

Michael Ba Banutu-Gomez,
Rowan University, USA

Adil Jamil,
Amman University, Jordan

Habib Kazzi,
Lebanese University, Lebanon

Valentina Manoiu,
University of Bucharest, Romania

Henry J. Grubb,
University of Dubuque, USA

Daniela Brevenikova,
University of Economics, Slovakia

Genute Gedviliene,
Vytautas Magnus University, Lithuania

Vasilika Kume,
University of Tirana, Albania

Mohammed Kerbouche,
University of Mascara, Algeria

Adriana Gherbon,
University of Medicine and Pharmacy Timisoara, Romania

Pablo Alejandro Olavegogeoascoechea,
National University of Comahue, Argentina

Raul Rocha Romero,
Autonomous National University of Mexico, Mexico

Driss Bouyahya,
University Moulay Ismail, Morocco

William P. Fox,
Naval Postgraduate School, USA

Rania Mohamed Hassan,
University of Montreal, Canada

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

Tilahun Achaw Messaria,
Addis Ababa University, Ethiopia

George Chiladze,
University of Georgia, Georgia

Elisa Rancati,
University of Milano-Bicocca, Italy

Alessandro Merendino,
University of Ferrara, Italy

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

Anastassios Gentzoglanis,
University of Sherbrooke, Canada

Awoniyi Samuel Adebayo,
Solusi University, Zimbabwe

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

Berenyi Laszlo,
University of Miskolc, Hungary

Hisham S Ibrahim Al-Shaikhli,
College of Nursing, Qatar University, Qatar

Omar Arturo Dominguez Ramirez,
Hidalgo State University, Mexico

Bupinder Zutshi,
Jawaharlal Nehru University, India

Pavel Krpalek,
University of Economics in Prague, Czech Republic

Mondira Dutta,
Jawaharlal Nehru University, India

Evelio Velis,
Barry University, USA

Mahbubul Haque,
Daffodil International University, Bangladesh

Diego Enrique Baez Zarabanda,
Autonomous University of Bucaramanga, Colombia

Juan Antonio Lopez Nunez,
University of Granada, Spain

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

A. Zahoor Khan,
International Islamic University Islamabad, Pakistan

Valentina Manoiu,
University of Bucharest, Romania

Andrzej Palinski,
AGH University of Science and Technology, Poland

Jose Carlos Teixeira,
University of British Columbia Okanagan, Canada

Martin Gomez-Ullate,
University of Extremadura, Spain

Nicholas Samaras,
Technological Educational Institute of Larissa, Greece

Emrah Cengiz,
Istanbul University, Turkey

Francisco Raso Sanchez,
University of Granada, Spain

Simone T. Hashiguti,
Federal University of Uberlandia, Brazil

Tayeb Boutbouqalt,
University, Abdelmalek Essaadi, Morocco

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

Ismail Ipek,
Istanbul Aydin University, Turkey

Olena Kovalchuk,
National Technical University of Ukraine, Ukraine

Oscar Garcia Gaitero,
University of La Rioja, Spain

Alfonso Conde,
University of Granada, Spain

Jose Antonio Pineda-Alfonso,
University of Sevilla, Spain

Jingshun Zhang,
Florida Gulf Coast University, USA

Olena Ivanova,
Kharkiv National University, Ukraine

Marco Mele,
Unint University, Italy

Okyay Ucan,
Omer Halisdemir University, Turkey

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

Matti Raudjarv,
University of Tartu, Estonia

Cosimo Magazzino,
Roma Tre University, Italy

Susana Sousa Machado,
Polytechnic Institute of Porto, Portugal

Jelena Zascerinska,
University of Latvia, Latvia

Umman Tugba Simsek Gursoy,
Istanbul University, Turkey

Zoltan Veres,
University of Pannonia, Hungary

Vera Komarova,
Daugavpils University, Latvia

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

Pierluigi Passaro,
University of Bari Aldo Moro, Italy

Georges Kpazai,
Laurentian University, Canada

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

Michele Russo,
University of Catanzaro, Italy

Nikolett Deutsch,
Corvinus University of Budapest, Hungary

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

Brian Sloboda,
University of Maryland, USA

Natalia Sizochenko
Dartmouth College, USA

Marisa Cecilia Tumino,
Adventista del Plata University, Argentina

Luca Scaini,
Al Akhawayn University, Morocco

Aelita Skarbaliene,
Klaipeda University, Lithuania

Oxana Bayer,
Dnipropetrovsk Oles Honchar University, Ukraine

Onyeka Uche Ofili,
International School of Management, France

Aurela 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 Brajcic,
University of Split, Croatia

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

Belen Martinez-Ferrer,
Univeristy Pablo Olavide, Spain

Rachid Zammar,
University Mohammed 5, Morocco

Fatma Koc,
Gazi University, Turkey

Calina Nicoleta,
University of Craiova, Romania

Shadaan Abid,
UT Southwestern Medical Center, USA

Sadik Madani Alaoui,
Sidi Mohamed Ben Abdellah University, Morocco

Patrizia Gazzola,
University of Insubria, Italy

Krisztina Szegedi,
University of Miskolc, Hungary

Liliana Esther Mayoral,
National University of Cuyo, Argentina

Amarjit Singh,
Kurukshetra University, India

Oscar Casanova Lopez,
University of Zaragoza, Spain

Emina Jerkovic,
University of Josip Juraj Strossmayer, Croatia

Carlos M. Azcoitia,
National Louis University, USA

Rokia Sanogo,
University USTTB, Mali

Bertrand Lemennicier,
University of Paris Sorbonne, France

Lahcen Benaabidate,
University Sidi Mohamed Ben Abdellah, Morocco

Janaka Jayawickrama,
University of York, United Kingdom

Kiluba L. Nkulu,
University of Kentucky, USA

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

George C. Katsadoros,
University of the Aegean, Greece

Elena Gavrilova,
Plekhanov University of Economics, Russia

Eyal Lewin,
Ariel University, Israel

Szczepan Figiel,
University of Warmia, Poland

Don Martin,
Youngstown State University, USA

John B. Strait,
Sam Houston State University, USA

Nirmal Kumar Betchoo,
University of Mascareignes, Mauritius

Camilla Buzzacchi,
University Milano Bicocca, Italy

EL Kandoussi Mohamed,
Moulay Ismai University, Morocco

Susana Borrás Pentinat,
Rovira i Virgili University, Spain

Jelena Kasap,
Josip J. Strossmayer University, Croatia

Massimo Mariani,
Libera Università Mediterranea, Italy

Rachid Sani,
University of Niamey, Niger

Luis Aliaga,
University of Granada, Spain

Robert McGee,
Fayetteville State University, USA

Angel Urbina-Garcia,
University of Hull, United Kingdom

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

Marko Andonov,
American College, Republic of Macedonia

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

Leyla Yilmaz Findik,
Hacettepe University. Turkey

Vlad Monescu,
Transilvania University of Brasov, Romania

Stefano Amelio,
University of Unsubria, Italy

Enida Pulaj,
University of Vlora, Albania

Christian Cave,
University of Paris XI, France

Julius Gathogo,
University of South Africa, South Africa

Claudia Pisoschi,
University of Craiova, Romania

Arianna Di Vittorio,
University of Bari “Aldo Moro”, Italy

Joseph Ntale,
Catholic University of Eastern Africa, Kenya

Kate Litondo,
University of Nairobi, Kenya

Maurice Gning,
Gaston Berger University, Senegal

Katarina Marosevic,
J.J. Strossmayer University, Croatia

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

Syed Shadab,
Jazan University, Saudi Arabia

Koffi Yao Blaise,
University Felix Houphouet Boigny, Ivory Coast

Mario Adelfo Batista Zaldivar,
Technical University of Manabi, Ecuador

Kalidou Seydou,
Gaston Berger University, Senegal

Patrick Chanda,
The University of Zambia, Zambia

Meryem Ait Ouali,
University IBN Tofail, Morocco

Laid Benderradji,
Mohamed Boudiaf University of Msila, Algeria

Amine Daoudi,
University Moulay Ismail, Morocco

Oruam Cadex Marichal Guevara,
University Maximo Gomes Baez, Cuba

Vanya Katsarska,
Air Force Academy, Bulgaria

Carmen Maria Zavala Arnal,
University of Zaragoza, Spain

Francisco Gavi Reyes,
Postgraduate College, Mexico

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

Patricia Randrianavony,
University of Antananarivo, Madagascar

Roque V. Mendez,
Texas State University, USA

Kesbi Abdelaziz,
University Hassan II Mohammedia, Morocco

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

Ilknur Bayram,
Ankara University, Turkey

Elenica Pjero,
University Ismail Qemali, Albania

Gokhan Ozer,
Fatih Sultan Mehmet Vakif University, Turkey

Veronica Flores Sanchez,
Technological University of Veracruz, Mexico

Camille Habib,
Lebanese University, Lebanon

Larisa Topka,
Irkutsk State University, Russia

Paul M. Lipowski,
Holy Family University, USA

Marie Line Karam,
Lebanese University, Lebanon

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

Mohamed Berradi,
Ibn Tofail University, Morocco

Visnja Lachner,
Josip J. Strossmayer University, Croatia

Sangne Yao Charles,
University Jean Lorougnon Guede, Ivory Coast

Omar Boubker,
University Ibn Zohr, Morocco

Kouame Atta,
University Felix Houphouet Boigny, Ivory Coast

Devang Upadhyay,
University of North Carolina at Pembroke, USA

Nyamador Wolali Seth,
University of Lome, Togo

Akmel Meless Simeon,
Ouattara University, Ivory Coast

Mohamed Sadiki,
IBN Tofail University, Morocco

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

Gamal Elgezeery,
Suez University, Egypt

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

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

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

Alla Manga,
University Cheikh Anta Diop, Senegal

Lalla Aicha Lrhorfi,
University Ibn Tofail, Morocco

Ruth Adunola Aderanti,
Babcock University, Nigeria

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

Aka Koffi Sosthene,
Research Center for Oceanology, Ivory Coast

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

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

Sophia Barinova,
University of Haifa, Israel

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

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

Aderewa Amontcha,
Université d'Abomey-Calavi, Benin

Khadija Kaid Rassou,

Centre Regional des Metiers de l'Education et de la Formation, Morocco

Rene Mesias Villacres Borja,

Universidad Estatal De Bolivar, Ecuador

Aaron Victor Reyes Rodriguez,

Autonomous University of Hidalgo State, Mexico

Qamil Dika,

Tirana Medical University, Albania

Kouame Konan,

Peleforo Gon Coulibaly University of Korhogo, Ivory Coast

Hariti Hakim,

University Alger 3, Algeria

Emel Ceyhun Sabir,

University of Cukurova, Turkey

Salomon Barrezueta Unda,

Universidad Tecnica de Machala, Ecuador

Belkis Zervent Unal,

Cukurova University, Turkey

Elena Krupa,

Kazakh Agency of Applied Ecology, Kazakhstan

Carlos Angel Mendez Peon,

Universidad de Sonora, Mexico

Antonio Solis Lima,

Apizaco Institute Technological, Mexico

Roxana Matefi,

Transilvania University of Brasov, Romania

Bouharati Saddek,

UFAS Setif1 University, Algeria

Toleba Seidou Mamam,

Universite d'Abomey-Calavi (UAC), Benin

Serigne Modou Sarr,

Universite Alioune DIOP de Bambey, Senegal

Nina Stankous,
National University, USA

Lovergine Saverio,
Tor Vergata University of Rome, Italy

Fekadu 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 Cecilania Prado-Carpio,
Technical University of Machala, Ecuador

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

Fernando Paulo Oliveira Magalhaes,
Polytechnic Institute of Leiria, Portugal

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

Stefan Cristian Gherghina,
Bucharest University of Economic Studies, Romania

Goran Ilik,

"St. Kliment Ohridski" University, Republic of Macedonia

Amir Mohammad Sohrabian,

International Information Technology University (IITU), Kazakhstan

Aristide Yemmafouo,

University of Dschang, Cameroon

Gabriel Anibal Monzón,

University of Moron, Argentina

Robert Cobb Jr,

North Carolina Agricultural and Technical State University, USA

Arburim Iseni,

State University of Tetovo, Republic of Macedonia

Raoufou Pierre Radji,

University of Lome, Togo

Juan Carlos Rodriguez Rodriguez,

Universidad de Almeria, Spain

Satoru Suzuki,

Panasonic Corporation, Japan

Iulia-Cristina Muresan,

University of Agricultural Sciences and Veterinary Medicine, Romania

Russell Kabir,

Anglia Ruskin University, UK

Nasreen Khan,

SZABIST, Dubai

Luisa Morales Maure,

University of Panama, Panama

Lipeng Xin,

Xi'an Jiaotong University, China

Harja Maria,

Gheorghe Asachi Technical University of Iasi, Romania

Adou Paul Venance,

University Alassane Ouattara, Cote d'Ivoire

Benie 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 Supérieure (ENS), Cote d'Ivoire

Abdelfettah Maouni,
Abdelmalek Essaadi University, Morocco

Alina Stela Resceanu,
University of Craiova, Romania

Alilouch Redouan,
Chouaib Doukkali University, Morocco

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

Sufi Amin,
International Islamic University, Islamabad Pakistan

Sanja Milosevic Govedarovic,
University of Belgrade, Serbia

Elham Mohammadi,
Curtin University, Australia

Andrianarizaka Marc Tiana,
University of Antananarivo, Madagascar

Ngakan Ketut Acwin Dwijendra,
Udayana University, Indonesia

Yue Cao,
Southeast University, China

Audrey Tolouian,
University of Texas, USA

Asli Cazorla Milla,
Universidad Internacional de Valencia, Spain

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

Tabou Talahatou,
University of Abomey-Calavi, Benin

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

Hamidreza Izadi,
Chabahar Maritime University, Iran

Hanaa Ouda Khadri Ahmed Ouda,
Ain Shams University, Egypt

Rachid Ismaili,
Hassan 1 University, Morocco

Tamar Ghutidze,
Ivane Javakhishvili Tbilisi State University, Georgia

Emine Koca,
Ankara Haci Bayram Veli University, Turkey

David Perez Jorge,
University of La Laguna, Spain

Irma Guga,
European University of Tirana, Albania

Jesus Gerardo Martínez del Castillo,
University of Almeria, Spain

Mohammed Mouradi,
Sultan Moulay Slimane University, Morocco

Marco 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

Daniela Di Berardino,
University of Chieti-Pescara, Italy

Dorjana Klosi,
University of Vlore “Ismail Qemali, Albania

Abu Hamja,
Aalborg University, Denmark

Stankovska Gordana,
University of Tetova, Republic of Macedonia

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

Maria Leticia Bautista Diaz,
National Autonomous University, Mexico

Bruno Augusto Sampaio Fuga,
North Parana University, Brazil

Anouar Alami,
Sidi Mohammed Ben Abdellah University, Morocco

Vincenzo Riso,
University of Ferrara, Italy

Janhavi Nagwekar,
St. Michael's Hospital, Canada

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

Xi Chen,
University of Kentucky, USA

Fateh Mebarek-Oudina,
Skikda University, Algeria

Nadia Mansour,
University of Sousse, Tunisia

Jestoni Dulva Maniago,
Majmaah University, Saudi Arabia

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

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

Enriko Ceko,
Wisdom University, Albania

Laura Fischer,
National Autonomous University of Mexico, Mexico

Mauro Berumen,
Caribbean University, Mexico

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

Maria Carlota,
Autonomous University of Queretaro, Mexico

Bhupendra Karki,
University of Louisville, Louisville, USA

Evens Emmanuel,
University of Quisqueya, Haiti

Iresha Madhavi Lakshman,
University of Colombo, Sri Lanka

Francesco Scotognella,
Polytechnic University of Milan, Italy

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

Hani Nasser Abdelhamid,
Assiut University, Egypt

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

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

Ilenia Farina,
University of Naples "Parthenope", Italy

Luisa Zanolla,
Azienda Ospedaliera Universitaria Verona, Italy

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

Adriana Burlea-Schiopoiu,
University of Craiova, Romania

Fernando Espinoza Lopez,
Hofstra University, USA

Ammar B. Altemimi,
University of Basrah, Iraq

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

Davide Calandra,
University of Turin, Italy

Nicola Varrone,
University of Campania Luigi Vanvitelli, Italy

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

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,
Dnoproptetrovsk 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

Alami Hasnaa,

Universite Chouaid Doukkali, Maroc

Emmanuel Acquah-Sam,

Wisconsin International University College, Ghana

Fabio Pizzutilo,

University of Bari "Aldo Moro", Italy

Gibet Tani Hicham,
Abdemalek Essaadi University, Morocco

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

Sara Teidj,
Moulay Ismail University Meknes, Morocco

Gbadamassi Fousséni,
Université de Parakou, Benin

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

Hicham Es-soufi,
Moulay Ismail University, Morocco

Imad Ait Lhassan,
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 Bektashi,
"Barleti" University, Albania

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

Oudani Hassan,
University Ibn Zohr Agadir, Morocco

Merita Rumano,
University of Tirana, Albania

Mohamed Chiban,
Ibn Zohr University, Morocco

Tal Pavel,
The Institute for Cyber Policy Studies, Israel

Krzysztof Nesterowicz,
Ludovika-University of Public Service, Hungary

Laamrani El Idrissi Safae,
Ibn Tofail University, Morocco

Suphi Ural,
Cukurova University, Turkey

Emrah Eray Akca,
Istanbul Aydin University, Turkey

Selcuk Poyraz,
Adiyaman University, Turkey

Umut Sener,
Aksaray University, Turkey

Muhammed Bilgehan Aytac,
Aksaray University, Turkey

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

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

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

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

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

Atif Ali,
COMSATS University Islamabad, Pakistan

Shahzda Adnan,
Pakistan Meteorological Department, Pakistan

Waqar Ahmed,
Johns Hopkins University, USA

Faizan ur Rehman Qaiser,
COMSATS University Islamabad, Pakistan

Choua Ouchemi,
Université de N'Djaména, Tchad

Syed Tallataf Hussain Shah,
COMSATS University Islamabad, Pakistan

Saeed Ahmed,
University of Management and Technology, Pakistan

Hafiz Muhammad Arshad,
COMSATS University Islamabad, Pakistan

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

Mujeeb Ur Rehman,
York St John University, UK

Noshaba Zulfiqar,
University of Wah, Pakistan

Muhammad Imran Shah,
Government College University Faisalabad, Pakistan

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

Titilayo Olotu,
Kent State University, Ohio, USA

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

Sajjad Ali,
Karakoram International University, Pakistan

Hiqmet Kamberaj,
International Balkan University, Macedonia

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

Heba Mostafa Mohamed,
Beni Suef University, Egypt

Abdul Basit,
Zhejiang University, China

Karim Iddouch,
International University of Casablanca, Morocco

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

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

Dolantina Hyka,
Mediterranean University of Albania

Yaya Dosso,
Alassane Ouattara University, Ivory Coast

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

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

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

Rafael Antonio Estevez Ramos,
Universidad Autónoma del Estado de México

Mohamed El Mehdi Saidi,
Cadi Ayyad University, Morocco

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

Murry Siyasiya,
Blantyre International University, Malawi

Benbrahim Mohamed,

Centre Regional des Métiers de l'Education et de la Formation d'Inezgane (CRMEF),
Morocco

Emmanuel Gitonga Gicharu,

Mount Kenya University, Kenya

Er-razine Soufiane,

Regional Centre for Education and Training Professions, Morocco

Foldi Kata,

University of Debrecen, Hungary

Elda Xhumari,

University of Tirana, Albania

Daniel Paredes Zempual,

Universidad Estatal de Sonora, Mexico

Jean Francois Regis Sindayihebura,

University of Burundi, Burundi

Luis Enrique Acosta Gonzzlez,

University of Holguin, Cuba

Odoziobodo Severus Ifeanyi,

Enugu State University of Science and Technology, Enugu, Nigeria

Maria Elena Jaime de Pablos,

University of Almeria, Spain

Soro Kolotcholoma Issouf,

Peleforo Gon Coulibaly University, Cote d'Ivoire

Compaore Inoussa,

Université Nazi BONI, Burkina Faso

Dorothee Fegbawe Badanaro,

University of Lome, Togo

Soro Kolotcholoma Issouf,

Peleforo GON COULIBALY University, Cote d'Ivoire

Compaore Inoussa,

Université Nazi BONI, Burkina Faso

Dorothee Fegbawe Badanaro,

University of Lome, Togo

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

Jalila Achouaq Aazim,
University Mohammed V, Morocco

Georgios Farantos,
University of West Attica, Greece

Maria Aránzazu Calzadilla Medina,
University of La Laguna, Spain

Tiendrebeogo Neboma Romaric,
Nazi Boni University, Burkina Faso

Dionysios Vourtsis,
University of West Attica, Greece

Zamir Ahmed,
Government Dehli Degree Science College, Pakistan

Akinsola Oluwaseun Kayode,
Chrisland University, Nigeria

Rosendo Romero Andrade,
Autonomous University of Sinaloa, Mexico

Belamalem Souad,
University Ibn Tofail, Morocco

Hoummad Chakib,
Cadi Ayyad University, Morocco

Jozsef Zoltan Malik,
Budapest Metropolitan University, Hungary

Sahar Abboud Alameh,
LIU University, Lebanon

Rozeta Shahinaj,
Medical University of Tirana, Albania

Rashidat Ayanbanke Busari,
Robert Gordon University, UK

Tornike Merebashvili,
Grigol Robakidze University, Georgia

Zena Abu Shakra,
American University of Dubai, UAE

Nicolas Serge Ndock,
University of Ngaoundere, Cameroon

Abebe Bahiru,
Zhejiang Normal University, China

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

Fathi Zerari,
Souk-Ahras University, Algeria

Hermann Victoire Feigoudozoui,
University of Bangui, Central African Republic

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

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

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

Steven Thomas Tumaini,
College of Business and Education, Tanzania

Table of Contents:

Assessment of Knowledge on Glaucomatous Disease in People with Glaucoma and Healthy Patients.....1

Pedro Henrique Ogata Kodama

Rodrigo Toledo Mota

Deborah dos Santos Musich

Arthur Gustavo Fernandes

Mariana Gameiro Ierardi

Leonardo Amarante Pereira

Glaucia Luciano da Veiga

Beatriz da Costa Aguiar Alves

Vagner Loduca Lima

Fernando Luiz Affonso da Fonseca

El carbono orgánico en los suelos de Quintana Roo (México) bajo condiciones de vegetación natural.....17

P. Fragoso-Servón

A. Pereira-Corona

B. Prezas-Hernández

J.F. Gallardo-Lancho

**Un cas de syndrome de Marfan révélé par des manifestations
rhumatologiques.....42**

Mamadou Lamine Diallo

Yao Sèna Valentin Setondji

Sadat Oniankitan

Aboubacar Sidiki Condé

Awaki Ezzo Ataké

Abdoul Karim Barry

Kodjo Kakpovi

Prenam Houzou

Owonayo Oniankitan

**Post-Burn Popliteal Fossa Flexion Contracture: Our Experience with a
Case in N'Djamena (Chad).....51**

Daniel Mossalbaye Adendjingue

Valentin Andjeffa

Madengar Moussede

Abdouramane Ouangre

Magloire Dingamnodje

Emery Nodjiath N.

**Challenges in Managing an Ischemic Stroke in a Child with Homozygous
SS Sick Cell Disease Associated with Cerebral Palsy: A Case
Report.....59**

Muriel Amon Tanoh

Rosette Boundjike

Nancy Tanya De-Souza

Cedric Valery Kadjo

Mody Kone

Constance Yapo-Ehounoud

Ismaila Diakite

Christian Tanoh

Evelyne Aka Diarra

Berthe Assi

Grossesse hétérotopique découverte au cours d'une césarienne.....65

Kouadio Narcisse Kouadio

Benié Michelle Menin-messou

M.G. Clausen

Yaya Samaké

Ibrahiman Touré

Dagoun Dagbesse Elysée Boko

Lydie Estelle Djanhan

Yacouba Doumbia

L'anémie chez la personne âgée : Expérience d'un service de médecine interne au Niger.....72

Moussa Youssoufa Seydou

Kimba Souley

Diallo Boubacar

Maman Laoual Hassane

Mahougnon Saturnin Alagbe

Amadou Saidou

Alfred Hounsou

Maman Daou

Résistances sociales autour de la césarienne à Dimbokro (Côte d'Ivoire) : Le poids des déterminants socioculturels.....85

N'Goran Germaine Koffi

Guy Marcel Leh Bi Zanhane

Aka N'Zi Jean Vincent Koua

Caractérisation des adventices problématiques des vergers de l'anacardier (*Anacardium occidentale* L.) dans deux zones agroécologiques (zone soudano-guinéenne et la zone soudanienne) de Côte d'Ivoire.....108

Mory Latif Konate

Souleymane Diomande

Nakpalo Silue

François Nguessan Kouame

Ostracodes oligo-miocène de la Casamance, Sénégal : biostratigraphie, systématique et paléoenvironnements.....126

Malick Thiam

Évaluation de la conformité des prescriptions de corticoïdes dans les infections cérébro-méningées au CHU Ibn Rochd de Casablanca.....151

Vigniako Roussaint Dossou-Yovo

Ikram Ghicha

Afaf Banid

Imane Rahmoune

Jean-claude Majambere

Hassan Mwanayile

Inas Ouggane

Houda Filali

Kamal Marhoum El Filali

Impact à long terme de la consommation d'huile de palme et de beurre de karité sur les indices anthropométriques chez le rat Wistar.....173

Ismaël Diabaté

Adama Kamagaté

Cartographie et caractéristiques écologiques des forêts urbaines : Cas des sites de plantations de la Fête Nationale de l'Arbre (FNA) à Niamey, Niger.....202

Abdou-Rachid A. Maïnassara

Abdou Amani

Yaye Aissetou Dramé

Effects of Two Palms (*Borassus aethiopum* Mart and *Hyphaene thebaica* (L.) Mart) on Soil Physicochemical Properties in the Agroforestry Parklands of Gaya, Niger.....232

Abdoulaye Garba Seyni

Vidal Barron

Hamissou Amadou Mounkaïla

Antonio Navajas

Rafael Villar

Assessment of Knowledge on Glaucomatous Disease in People with Glaucoma and Healthy Patients

Pedro Henrique Ogata Kodama

Rodrigo Toledo Mota

Deborah dos Santos Musich

Arthur Gustavo Fernandes

Mariana Gameiro Ierardi

Leonardo Amarante Pereira

Department of Ophthalmology,
Centro Universitário FMABC, Santo André, Brazil

Glaucia Luciano da Veiga

Department of Ophthalmology,
Centro Universitário FMABC, Santo André, Brazil
Clinical Analysis Laboratory, Centro Universitário FMABC, Brazil

Beatriz da Costa Aguiar Alves

Vagner Loduca Lima

Department of Ophthalmology,
Centro Universitário FMABC, Santo André, Brazil

Fernando Luiz Affonso da Fonseca

Clinical Analysis Laboratory,
Centro Universitário FMABC, Santo André, Brazil
Department of Pharmaceutical Sciences,
Universidade Federal de São Paulo, Diadema, Brazil

[Doi:10.19044/esj.2025.v21n33p1](https://doi.org/10.19044/esj.2025.v21n33p1)

Submitted: 05 November 2024

Accepted: 29 October 2025

Published: 30 November 2025

Copyright 2025 Author(s)

Under Creative Commons CC-BY 4.0

OPEN ACCESS

Cite As:

Ogata Kodama, P.H., Mota, R.T., Musich, D.S., Fernandes, A.G., Ierardi, M.G., Pereira, L.A., Luciano da Veiga, G., Aguiar Alves, B.C., Lima, V.L. & Affonso da Fonseca, F.L. (2025). *Assessment of Knowledge on Glaucomatous Disease in People with Glaucoma and Healthy Patients*. European Scientific Journal, ESJ, 21 (33), 1.
<https://doi.org/10.19044/esj.2025.v21n33p1>

Abstract

Background: Glaucoma is a chronic, irreversible optic nerve neuropathy characterized by loss of visual field, which can evolve to

irreversible vision loss if not treated properly. This study aims to assess the level of knowledge about glaucoma between a group of diagnosed patients and a control group. **Methods:** 50 individuals with glaucoma (group A) of the Ophthalmology service of Centro Universitário FMABC were required to answer a validated questionnaire. 50 patients without diagnosed glaucoma (Group B) answered the same questionnaire. Sociodemographic data were recorded, a source of information on the disease of 50 patients in Group A and 50 in Group B and, in Group A, it was also asked for how long they had been diagnosed. **Results:** In the glaucoma group, 52% were female and 48% were male. In the control group, 66% were women and 34% were men. The mean age of group A was 66.4 years and that of group B was 55.7 years. All individuals with glaucoma reported being aware of the disease, while 23% of Group B lacked awareness of the disease. 54% of Group A patients were not aware that vision loss in glaucoma is slow and 46% of them reported that the disease is mostly associated with ocular discomfort. The mean score of the questions in Group A and Group B was 12.08 and 10.66, respectively ($p=0.0098$). **Conclusion:** Patients with glaucoma demonstrate greater awareness of the disease than participants without glaucoma but appear to lack awareness of the complications of this disease. This study suggests the need to improve the population's knowledge about the disease and the prevention of irreversible vision loss.

Keywords: Glaucoma, Patient Education, Ophthalmology

Introduction

Glaucoma is a chronic optic neuropathy that causes progressive and irreversible degeneration of retinal ganglion cells. Because of this, the visual field is gradually lost, which can lead to irreversible vision loss in more advanced stages (Doucette, Rasnitsyn, Seifi, & Walter, 2015; Weinreb & Khaw, 2004). Glaucoma is the second leading cause of irreversible vision loss worldwide, followed by cataract, and the leading cause of permanent irreversible vision loss recognized by the World Health Organization (WHO). Although irreversible, glaucoma can be managed with appropriate treatment. With the aging of the population, it is expected that by the end of 2020, there will be 80 million and, by 2040, more than 111 million individuals with glaucoma worldwide (Tham et al., 2014).

The evolution of this pathology is slow and usually asymptomatic. Reports of low visual acuity usually denote advanced stages of glaucoma. The control of intraocular pressure (IOP) is the basis of the treatment, which aims to reduce or even stop the degeneration of retinal ganglion cells to prevent the progression of the neuropathy (Doucette et al., 2015). The therapeutic options are mainly hypotensive eye drops, followed by laser procedures and, in

moderate or advanced cases of difficult IOP control, surgeries are an option (Gordon et al., 2002; Heijl et al., 2002; Rudnicka, Mt-Isa, Owen, Cook, & Ashby, 2006).

Glaucoma is a highly prevalent chronic disease that can lead to irreversible vision loss, with early diagnosis, long-term follow-up and treatment being able to prevent the progression of the disease¹. However, studies performed in both underdeveloped and developed countries have shown that access to ophthalmic resources and information is one of the main obstacles to adherence to the treatment for glaucoma (Livingston et al., 1995; Miglior et al., 2007; Rewri & Kakkar, 2014; Sathyamangalam et al., 2009). Patient adherence to treatment is a constant challenge and is recognized as an essential component of the therapeutic plan.

Several studies state that one of the causes of low adherence to glaucoma treatment is related to the patient's lack of knowledge about the disease itself and its treatment. Social and economic factors are also associated with low therapeutic adherence (Cintra, Costa, Tonussi, & Jose, 1998; Friedman et al., 2008; MacKean & Elkington, 1983; Norell, 1979; Spaeth, 1970).

Due to the lack of knowledge about glaucoma, there is a low adherence to treatment. This study aims to evaluate the knowledge about glaucoma among a group of individuals diagnosed with glaucoma and compare it with participants without the disease treated at the ophthalmology outpatient clinics of the Centro Universitário FMABC.

Material and Methods

Group A comprised 50 individuals with a confirmed diagnosis of glaucoma, all under follow-up at the Ophthalmology Department of Centro Universitário FMABC. Group B initially included 65 participants without a glaucoma diagnosis, recruited from other outpatient clinics of the same institution. Of these, 15 were excluded because they reported no prior knowledge of glaucoma, an exclusion criterion, and therefore did not complete the questionnaire. Consequently, 50 participants from Group B were included in the final comparative analysis.

All participants answered the same validated questionnaire consisting of 22 true/false statements addressing the signs, symptoms, risk factors, and treatment of glaucoma. Sociodemographic data were also collected. In addition, participants were asked to indicate their main source of information about the disease, and for individuals with glaucoma, the duration of diagnosis was recorded.

The questionnaire was administered individually by trained researchers. Each question was read verbatim, and participants indicated

whether the statement was true or false. Response time varied according to individual needs, and no time limits were imposed.

Eligibility criteria

Group A (glaucoma patients) – Inclusion: confirmed glaucoma diagnosis, age ≥ 18 years, literate, and no diagnosis of dementia. Exclusion: age < 18 years, illiteracy, or diagnosis of dementia.

Group B (non-glaucoma participants) – Inclusion: absence of glaucoma diagnosis, age ≥ 18 years, literate, and no diagnosis of dementia. Exclusion: age < 18 years, illiteracy, diagnosis of dementia, or prior knowledge of glaucoma.

The study was approved by the Research Ethics Committee of Centro Universitário FMABC (protocol no. 4.427.013). All participants were fully informed about the study procedures and provided written informed consent. The research followed the ethical principles of the Declaration of Helsinki.

Statistical Analysis

Descriptive data analysis was performed. To characterize and summarize the results, the qualitative variables were presented by absolute frequency and relative frequency, the quantitative variables were presented by measures of central tendency, measures of variability and 95% confidence interval (95% CI) by means of the Shapiro-Wilk test data normality test. To compare gender, race, education, knowledge of the disease and sources of information according to group and to compare the correct answers for each question of the questionnaire according to group, the Chi-square test was used. The Mann-Whitney test was used to compare the age according to group. In addition, the percentages of correct answers between gender, race and education in the group with glaucoma and in the group without glaucoma were compared by Student's t-test. In addition, the percentages of correct answers with age in the group with glaucoma and without glaucoma were compared by Spearman's correlation test. When comparing the time of diagnosis of glaucoma (in patients with the disease) with the percentage of correct answers, the ANOVA test was used. The level of confidence adopted was 95% and the level of significance adopted was $p < 0.05$. The statistical software used was Stata version 11.0.

Results

Figure 1 describes the research sample. 115 patients were obtained, 50 from Group A and 65 from Group B. Of this last group, 15 patients had no awareness of the disease; thus, they only answered the research form.

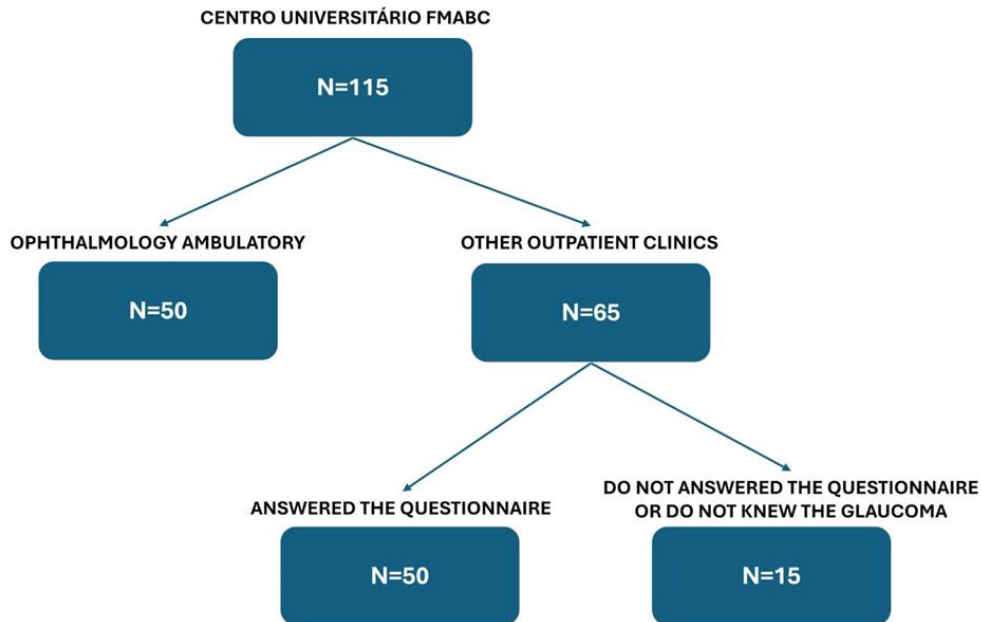


Figure 1: Description of the criteria used for sample selection in the study

Sociodemographic data

Sociodemographic data were compared between the study groups and are described in Table 1.

Table 1. Sociodemographic characteristics and sources of glaucoma knowledge among participants with and without glaucoma

Variables	No glaucoma n (%)	Glaucoma	p*
Gender			
Male	22 (33.85)	24 (48.00)	0.125
Female	43 (66.15)	26 (52.00)	
Race			
White	40 (61.54)	20 (40.00)	0.053
Black	10 (15.38)	8 (16.00)	
Mixed	15 (23.08)	18 (36.00)	
Yellow	0 (0)	3 (6.00)	
Other [#]	0 (0)	1 (2.00)	
Education			
No education	3 (4.62)	2 (4.00)	0.154
IES	19 (29.23)	27 (54.00)	
CES	10 (15.38)	7 (14.00)	
IHS	6 (9.23)	3 (6.00)	
CHS	22 (33.85)	9 (18.00)	
CHE	5 (7.69)	2 (4.00)	
Knows glaucoma			
Yes	50 (76.92)	50 (100)	<0.001
No	15 (23.08)	0 (0)	
Source:			

Family members	23 (46.00)	7 (14.00)	
Doctor	14 (28.00)	41 (82.00)	
Media (TV, Internet and radio)	5 (10.00)	1 (2.00)	<0.001
Other***	8 (16.00)	1 (2.00)	
	Median (95%CI)		p **
Age (years)	59 (54.10; 62.89)	67.5 (63.53; 71.46)	<0.001

*Chi-square test. **Mann-Whitney test. 95%CI 95% Confidence Interval ***Neighbors.
#Indigenous. IES= Incomplete Elementary School; CES=Complete Elementary School;
HIS=Incomplete High School; CHS=Complete High School; IHE=Incomplete Higher
Education; CHE=Complete Higher Education.

Female sex prevailed in both groups, 52% in group A and 66.1% in group B ($p = 0.125$). Regarding race, in Group A 40% are white, 36% mixed 16% black and 6% yellow. In Group B, 61.6% are white, 15.4% black and 23% mixed ($p = 0.053$). The median age in the groups with and without glaucoma was 67.5 and 59, respectively ($p < 0.001$).

The mean age in the glaucoma group was 66.38 years; in the control group was 55.67 years. The oldest age in the group with glaucoma was 84 years and the youngest was 35. In the group without glaucoma, the older patient is 88 years old and the younger one is 18. The age range between 65 and 74 years was the most prevalent in Group A, corresponding to 34%; in Group B, the range that prevailed was between 55 and 64 years, corresponding to 30.7%.

Regarding the level of education of Group A, 6% finished higher education, 18% completed high school, 6% had incomplete high school, 14% finished elementary school, 54% did not complete elementary school and 4% had no education. Regarding the education of Group B, 9.2 finished higher education, 38.8% finished High School, 9.2% had incomplete high school, 15.3% finished elementary School, 29.2% did not complete Elementary School and 4.6% had no education ($p = 0.154$).

All 50 patients in Group A reported knowing about the disease, while 50 (76.9%) patients in Group B knew about glaucoma and 15 (23%) did not ($p < 0.001$).

The sources of information on glaucoma were compared between the groups and are described in Table 1. For patients in group A, doctors accounted for 82% as the information source, family members for 14%, and the media and other sources for 2%. In Group B, doctors corresponded to 28%, family members to 46%, media to 10% and other sources to 16% ($p < 0.001$).

Among individuals with glaucoma, 8% had been diagnosed with the disease for less than 1 year, 14% for over 1 up to 2 years, 22% for over 2 up to 5 years, 28% over 5 up to 10 years and 28% for more than 10 years (Table 2).

Table 2. Variation in the age of the two groups and the time of diagnosis in the glaucoma

Variables	group	
	Glaucoma group (n = 50)	Group with no glaucoma (n = 65)
Age		
18 to 24 years	0	5
25 to 34 years	0	3
35 to 44 years	3	5
45 to 54 years	3	12
55 to 64 years	14	20
65 to 74 years	17	15
Over 75 Years	13	5
Mean	66.38	55.67
How many years since diagnosis?		
Less than 1 year	4	NA
Over 1 and up to 2 years	7	NA
Over 2 and up to 5 years	11	NA
Over 5 and up to 10 years	14	NA
More than 10 Years	14	NA

NA Not applicable.

Table 3. Comparison of the percentage of correct answers according to gender, age, race and education according to group with and without glaucoma

Variables	Score percentage			
	No glaucoma	p	Glaucoma	p
	Mean (95% CI)		Mean (95% CI)	
Gender				
Male	47.05 (41.83; 52.28)	0.529*	57.76 (52.38; 63.14)	0.145*
Female	49.17 (45.03; 53.31)		52.27 (46.84; 57.70)	
Race				
White	49.24 (45.10; 53.37)	0.814 [#]	52.72 (45.77; 59.67)	0.921 [#]
Black	46.59 (34.44; 58.73)		55.68 (44.41; 66.94)	
Mixed	47.72 (41.75; 53.69)		56.56 (50.06; 63.06)	
Yellow	-		57.57 (40.32; 74.82)	
Other [#]	-		54.54 (-)	
Education				
No education	40.90 (40.90; 40.90)	0.135 [#]	54.54 (-3.21; 112.30)	0.944 [#]
IES	44.05 (37.10; 51.00)		56.22 (50.64; 61.80)	
CES	45.95 (38.66; 53.25)		52.59 (37.08; 68.11)	
HIS	43.93 (20.43; 67.44)		48.48 (24.97; 71.99)	
CHS	52.63 (47.34; 57.91)		55.55 (45.70; 65.40)	
CHE	55.68 (37.59; 73.76)		52.27 (23.39; 81.15)	
rho				
Age (years)	-0.235	0.100**	-0.03	0.844**

* Student's t test [#]Anova Test. ** Spearman correlation test. 95%CI: 95% Confidence Interval. IES= Incomplete Elementary School; CES=Complete Elementary School; HIS=Incomplete High School; CHS=Complete High School; IHE=Incomplete Higher Education; CHE=Complete Higher Education.

Table 3 describes the comparison of the percentage of correct answers of the questionnaire according to the sociodemographic data of both groups.

Regarding gender, the mean score in the group without glaucoma was 47.05 in males and 49.17 in females ($p = 0.529$); in the glaucoma group, it was 57.76 in males and 52.27 in females ($p = 0.145$).

Regarding race, the mean score of correct answers in the group without glaucoma was 49.24 in white, 46.59 in black and 47.72 in mixed ($p=0.814$); in the group with glaucoma, it was 52.72 in white, 55.68 in black, 56.56 in mixed 57.57 in yellow and 54.54 in indigenous ($p = 0.921$).

Regarding educational level, the mean of correct answers in the group without glaucoma was 40.9 in patients without education, 44.05 with Incomplete Elementary School, 45.95 with Complete Elementary School, 43.93 with Incomplete High School, 52.63 with Complete High School and 55.68 with Complete Higher Education ($p = 0.135$); in the group with glaucoma, the mean of correct answers was 54.54 in patients with no education, 56.22 with Incomplete Elementary School, 52.59 with Complete Elementary School, 48.48 with Incomplete High School, 55.55 with Complete High School and 52.27 with Complete Higher Education ($p = 0.944$).

Age and percentage of correct answers in the groups with and without glaucoma were not correlated ($\rho = - 0.235$ and $p = 0.1$ in the group without glaucoma and $\rho = - 0.03$ and $p = 0.844$ in the group with glaucoma).

The comparison between the percentage of correct answers in relation to the time of diagnosis of patients with the disease ($p = 0.432$) ranged from 51.62% to 60.71%. Patients with more than 10 years of diagnosis had the highest mean of 60.71% while patients with less than 1 year of diagnosis had a mean of 52.27%. The group with the lowest mean score was related to patients diagnosed between 5 and 10 years (Table 4).

Table 4. Comparison between score percentage and the time of diagnosis in patients with glaucoma

Time of diagnosis	Glaucoma	p*
	Mean (95% CI)	
Less than 1 year	52.27 (18.60 – 85.93)	0.432
Over 1 and up to 2 years	53.24 (40.46 – 66.02)	
Over 2 and up to 5 years	53.71 (44.78 – 62.65)	
Over 5 and up to 10 years	51.62 (43.41 – 59.83)	
More than 10 Years	60.71 (55.50 – 65.92)	

*ANOVA Test. 95%CI: 95% Confidence Interval

The mean score of the questions in Group A and Group B was 12.08 (11.25 – 12.90) and 10.66 (9.96 – 11.35), respectively ($p=0.0098$). The percentage of correct answers in the group with glaucoma was 51.68% and in the group without the disease, 48.45% ($p=0.0098$).

When comparing correct answers for each question according to group, statements 7 (“The most common treatment for glaucoma is surgery”) and 18 (“Fluorescent will make glaucoma worse”) were statistically significant ($p = 0.003$ and $p = 0.047$ respectively). In addition, statements 2 (“Most glaucoma is associated with ocular discomfort”), 6 (“Glaucoma can be cured”) and 10 (“Treatment for glaucoma is lifelong”) had a p-value close to 0.05 (Table 5).

Table 5. Comparison of correct answers for each question of the questionnaire according to group

N°	Statements	Score percentage (%)		p*
		Glaucoma n (%)	No glaucoma	
1	Glaucoma affects only the eye and no other part of the body	45 (90)	44 (88)	0.749
2	Most glaucoma is painful	23 (46)	31 (62)	0.070
3	Raised eye pressure can cause glaucoma	48 (96)	45 (90)	0.240
4	Glaucoma affects central vision before side vision	17 (34)	14 (28)	0.517
5	Vision loss in glaucoma usually occurs very quickly	27 (54)	35 (70)	0.099
6	Glaucoma can be cured	30 (60)	21 (42)	0.072
7	The most common treatment for glaucoma is surgery [#]	30 (60)	15 (30)	0.003
8	Lost eyesight from glaucoma can be restored	37 (74)	30 (60)	0.137
9	Most people with glaucoma go blind	19 (38)	15 (30)	0.398
10	Treatment for glaucoma is lifelong.	48 (96)	43 (86)	0.081
11	Regular check-ups are not necessary for glaucoma patients	47 (94)	47 (94)	1.000
12	Glaucoma can run in families	28 (56)	29 (58)	0.840
13	Glaucoma is more common as you get older	35 (70)	37 (74)	0.656
14	Most people have symptoms that warn them that their glaucoma is getting worse	9 (18)	9 (18)	1.000
15	Stress can make glaucoma worse	12 (24)	6 (12)	0.118
16	A healthy diet prevents the aggravation of glaucoma	19 (38)	12 (24)	0.130
17	Using computer can make glaucoma worse.	12 (24)	8 (16)	0.220
18	Fluorescent lights will make glaucoma worse [#]	19 (38)	10 (20)	0.047
19	Eye drops for glaucoma may have side-effects that affect other parts of the body	10 (20)	7 (14)	0.424
20	Watering eyes is a sign of a build up of fluid inside the eye	18 (36)	13 (26)	0.280
21	A lot of reading can make glaucoma worse	22 (44)	20 (40)	0.685
22	Lowering the eye pressure is a treatment that can prevent the worsening of glaucoma	47 (94)	49 (98)	0.307

*Chi-square test. [#]Statistically significant ($p < 0.05$).

Table 6. Comparison of education level with the percentage of correct answers between the groups

Schooling Level	Group A (%)	Group B (%)
Without schooling	40.9	56.81
IES	44.05	52.86
CES	45.95	51.29
HIS	43.93	54.54
CHS	52.63	61.61
IHE	0	0
CHE	55.68	63.63

Note: IES= Incomplete Elementary School; CES=Complete Elementary School; HIS=Incomplete High School; CHS=Complete High School; IHE=Incomplete Higher Education; CHE=Complete Higher Education.

Overall score of the questionnaire in each group is described Table 6. Statements 1,3,10,11 and 22 had 75% or more correct answers in both groups. Statements 14,15,17 and 19 had less than 25% of correct answers in both groups. The correct answers of group A were higher than those of group B in 15 questions. The median score of the glaucoma group was 54.7% and of the control group was 49%. Statement 7 of the questionnaire (“The most common treatment for glaucoma is surgery”) showed the largest difference between groups, with Group A scoring 30% higher than Group B in correct answers. Statements 2 (“Most glaucoma is associated with ocular discomfort”) and 5 (“Visual loss in glaucoma usually occurs very quickly”) were the only items on which the control group outperformed the glaucoma group, with a 16% difference in the proportion of correct answers.

It was noted that both patients in Group A and Group B had finished high school or higher education and obtained a higher percentage of correct answers when compared to those who had less education.

Among individuals with glaucoma, it was observed that those with more than 10 years or less than 1 year of diagnosis had the highest percentage of correct answers, 58.76% and 60.22% respectively.

The patients, both in Group A and Group B, who obtained information about glaucoma through the media (TV, Internet and Radio), were the ones who had the highest percentage of correct answers to the questions, 63.63% and 54.54% respectively.

Discussion

The present study demonstrated that the level of education is not a determining factor in relation to the knowledge about glaucoma in both groups. Hoevenaars et al. (Hoevenaars, Schouten, van den Borne, Beckers, & Webers, 2005) have associated the lack of knowledge of 166 patients about glaucoma and the treatment used, with the low level of education, the short duration of glaucoma and advanced age. In the study by Costa et al. (Costa et

al., 2006), two populations of different cultures were compared: one in the Wills Eye Hospital (Philadelphia, United States), and another in the glaucoma service of Unicamp (Campinas, Brazil). In both groups, knowledge of glaucoma was correlated with the level of education of patients. It is possible that this difference is attributed to the smaller sample of the present study.

The data of this study showed that all individuals diagnosed with glaucoma declared to be aware of the disease, unlike the group of participants without glaucoma, in which 23% reported being unaware of it. Thus, this study suggests that there is a good doctor-patient relationship in the care of the FMABC ophthalmology outpatient clinic.

More than 75% of patients, individuals with glaucoma or not, have been shown to know the following characteristics of glaucoma: that it affects exclusively the eye, that it is related to raised intraocular pressure, that it requires lifelong treatment, and that it must be regularly followed up by ophthalmologists. This greater knowledge about this information may be attributed to the fact that they are the most widespread in the community.

The source of information identified by the group with glaucoma was mainly doctors (82%) and family members (14%). In the group without the disease, doctors accounted for 28% and family members for 46%. This comparison was statistically significant. The media (television, internet and radio) did not prove to be an important source of information to the interviewees. The positive association between having a better knowledge about the disease and having a family member with the disease has already been demonstrated in other studies (Amaral, Andrade, da Fonseca, & Perez, 2020; Gasch, Wang, & Pasquale, 2000). There was no statistically significant relationship regarding gender, race and education when comparing the groups.

The control group had the greatest difference in correct answers in relation to patients with the disease in two statements. Some individuals with glaucoma believe that the disease causes pain and rapid vision loss. This may be attributed to the moment when the patients have got the diagnosis of the disease, that is, when already with some visual impairment. This perception may be related to the discomfort experienced at the time of diagnosis, when visual impairment is already present. On the other hand, individuals diagnosed with glaucoma had the greatest difference in correct answers than patients without the disease in statement 7, in which they stated that surgery is the most common treatment. This difference may reveal the lack of information in society about the treatment for glaucoma.

The questionnaire (Annex 2), composed of 22 statements, was validated in a cross-sectional study conducted in 2008 by Danesh-Meyer et.al. (Danesh-Meyer et al., 2008), the researchers have compared the knowledge about glaucoma in patients with the disease and others without it. The group with glaucoma was subdivided into 2 groups: those with glaucoma already

established for 6 months or more and those referred for the first evaluation of a possible glaucoma. In the study sample, 208 patients with established glaucoma, 100 new individuals diagnosed with glaucoma and 100 control group were recruited. The centers participating in this study were public hospitals, private clinics and private universities in New Zealand. The level of knowledge was obtained by applying the questionnaire to the 3 groups.

When comparing the results of the New Zealand study with the present study, it is clear that in this study, statements 7 (“The most common treatment for glaucoma is surgery”) and 18 (“Fluorescent lights will make glaucoma worse”) of the questionnaire were the ones that had statistical significance, when compared in relation to the percentage of correct answers of the groups. Although the statements 2.6 and 10 were not statistically significant, there was a tendency to differ. In the study by Danesh-Meyer et. Al., 17, in addition to statements 7 and 18, thirteen others (2, 3, 4, 5, 6, 8, 9, 10, 14, 16, 17, 21 and 22) were also statistically significant when comparing the percentage of correct answers between the control group and patients with established glaucoma. This difference may be attributed to the larger sample size of the study, the country where it was performed, and the samples of the groups being obtained in different locations, such as private clinics.

In several studies, it was observed that the low level of knowledge about glaucoma is related to worse therapeutic adherence. Other factors were also correlated with low adherence to treatment, such as socioeconomic conditions, difficulty in applying eye drops, absence of improvement in visual acuity and side effects (Cintra et al., 1998; Friedman et al., 2008; MacKean & Elkington, 1983; Norell, 1979; Spaeth, 1970).

In the study by Costa et.al. (Costa et al., 2006), four possible factors of lack of knowledge in the two populations with glaucoma evaluated in the study were listed: the fragile doctor-patient relationship; the little concern of the patient in relation to their health; the lack of information given to patients and the way in which such information is provided.

In the studies by Kim et. Al. (Kim et al., 1997) and Rosenthal et. al. (Rosenthal, Zimmerman, & Tanner, 1983), videos were used to promote knowledge about glaucoma. Improvement was observed in both within one week, but after a few months, the level of knowledge was not maintained. These facts demonstrate that the provision of information in a single moment is insufficient, so it is necessary to maintain access to information continuously to these patients, given the incidence of glaucoma in society.

This necessity reinforces the role of the ophthalmologist in creating a good doctor-patient relationship in order to better guide patients on the prevention and treatment for glaucoma and inform them about the disease. In addition, the present study showed that even with technological innovations and greater access of society to means of information, patients remain

uninformed about glaucoma, reiterating the role of the ophthalmologist in promoting ocular health.

In the analysis of the knowledge of the treatment, it is noted that only one third of the patients, individuals with glaucoma or not, thought that the eye drops for glaucoma did not cause systemic side effects; 41 individuals diagnosed with glaucoma believed that they would have symptoms that would warn them of the progression of the disease. These observations were also noted in the study by Danesh-Meyer et.al. (Danesh-Meyer et al., 2008).

Limitations of this study include the small number of patients, the restriction of a single location to obtain the sample and the age group of patients in the group without glaucoma being mostly older than 55 years. Conducting a multicenter study with a larger number of patients in public and private services, as well as obtaining a control group with better distributed age groups, can provide an understanding of the level of knowledge of the population with glaucoma and without the disease.

In contrast to previous studies, such as those by Hoevenaars et al. and Costa et al., our findings did not reveal a significant correlation between age and knowledge about glaucoma. This discrepancy may be explained by the relatively small sample size in the present study and the specific demographic characteristics of the population evaluated, which may limit the generalizability of the results. Future multicenter studies with larger and more diverse populations are needed to clarify the influence of age on knowledge about glaucoma.

From a public health perspective, the findings of this study highlight the need for tailored educational interventions. In particular, educational materials should emphasize the asymptomatic nature of glaucoma, especially in its early stages, and the fact that the disease does not usually manifest with pain or sudden vision loss. Reinforcing these aspects may improve patient awareness, correct misconceptions, and ultimately strengthen adherence to long-term treatment and follow-up.

In fact, it is necessary to create a continuous and effective method of information and evaluation of the knowledge about glaucoma, in order to provide solid and quality information to society regarding glaucoma, its treatment and prevention.

Conclusion

Patients with glaucoma demonstrate greater awareness of the disease than participants without glaucoma, but appear to lack awareness of the complications of this disease. This study emphasizes the importance of the ophthalmologist in the guidance and promotion of ocular health and suggests the need to improve the knowledge of the population about glaucoma and the

prevention of irreversible vision loss through the provision of information in a continuous and effective way.

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

Data Availability: The datasets used and/or analysed during the current study are available from the corresponding author on reasonable request.

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

Declaration for Human Participants: This research study was approved by the Research Ethics Committee of the Centro Universitário FMABC (protocol: 4.427.013). All volunteer subjects were informed about the study and invited to participate after signing the Free and Informed Consent Form.

References:

1. Amaral, P. H. R., Andrade, L. M., da Fonseca, F. G., & Perez, J. C. G. (2020). Impact of COVID-19 in Minas Gerais, Brazil: Excess deaths, sub-notified cases, geographic and ethnic distribution. *Transbound Emerg Dis*. doi:10.1111/tbed.13922
2. Cintra, F. A., Costa, V. P., Tonussi, J. A., & Jose, N. K. (1998). [Evaluation of an educational program for patients with glaucoma]. *Rev Saude Publica*, 32(2), 172-177. doi:10.1590/s0034-89101998000200011
3. Costa, V. P., Spaeth, G. L., Smith, M., Uddoh, C., Vasconcellos, J. P., & Kara-José, N. (2006). Patient education in glaucoma: what do patients know about glaucoma? *Arq Bras Oftalmol*, 69(6), 923-927. doi:10.1590/s0004-27492006000600024
4. Danesh-Meyer, H. V., Deva, N. C., Slight, C., Tan, Y. W., Tarr, K., Carroll, S. C., & Gamble, G. (2008). What do people with glaucoma know about their condition? A comparative cross-sectional incidence and prevalence survey. *Clin Exp Ophthalmol*, 36(1), 13-18. doi:10.1111/j.1442-9071.2007.01624.x
5. Doucette, L. P., Rasnitsyn, A., Seifi, M., & Walter, M. A. (2015). The interactions of genes, age, and environment in glaucoma pathogenesis. *Surv Ophthalmol*, 60(4), 310-326. doi:10.1016/j.survophthal.2015.01.004
6. Friedman, D. S., Hahn, S. R., Gelb, L., Tan, J., Shah, S. N., Kim, E. E., . . . Quigley, H. A. (2008). Doctor-patient communication, health-related beliefs, and adherence in glaucoma results from the Glaucoma Adherence and Persistency Study. *Ophthalmology*, 115(8), 1320-1327, 1327.e1321-1323. doi:10.1016/j.ophtha.2007.11.023

7. Gasch, A. T., Wang, P., & Pasquale, L. R. (2000). Determinants of glaucoma awareness in a general eye clinic. *Ophthalmology*, 107(2), 303-308. doi:10.1016/s0161-6420(99)00076-7
8. Gordon, M. O., Beiser, J. A., Brandt, J. D., Heuer, D. K., Higginbotham, E. J., Johnson, C. A., . . . Kass, M. A. (2002). The Ocular Hypertension Treatment Study: baseline factors that predict the onset of primary open-angle glaucoma. *Arch Ophthalmol*, 120(6), 714-720; discussion 829-730. doi:10.1001/archopht.120.6.714
9. Heijl, A., Leske, M. C., Bengtsson, B., Hyman, L., Hussein, M., & Group, E. M. G. T. (2002). Reduction of intraocular pressure and glaucoma progression: results from the Early Manifest Glaucoma Trial. *Arch Ophthalmol*, 120(10), 1268-1279. doi:10.1001/archopht.120.10.1268
10. Hoevenaars, J. G., Schouten, J. S., van den Borne, B., Beckers, H. J., & Webers, C. A. (2005). Knowledge base and preferred methods of obtaining knowledge of glaucoma patients. *Eur J Ophthalmol*, 15(1), 32-40. doi:10.1177/112067210501500106
11. Kim, S., Stewart, J. F., Emond, M. J., Reynolds, A. C., Leen, M. M., & Mills, R. P. (1997). The effect of a brief education program on glaucoma patients. *J Glaucoma*, 6(3), 146-151.
12. Livingston, P. M., Lee, S. E., De Paola, C., Carson, C. A., Guest, C. S., & Taylor, H. R. (1995). Knowledge of glaucoma, and its relationship to self-care practices, in a population sample. *Aust N Z J Ophthalmol*, 23(1), 37-41. doi:10.1111/j.1442-9071.1995.tb01643.x
13. MacKean, J. M., & Elkington, A. R. (1983). Compliance with treatment of patients with chronic open-angle glaucoma. *Br J Ophthalmol*, 67(1), 46-49. doi:10.1136/bjo.67.1.46
14. Miglior, S., Pfeiffer, N., Torri, V., Zeyen, T., Cunha-Vaz, J., Adamsons, I., & Group, E. G. P. S. E. (2007). Predictive factors for open-angle glaucoma among patients with ocular hypertension in the European Glaucoma Prevention Study. *Ophthalmology*, 114(1), 3-9. doi:10.1016/j.ophtha.2006.05.075
15. Norell, S. E. (1979). Improving medication compliance: a randomised clinical trial. *Br Med J*, 2(6197), 1031-1033. doi:10.1136/bmj.2.6197.1031
16. Rewri, P., & Kakkar, M. (2014). Awareness, knowledge, and practice: a survey of glaucoma in north Indian rural residents. *Indian J Ophthalmol*, 62(4), 482-486. doi:10.4103/0301-4738.132105
17. Rosenthal, A. R., Zimmerman, J. F., & Tanner, J. (1983). Educating the glaucoma patient. *Br J Ophthalmol*, 67(12), 814-817. doi:10.1136/bjo.67.12.814

18. Rudnicka, A. R., Mt-Isa, S., Owen, C. G., Cook, D. G., & Ashby, D. (2006). Variations in primary open-angle glaucoma prevalence by age, gender, and race: a Bayesian meta-analysis. *Invest Ophthalmol Vis Sci*, 47(10), 4254-4261. doi:10.1167/iovs.06-0299
19. Sathyamangalam, R. V., Paul, P. G., George, R., Baskaran, M., Hemamalini, A., Madan, R. V., . . . Lingam, V. (2009). Determinants of glaucoma awareness and knowledge in urban Chennai. *Indian J Ophthalmol*, 57(5), 355-360. doi:10.4103/0301-4738.55073
20. Spaeth, G. L. (1970). Visual loss in a glaucoma clinic. I. Sociological considerations. *Invest Ophthalmol*, 9(1), 73-82.
21. Tham, Y. C., Li, X., Wong, T. Y., Quigley, H. A., Aung, T., & Cheng, C. Y. (2014). Global prevalence of glaucoma and projections of glaucoma burden through 2040: a systematic review and meta-analysis. *Ophthalmology*, 121(11), 2081-2090. doi:10.1016/j.ophtha.2014.05.013
22. Weinreb, R. N., & Khaw, P. T. (2004). Primary open-angle glaucoma. *Lancet*, 363(9422), 1711-1720. doi:10.1016/S0140-6736(04)16257-0

El carbono orgánico en los suelos de Quintana Roo (México) bajo condiciones de vegetación natural

**Fragoso-Servón P.
Pereira-Corona A.
Prezas-Hernández B.**

Universidad Autónoma del Estado de Quintana Roo, México

Gallardo-Lancho J.F.

Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC), España

[Doi:10.19044/esj.2025.v21n33p17](https://doi.org/10.19044/esj.2025.v21n33p17)

Submitted: 12 August 2025

Accepted: 21 November 2025

Published: 30 November 2025

Copyright 2025 Author(s)

Under Creative Commons CC-BY 4.0

OPEN ACCESS

Cite As:

Fragoso-Servón, P., Pereira-Corona, A., Prezas-Hernández, B. & Gallardo-Lancho J.F. (2025). *El carbono orgánico en los suelos de Quintana Roo (México) bajo condiciones de vegetación natural*. European Scientific Journal, ESJ, 21 (33), 17.

<https://doi.org/10.19044/esj.2025.v21n33p17>

Resumen

Quintana Roo está situado en el sureste de México. Posee clima cálido subhúmedo; geológicamente es una zona kárstica muy diversa. Se presentan 14 grupos principales de suelos que sostienen 14 formaciones vegetales principales en buen estado de conservación. Los contenidos de carbono orgánico del suelo (COS) dependen de factores como el clima (temperatura y humedad) y la vegetación que crece sobre ellos. Las generalizaciones del contenido de COS en grandes extensiones no consideran la heterogeneidad edáfica y biológica de Quintana Roo. El objetivo de esta investigación fue determinar el contenido de COS en los primeros -30 cm de los diferentes grupos de suelo asociados a la vegetación mejor conservada. Se identificaron 40 puntos para muestreo de suelos en zonas con vegetación bien conservada. Los resultados muestran que Histosoles, Leptosoles Fluvisoles y Phaeozems tienen los mayores porcentajes de COS, el mayor contenido en Mg C ha^{-1} lo presentan los Histosoles, Nitisoles y Phaeozems; sin embargo, la superficie con estos tipos edáficos en Quintana Roo es muy pequeña; al contrario, los Leptosoles se encuentran presentes en siete de tipos de vegetación, y aunque con altos porcentajes de COS, no son aptos para almacenar carbono por su escasa profundidad y/o alta pedregosidad (mayor variabilidad). La selva baja

subperennifolia crece en la mayoría de los suelos; pero los de selva baja espinosa inundable y de selva baja subperennifolia poseen más alto contenido de COS en Mg C ha^{-1} . Los resultados muestran que, en condiciones naturales, el contenido de COS está condicionado por el tipo de suelo y las especies que conforman las asociaciones vegetales.

Palabras clave: Factores influyentes, Karst, Selva tropical

Organic Carbon in the Soils of Quintana Roo (Mexico) Under Natural Vegetation Conditions

Fragoso-Servón P.

Pereira-Corona A.

Prezas-Hernández B.

Universidad Autónoma del Estado de Quintana Roo, México

Gallardo-Lancho J.F.

Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC), España

Abstract

Quintana Roo is in southeastern Mexico. It has a warm, subhumid climate; geologically, it is a highly diverse karst area. Fourteen main soil groups are present, supporting fourteen well-preserved plant formations. Soil organic carbon (SOC) contents depend on factors such as climate (temperature and humidity) and the vegetation growing on them. Generalizations of SOC content across large areas do not consider the edaphic and biological heterogeneity of Quintana Roo. The objective of this study was to determine the SOC content in the top 30 cm of the different soil groups associated with the best-preserved vegetation. Forty soil sampling points were identified in areas with well-preserved vegetation. The results show that Histosols, Leptosols, Fluvisols, and Phaeozems have the highest percentages of SOC. Histosols, Nitisols, and Phaeozems have the highest Mg C ha^{-1} content; however, the area covered by these soil types in Quintana Roo is very small. In contrast, Leptosols are present in seven vegetation types and, although they have high percentages of SOC, they are not suitable for carbon storage due to their shallow depth and/or high stoniness (greater variability). Lowland semi-evergreen forest grows on most soils; however, lowland flooded thorn forest and lowland semi-evergreen forest have higher SOC contents in terms of Mg C ha^{-1} . The results show that, under natural conditions, SOC content is influenced by soil type and the species comprising the plant assemblages.

Keywords: Influencing factors, Karst, Tropical rainforest

Introduction

En las últimas décadas el interés por el estudio del ciclo del carbono (C) en el planeta ha ido aumentando debido principalmente al incremento de la concentración de CO₂ de la atmósfera; como es conocido, el CO₂ se considera uno de los gases que favorecen el efecto invernadero, con posibles consecuencias sobre cambio climático global (Odum y Warrett, 2006; Arévalo, 2015; Ghosh et al., 2016).

El suelo contiene C hasta dos veces más que la vegetación y tres veces más que la atmósfera (Avilés Hernández et al., 2009; Montaña et al., 2016; Paz y Etcheveres, 2016; Armas et al., 2017) y el tiempo de residencia en él también es mucho mayor, características que lo hacen un excelente sumidero o almacén (Martínez et al., 2008).

Una de las formas de mitigar el efecto invernadero es reteniendo el carbono en otro compartimento distinto al atmosférico (captura de carbono); se debe considerar que se dispone de cinco grandes almacenes: el mar, el suelo, la vegetación, las rocas y la atmósfera. De ellos, el reservorio más potente y con mucho es el océano, superando enormemente al segundo, que es el suelo (Herrera y Teutli, 2017). La captura de C se define como el proceso por el cual el CO₂ de la atmósfera se incorpora en forma de C (o sales insolubles carbonatadas) en el suelo o en la biomasa, quedando inmovilizado durante largos periodos de tiempo (Gallardo, 2017); dado que la biomasa aérea es más sensible al fuego que el suelo, siempre es preferible el almacenar el C en este último.

Se estima que en las selvas tropicales se pueden acumular entre 700 y 800 Mg C ha⁻¹ considerando la vegetación y el suelo, por lo que ligeros cambios en el contenido de C en el suelo tiene profundas consecuencias en CO₂ atmosférico causante del efecto invernadero y, como consecuencia, en el cambio climático (Chen et al., 2014; Francaviglia et al., 2017; Gallardo, 2017; Arrouays et al., 2018).

Parte de las investigaciones actuales sobre la captura de C se centra en la dinámica del C orgánico de los suelos (COS) y en conocer la influencia que tienen diferentes factores (clima, tipo de roca, geomorfología, textura y estructura edáficas o el tipo de residuo orgánico) sobre el COS (Hontoria et al., 2004). En todo caso, el C edáfico se puede encontrar como componente orgánico (COS) o inorgánico (CIS), no teniéndose este último usualmente en cuenta por su pasividad (Hester y Harrison, 2010).

El COS tiene otras muy importantes funciones, como la de retener e intercambiar nutrientes, favorecer las propiedades físicas edáficas (como la estructura, la densidad aparente, la porosidad o la capacidad de retención de agua), la protección de la erosión o ser el hábitat de la innumerable biota del

suelo. O sea, no sólo se trata de la captura de C por los suelos para mitigar las emisiones de gases efecto invernadero, sino que el COS acumulado puede, al mismo tiempo, mejorar la calidad edáfica y su productividad (Ramífehiarivo et al., 2017).

Uno de los problemas del COS es la alta variabilidad y distribución en el espacio y tiempo. La variabilidad se debe a que es controlada por diferentes y cambiantes condiciones ambientales (temperatura, precipitación, humedad, geomorfología, cobertura vegetal, actividad microbiana, uso y manejos antrópicos, etc.); por supuesto el tipo de suelo también influye a que la variabilidad sea más o menos acusada (Montaño et al., 2016; Rodríguez et al., 2016; Yescas et al., 2018).

En cuanto a la distribución del COS en el suelo en los ecosistemas forestales existe, por lo general, mayor concentración de COS en los horizontes edáficos más superficiales (FAO, 2002).

La mayoría de los estudios sobre COS se han realizado en ambientes templados o tropicales, generalizándose algunos contenidos o procesos de COS. Armas et al. (2017) y Bolaños et al. (2017) indicaron que existe un alto grado de incertidumbre en las estimaciones asociadas e inconsistencias cuando se analizan las bases de datos empleadas, debido a que no existen mediciones realizadas de manera regular y sistemática, utilizando siempre metodologías consistentes, además de no considerar la complejidad de las relaciones entre el suelo y su ambiente a escala global y regional. Es decir, pueden existir amplias bases de datos en algunas áreas o países, pero muchas veces los datos no se han obtenido con la misma metodología. Esto se ha detectado al analizar los mapas de suelos del reciente Atlas Nacional de México (Cruz Gaistardo et al., 2023a y 2023b), observándose que en zonas hay discrepancias al comparar el mapa de COS y el mapa de materia orgánica del suelo (MOS) al haber utilizado diferentes métodos de determinación.

Por esta razón hoy es necesario cuantificar el contenido de COS procurando seguir las mismas metodologías, periodos de tiempo, cálculos empleados y a mayores escalas, de manera que se tenga información más precisa de lo que hay para ~~que~~, de este modo, poder estimar el ritmo de cambio en el tiempo (Rodríguez et al., 2016), prestando especial atención a la toma de datos de pedregosidad y densidad aparente (Hontoria et al., 2004).

Existen diferentes sugerencias y tendencias en cuanto a la profundidad para este tipo de muestreos, Gallardo (2017) considera que lo ideal sería referirse siempre a -1,00 m o a la profundidad en la que comienza el horizonte C o R para evitar errores sistemáticos por defecto; la FAO (2002) y el IPCC (2003) buscando hacer accesibles las técnicas y metodologías a países desarrollados y subdesarrollados por igual recomiendan hacer estudios considerando una profundidad de -30 cm. En este trabajo se adoptó este último enfoque en función de los reportes existentes de los tipos de suelo en la zona

de estudio (predominancia de Leptosoles (Fragoso et al., 2017)), dentro de esta profundidad Batjes (2014) reporta contenidos de 201-213 Pg C en los primeros -30 cm de suelo para las zonas tropicales, pero indica que estos valores cambian dependiendo del grupo de suelo.

En México se han realizado estudios que muestran la distribución espacial del C en la cobertura vegetal, necromasa (hojarasca o mantillo) por un lado y en el suelo por otro; la información disponible se refiere principalmente a regiones templadas del centro del país (Segura et al., 2005).

En las zonas tropicales la alta humedad, acompañada de altas temperaturas, crean ambientes que conducen a una alta actividad microbiana que, a su vez, conlleva una alta velocidad de descomposición de los residuos orgánicos y su posterior mineralización, produciendo bajos contenidos de MOS y nutrientes en los suelos (Avilés-Hernández et al. 2009); sin embargo, estos cambios dependerán del tipo de suelo, vegetación y roca, factores que inciden sobre los suelos; por esta razón países como Gran Bretaña, Brasil o Francia consideran tanto el suelo como a la vegetación en las evaluaciones del C de los sistemas y del suelo (Segura et al., 2005).

Se han realizado escasos estudios en México hasta la actualidad relacionando la cobertura vegetal y el contenido de COS en zonas tropicales y, menos aún, en zonas kársticas como la Península de Yucatán donde el relieve es negativo (depresivo), la variabilidad de suelos alta aún en cortas distancias (Fragoso-Servón et al., 2017) y la presencia de roca caliza afectada directamente en su composición por la reacción con los ácidos orgánicos lixiviados o por las tensiones de CO₂ motivadas por la respiración microbiana que se disuelve en forma bicarbonatada (HCO₃⁻), todo ello incentivado por la precipitación acuosa (Gutiérrez, 2008).

De acuerdo con Gallardo (2017) no existe, en general, un conocimiento detallado acerca de la variabilidad espacial asociadas a cambios de uso y cobertura del suelo, aspectos que resultan relevantes para la formulación de políticas públicas en el contexto de conservación de suelos, control de la erosión o del cambio climático.

Para poder proponer estrategias viables es necesario contar con la información básica sobre los contenidos de C en los diferentes almacenes del ecosistema y tener datos finos sobre los almacenes de carbono en cada uno de los sumideros.

La urgencia de la información va de la mano con la pérdida rápida de la capacidad de almacenamiento de carbono en los bosques de México debido a los procesos de deforestación y degradación de los ecosistemas forestales (Ordóñez, 2014; Cruz et al., 2023d; Etchevers et al., 2024).

El potencial de captura de C viene ligado al potencial de formación de biomasa y de humificación, lo que indica que las zonas con altos índices de producción de biomasa (o altas producciones de residuos no utilizados por el

hombre) son las que mayor potencial de captura de carbono tienen, mención aparte de una más bien reducida respiración edáfica (Gallardo, 2017). En este sentido, en México tales zonas favorables están localizadas en las llanuras costeras y en el sur y sureste del país (Torres y Guevara, 2002), aunque limitadas en muchos suelos por las altas actividades microbianas.

Quintana Roo (México), poseyendo la zona kárstica más grande del país, es uno de los Estados con vegetación mejor conservada y una gran variedad de grupos de suelos, en general, con altos contenidos de COS (Segura et al., 2005); sin embargo, no existe información detallada sobre el contenido de COS en los diferentes suelos presentes asociados a los diferentes tipos de vegetación.

Por ello, el objetivo de este trabajo es, en consecuencia, evaluar el contenido de COS en los diferentes grupos de suelo asociados a los diferentes tipos de vegetación en mejor estado de conservación en Quintana Roo.

Material y Métodos

Área de estudio

Quintana Roo se localiza en la porción este de la Península de Yucatán (Fig. 1) y ocupa una superficie de 50,843 km²; sus costas tienen 865 km de extensión, colindando con el Mar Caribe (Fragoso et al., 2014).

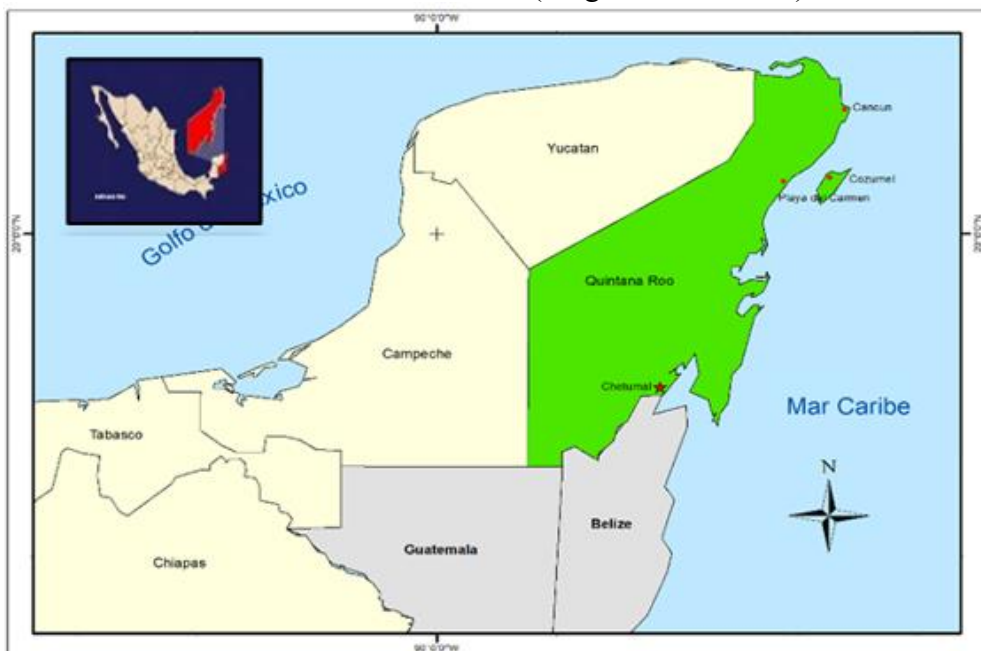


Figura 1: Área de estudio

Geológicamente es parte de una estructura sedimentaria kárstica (la más grande de México) formada durante el Mesozoico, sobre la cual se

depositaron arenas y estructuras de origen orgánico marino a lo largo del Terciario. Está formada de rocas calizas, dolomías, yeso y arenisca (López-Ramos, 1975; Ordoñez y García, 2010). En el Estado predominan las planicies y ligeros acolinamientos hacia el sur.

El clima es cálido húmedo (Aw); se acerca al más húmedo (Aw_2) en las proximidades de la costa, mientras que se hace más seco hacia el centro de la Península (Aw_0); las precipitaciones ocurren mayormente en verano y oscilan entre el intervalo de 800 a los 1500 mm año⁻¹; la temperatura media es de 25.8 °C (C.N.A., 2023).

Atendiendo a un enfoque geomorfopedológico (escala 1:50.000) Fragoso et al. (2017) identificaron la presencia de 14 Grupos Principales de Suelos (GPS) en el área de estudio (Cuadro 1).

Cuadro 1: Suelos presentes en Quintana Roo

GSP primario	Área ocupada (ha)	%
Leptosol	2452346.7	48.86%
Gleysol	782927.5	15.60%
Phaeozems	575975.6	11.47%
Vertisol	377514.6	7.52%
Luvisol	278484.7	5.55%
Cambisol	255075.3	5.08%
Solonchaks	114348.1	2.28%
Histosol	63380.9	1.26%
Arenosol	52623.7	1.05%
Nitisol	45745.8	0.91%
Calcisol	11689.7	0.23%
Kastañozems	7329.1	0.15%
Regosol	1701.4	0.03%
Fluvisol	266.5	0.01%
No dato	10767.2	0.21%
Cuerpo de agua	29194.1	0.58%
Total	5019409.5	100.0%

Recientemente Cruz et al. (2023c) publicaron un mapa de suelos de México en el cual se comprueba que la unidad dominante es el Leptosol en la península de Yucatán.

Por otra parte, se han identificado 14 tipos de vegetación (Cuadro 2) de acuerdo con el Inventario Nacional Forestal y de Suelos (INFS) en buen estado de conservación (Conafor-Semarnat, 2018).

Cuadro 2: Tipos de vegetación y especies representativas

Tipo de vegetación	Especies presentes
Selva mediana subperennifolia	Palo de tinte (<i>Haematoxylum campechianum</i>), Pukté' (<i>Bucida buceras</i>), Chechem (<i>Metopium brownei</i>), Sakpaj (<i>Byrsonima bucidaefolia</i>), Zapote bobo o kuche' (<i>Pachira acuatica</i>),
Selva mediana subcaducifolia	Jabín (<i>Piscidia piscipula</i>), Nance (<i>Byrsonima crassifolia</i>), Zapote (<i>Manilkara zapota</i>), Ciricote (<i>Cordia dodecandra</i>), Chakah (<i>Bursera simaruba</i>), Tzalam (<i>Lysiloma bahamensis</i>), Chechem blanco (<i>Sebastiania longicuspis</i>)
Selva baja subperennifolia	Zapote de agua (<i>Pachira aquatica</i>), Bari (<i>Calophyllum brasiliense</i>), Anona (<i>Annona glabra</i>), Nance <i>Byrsonima crassifolia</i> , Sakpaj <i>Byrsonima bucidaefolia</i> , <i>Crescentia cujete</i> , Uva de mar <i>Coccoloba cozumelensis</i> ,
Selva baja subcaducifolia	Tzalam (<i>Lysiloma bahamensis</i>), Despeinada (<i>Beaucarnea pliabilis</i>), Palma kuka (<i>Pseudophoenix sargentii</i>), Chakah <i>Bursera simaruba</i> , las epifitas son abundantes, con presencia de orquídeas.
Selva baja espinosa	Palo de tinte (<i>Haematoxylum campechianum</i>), Pukté (<i>Bucida buceras</i>), Ciricote (<i>Cordia dodecandra</i>), Guaje (<i>Leucaena spp.</i>).
Selva baja inundable	Palo de tinte (<i>Haematoxylum campechianum</i>), Ciricote (<i>Cordia dodecandra</i>), Palma chit (<i>Thrinax radiata</i>), Tasiste (<i>Acoelorrhaphe wrightii</i>)
Manglar	Mangle rojo (<i>Rizophora mangle</i>), Mangle blanco (<i>Laguncularia racemosa</i>), Mangle negro (<i>Avicennia germinans</i>) y Mangle botoncillo (<i>Conocarpus erectus</i>)
Duna costera	Pantsil (<i>Suriana maritima</i>), Hierba de arena (<i>Ernodea littoralis</i>), Verdolaga de playa (<i>Sesuvium portulacastrum</i>), Orégano de playa (<i>Lantana involucrata</i>), Riñoñina (<i>Ipomoea pescaprae</i>), Sikimay (<i>Tournefortia gnaphalodes</i>), Margarita de mar (<i>Ambrosia hispida</i>), <i>Scaevola plumieri</i> , Lirio de playa (<i>Crinum americanum</i>).
Matorral costero	Nopales (<i>Opuntia</i>), Frijolillo, Pantsil (<i>Suriana maritima</i>), Riñoñina (<i>Ipomoea sp.</i>), Alfombrilla (<i>Abronia maritima</i>), Lloro sangre (<i>Croton sp</i>), Uva de mar (<i>Coccoloba uvifera</i>),
Palmar natural	Guano (<i>Sabal mexicana</i>), Corozo (<i>Scheelea liebmannii</i>), Tasiste (<i>Acoelorrhaphe wrightii</i>) y Cocoyol (<i>Acrocomia mexicana</i>)
Palmar inducido	Los géneros principales presentes son <i>Brahea</i> y <i>Sabal</i> .
Tular	comunidades de plantas acuáticas arraigadas en el fondo, constituidas por monocotiledóneas, tule (<i>Typha spp.</i>) y tulillo (<i>Scirpus spp.</i>), también en ocasiones se encuentran los carrizales. Incluye a los saibales de <i>Cladium jamaicense</i> .
Petén	islas de vegetación en medio de zonas de inundación, o pantanos de zacates (marismas), las especies características son tasiste (<i>Acoelorrhaphe wrightii</i>), mangle botoncillo (<i>Conocarpus erectus</i>), chit (<i>Thrinax radiata</i>), chaká (<i>Bursera simaruba</i>), chechem (<i>Metopium brownei</i>), pukté (<i>Bucidas buceras</i>),
Popal	Es una cobertura vegetal propia de lugares pantanosos o de agua dulce estancada: platanillo de agua (<i>Thalia geniculata</i>), platanillo (<i>Heliconia sp.</i>) y algunas especies acompañantes de las familias ciperáceas y gramíneas, como <i>Panicum sp.</i> , <i>Paspalum sp.</i> y <i>Cyperus sp.</i>

Metodología

A partir de la información de suelos del Mapa Digital de Suelos de Quintana Roo (Fragoso et al., 2017) combinado con el mapa de vegetación del INFS (Conafor-Smarnat, 2018) y el mapa de uso de suelo y vegetación del

INEGI (2013), se ha utilizado un sistema de información geográfica (*QGIS* 2.18) mediante el cual se seleccionaron los grupos de suelo bajo diferentes tipos de vegetación con mejor estado de conservación, identificándose un total de 40 sitios de muestreo (Cuadro 3).

Cuadro 3: Combinación de suelos y vegetación natural presentes en Quintana Roo

Grupo de suelo (GPS)	Tipo de Vegetación													
	SmSp	SmSc	SbSp	SbSc	Sbe	Sbi	M	Dc	Mc	Pn	T	Pi	Pt	Po
Leptosol (LP)	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓							
Gleysol (GL)	✓			✓	✓	✓	✓				✓			✓
Vertisol (VR)	✓		✓	✓		✓								
Luvisol (LV)	✓		✓	✓										
Cambisol (CM)	✓		✓	✓										
Solonchak (SC)							✓							
Arenosol (AR)								✓	✓	✓		✓		
Nitisol (NT)				✓										
Regosol (RG)			✓				✓					✓		
Phaeozem (PH)	✓	✓	✓		✓									
Calcisol ((CL)														
Histosol (HS)							✓							
Fluvisol (FL)			✓											
Kastañozem (KS)		✓												

SmSp	Selva mediana subperennifolia	Dc	Duna costera
SmSC	Selva mediana subcaducifolia	Mc	Matorral costero
SbSp	Selva baja subperennifolia	Pn	Palmar natural
SbSc	Selva baja subcaducifolia	Pi	Palmar inducido
Sbe	Selva baja espinosa	T	Tular
Sbi	Selva baja inundable	Po	Popal
M	Manglar	Pt	Petén

En los casos del Calcisol (dado que está siendo utilizado para extracción de roca) y la zona de El Petén (por la dificultad del acceso) no pudieron ser muestreados para este estudio.

Mediante trabajo de campo se verificó la presencia de la vegetación y el grupo de suelo presente con base en el sistema *WRB* (I.U.S.S., 2015). En cada sitio se seleccionó la zona representativa del lugar.

Para la toma de muestras se separó la necromasa (hojarasca, mantillo de la superficie) y el horizonte *O* en tres puntos; en cada uno se hizo una calicata edafológica donde se tomaron muestras de suelo de -30 cm de profundidad (en el caso del Leptosol hasta la roca si fuera menor profundidad); se estimó en campo la pedregosidad presente siguiendo el método y guía propuesto por Siebe *et al*, (1996) y se tomaron las muestras edáficas con cilindro para determinar la densidad aparente en el laboratorio.

Las muestras edáficas obtenidas fueron procesadas en el laboratorio y analizadas por triplicado. Se utilizó el método de Walkley-Black para la determinación del porcentaje de COS dado que es lo que establecen las normas oficiales mexicanas para este análisis.

Para obtener el contenido de COS en los primeros -30 cm de suelo (expresado en Mg C ha⁻¹) se calculó mediante la fórmula que usa el contenido de COS, la densidad aparente edáfica (D_{ap}), la profundidad (P_{prof}) y la pedregosidad (F_p) (Ramifehiarivo *et al.*, 2017):

$$COS (MgCha^{-1}) = COS (gCkg^{-1}) \times D_{ap} (g\ cm^{-3}) \times Prof. (m) \times (1 - CF_p)$$

Una vez procesadas todas las muestras se aplicaron los estadísticos descriptivos de media, desviación estándar y varianza correspondientes.

Resultados

Se identificaron en campo 13 de los 14 grandes tipos de vegetación, a saber, Selva mediana (subperennifolia y subcaducifolia), Selva baja (subcaducifolia, subperennifolia, espinosa e inundable), Palmar (natural e inducido), Manglar, Vegetación de duna costera, Petén, Popal y Tular.

Por otra parte, se evidenciaron 13 de los 14 grupos principales de suelos (GPS), a saber, Leptosol, Gleysol, Phaeozems, Vertisol, Luvisol, Solonchak, Histosol, Arenosol, Nitisol, Kastañozem, Regosol y Fluvisol.

En las muestras edáficas correspondientes en 11 de los 13 GPS analizados, el porcentaje de COS oscila entre alto a muy alto; las unidades de suelos que presentan los porcentajes más altos de COS son Histosol y Leptosol (25.9 y 11.2%), los que presentan los menores valores son Solonchak y Arenosol con 1,1 y 1,5 % respectivamente (Fig. 2), el Luvisol presenta valores medios y el resto de los suelos presentan valores muy altos de acuerdo con la NOM 021 (Semarnat, 2002).

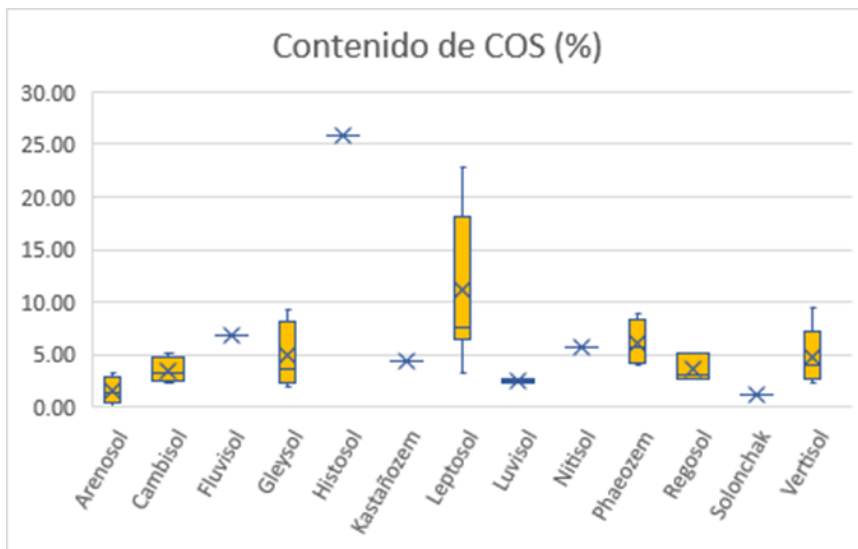


Figura 2: Contenido de COS en porcentaje por tipo de suelo en el Estado de Quintana Roo (México)

En cuanto a la variación de los porcentajes de COS obtenidos se observó que el Leptosol es el que presenta una mayor variación debido a que está presentes en 7 tipos de vegetación, lo que hace suponer que la variación de su contenido de COS va a depender también de la cobertura vegetal.

Ahora bien, considerando los contenidos de COS expresados en Mg C ha^{-1} (teniendo en cuenta la densidad aparente, la profundidad y la pedregosidad) los resultados se presentan en la Fig. 3.

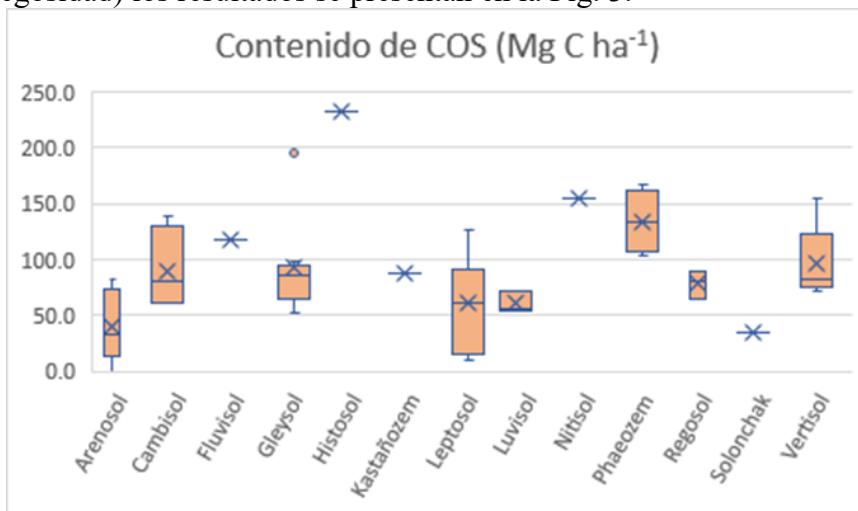


Figura 3: Contenidos medios de COS por tipo de suelo en el Estado de Quintana Roo (México)

De nuevo los dos suelos con mayor contenido de COS por unidad de área (Mg C ha^{-1}) son Histosol y Nitisol; por el contrario, los que presentan menor contenido son Solonchak, Arenosol y Luvisol; todos ellos están referidos a la misma profundidad de -30 cm.

Estos cinco GPS junto con los Regosoles y los Kastañozems representan únicamente el 5.92% de la superficie total del Estado haciendo su contribución neta a todo al COS una parte pequeña (Cuadro 4)

Cuadro 4: Contenidos de COS por área en el Estado de Quintana Roo (México)

Suelo	Área (%) ocupada	COS (%)	COS (Mg C ha^{-1})	Mg C /Estado
Leptosol	48.5	11 $\pm 7,0$	61 $\pm 41,2$	155797587.1
Phaeozem	11.4	6 $\pm 2,2$	134 $\pm 27,8$	108277656.8
Gleysol	15.5	4 $\pm 2,5$	93 $\pm 44,2$	104559962.3
Luvisol	5.5	2,5 $\pm 0,23$	60 $\pm 10,5$	38978386.6
Vertisol	5.0	5 $\pm 2,9$	96 $\pm 33,5$	22992486.6
Cambisol	5.1	4 $\pm 1,2$	90 $\pm 37,2$	18558217.7
Nitisol	0.9	6 $\pm 1,8$	155 $\pm 50,1$	7080984.6
Histosol	1.3	26 $\pm 1,2$	233 $\pm 11,0$	5339203.6
Solonchak	2.3	1 $\pm 1,0$	34 $\pm 3,1$	3871826.7
Arenosol	1.0	2 $\pm 1,3$	39 $\pm 31,7$	2045484.8
Kastañozem	0.14	4,3 $\pm 0,10$	88 $\pm 20,2$	644376.2
Regosol	0.03	4 $\pm 1,8$	78 $\pm 12,2$	108087.4
Fluvisol	0.01	7 $\pm 3,3$	117 $\pm 56,6$	31155.9

Por su parte los Phaeozem, Gleysoles, Vertisoles, Cambisoles, Luvisoles y Leptosoles representan el 94.08% de la superficie del estado, lo que aunado a sus contenidos altos los convierten en el principal reservorio de carbono del Estado.

A continuación, se presentan los GPS con características que los diferencian del resto de los suelos en el Estado. En la Figuras 4 y 5 se muestran los contenidos de COS de los diferentes suelos por tipo de vegetación.

Leptosoles.- El Leptosol constituye el GPS más abundante en el Estado (48.5 % del territorio); son suelos que, en condiciones naturales, presentan la mayor variabilidad en cuanto al porcentaje o contenido de COS (Fig. 2). También son suelos sobre los que se desarrolla la mayor diversidad de tipos de vegetación (siete en total: M, Sbi, SbSc, SbSp, SmSc, SmSp y Sbe; Fig. 4), pero su escasa profundidad (frecuentemente menos de -25 cm) y, en algunos casos, su abundante pedregosidad (más del 80 %) limitan los contenidos de COS en cuanto a unidades de masa por área, pasando de ser el segundo suelo con mayor porcentaje de COS al décimo lugar por su contenido de C expresado en Mg C ha^{-1} (Cuadro 4).

Figura 4: Contenido de COS presente en Leptosoles bajo diversos tipos de vegetación en el Estado de Quintana Roo (México)

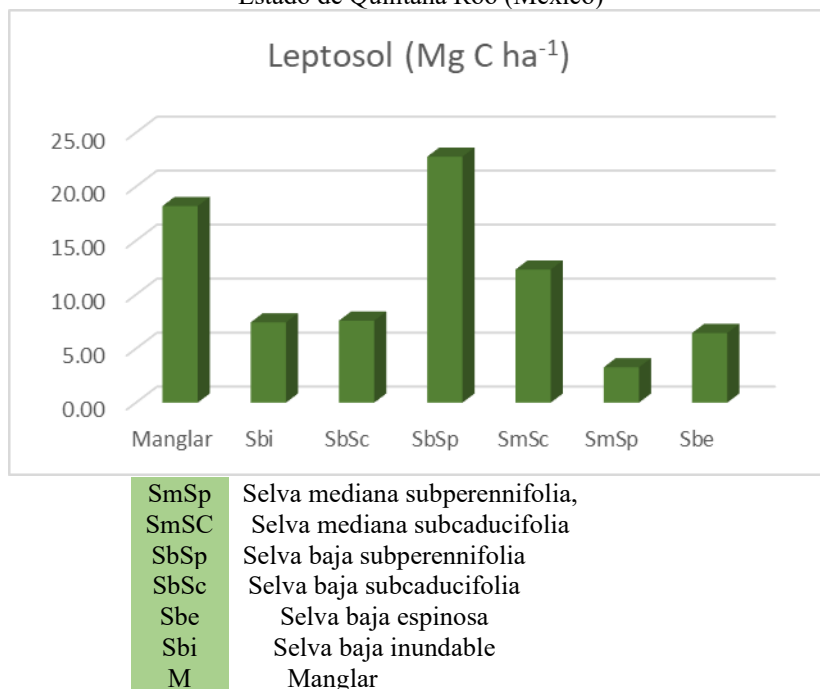
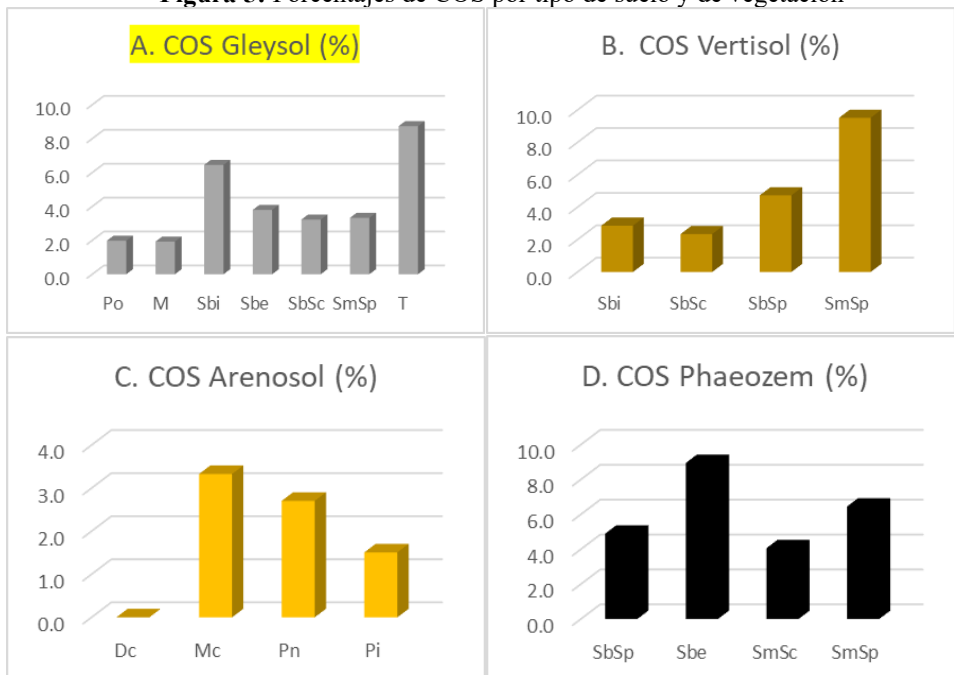
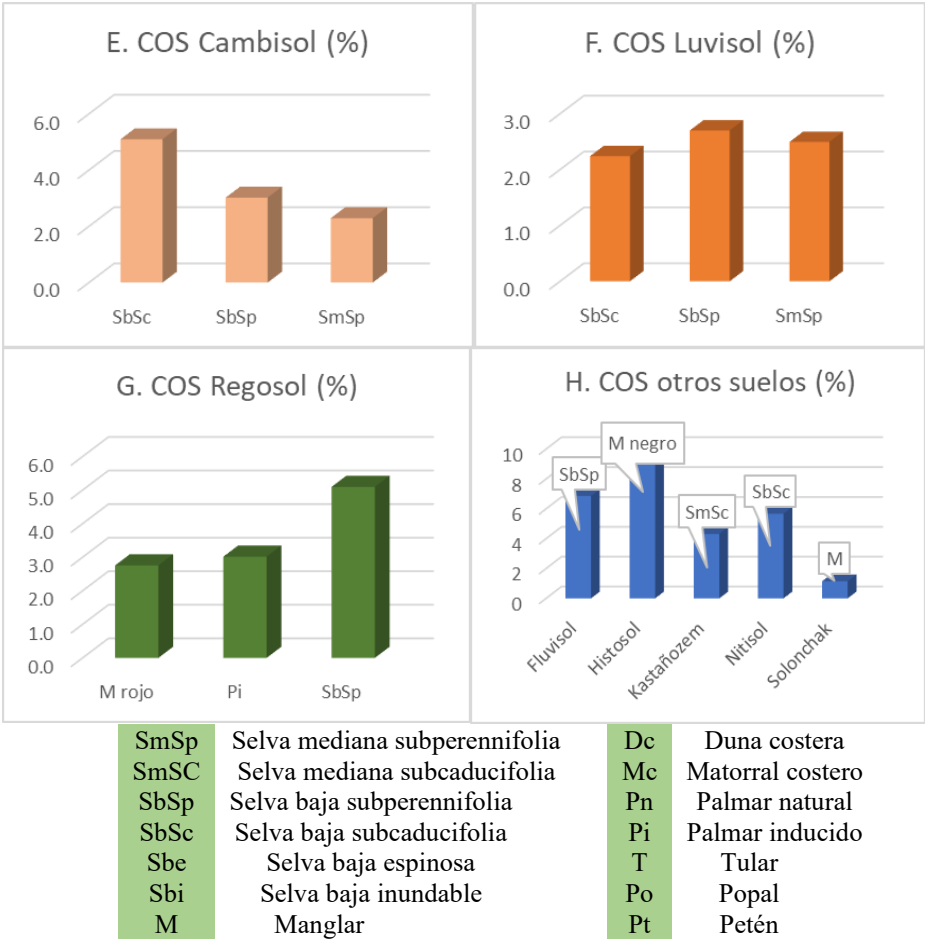


Figura 5: Porcentajes de COS por tipo de suelo y de vegetación





Gleysols

El Gleysol es el segundo GPS más abundante en Quintana Roo (15.5 %). El contenido medio de COS es de 4,2 % (muy alto); por su contenido en C (92.5 Mg C ha⁻¹) ocupa el sexto cuarto lugar (Fig. 3), soportando también 7 tipos de vegetación (Po, M, Sbi, Sbe, SbSc, SmSp y T). Presenta menor variabilidad que los Leptosols. Se puede observar que los contenidos extremos de COS en los Gleysols están asociados a la naturaleza de la vegetación inundable, ya que el tular y la selva baja se comportan como vegetación ribereña o de galería, en tanto que el popal y el manglar son formaciones de sabana inundable (Fig. 5A).

Histosoles

El Histosol es el suelo que presenta los contenidos más altos de COS en el perfil en Quintana Roo (Fig. 5H); sin embargo, ocupan una extensión muy pequeña en el Estado, estando asociados principalmente a lugares que

presentan mangle negro (el menos abundante dentro de los tipos de manglares prevalecientes en el Estado).

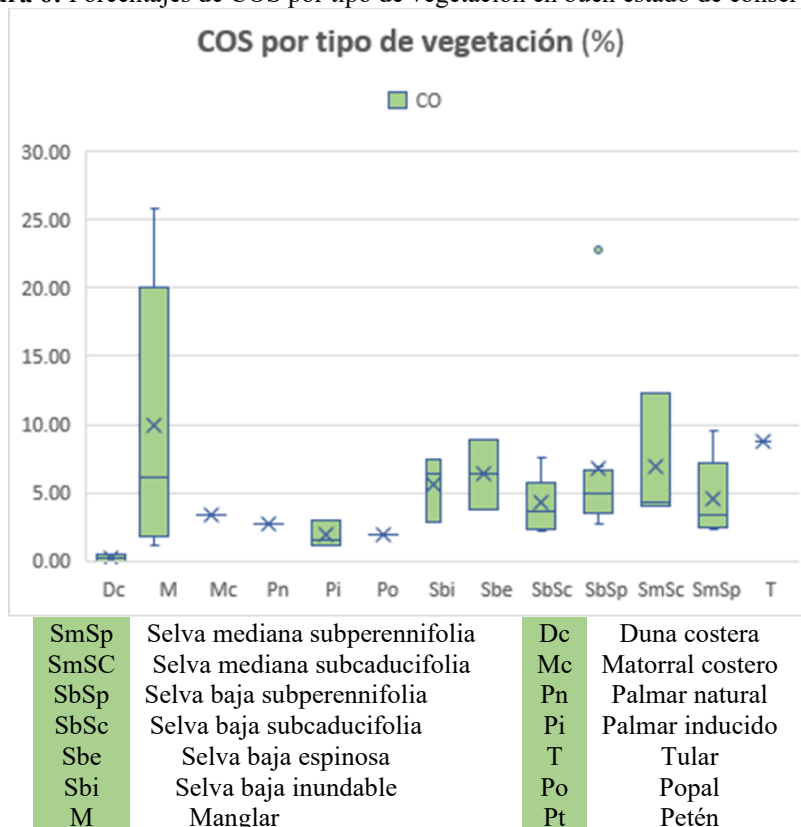
Nitisoles y Fluvisoles

Las unidades de Nitisol y Fluvisol son suelos que presentan altos contenidos de COS en los primeros -30 cm (expresados en Mg C ha^{-1}); cada uno de estos GPS tiene una cobertura vegetal característica, ocupando sólo pequeñas áreas en el Estado, cubriendo ambos solo el 0.92% de la superficie total de este (Fig. 5H).

Influencia de la vegetación

En cuanto al porcentaje de COS relacionado con la vegetación se encontró que los suelos con cobertura de manglar tienen los valores más altos (Cuadro 3), seguidos por las coberturas de tular, selva mediana subcaducifolia, selva baja subperennifolia, selva baja espinosa; los porcentajes más bajos fueron en suelos con coberturas de palmar, popal y duna costera. Esto es, en ocho tipos de vegetación los valores de COS son muy altos, en tres son altos (matorral costero y los dos tipos de palmar), en uno contenido medio (popal) y sólo en la duna costera el porcentaje de COS es bajo (Fig. 6).

Figura 6: Porcentajes de COS por tipo de vegetación en buen estado de conservación



Además, el Manglar fue la asociación vegetal que presenta la mayor variación, ya que se desarrolla en cinco grupos de suelo con diversas profundidades y grados de desarrollo, desde los Histosoles con gruesas capas de MOS, Gleysoles con problemas de drenaje, Solonchaks (suelos con sales), Regosoles (suelos poco desarrollados) y Leptosoles (suelos incipientes, muy delgados).

Las selvas baja subcaducifolia y baja subperennifolia son formaciones vegetales que muestran mayor tolerancia al tipo de suelo, pudiendo encontrarse sobre siete GPS diferentes, seguidas por la selva mediana subperennifolia que se desarrolla sobre seis suelos. Las tres citadas selvas abarcan a los suelos con mayor área en el Estado. A estas tres selvas se las puede denominar formaciones euriedáficas; en cambio, mientras que la vegetación costera (duna, matorral y palmar) se desarrollan sobre Arenosoles, el tular y el popal sólo están presentes sobre Gleysoles; consecuentemente, estas dos últimas formaciones vegetales podrían considerarse como estenoedáficas.

Dentro de los manglares identificados (botoncillo, blanco, rojo y negro), el mangle negro está presente sólo sobre Histosoles y el mangle rojo (asociado con el botoncillo y blanco) sobre los Regosoles; están presentes el mangle botoncillo y el blanco sobre Leptosoles, Gleysoles y Solonchaks.

Finalmente, se encontró que las selvas bajas espinosas e inundables son las que obtuvieron los mayores contenidos de COS (en Mg C ha^{-1}), seguidas por las selvas medianas, selvas bajas y manglar (Fig. 7).

Discusión

Como señaló Batjes (2014) son aún limitados los estudios confiables sobre el contenido de C en cada uno de los reservorios aún debido a que no se han considerado las relaciones entre los suelos, la cobertura vegetal, el clima, el relieve, el material parental y el uso del suelo. Tampoco es posible generalizar los contenidos de C de un ecosistema basándose en el tipo de vegetación sabiendo que debajo de ella pueden existir distintos suelos, con diferentes comportamientos y capacidades para servir como almacén o como emisor de C.

En el caso de los estudios del contenido de COS no hay uniformidad en cuanto profundidad de suelo a considerar, ya que algunos autores utilizan 0-20, otros 0-30 e, incluso, 0-100 cm (más recomendable según Gallardo (2017)); las unidades en las que se reportan los contenidos de COS igualmente son variables (unos usan las concentraciones en porcentajes, mientras que otros expresan contenidos en Mg C ha^{-1} , más fiable (Gallardo, 2017). Se puede añadir que la nomenclatura que utilizan se basa en clasificaciones tradicionales, no siempre coincidentes; estas diferencias entre los estudios no permiten hacer comparaciones de los diversos contenidos de C entre sitios,

dificultado por diferentes escalas utilizadas, lo que impide poder inferir las condiciones de un suelo en su contenido de COS a escala local partiendo de las generalizaciones hechas con fuentes de datos tan heterogéneas.

Avilés et al. (2009) hicieron hincapié en que la variabilidad de valores de COS depende de la vegetación, de la diferencia de velocidad de descomposición de los residuos orgánicos y de la MOS, lo que se relaciona a su vez en las zonas tropicales con las altas temperaturas y precipitaciones que llevan a una alta actividad microbiana. Batjes (2014) reportó un contenido de COS medio de 31 Mg C ha^{-1} a nivel mundial, mientras que Zhang et al. (2016) reportaron 40.9 a $51.0 \text{ Mg C ha}^{-1}$ bajo condiciones de clima cálido en zonas kársticas en China, lo que sólo está ligeramente por debajo de lo reportado en este estudio para similares condiciones kársticas.

Leptosoles

En Quintana Roo el GPS con mayor cobertura de superficie es el Leptosol; eso no implica que su aporte neto al C almacenado en los suelos del Estado sea igualmente el mayor. Debido a su escasa y muy variable profundidad y pedregosidad, así como su relativa baja densidad aparente, el C neto almacenado en este GPS está casi al final del listado de suelos por su aportación global. La variabilidad mencionada para el Leptosol ha sido reportada por diversos autores para diferentes lugares en el mundo como FAO (2002), Batjes (2014), Ramifehiarivo et al. (2016), coincidiendo únicamente en que es el GPS más abundante a nivel mundial. Para el caso de la Península de Yucatán los datos que se reportan son similares a otros autores como Ortiz (2010) y Delgado et al. (2017) tanto en los contenidos como en la variabilidad que presentan. Los resultados obtenidos en este trabajo para Quintana Roo alcanzan un valor medio similar a los reportados a nivel internacional ($61 \pm 41.3 \text{ Mg C ha}^{-1}$), pero con una gran variabilidad para este GPS. Considerando estos elementos y el enfoque morfogénico utilizado se ven como consistentes los resultados que muestran mayor diferencia con los reportados para sitios como Madagascar (Ramifehiarivo et al., 2016) que las diferencias reportadas para otras zonas de la Península de Yucatán (Delgado et al., 2017).

Luvisoles

En caso del Luvisol se observa un comportamiento inverso respecto al Leptosol. Por su porcentaje de COS (2.2 a 2.7%) este GPS se ubica en el lugar 11 de 13, en tanto que por su aportación (en Mg C ha^{-1}) sube a ocupar el séptimo lugar con valores que oscilan entre 53.1 a $72.1 \text{ Mg C ha}^{-1}$. De acuerdo con los datos obtenidos son sólo tres los tipos de vegetación que, en general, se desarrollan sobre estos suelos (SbSc, SbSp y SmSp); sin embargo, en particular para la SmSp la cobertura vegetal es particularmente importante por

la abundancia de especies forestales de gran valor económico como el cedro y la caoba.

Los dos GPS arriba discutidos representan en buena medida las razones que subyacen respecto a la variabilidad observada en los reportes para las selvas tropicales; por ejemplo, a nivel internacional mientras que Chen et al. (2004) reportaron contenidos medios de 6.3 Mg C ha^{-1} en China, Vargas et al. (2008) señalaron que a los -30 cm hay más de $93.0 \text{ Mg C ha}^{-1}$ en Centro y Sudamérica.

Gleysols

Los Gleysols son los suelos que ocupan el 15.47% de la superficie en Quintana Roo, por su características de drenaje sobre él se desarrollan siete tipos diferentes de vegetación destacándose el Tular, la Selva baja inundable y el Manglar que se desarrollan en zonas con periodos de inundación permanente y temporal, por su aporte de CO es el séptimo (media de 4.2%) y sexto en aporte por superficie ($92.5 \text{ Mg C ha}^{-1}$), dentro de la vegetación que se desarrolla sobre este suelo destaca el Manglar por ser una especie protegida, Herrera-Silveira y Teutli-Hernández et al. (2017) reportan contenidos de COS en zonas de manglar de 219 Mg C ha^{-1} para la Península de Yucatán en los primeros 30 cm de suelo, valor que está muy por encima de los $51.9 \text{ Mg C ha}^{-1}$ obtenidos en este trabajo para el Gleysol, no es el manglar la vegetación que más le aporta CO a este suelo, es la selva baja inundable con $195.4 \text{ Mg C ha}^{-1}$, cabe aclarar que no se encontró Mangle negro asociado a este suelo.

Phaeozem y Vertisol

Estos GPS ocupan los lugares tres y seis respectivamente por su área ocupada en el Estado y los lugares tres y cinco en cuanto a su contenido de Mg C ha^{-1} , sobre estos suelos en condiciones naturales crece las selvas medianas y bajas subperennifolias y subcaducifolias, son muy ricos en contenido de C (más de 4.7% de COS), por ello son suelos que son utilizados para agricultura, principalmente en el sur de Quintana Roo.

Cambisol

Estos suelos tienen un comportamiento muy similar a los Luvisols en cuanto a área ocupada, tipos de vegetación, pero contienen mayor contenido de CO y de CO por área, el resto de los GPS (Nt, KZ, HS, RG, AR, SC y FV) representan una cobertura de superficie y una aportación neta al carbono orgánico del Estado mínima (solo el 5.92%)

Influencia de la vegetación en el COS

En el Cuadro 5 se puede observar los valores de COS determinados por diferentes autores para distintos tipos de vegetación y los resultados de este trabajo:

Autores	Valores de COS en México
Segura et al. (2014)	111 Mg C ha ⁻¹ en Selvas húmedas 106 Mg C ha ⁻¹ en Manglares 186.8 MgCha ⁻¹ en Quintana Roo
Ordoñez (2014)	115 Mg C ha ⁻¹ en Selvas perennes 100 Mg C ha ⁻¹ en Selvas deciduas
Álvarez et al. (2014)	76,2 Mg C ha ⁻¹ en Bosques tropicales perennifolios en Chamula, Jal. 207 Mg C ha ⁻¹ en los Tuxtlas, Ver.
Ortíz (2010)	110.5 Mg C ha ⁻¹ en las Selvas húmedas 69.6 Mg C ha ⁻¹ en las Selvas secas
Esta investigación	De 83.2 a 121.7 MgCha ⁻¹ abarcando 13 tipos de vegetación

En el presente trabajo la vegetación con la mayor cantidad de COS se presenta en la selva baja espinosa con 121.7 Mg C ha⁻¹ en sólo tres grupos de suelo; en cambio la selva baja subperennifolia, donde se desarrollan siete grupos de suelo, el suelo contiene 8.,2 Mg C ha⁻¹, ocupando el lugar 8 de los 13 tipos de vegetación analizados.

Si bien estas diferencias en cuanto a contenidos se deben al tipo de árboles y a la rapidez de descomposición de los residuos vegetales, Fragoso et al. (2014 y 2017) señalaron que esa gran variación también está ligada probablemente al relieve negativo producido por la disolución de la roca caliza (clásico de los karts).

Al respecto Chen et al. (2014) indicaron igualmente que existe la citada relación entre suelo y vegetación en las zonas kársticas en China; la distribución de suelos es discontinua y el impacto que tiene la cobertura vegetal sobre ellos es crítica. Los altos contenidos de C en suelos delgados y susceptibles a la erosión que hay en las selvas provienen a veces de la concentración de hojarasca (muestreados conjuntamente), por lo que los contenidos de COS tienden a ser sobreestimados cuando se generaliza con las zonas homogéneas de vegetación y distribución continua de suelos en otras partes del mundo.

Cada suelo tiene una dinámica diferente y son necesarios estudios más integrales y con mayor número de casos y combinaciones considerando el suelo, la necromasa, la vegetación, el clima, la geomorfología y la geología para comprender mejor el flujo de C que hay en ellos.

Vista toda esta variabilidad y las diferentes fuentes de la misma se considera urgente normalizar los métodos y unidades de presentación de resultados, de modo que la información obtenida pueda ser utilizada para estimar la degradación ambiental por deforestación, cambio de uso del suelo,

erosión, *etc.*, así como su funcionalidad como sumidero o emisor de C (útil en las modelizaciones de cambio climático) y para guiar a los tomadores de decisiones a la implementación de políticas de mitigación.

Conclusiones

En este estudio se analizaron los contenidos de COS en 13 suelos presentes en 13 tipos de vegetación; en todos los suelos el porcentaje de COS presentó una gran variabilidad, desde alto a muy alto, siendo los Histosoles y Leptosoles los que presentan los valores más altos (25,9 y 11,2 %).

Los suelos que contienen mayor contenido de COS (en Mg C ha^{-1}) son Histosoles, Nitisoles y Faeozems (233, 155 y 134), considerados muy altos, mientras que los grupos Solonchaks y Arenosoles presentan los valores más bajos (tanto en porcentaje como en contenido).

Los Leptosoles son los suelos que presentan la mayor variación de COS al estar presentes en 7 tipos diferentes de vegetación; son los segundos en cuanto a porcentaje de COS, pero ocupan el lugar 10 por su contenido ($61 \pm 41.3 \text{ Mg C ha}^{-1}$).

Considerando los diferentes GPS y su cobertura relativa en el estado son el Leptosol, Gleysol, Phaeozem, Vertisol, Luvisol y Cambisol representan el 95.92% del total del Carbono es decir 449 164 297.17 Mg de carbono acumulado en los suelos del Estado en tanto que el resto de los suelos solo representan el 4.08% es decir 19 121 119.22 Mg de Carbono.

Totalizando para el Estado 468 285 416.39 Mg de Carbono acumulado en los primeros 30 cm de suelos en Quintana Roo, México.

Las formaciones vegetales con mayor cobertura en los diferentes grupos de suelo fueron la Selva baja subperennifolia, la Selva baja subcaducifolia y la Selva mediana subperennifolia.

Las formaciones vegetales que presenta los contenidos más altos de COS (en Mg C ha^{-1}) es la Selva espinosa, la Selva baja inundable y la Selva mediana subperennifolia, las tres contabilizan valores de COS superiores a 100 Mg C ha^{-1} . La vegetación con los contenidos menores de COS son el Palmar inducido, el Popal y la Duna costera, con menos de 70 Mg C ha^{-1} .

Conflicto de intereses: Los autores no declararon ningún conflicto de intereses.

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

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

Agradecimientos

Agradecemos al laboratorio de Ecología y Ordenamiento Territorial de la Universidad Autónoma del Estado de Quintana Roo (México) por el apoyo al proyecto de investigación “*Evaluación del carbono secuestrado en los suelos de Quintana Roo, México*” origen de este artículo.

References:

1. Arévalo-Madrigal, R.M. (2015). Estimación de Almacenamiento de Carbono Orgánico en el Suelo, entre Rodales, en un Bosque de *Pinus rudis* en la Sierra el Coahuilón, Arteaga, Coahuila (Tesis de licenciatura). Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, México.
2. Armas, D., Guevara, M., Alcaraz-Segura, D., Vargas, R., Soriano-Luna, Á., Durante, P. y Oyonarte, C. (2017). Mapa digital del perfil del carbono orgánico en los suelos de Andalucía, España. *Ecosistemas*, 26(3), 80-88.
3. Arrouays, D., N.P.A. Saby, H. Boukir, C. Jolivet, C. Ratié, M. Schrumpf, L. Merbold, B. Gielen, S. Gogo, N. Delpierre, G. Vincent, K. Klumpp y D. Loustau. (2018). Soil sampling and preparation for monitoring soil carbon. *International Agrophysics/International Advertising Association*. New York. 32(4), 633-643.
4. Avilés-Hernández, V., Velázquez-Martínez, A., Angeles-Pérez, G., Etchevers-Barra, J., los Santos-Posadas, D. y Llanderal, T. (2009). Variación en almacenes de carbono en suelos de una toposecuencia. *Agrociencia*, 43(5), 457-464.
5. Batjes, N.H. (2014). Total carbon and nitrogen in the soils of the world. *European J. Soil Science*, 65(1), 10-21.
6. Bolaños González, Y., Bolaños González, M.A., Paz Pellat, F. y Ponce Pulido, J.I. (2017). Estimación de carbono almacenado en bosques de oyamel y ciprés en Texcoco, Estado de México. *Terra Latinoamericana*, 35(1), 73-86.
7. C.N.A. (Comisión Nacional del Agua). (2023). Servicio Meteorológico Nacional, México. Consultado enero de 2023: <<http://smn.cna.gob.mx>>.
8. Chen, X.B., Zheng, H., Zhang, W., He, X.Y., Li, L., Wu, J.S. y Su, Y.R. (2014). Effects of land cover on soil organic carbon stock in a karst landscape with discontinuous soil distribution. *J. Mountain Science*, 11, 774-781.
9. Conafor-Semarnat (2018). Inventario Nacional Forestal y de Suelos. Comisión Forestal Nacional, Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales, México. 200 pp.

10. Cruz Gaistardo, C.O., Etchevers, J.D. y Gallardo, J.F. (2023a). Mapas del Atlas Nacional de México: “Carbono orgánico del suelo” Consultado en Mayo 2024:
11. <https://www.facebook.com/photo/?fbid=319812517513762&set=a.101615696000113>.
12. Cruz Gaistardo, C.O., Etchevers, J.D. y Gallardo, J.F. (2023b). Mapas del Atlas Nacional de México: “Soil organic matter”. Consultado en Mayo 2024:
13. <<https://www.facebook.com/photo/?fbid=326395920188755&set=a.101615696000113>>.
14. Cruz Gaistardo, C.O., Ramos, Zavala et al. (2023c). Mapas del Atlas Nacional de México: “Diversidad geográfica del suelo”. Consultado en Mayo 2024:
15. <<https://www.facebook.com/photo/?fbid=160919383403077&set=a.101615696000113>>.
16. Cruz Gaistardo, C.O. et al. (2023d). Mapas del Atlas Nacional de México: “Deforestación”. Consultado en Mayo 2024: <<https://www.facebook.com/photo/?fbid=154386350723047&set=a.101615696000113>>.
17. Delgado-Carranza, C., Bautista-Zúñiga, F., Calvo-Irabien, L.M., Aguilar-Duarte, Y.G. y Martínez-Tellez, J.G. (2017). El carbono orgánico en Leptosols con distribución discontinua en la península de Yucatán. Ecosistemas y Recursos Agropecuarios, 4(10), 31-38.
18. Etchevers, J.D., Gallardo Lancho, J.F y Cruz-Gaistardo C.O. (2024). La degradación del suelo y el futuro de la humanidad. Revista MIX-TEC, 4(6): 28-39.
19. FAO (Food and Agricultural Organization of the United Nations). (2002). Captura de carbono en los suelos para un mejor manejo de la tierra. Roma, Italia. 61 pp.
20. Fragoso-Servón, P., Bautista, F., Frausto, O. y Pereira, A. (2014). Caracterización de las depresiones kársticas (forma, tamaño y densidad) a escala 1: 50,000 y sus tipos de inundación en el Estado de Quintana Roo, México. Revista Mexicana de Ciencias Geológicas, 31(1), 127-137.
21. Fragoso-Servón P., F. Bautista, Pereira, A. y Zapata, G. 2017. Digital Soil Map of Quintana Roo. J. Maps, 13, 449-456.
22. Francaviglia, R., Renzi, G., Doro, L., Parras-Alcántara, L., Lozano-García, B., & Ledda, L. (2017). Soil sampling approaches in Mediterranean agro-ecosystems. Influence on soil organic carbon stocks. Catena, 158, 113-120.

23. Gallardo, J.F. (2017). La materia orgánica del suelo. Universidad Autónoma de Chapingo, Texcoco (México). 423 pp.
24. Ghosh, A., Bhattacharyya, R., Dwivedi, B.S., Meena, M.C., Agarwal, B.K., Mahapatra, P. y Agnihorti, R. (2016). Temperature sensitivity of soil organic carbon decomposition as affected by long-term fertilization under a soybean-based cropping system in a sub-tropical Alfisol. *Agriculture, Ecosystems, & Environment*, 233, 202-213.
25. Gutiérrez, M., (2008). Geomorfología. Pearson/Prentice Hall, Madrid. 920 pp.
26. Hernández, J.B. y Pérez, J.T. (2003). Valoración económica del almacenamiento de carbono del bosque tropical del ejido Noh Bec, Quintana Roo, México. *Revista Chapingo. Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*, 9(1), 69-75.
27. Herrera-Silveira, J. A., & Teutli-Hernández, C. (2017). Carbono azul, manglares y política pública. *Elementos para Políticas Públicas*, 1(1), 43-52.
28. Hester, R.E. y Harrison, R. (2010). Carbon Capture Sequestration and Storage, 1ª edn. The Royal Society of Chemistry, Londres (G. B.). 300 pp.
29. Hontoria, C., Rodríguez-Murillo, J.C. y Saa, A. (2004). Contenido de carbono orgánico en el suelo y factores de control en la España Peninsular. *Edafología*, 11(2), 149-157.
30. INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía), 2013. Uso del suelo y vegetación Consultado en junio de 2017: <http://www.inegi.org.mx/geo/contenidos/recnat/usosuelo/Default.aspx.pdf>.
31. IPCC (2003). Definitions and methodological options to inventory emissions from direct human-induced degradation of forest and vegetation of others vegetation types. IGES, IPCC, Hayama, Japón, 32 pp.
32. IUSS Working Group WRB. (2015). Base referencial mundial del recurso suelo, 2014. Actualización 2015. Sistema internacional de clasificación de suelos para la nomenclatura de suelos y la creación de leyendas de mapas de suelos. Informes sobre recursos mundiales de suelos, N° 106. *FAO*, Roma.
33. Lal, R. (2004). Soil carbon sequestration to mitigate climate change. *Geoderma* 123, 1–22.
34. López-Ramos, E. (1975). Geological summary of the Yucatan Peninsula. En: Naim, A.E.M. (ed.), *The Gulf of Mexico and the Caribbean*: Plenum Press, New York. Pp: 257-282.

35. Martínez, E., Fuentes, J.P. y Acevedo, E. (2008). Carbono orgánico y propiedades del suelo. *Revista de la Ciencia del Suelo y Nutrición Vegetal*, 8(1), 68-96.
36. Mi, N.A., Wang, S., Liu, J., Yu, G., Zhang, W. y Jobbagy, E., 2008. Soil inorganic carbon storage pattern in China. *Glob. Change Biol.*, 14, 2380–2387.
37. Montaña, N.M., Ayala, F., Bullock, S.H., Briones, O., García Oliva, F., García Sánchez, R. y Yépez, E. (2016). Almacenes y flujos de carbono en ecosistemas áridos y semiáridos de México: Síntesis y perspectivas. *Terra Latinoamericana*, 34(1), 39-59.
38. Odum, E.P. y G. W. Warrett. (2006). *Fundamentos de Ecología*, 5th ed. Thomson, México. 616 pp.
39. Ordoñez-Crespo, I., García-Rodríguez, M., 2010, Formas kársticas comunes de los cenotes del Estado de Quintana Roo (México): M+A *Revista electrónica de Medio Ambiente*, 9, 15-35.
40. Ordoñez, L.A. (2014) Estudios del Carbono en México. En: Orozco, M.E. y Mireles, P. Carbono en ambientes biofísicos y productivos. Ed. Universidad Autónoma del Estado de México. Pp: 11-25.
41. Ortiz, C. (2010). *Edafología*. Universidad Autónoma de Chapingo. 8ª. Ed. Departamento de Suelos, Texcoco (México).335 pp.
42. Paz, F. y Etchevers, J.D. (2016). Distribución a profundidad del carbono orgánico en los suelos de México. *Terra Latinoamericana*, 34(3), 339-355.
43. Ramifefiarivo, N., Brossard, M., Grinand, C., Andriamananjara, A., Razafimbelo, T., Rasolohery, A. y Razakamanarivo, H. (2017). Mapping soil organic carbon on a national scale: Towards an improved and updated map of Madagascar. *Geoderma Regional*, 9, 29-38.
44. Rodríguez J.R., Álvaro-Fuentes, J., Gonzalo, J., Gil, C., Ramos-Miras, J.J., Corbí, J.G., & Boluda, R. (2016). Assessment of the soil organic carbon stock in Spain. *Geoderma*, 264, 117-125.
45. Semarnat (Secretaría De Medio Ambiente Y Recursos Naturales). (2002). Norma Oficial Mexicana NOM-021-RECNAT-2000, que establece las especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos. Estudios, muestreo y análisis. *DIARIO OFICIAL (Segunda Sección)*. Semarnat, México
46. Segura, M.A., Sánchez, P., Ortiz, C. A. y Gutiérrez, M.C. (2005). Carbono orgánico de los suelos de México. *Terra Latinoamericana*, 23(1), 21-28.
47. Siebe C., Jahn R. y Stahr K.. (1996). Manual para la descripción y evaluación ecológica de suelos en el campo. Publicación especial 4. Sociedad mexicana de la Ciencia del Suelo, A. C. Chapingo, México.

48. Torres-Rojo, J.M.T. y Guevara-Sanginés, A.G. (2002). El potencial de México para la producción de servicios ambientales: captura de carbono y desempeño hidráulico. *Gaceta Ecológica*, (63), 40-59.
49. Vargas, R., Allen, M.F. y Allen, E.B. (2008). Biomass and carbon accumulation in a fire chrono-sequence of a seasonally dry tropical forest. *Global Change Biology*, 14(1), 109-124.
50. Yescas-Coronado, P., Álvarez-Reyna, V.D.P., Segura-Castruita, M.A., García-Carrillo, M., Hernández-Hernández, V. y González-Cervantes, G. (2018). Variabilidad espacial del carbono orgánico e inorgánico del suelo en la Comarca Lagunera, México. *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana*, 70(3), 591-610.
51. Zhang, X., Song, Z., McGrouther, K., Li, J., Li, Z., Ru, N. y Wang, H. (2016). The impact of different forest types on phytolith-occluded carbon accumulation in subtropical forest soils. *J. Soils & Sediments*, 16, 461-466.

Un cas de syndrome de Marfan révélé par des manifestations rhumatologiques

Diallo Mamadou Lamine

Service de rhumatologie,

Centre Hospitalier Universitaire Ignace Deen, Conakry-Guinée

Setondji Yao Sèna Valentin

Service d'ophtalmologie,

Centre Hospitalier Universitaire de Kara, Kara-Togo

Oniankitan Sadat

Service de rhumatologie,

Centre Hospitalier Universitaire de Kara, Kara-Togo

Condé Aboubacar Sidiki

Service de rhumatologie,

Centre Hospitalier Universitaire Ignace Deen, Conakry-Guinée

Ataké Awaki Ezzo

Service de rhumatologie,

Centre Hospitalier Universitaire Sylvanus Olympio de Lomé, Togo

Barry Abdoul Karim

Service d'ophtalmologie, Hôpital national Donka, Conakry, Guinée

Kakpovi Kodjo

Service de rhumatologie, Centre Hospitalier Régional de Kara, Togo

Houzou Prenam

Service de rhumatologie, Centre Hospitalier Universitaire de Kara, Togo

Oniankitan Owonayo

Service de rhumatologie,

Centre Hospitalier Universitaire Sylvanus Olympio de Lomé, Togo

[Doi:10.19044/esj.2025.v21n33p42](https://doi.org/10.19044/esj.2025.v21n33p42)

Submitted: 15 September 2025

Accepted: 17 November 2025

Published: 30 November 2025

Copyright 2025 Author(s)

Under Creative Commons CC-BY 4.0

OPEN ACCESS

Cite As:

Diallo, M. L., Sèna Valentin, S. Y., Sadat, O., Sidiki, C. A., Ezzo, A. A., Karim, B. A., Kodjo, K., Prenam, H., & Owonayo, O. (2025). *Un cas de syndrome de Marfan révélé par des manifestations rhumatologiques*. European Scientific Journal, ESJ, 21 (33), 42.

<https://doi.org/10.19044/esj.2025.v21n33p42>

Résumé

Le syndrome de Marfan est une affection génétique autosomique dominante du tissu conjonctif (fibrillinopathie) rare, due à un défaut de synthèse de la fibrilline de type I. Il est caractérisé par un polymorphisme clinique avec des atteintes ostéo articulaires plus spécifiques (arachnodactylie, pectus carinatum, dolichosténomelie) et moins spécifiques (laxité ligamentaires, cyphose, pieds plats) ; des manifestations ophtalmologiques, cardio-vasculaires, pleuro pulmonaires. Son pronostic vital dépend de l'atteinte cardio-vasculaire. L'atteinte ostéoarticulaire, bien que classique, décrite comme seule circonstance de révélation clinique du SM est rare et source potentielle d'un important retard diagnostique. Nous rapportons ce cas pour alerter la communauté rhumatologique sur cette présentation atypique et souligner la nécessité d'un dépistage cardiologique systématique et urgent pour le pronostic vital.

Mots-clés: Syndrome de Marfan, laxité ligamentaire, Afrique noire, Togo

A Case of Marfan Syndrome Revealed by Rheumatological Manifestations

Diallo Mamadou Lamine

Service de rhumatologie,

Centre Hospitalier Universitaire Ignace Deen, Conakry-Guinée

Setondji Yao Sèna Valentin

Service d'ophtalmologie,

Centre Hospitalier Universitaire de Kara, Kara-Togo

Oniankitan Sadat

Service de rhumatologie,

Centre Hospitalier Universitaire de Kara, Kara-Togo

Condé Aboubacar Sidiki

Service de rhumatologie,

Centre Hospitalier Universitaire Ignace Deen, Conakry-Guinée

Ataké Awaki Eso

Service de rhumatologie,

Centre Hospitalier Universitaire Sylvanus Olympio de Lomé, Togo

Barry Abdoul Karim

Service d'ophtalmologie, Hôpital national Donka, Conakry, Guinée

Kakpovi Kodjo

Service de rhumatologie, Centre Hospitalier Régional de Kara, Togo

Houzou Prenam

Service de rhumatologie, Centre Hospitalier Universitaire de Kara, Togo

Oniankitan Owonayo

Service de rhumatologie,

Centre Hospitalier Universitaire Sylvanus Olympio de Lomé, Togo

Abstract

Marfan syndrome is a rare autosomal dominant genetic disorder of connective tissue (fibrillinopathy), due to a defect in the synthesis of type I fibrillin. It is characterized by a clinical polymorphism with more specific osteoarticular involvement (arachnodactyly, pectus carinatum, dolichostenomelia) and less specific osteoarticular involvement (ligamentary laxity, kyphosis, flat feet); ophthalmological, cardiovascular, and pleuropulmonary manifestations. Its vital prognosis depends on the cardiovascular involvement. Osteoarticular involvement, although classic, described as the only circumstance of clinical revelation of MS, is rare and a potential source of significant diagnostic delay. We report this case to alert the rheumatology community to this atypical presentation and to emphasize the need for systematic and urgent cardiological screening for vital prognosis.

Keywords: Marfan syndrome, ligamentous laxity, black Africa, Togo

Introduction

Le syndrome de Marfan est une maladie génétique autosomique dominante due à une mutation du gène de la fibrilline de type I (Vigneron *et al*, 2019). Le syndrome de Marfan se caractérise par son polymorphisme clinique associant une atteinte cardio-vasculaire dont la dissection aortique détermine le pronostic vital, une atteinte oculaire, une atteinte musculo squelettique, une atteinte odonto-stomatologique (Diallo *et al*, 2020). La première description du syndrome de Marfan remonte à 1896 et a été faite par un médecin français, Antoine-Bernard Marfan qui la décrit comme une maladie héréditaire autosomique dominante du tissu conjonctif qui implique de multiples systèmes et ce n'est qu'en 1991 que Dietz et ses confrères identifient les premières mutations gène FBN1 du chromosome 15 qui code pour une importante protéine de la matrice extra cellulaire (Dietz *et al*. 1991). En 1991, Cistulli et Sullivan (Cistulli *et al*. 1991) ont décrit pour la première fois une série de patients atteints de cette maladie et d'un syndrome d'apnées obstructives du sommeil.

Son diagnostic repose sur les critères de Gant (Ghent) élaborés en 1996, puis révisés en 2010 (Attanasio *et al*, 2013). Sa prise en charge doit être pluridisciplinaire. L'atteinte ostéoarticulaire, bien que classique, décrit comme seule circonstance de révélation clinique du SM est rare et source potentielle d'un important retard diagnostique. Nous rapportons ce cas pour alerter la communauté rhumatologique sur cette présentation atypique et souligner la nécessité d'un dépistage cardiologique systématique et urgent pour le pronostic vital.

Observation

Il s'est agi d'une patiente âgée de 51 ans, revendeuse, sans antécédents pathologiques connus, présentant une gonalgie bilatérale mécanique associé à des dérobements avec notion de chute évoluant en dent de scie depuis 10 ans. Elle a été admise pour l'exacerbation progressive de cette gonalgie bilatérale mécanique invalidante évoluant depuis 2 mois associée à une baisse de l'acuité visuelle. Dans les antécédents, on pouvait noter la grande taille et l'hyperlaxité ligamentaire chez certains-membre de la famille, notamment chez les parents de premiers degrés et chez certains de certains frères et sœurs, mais une enquête génétique n'avait été faite. L'examen physique a noté : un bon état général, une taille mesurée à 1 m 97 cm, une exagération de la cyphose thoracique, une arthropathie des 2 genoux, une hyperlaxité articulaire intéressant les genoux, les coudes et les pouces avec un score de Beighton coté

à 5/9, une arachnodactylie et une dolichosténomélie (figure 1 : Arachnodactylie : A ; Dolichosténomélie : B),



Figure 1 : Arachnodactylie (A) et dolichosténomélie avec des pies en varus équin (B)

L'examen ophtalmologique retrouvait une baisse de l'acuité visuelle, un segment antérieur normal, une cataracte sous capsulaire postérieure et une ectopie cristallinienne avec une sub-luxation (figure 23) du cristallin en haut et en dehors.



Figure 2 : Ectopie cristallinienne associée à une cataracte (flèche bleue)

L'examen cardiovasculaire avait retrouvé des bruits du cœur normaux et réguliers à 75 battements/min. Par Ailleurs en dehors d'un palais ogival, d'un micrognathisme et d'un chevauchement dentaire retrouvés (figure 3), le reste de l'examen systémique était normal.

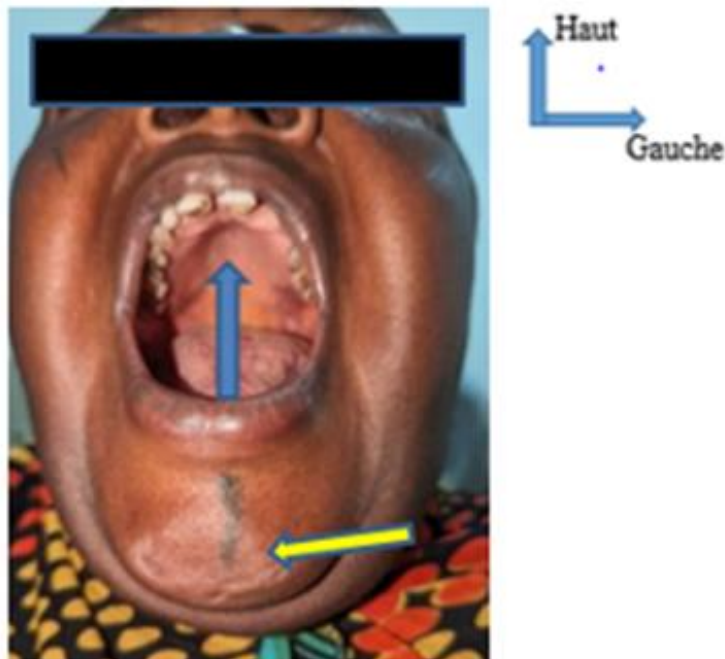


Figure 3: Palais ogival (flèche bleue), micrognathisme (flèche jaune)

La radiographie des genoux avait objectivé une gonarthrose tri compartimentale bilatérale stade III de Kellgren et Lawrence. Les examens biologiques étaient normaux.

La prise en charge rhumatologique a consisté à un traitement symptomatique fait d'antalgiques usuels ; chlorhydrate de tramadol comprimé, d'une infiltration articulaire des genoux au diprostène, de la mise en place des genouillères avec renforcement ligamentaire.

Au plan ophtalmologique, un traitement symptomatique fait de lames artificielles avait été également instauré.

Discussion

Les manifestations ostéoarticulaires dominées par la laxité ligamentaire, la gonalgie bilatérale, la grande taille de la patiente, la dolichosténomélie et arachnodactylie sont entre autres les symptômes ayant conduit à la découverte tardive (51 ans) de ce cas clinique. Ainsi, en Afrique subsaharienne, le diagnostic tardif de ces affections jugées rares serait dû à leurs méconnaissance par le personnel médical exerçant en périphérie, aux difficultés d'accès à l'hôpital (hôpital de 1^{er} ou 2^{ème} niveau selon la pyramide sanitaire) et/ou à la précarité des patients. Ceci en lumière les défis diagnostiques, ce qui est un point d'intérêt majeur pour la santé publique

locale. Notre patiente habitait à 85 km du centre hospitalier régional le plus proche.

Décrit comme une maladie rare avec une prévalence de 1 cas sur 10000 habitants, le syndrome de Marfan est la plus fréquente des affections héréditaires du tissu conjonctif (fibrillinopathie) après l'ostéogenèse imparfaite (Milemicz *et al.* 2021).

Le syndrome de Loeys-Dietz est une maladie génétique rare qui affecte le tissu conjonctif et plusieurs phénotypes qui correspondent aux manifestations cliniques ont été décrits, notre cas clinique correspond au syndrome de Loeys-Dietz de type 5 (mutations dans TGFB3). Ce sous type est caractérisé par la prédominance des manifestations ostéoarticulaires et est considéré par la forme sévère, du fait du faible risque de rupture d'anévrisme (Loeys-Dietz *et al.*).

Le diagnostic de syndrome de Marfan repose sur un ensemble de critères (majeurs et mineurs pour chaque système atteint). Le diagnostic est facilement posé soit en présence d'un antécédent familial avec atteinte d'au moins 2 systèmes et d'au moins un critère majeur soit en l'absence d'histoire familiale lorsque 3 systèmes sont atteints avec au moins 2 critères majeurs (Attanasio *et al.*, 2013). Au regard de ces critères, le diagnostic de syndrome de Marfan a été retenu devant l'atteinte du système musculo squelettique dont les signes majeurs étaient le signe de poignet ou le signe de pouce, la dolichosténomélie, les pieds plats et les signes mineurs étaient l'hyperlaxité ligamentaire, le palis ogival et le chevauchement dentaire. Les signes oculaires étaient représentés par le signe majeur l'ectopie cristallinienne.

L'atteinte musculosquelettique est au premier plan de l'expression clinique du syndrome. Ces manifestations rhumatologiques sont nombreuses et sont plus ou moins associées pour les plus significatives à des signes ophtalmiques, cardio-vasculaires et oro faciaux (Vigneron *et al.*, 2019). En pratique rhumatologique, le syndrome de Marfan se découvre lors d'un suivi chez un patient connu et suivi pour un syndrome de Marfan ou en présence de signes musculo squelettiques évocateurs (morphotype évocateur). Chez notre patiente, les manifestations rhumatologiques les plus spécifiques observées étaient d'une part l'arachnodactylie ou doigts dits en toile d'araignée qui est mise en évidence par deux signes (le signe de poignet et le signe de pouce) et d'autre part la dolichosténomélie (excès de croissance squelettique des membres). Dans une étude de série, Baki *et al.* avaient trouvé une taille 196 cm dans son étude (Baki *et al.*, 2016). Notre patiente mesurait 197cm. D'autres signes spécifiques étaient retrouvés chez notre patiente. Ces signes étaient entre autres l'exagération de la cyphose dorsale, la gonalgie et l'hyperlaxité ligamentaire devenue invalidante. Chez notre patiente, un score de Beighton de 5/9 avait été retrouvé. Pour certains auteurs, un score de

Beighton supérieur ou égal à 4/9 permet de définir l'hyperlaxité articulaire (Malek *et al*, 2021).

La gravité de l'atteinte cristallinienne se traduisant par un déplacement du cristallin (ectopie cristallinienne) conditionne le pronostic fonctionnel visuel du syndrome de Marfan. L'ectopie cristallinienne peut aller d'une rupture partielle du cristallin par endroit (sub luxation cristallinienne) à une rupture totale (luxation cristallinienne). Elle se retrouve chez 50 à 80% des patients et constitue un critère majeur (Chahib *et al*, 2017). Chez notre patient, il s'agissait d'une rupture partielle du cristallin avec pour conséquence une baisse de l'acuité visuelle. Il existait également une cataracte associée.

L'absence d'atteinte cardio-vasculaire chez notre patiente pourrait expliquer son diagnostic tardif car le pronostic vital du syndrome de Marfan dépend de l'atteinte cardio-vasculaire qui est représentée par la dissection aortique et la dilatation aortique.

Pour certains auteurs, les manifestations oro faciales sont nombreuses, associées à l'atteinte des systèmes (musculo squelettiques, oculaires et cardio-vasculaires). Les plus caractéristiques sont l'énophtalmie, la dolichocéphalie, le palais ogival, l'encombrement dentaire, le dysfonctionnement de l'articulation temporo-mandibulaire, la rétrognathie mandibulaire et l'endognathie) (Docimo *et al.*, 2013). Chez notre patiente, un palais ogival, un micrognathisme et un chevauchement dentaire ont été retrouvés.

Conclusion

Ce cas clinique rappelle avec force que les manifestations ostéoarticulaires atypiques (gonarthrose précoce sur hyperlaxité) peuvent être la seule circonstance de découverte du Syndrome de Marfan. Ces manifestations sont plus ou moins associées à des manifestations ophtalmologiques, odontostomatologiques, cardiovasculaires. Pour tout patient présentant de tels signes, une suspicion clinique élevée et une exploration cardiologique systématique sont impératives afin de prévenir une mortalité évitable.

Déclaration pour les participants humains : Cette étude a été approuvée le comité d'éthique et de recherche en santé (CNER) par le décret N°D/218/PRG/SGG du 04/02/2022 ; et les principes de la déclaration d'HELSINKI ont été respectés. La patiente a donné son consentement oral pour participer à l'étude.

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. Attanasio M, Pratelli E, Porciani MC et Al. The revised Ghent nosology for the Marfan syndrom. J Med genet 2013 ; 47 (7) : 476-85
2. Baki S, El Mghari G, El Ansari N. Le gigantisme secondaire à un probable syndrome de Marfan: à propos d'un cas. Annales d'Endocrinologie. 2016 ; 77 (4) : 484,
3. Chahib H, El Ouachkradi A, Chariba S, Sekhsoukh R. Luxation antérieure du cristalin au cours du syndrome du marfant. Revue.imist.ma 2017; 26 : 35-36,
4. Ciustilla PA, Sullivan CE, Sleep disorders in Marfan's syndrome. Lancet. 1991 ;337 : 1359-60
5. Diallo W, Tougouma SJB, Ouédraogo KA, A Nacro A, Dolo M, Ouattara B et al. Le syndrome de Marfan chez l'enfant : observation de 5 cas au centre hospitalier universitaire sourôsanou de Bobo Dioulasso. Revue SOAO. 2020 ; 9-15
6. Dietz HC, Cutting GR, Pyeritz RE, et al. Marfan syndrome caused by a recurrent de novo missense mutation in the fibrillin gene. Nature 1991;352:337-9
7. Docimo R, Maturo P, D'Auria F, Grego S, Costacurta M, Preugia C et al. Association between oro- facial defects and systemic alterations in children affected by Marfan syndrome. J Clin Diagn Res 2013;7 : 700-7
8. Loeys BL, Dietz HC. Loeys-Dietz Syndrome. 2008 Feb 28 [Updated 2018 Mar 1]. In: Adam
9. Malek S, Reinhold EJ, Pearce GS. The Beighton Score as a measure of generalised joint hypermobility. Rheumatology International. 2021 ; 1-10
10. Milewicz DM, Braverman AC, De Braker J, Morris SA, Boileau C et al. Syndrome de Marfan. Nature reviews Disease Primers. 2021 ; 7 (1) : 64-67
11. Vigneron A-M, Lioté F. Le syndrome de Marfan. Revue du rhumatisme monographies. 2019 ; 86 : 113–119

Post-Burn Popliteal Fossa Flexion Contracture: Our Experience with a Case in N'Djamena (Chad)

Daniel Mossalbaye Adendjingue

Orthopedic surgeon: CHU La Référence National, N'Djamena, Tchad
CHU Bon Samaritain : N'Djamena, Tchad

Valentin Andjeffa

Orthopedic surgeon : CHU La Référence National, N'Djamena, Tchad

Madengar Moussede

General surgeon: CHU Bon Samaritain: N'Djamena, Tchad

Abdouramane Ouangre

Orthopedic surgeon: Université Lédéa Bernard OUEDRAOGO
Service d'orthopédie-traumatologie et chirurgie réparatrice du CHUR de
Ouahigouya, Burkina Faso

Magloire Dingamnodje

Orthopedic surgeon: Centre Hospitalier Universitaire la Renaissance,
N'Djamena, Tchad

Emery Nodjiath N.

Orthopedic surgeon: Hôpital Militaire d'Instruction, N'Djamena, Tchad

[Doi:10.19044/esj.2025.v21n33p51](https://doi.org/10.19044/esj.2025.v21n33p51)

Submitted: 09 August 2025

Accepted: 15 November 2025

Published: 30 November 2025

Copyright 2025 Author(s)

Under Creative Commons CC-BY 4.0

OPEN ACCESS

Cite As:

Adendjingue, D.M., Andjeffa, V., Moussede, M., Ouangre, A., Dingamnodje, M. & Nodjiath, N.E. (2025). *Post-Burn Popliteal Fossa Flexion Contracture: Our Experience with a Case in N'Djamena (Chad)*. European Scientific Journal, ESJ, 21 (33), 51.

<https://doi.org/10.19044/esj.2025.v21n33p51>

Abstract

Introduction: The functional sequels of burns, including knee contracture, are common in children in southern countries due to very limited access to specialized care structures. The treatment is surgical, accompanied by physiotherapy to improve the functional result. **Case report:** We report the case of an 11-year-old female patient, admitted to the surgery department after three years. She suffered from sequelae of thermal flame burn of the trunk and lower limbs. She was treated in a rural hospital, and the evolution was complicated by a contracture of the left popliteal fossa and incomplete healing

of the wound. The treatment of the wound was done for thirty days, allowing for an optimal local condition. This was until the suppuration completely stopped (after thirty days). Complete healing was not achieved, but the wound was clean, and the C-Reactive Protein was normal. Surgery to release the flange was possible after two months. A plasty to release the flange was carried out eight weeks later by a “chevron” lengthening tenotomy of the hamstring muscles and transversal fascial incisions (to discharge the gastrocnemius muscles). **Conclusion:** Domestic thermal burns are common among children. The articular localization causes more functional consequences. They require early consultation at a specialized center to minimize the consequences.

Keywords: Burn, popliteal fossa, contracture, surgery, Chad

Introduction

Burns cause numerous functional sequels, particularly at the joint and especially when they are poorly treated. Many improvements in their treatment have been made without, however, reducing their consequences in underdeveloped countries (Sankalé, 2010). These sequels are most often found in children (Barani, 2021; Richard-Kadio, 2000; Sankale-Diouf, 1999) with a significant proportion of retractile flange. In our resource-constrained contexts, initial burns or their sequels are often treated by unqualified personnel. Initial treatment in a specialized center would help avoid many of these complications, the treatment of which is complex and the follow-up more demanding.

We report the case of a young patient admitted to the surgery department of the CHU Le “Bon Samaritain” of N’Djamena for a popliteal fossa contracture.

Clinical case

An eleven-year-old patient, pupil, living with her parents, was admitted for the sequels of a thermal flame burn to the left lower limb. The circumstances were a domestic accident that occurred three years earlier. The affected areas were the two lower limbs and the lower part of the trunk (on the left). She would have been initially treated in a rural hospital. The left lower limb evolved toward a popliteal fossa contracture and incomplete healing.

On admission, we noted good general condition and absolute functional impotence. She also presented dyschromic macules ranging from the distal third of the trunk to the distal third of the leg. We found a roughly triangular suppurative wound on three-quarters of the circumference of the left knee (except medially) (**Fig.1&2**). This was approximately three centimeters above the popliteal fossa contracture. Knee stiffness was at approximately 110

degrees of flexion. Ankle mobility, Reactive Protein (CRP), which was possible, distal sensitivity and motor skills were preserved. Radiograph of the left knee did not reveal osteoarticular damage. The biological assessment was normal except that the C- was elevated (21 mg/L).



Figure 1: Condition of wound dressing and lateral knee x-ray on patient admission (surgery department of the University Hospital “Bon Samaritain”)

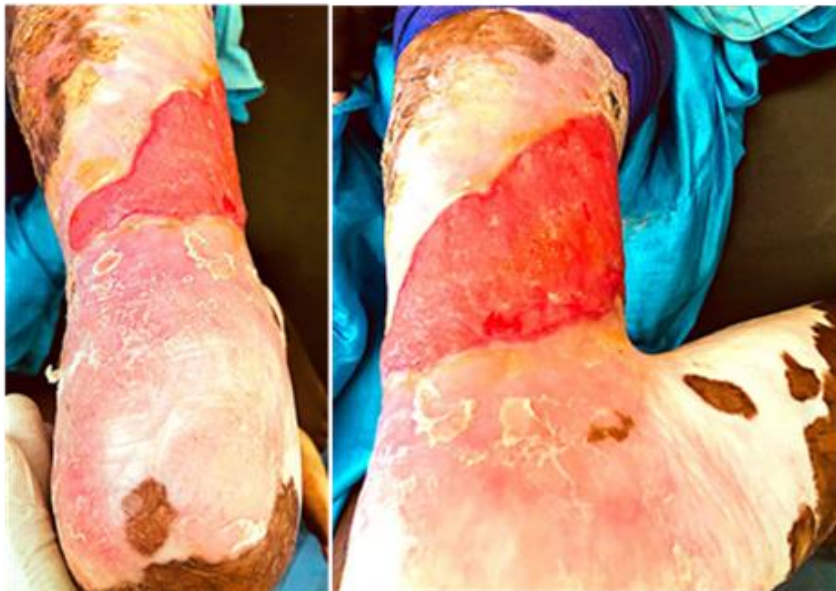


Figure 2: Condition of the wound after four weeks of local care. There is the presence of some fibrin deposits on the wound (surgery department of the University Hospital “Bon Samaritain”)

Prior daily local treatment during ten days was done before continuing every three days. This was until the suppuration was completely stopped (after thirty days). Complete healing was not achieved, but the wound was clean and the CRP was normal (**Fig.3**). Surgery to release the flange was possible after two months.



Figure 3: Patient installation and wound condition which is clean on the day of surgery (surgery department of the University Hospital “Bon Samaritain”)

Installation was in a supine position (general anesthesia), the left hip could be mobilized in all ranges (the tourniquet was not used) (**Fig.3**). We made two posterior transverse incisions: one, approximately three centimeters below the band and the other, above the distal limit of the wound described above. Release was achieved by progressive dissection and hemostasis. Another vertical incision centered on the retractile flange was subsequently necessary to dissect and secure the vascular-nervous elements. A manual knee liberation with release of the gastrocnemius helped to obtain an extension of - 15 degrees (incomplete). This incomplete extension is relative to a brake induced by the hamstring muscles, but also a slight tension in the gastrocnemius. A “chevron” lengthening tenotomy of the hamstring muscles, as well as aponeurotic incisions to release the gastrocnemius muscles, was

made. They help to obtain a complete extension (**Fig.4A&B**). The tendon continuity was restored using overlock stitches (with Vicryl 1). We then carried out an abundant washing with physiological serum followed by a few stitches to protect the vascular-nervous structures. The vertical incision was closed. A fatty dressing was made and a posterior cruropedious plaster in full extension was placed to immobilize the knee (**Fig.4C**).



Figure 4: Intraoperative images showing complete extension of the knee obtained after release (A&B) followed by immobilization with an extension cast splint (C) (surgery department of the University Hospital “Bon Samaritain”)

The evolution was done by partial skin necrosis after three weeks, motivating necrosectomy. Removal of the plaster was possible after six weeks with immediate physiotherapy. Total skin graft was performed eight weeks postoperatively. The total skin was taken from the inguinal region bilaterally and placed preferentially at the popliteal fossa site. The sampling site of the thin skin was the opposite thigh to cover the remaining part. Approximately 90% of the graft was taken and complete healing was achieved after six weeks. The evaluation at 18 months post-operative noted: moderate pain when walking long distances or standing for a long time, walking with a slight steppage, normal active flexion-extension of the knee (**Fig.5A&B&C**).



Figure 5: Images at 18 months post-operative: close-up view of the popliteal fossa (A); anterior and posterior view of pelvic limbs (B&C)

Discussion

Burns, particularly those of thermal origin by flame, are common in developing countries. Children represent the first victims by their proximity to mothers (who are most often in the kitchen) and the inattention of parents (Albertyn, 2006; Kibadi, 2015; Lordier, 1984). The circumstances are often a domestic accident, including gas cylinder explosions or flames which, through inattention, touch the clothes before spreading (as in this case) (Adendjingué, 2023; Boukind, 1994; Damien 2024; Hachicha, 2024). For this case, the initial treatment concerned the wounds alone without thinking about the possible functional handicap. Early mobilization of joints, excision-skin grafting and the wearing of compressive garments⁸ are not often known by many practitioners. In our case, the patient's parents were in financial difficulty and were unable to request treatment in a better-equipped center in the capital. Our countries do not always have a specialized center dedicated to burns, immediately compromising initial care and secondarily promoting the occurrence of sequels. The analgesic position of the flexed knee promotes the occurrence of contracture. Several techniques are described, including Z or trident plasty, transverse incisions in the retraction, or even the rail technique (Abdellaoui, 2022)

Our technique is similar to that of Achbouk (2011), who also made two transverse incisions on either side of the flange, followed by manual release. This technique seems easier and more accessible but for this patient, the loss of skin substance imposed the limit of the proximal and middle incisions of the flange for better exposure. This last gesture could explain the partial skin

necrosis that occurred in this area. Some authors (Sankalé, 2010) realize a one-stage surgery with skin grafting, unlike us. The challenge is the extension of the knee. Like many authors (Adendjinguè, 2023; Sankalé, 2010; Waymack, 1988) immobilization in extension in our case associated with gentle mobilization of the knee help to obtain full extension and to guarantee the avoidance of a residual flexum or unwanted adhesions.

Conclusion

Thermal burns can cause functional after-effects, especially if they affect joints. Their high frequency in children raises parental awareness. Early consultation in a specialized center would minimize the consequences. The treatment of initial lesions must be well codified and early in order to avoid these after-effects. The promotion of specialized treatment centers is more than necessary.

Conflicts of interest: The authors reported no conflicts 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.

Declaration for Human Participants: This study followed the Ministry of Higher Education and Scientific Research in Chad and its Guideline for Research Ethics Involving Human Subjects in Chad. It complied with the ethical principles of Helsinki for medical research involving human subjects. The research was approved by the medical direction of CHU Le “Bon Samaritain” of N’Djamena. We obtained informed consent from the patient, her parents and authorization from the competent institutional body.

References:

1. Abdellaoui H, Tazi M, Benmassoud Z, Balde FB, Atarraf K, Afifi A. Séquelles Grave De Brûlure Des Deux Pieds : Un Cas Pédiatrique De Déformation Extrême Des Orteils. *Ann Burns Fire Disasters*. 2022 ;35(1):74-78.
2. Achbouk A, Khales A, Bourra K, Tourabi K, Ababou K, Ihrari H. La plastie en rail dans le traitement des brides rétractiles du creux poplite. *Ann Burns Fire Disasters*.2011 ;24(1) :39.
3. Adendjinguè DM, Andjeffa V, Siniki F, Mouassede M, Nadji G, Toure A. Quelle prise en charge des séquelles de brûlures de membres dans un contexte particulier ? *Ann Burns Fire Disasters*. 2023; 36(4):333-6.
4. Albertyn R, Bickler SW, Rode H. Paediatric burn injuries in Sub Saharan Africa-an overview. *Burns*. 2006 ;32(5) :605-12.

5. Boukind EA, Chafiki N, Bahecar N, Alibou F, Terrab S, Boumzebra Cl., Zerouali OX. Les brûlés : profil épidémiologique et éléments de prévention à propos de 1499 patients hospitalisés à l'unité des brûlés à Casablanca. *Ann Burns Fire Disasters*.1994 ;7: 57-63.
6. Barani C, Brosset S, Personne H , Guillot M , Braye F , Voulliaume D. Comment traiter les séquelles de brûlures palmaires chez l'enfant, à propos de 49 cas. *Ann Chir Plast Esthet*. 2021 ; 66(4):291-7.
7. Goel A, Shrivastava P. Post-burn scars and scar contractures. *Indian J Plast Surg*. 2010;43(Suppl): S63-71.
8. Hachicha S, Mokline A, Ghedira S, Rahmouni M, Fraj H, Ben Saad M, Messadi AA. Brûlures Chez Le Diabétique: Étude Épidémiologique, Clinique et Pronostique [Burns and Diabetes Mellitus: Epidemiology, Clinical Presentation and Prognosis]. *Ann Burns Fire Disasters*. 2024 ;37(1):23-7.
9. Kibadi K, Moutet F. Traitement des séquelles de brûlures de la main dans les pays à ressources limitées ; notre expérience en république démocratique du Congo. *Ann Burns Fire Disasters*. 2015 ;28(1) :32.
10. Lordier A : Epidémiologie des accidents chez l'enfant. *Revue du praticien*. 1984 ;34: 1545-55.
11. Malbos D. Brûlures : étiologies et gravité. *Actualités Pharmaceutiques*. 2024 ; 63(641) : 29-31.
12. Richard-Kadio M, Yeo S, Kossoko H, et al. Séquelles de brûlures. Aspects cliniques et problèmes thérapeutiques en Côte d'Ivoire. *Brûlures*.2000 ; 1(1) :30-6.
13. Sankalé AA, Nyemb PMM, Coulibaly NF, Ndiaye A, Ndoye M. Les cicatrices rétractiles post-brûlures du membre inférieur chez l'enfant. *Annals of Burns and Fire Disasters*.2010 ;23(2) :75.
14. Sankale-Diouf AA, Wandaogo A,Tekou H, Fall I, Ndoye M. Les cicatrices rétractiles de la main brûlée chez l'enfant : Une revue de 79 cas. In *Annales de chirurgie de la main et du membre supérieur*. Elsevier Masson.1999 :18(1) :21-7.
15. Waymack JP, Fidler J, Warden GD. Surgical correction of burn scar contractures of the foot in children. *Burns*. 1988 ; 14(2) :156-60.

Challenges in Managing an Ischemic Stroke in a Child with Homozygous SS Sick Cell Disease Associated with Cerebral Palsy: A Case Report

Muriel Amon Tanoh
Rosette Boundjike
Nancy Tanya De-Souza
Cedric Valery Kadjo
Mody Kone
Constance Yapo-Ehounoud
Ismaila Diakite
Christian Tanoh
Evelyne Aka Diarra
Berthe Assi

Félix Houphouët Boigny University, Abidjan, Côte d'Ivoire

[Doi:10.19044/esj.2025.v21n33p59](https://doi.org/10.19044/esj.2025.v21n33p59)

Submitted: 01 November 2024

Accepted: 20 October 2025

Published: 30 November 2025

Copyright 2025 Author(s)

Under Creative Commons CC-BY 4.0

OPEN ACCESS

Cite As:

Amon Tanoh, M., Boundjike, R., De-Souza, N. T., Kadjo, C. V., Kone, M., Yapo-Ehounoud, C., Diakite, I., Tanoh, C., Aka Diarra, E., & Assi, B. (2025). *Challenges in Managing an Ischemic Stroke in a Child with Homozygous SS Sick Cell Disease Associated with Cerebral Palsy: A Case Report*. European Scientific Journal, ESJ, 21 (33), 59.

<https://doi.org/10.19044/esj.2025.v21n33p59>

Abstract

Introduction: Ischemic stroke is one of the most frequent complications of sickle cell disease (SCD) and may be associated with cognitive impairment. These two neurological manifestations can coexist in the same patient. **Objective:** To report a case of ischemic stroke and cognitive delay in a child with homozygous SS sickle cell disease. **Case Report:** We describe a 5-year and 8-month-old boy with homozygous SS sickle cell disease and epilepsy, non-compliant with his antiepileptic treatment, admitted for seizures that had progressively worsened over two months. A diagnosis of complicated major sickle cell syndrome was made. **Discussion:** The management of neurovascular, epileptic, and cognitive complications in this patient with cerebral palsy and sickle cell disease required evaluating the risk

of severe anemia and stratifying the likelihood of stroke recurrence.
Conclusion: Managing major sickle cell syndrome associated with neurovascular, epileptic, and cognitive complications in a child with cerebral palsy requires adherence to current evidence-based recommendations.

Keywords: Stroke, Sickle cell anemia, Exchange transfusion, Transcranial Doppler, Côte d'Ivoire

Introduction

Sickle cell disease (SCD) is an autosomal recessive hemoglobinopathy caused by a point mutation at the sixth codon of the β -globin gene. It is common among individuals of African and Caribbean descent but also occurs in Mediterranean, Middle Eastern, and Indian populations. Children with SCD have a high risk of cerebrovascular complications, including ischemic and hemorrhagic strokes, with a prevalence of approximately 14% before the age of 20. Cerebral ischemia in SCD results from “vaso-occlusion” due to deformation and rigidity of sickled red blood cells under hypoxic conditions. These abnormal cells obstruct small cerebral vessels, impair oxygen delivery, and may lead to cerebral infarctions and cognitive impairment. We report a case of ischemic stroke in a child with known sickle cell disease.

Review of the Literature

Epidemiology and Burden

Globally, SCD affects an estimated 300,000 newborns annually, with more than 75% born in sub-Saharan Africa (Makani et al., 2020; Tshilolo et al., 2019). Limited access to early diagnosis and comprehensive care contributes to high rates of complications and premature mortality among affected children. Ischemic stroke is among the most severe complications of SCD. In children with homozygous sickle cell anemia, the annual incidence is approximately 0.61–1.0% between ages 2 and 9 years, and the cumulative risk can reach 11% by age 20 (Ohene-Frempong et al., 1998; Dowling & Kirkham, 2021). Silent cerebral infarcts, often detected only by MRI, occur in up to 40% of pediatric patients and are associated with cognitive impairment and poor academic performance (Prussien et al., 2019; Ware et al., 2022).

Pathophysiology

The pathophysiology of stroke in SCD is primarily due to progressive intracranial vasculopathy. Repeated episodes of sickling lead to endothelial damage, inflammation, and intimal hyperplasia, resulting in stenosis and occlusion of large cerebral arteries, especially the internal carotid and middle cerebral arteries (Bernaudin et al., 2020). This process leads to hemodynamic insufficiency and infarction, particularly in watershed regions of the brain.

Prevention and Management

The introduction of **transcranial Doppler (TCD)** ultrasound has revolutionized stroke prevention in SCD. It allows the identification of children at high risk for stroke based on increased cerebral blood flow velocities. The **STOP trial** demonstrated that chronic transfusion therapy could reduce the risk of first stroke by over 90% in high-risk children (Adams et al., 1998). In addition, **hydroxyurea therapy** has proven effective in reducing the incidence of vaso-occlusive crises and may offer partial protection against stroke when transfusion is not feasible (Ware et al., 2016; Bernaudin et al., 2020). However, in many African countries, TCD screening programs, blood transfusion services, and access to hydroxyurea remain limited, resulting in delayed diagnosis and suboptimal management (Ndeezi et al., 2016; Diallo & Guindo, 2021; Komba et al., 2023).

SCD and Cerebral Palsy: A Diagnostic Challenge

Cerebral palsy (CP) encompasses a group of permanent disorders of movement and posture caused by early non-progressive brain injury. Its coexistence with SCD is rare but clinically challenging. Baseline neurological deficits in CP can mask the onset of new strokes, delaying recognition and treatment. Only a few case reports describe the overlap between CP and SCD, and data remain scarce, particularly in African contexts (Hogan et al., 2018; Byiringiro et al., 2022).

Case Report

A 5-year and 8-month-old right-handed boy, not attending school, was diagnosed with homozygous SS sickle cell disease at 6 months of age but had no regular follow-up. In November 2022, he presented with an infarction in the right superficial sylvian artery territory, resulting in left-sided motor sequelae. He also had right structural focal epilepsy since age 4 years and 10 months, treated with carbamazepine 150 mg every 12 hours, with poor compliance.

He was admitted for recurrent left-sided tonic seizures with secondary generalization. There were no preceding signs of vaso-occlusive crisis. The neurological examination, performed one week after symptom onset, revealed a conscious, reactive, hemodynamically stable child with predominantly left-sided flaccid-spastic tetraparesis, focal seizures secondarily generalized during the assessment, impaired gait and posture, and delayed language development.

Brain CT showed a right-sided post-ischemic infarction with diffuse cortical atrophy. EEG revealed right hemispheric dysfunction without paroxysmal abnormalities.

Laboratory tests revealed microcytic hypochromic anemia (Hb 5.7 g/dL), leukocytosis (16,000/mm³), and CRP at 12 mg/L; other results were unremarkable.

The patient received two simple red blood cell transfusions followed by three sessions of exchange transfusion, spaced 48–72 hours apart, performed in day hospital with support from a charitable organization due to financial constraints. Each session cost approximately 300,000 CFA francs (≈457 euros), usually scheduled every four months. Adjunctive therapy included hydroxyurea (500 mg, three times per week), folic acid (10 mg, twice daily), carbamazepine (150 mg, twice daily), diazepam (5 mg rectally), baclofen (0.3 mg/kg/day), and niflumic acid (400 mg daily). Clinical outcomes were favorable, with disappearance of seizures, reduced spasticity and pain, and improved mobility without decubitus complications. Follow-up transcranial Doppler ultrasound performed 21 days after treatment showed normal flow velocities (<170 cm/s) and HbS <30%.

Discussion

This case illustrates the complexity of managing children with sickle cell disease complicated by stroke, cerebral palsy, and epilepsy. Such clinical presentations are increasingly common in sub-Saharan Africa and underscore the challenges related to early detection, preventive treatment, and rehabilitation capacity. Sickle cell disease remains the most prevalent genetic disorder in sub-Saharan Africa and a leading cause of pediatric stroke. The prevalence of stroke in children with SCD ranges from 5–11% before the age of 20, with even higher cumulative risks in resource-limited settings (Tshilolo et al., 2019). Sequelae often include cerebral palsy-like motor disability and epilepsy, which worsen functional and social outcomes. The neurological findings in our patient were consistent with secondary generalized focal epilepsy and bilateral spastic pyramidal syndrome. According to Kirkham et al. (2021), clinical features of stroke in SCD patients resemble those in non-sickle cell patients, sometimes presenting initially with seizures, as in this case. Early screening using transcranial Doppler (TCD) ultrasound is the most validated strategy to identify children at high risk of stroke. Stroke risk is defined by mean velocities in the arteries of the circle of Willis: values ≥ 200 cm/s indicate a high risk (>20% within 12 months and >50% within 30 months) (Mazumdar et al., 2007; Kirkham et al., 2021). In our patient, post-transfusion and hydroxyurea velocities were <170 cm/s. If exchange transfusion is delayed, a simple transfusion should be administered promptly to raise hemoglobin levels to about 10 g/dL. Both treatments were used in this case. Optimal care for children with SCD and stroke in Africa involves:

- 1. Prevention** (TCD screening, hydroxyurea therapy),
- 2. Acute and chronic management** (safe transfusions, hydroxyurea, antiepileptics), and
- 3. Functional rehabilitation** (physiotherapy and community-based care).

Hydroxyurea plays a key role in both primary and secondary stroke prevention. Dose-escalation protocols provide greater clinical benefits than fixed-dose regimens (Abdullahi et al., 2022; John et al., 2020). Clinical trials such as SPRING and REACH confirmed hydroxyurea's effectiveness in reducing vaso-occlusive crises, anemia, and stroke risk (Tshilolo et al., 2019). Post-stroke motor disabilities are common, but access to rehabilitation services remains limited in sub-Saharan Africa. Community-based programs involving families and caregivers have proven effective in improving functional independence (Kakooza-Mwesige et al., 2017). Strengthening physiotherapy infrastructure and implementing early rehabilitation programs are therefore essential. Post-stroke epilepsy is also frequent, with prevalence twice as high in children with SCD compared with the general population (Lagunju et al., 2014). Lack of access to regular antiepileptic treatment due to low income remains a major challenge (WHO, 2019).

Finally, establishing national registries and implementing dedicated health coverage programs represent crucial steps toward reducing mortality and improving quality of life for children with SCD complicated by stroke, motor sequelae, and epilepsy, particularly in Côte d'Ivoire (Grosse et al., 2011).

Conclusion

The coexistence of stroke and sickle cell disease is common and presents a major therapeutic challenge in sub-Saharan Africa, particularly in Côte d'Ivoire, where care remains costly and limited.

Improving management requires:

- systematic TCD screening from the age of 2 years;
- early initiation of hydroxyurea or chronic transfusions;
- better access to antiepileptic drugs; and
- early functional rehabilitation and psychological support programs.

Integrating sickle cell disease care into national universal health coverage schemes would greatly improve survival and quality of life for affected children.

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

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

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

Declaration for Human Participants: This research was approved by the Felix HOUPHOUËT BOIGNY University, Abidjan, Côte d'Ivoire, and the principles of the Helsinki Declaration were followed.

References:

1. Tshilolo L, Tomlinson G, Williams TN et al. Hydroxyurea for children with sickle cell anemia in sub-Saharan Africa. *N Engl J Med.* 2019;380(2):121–131.
2. Kirkham FJ, Lagunju IA. Epidemiology of stroke in sickle cell disease. *J Clin Med.* 2021;10(18):4232.
3. Mazumdar M, Heeney MM, Sox CM, Lieu TA. Preventing stroke among children with sickle cell anemia: an analysis of strategies involving transcranial Doppler testing and chronic transfusion. *Pediatrics.* 2007;120(4):e1107–e1116.
4. Abdullahi SU, Ijei IP, Galadanci NA et al. Hydroxyurea for primary stroke prevention in children with sickle cell anemia in Nigeria (SPRING): A double-blind, randomized, phase 3 trial. *Lancet Haematol.* 2022;9(1):e26–e37.
5. John CC et al. Hydroxyurea dose escalation for children with sickle cell anemia in sub-Saharan Africa. *N Engl J Med.* 2020;382(26):2524–2533.
6. Kakooza-Mwesige A, Andrews C, Peterson S et al. Prevalence of cerebral palsy in Uganda: A population-based study. *Lancet Glob Health.* 2017;5(12):e1275–e1282.
7. Lagunju IA, Brown BJ, Sodeinde OO. Chronic neurological complications of childhood sickle cell disease: A Nigerian experience. *Afr Health Sci.* 2014;14(2):397–405.
8. Moustapha N. Pediatric stroke: recent updates. *Rev Neurol.* 2021;177:S147.
9. Grosse SD, Odame I, Atrash HK et al. Sickle cell disease in Africa: a neglected cause of early childhood mortality. *Am J Prev Med.* 2011;41(6 Suppl 4):S398–S405.
10. World Health Organization (WHO). *Epilepsy: A public health imperative.* Geneva: WHO; 2019.

Grossesse hétérotopique découverte au cours d'une césarienne

Kouadio Kouadio Narcisse
Menin-messou Benié Michelle
Clausen M.G.
Samaké Yaya

Université Alassane Ouattara de Bouaké, Côte d'Ivoire
Service de gynécologie et obstétrique du Centre Hospitalier Universitaire de
Bouaké, Côte d'Ivoire

Touré Ibrahim

Université Alassane Ouattara de Bouaké, Côte d'Ivoire
Service d'anatomie et cytologie du Centre Hospitalier Universitaire de
Bouaké, Côte d'Ivoire

Boko Dagoun Dagbessé Elysée
Djanhan Lydie Estelle
Doumbia Yacouba

Université Alassane Ouattara de Bouaké, Côte d'Ivoire
Service de gynécologie et obstétrique du Centre Hospitalier Universitaire de
Bouaké, Côte d'Ivoire

[Doi:10.19044/esj.2025.v21n33p65](https://doi.org/10.19044/esj.2025.v21n33p65)

Submitted: 18 September 2025

Accepted: 10 November 2025

Published: 30 November 2025

Copyright 2025 Author(s)

Under Creative Commons CC-BY 4.0

OPEN ACCESS

Cite As:

Kouadio, K. K., Benié, M. M., Clausen, M. G., Samaké, Y., Touré, I., Dagbessé, E. B. D., Djanhan, L. E., & Doumbia, Y. (2025). *Grossesse hétérotopique découverte au cours d'une césarienne*. European Scientific Journal, ESJ, 21 (33), 65.

<https://doi.org/10.19044/esj.2025.v21n33p65>

Résumé

La grossesse hétérotopique (GH) est une association d'une grossesse intra-utérine (GIU) et d'une grossesse extra-utérine (GEU). Elle est rare dans un cycle spontané. Son diagnostic se fait à l'échographie mais parfois la découverte de la grossesse intra-utérine peut détourner l'attention du radiologue quant à l'existence d'une grossesse extra-utérine. Cette situation est cause de retard de diagnostic et met le pronostic vital de la mère en jeu avec la rupture de la grossesse extra-utérine. Nous rapportons un cas atypique

de grossesse hétérotopique dans laquelle la GEU rompue a été découverte en per césarienne indiquée pour premier jumeau en présentation du siège après confirmation histologique. Ce travail a pour objectif d'amener les radiologues à rechercher systématiquement la GEU même s'il existe une GIU et les chirurgiens à envoyer systématiquement toutes les pièces opératoires en anatomopathologique.

Mots-clés: Césarienne, grossesse extra-utérine, grossesse hétérotopique, salpingectomie, trompe utérine

Heterotopic Pregnancy Discovered During Caesarean Delivery

*Kouadio Kouadio Narcisse
Menin-messou Benié Michelle
Clausen M.G.
Samaké Yaya*

Université Alassane Ouattara de Bouaké, Côte d'Ivoire
Service de gynécologie et obstétrique du Centre Hospitalier Universitaire de
Bouaké, Côte d'Ivoire

Touré Ibrahiman

Université Alassane Ouattara de Bouaké, Côte d'Ivoire
Service d'anatomie et cytologie du Centre Hospitalier Universitaire de
Bouaké, Côte d'Ivoire

*Boko Dagoun Dagbessé Elysée
Djanhan Lydie Estelle
Doumbia Yacouba*

Université Alassane Ouattara de Bouaké, Côte d'Ivoire
Service de gynécologie et obstétrique du Centre Hospitalier Universitaire de
Bouaké, Côte d'Ivoire

Abstract

Heterotopic pregnancy (HP) is a combination of an intrauterine pregnancy (IUP) and an ectopic pregnancy (EP). It is rare in a spontaneous cycle. It is diagnosed by ultrasound, but sometimes the discovery of an intrauterine pregnancy can distract the radiologist's attention from the existence of an ectopic pregnancy. This situation causes a delay in diagnosis and puts the mother's life at risk due to the rupture of the ectopic pregnancy. We report an atypical case of heterotopic pregnancy in which the ruptured ectopic pregnancy was discovered during a cesarean section performed for the first twin in breech presentation after histological confirmation. The aim of

this work is to encourage radiologists to systematically screen for ectopic pregnancy even when there is an intrauterine pregnancy, and surgeons to systematically send all surgical specimens for pathological examination.

Keywords: Cesarean delivery, ectopic pregnancy, heterotopic pregnancy, salpingectomy, uterine tube

Introduction

La grossesse hétérotopique (GH) est une forme de grossesse gémellaire bi-ovulaire dont l'une des nidations s'est faite dans la cavité utérine et l'autre situation ectopique (Kondo et al., 2025). Elle est rare dans un cycle spontané (Smiti et al., 2021). La GH peut mettre en jeu le pronostic vital de la gestante (Ahmed et al., 2017). Le plus souvent le diagnostic est facile devant les signes d'une grossesse extra-utérine (GEU) rompue mais il peut être parfois confondu à une menace d'avortement quand le diagnostic de la grossesse intra-utérine (GIU) est déjà connu (Sanogo et al., 2020). Nous rapportons un cas atypique de grossesse hétérotopique dont grossesse extra-utérine rompue a été découverte en per césarienne indiquée pour premier jumeau en présentation du siège après confirmation histologique.

Observation

Il s'agit d'une gestante K.N de 34 ans, G4P2 avec 2 enfants vivants et une interruption volontaire de grossesse qui portait une grossesse gémellaire de 38 semaines d'aménorrhée (SA) avec premier jumeau en présentation du siège. Il n'y avait pas eu de traitement d'infertilité. Elle avait présenté un épisode de métrorragie en début de grossesse sur environ une semaine sans douleur pelvienne. Un traitement à base de progestérone et un repos avait été entrepris. Une échographie pelvienne réalisée qui avait objectivé une grossesse monofoetale non encore embryonné sans anomalie associée. Devant une hauteur utérine excessive par rapport à l'âge gestationnel, une deuxième échographie va diagnostiquer la gémellité. L'échographie pronostique à 37 SA ayant mis en évidence une grossesse gémellaire bichoriale biamniotique avec une présentation du siège du premier jumeau, elle a été référée dans notre service pour prise en charge. Nous avons décidé d'une césarienne de prudence pour premier jumeau en siège qui été réalisée le 8 Septembre 2020. La césarienne a permis l'extraction d'un premier jumeau de sexe masculin pesant, 2350 grammes, taille = 45 centimètres, périmètre crânien= 31 centimètres, APGAR= 8-9 en 5 minutes et un deuxième jumeau de sexe masculin pesant 2650 grammes, taille=46 centimètres, périmètre crânien = 33 centimètres et APGAR= 8-9 en 5 minutes. C'est une grossesse gémellaire bichoriale biamniotique. Après l'extraction des jumeaux nous découvrons une

tumeur d'aspect nécrotique sur la trompe gauche de 80x50mm de diamètre (figure1).



Figure 1 : Tumeur de la trompe gauche d'aspect nécrotique

L'ovaire homolatéral et l'annexe droite était saine avec quelques adhérences tubo-ovariques donc nous avons réalisé une salpingectomie et envoyé la pièce opératoire au laboratoire pour examen histologique. Les suites opératoires ont été simples et la patiente est sortie à J3 post-opératoire. L'histologie réalisée avait conclu à une grossesse tubaire rompue associée à une salpingite chronique non spécifique (figure 2 et 3).

TROMPE C X4

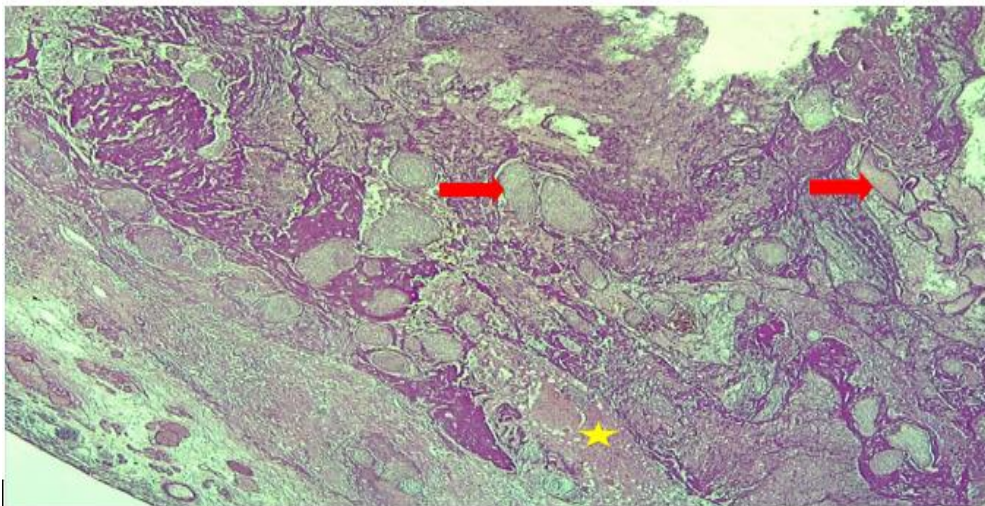


Figure 2 : Présence de villosités placentaires de petite et moyenne taille a axe fibreux avec un revêtement trophoblastique régulier

TUBE B X40

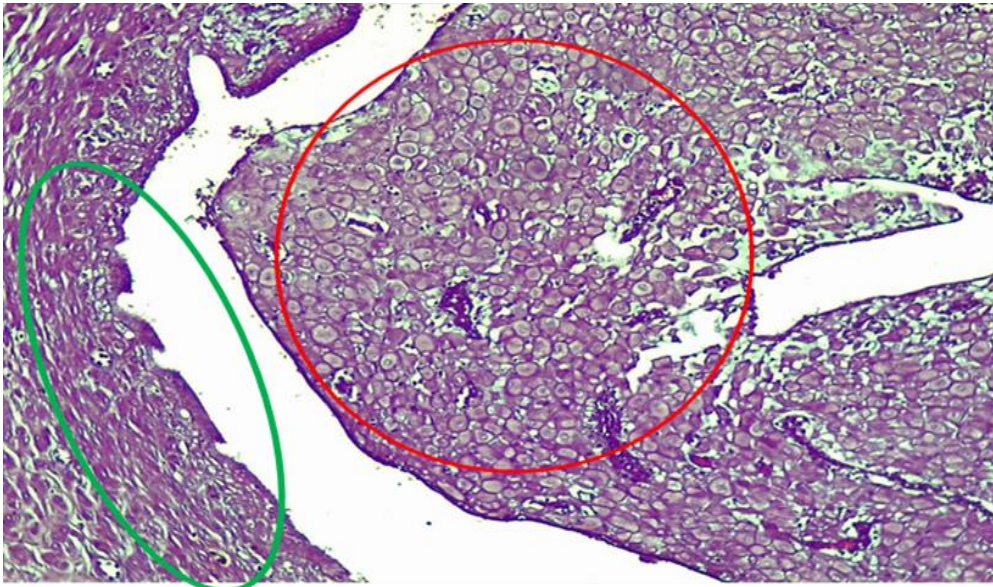


Figure 3 : Paroi tubaire avec raréfaction des franges tubaires (cercle vert), lumière dilatée contenant un décidua décidua (cercle rouge)

Discussion

La grossesse hétérotopique (GH) est l'association d'une grossesse intra-utérine (GIU) et une grossesse extra-utérine (GEU) chez une même patiente (Niang et al., 2013). La GH est rare mais sa fréquence tend à augmenter avec l'avènement des procréations médicalement assistées (PMA) (Sall et al., 2025). Sa fréquence varie de 1/30000 lors des grossesses spontanées à 1/100 au cours de la PMA (Niang et al., 2013). Cependant, les facteurs de risques sont identiques à celle des grossesses extra-utérines ordinaires dont l'une des principaux facteurs de risque reste l'infection génitale haute (Riadh et al., 2012). Dans notre série, notre patiente n'a pas bénéficié d'un PMA mais porte une salpingite chronique non spécifique avec un antécédent d'interruption de grossesse. Sur le plan physiopathologique plusieurs théories ont été développées. L'implantation ectopique de l'un des œufs pourrait être due à une fécondation simultanée au cours du même coït ou d'une fécondation différée (fécondation de deux ovules produits à un court intervalle au cours d'un même cycle par deux spermatozoïdes provenant de deux coïts successifs), soit à une implantation différée due à un retard de captation ovulaire ou une captation par la trompe controlatérale (Radhouane et al., 2014). La symptomatologie clinique de la GH est dominée par la triade classique d'une classique de la GEU : aménorrhée, métrorragies et douleur pelvienne (Ahmed et al., 2017) L'échographie pelvienne et endovaginale est le premier examen complémentaire à réaliser et permet de faire le diagnostic

dans 89% des cas (Radhouane et al., 2014). Cependant, lorsque le diagnostic de la GIU est fait sans la GEU à l'échographie, le diagnostic de la GH devient difficile et tardif, le plus souvent devant un tableau d'hémopéritoine (Sanogo et al., 2020). Cette éventualité serait conforme à notre cas où l'échographie diagnostique n'avait pas objectivé la GEU. Ailleurs, notre cas rapporté se différencie par la rupture de la GEU passée inaperçue, la découverte fortuite en peropératoire et le diagnostic de GEU rompue a été fait par l'examen histologique. Le traitement avait consisté à une salpingectomie. Nous nous posons la question de savoir pourquoi cette GEU rompue n'a pas été symptomatologique ? Avait-t'il eu une hémostase par compression ? Était-ce une GEU rompue mais moins hémorragique pour donner un tableau d'hémopéritoine abondant ?

Conclusion

La GH est une pathologie rare dont la rupture de la GEU est révélatrice. Le cas que nous rapportons est atypique car son diagnostic a été fait à l'examen anatomopathologique après une salpingectomie faite au cours d'une césarienne pour premier jumeau en siège. Il faut une recherche systématique de GH lors de l'échographie diagnostique et toute pièce opératoire doit être acheminée au laboratoire pour analyse.

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

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

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

Déclaration pour les participants humains : Cette étude a été approuvée par le Centre Hospitalier et Universitaire de Bouaké/Côte d'Ivoire et les principes de la déclaration d'Helsinki ont été respectés.

References:

1. Ahmed, G., Nisrine, M., Sanaa, E., Chahrazad, B., & Abdelaziz, B. (2017) La grossesse hétérotopique spontanée: à propos de deux cas. Pan African Medical Journal, 28 (1). <https://doi.org/10.11604/pamj.2017.28.306.13696>
2. Boukaïdi, M.L., Bouhya, S., Sefrioui, O., Bennani, O., Hermas, S., & Aderdour M. (2002) Grossesses hétérotopiques : à propos de huit cas. Gynécol Obstét Fertil, 30 (3), 218-223

3. Kondo,ARN., Mendoua,MF., Ngouho, GM., Nga, GGA., Fossa,SK., & Moustapha, B. (2025). De la Grossesse Hétérotopique Spontanée à la Naissance Vivante : Diagnostic, Prise en Charge et Evolution à Propos d'un Cas. Health Sci. Dis, 26 (2), 157-159
4. Niang,M.M., AIDIBE, I., & CISSE, C.T. (2013) grossesse heterotopique spontanée à l'institut d'hygiène social de Dakar. A propos de trois cas et revue de la littérature. Médecine d'Afrique Noire, 60(6), 263-268
5. Radhouane, A., Sana, G., & Khaled N. (2014) Grossesse hétérotopique : à propos d'un cas et revue de la littérature. Imagerie de la femme, 24(4), 177-180
6. Riadh, BT., Nabil, M., Tahar, M., Leila, A., & Abdellatif, C (2012). La grossesse hétérotopique : à propos de sept cas et revue de la littérature. Imagerie de la femme, 22(2) : 110-16
7. Sall, N.R., Ben Chaffi, M., Gaye, I., Ndiaye, MT., Ndiaye Gueye, M.D., & Moreira, P.M (2025). Prise en charge coelioscopique de grossesses hétérotopiques à propos de deux cas au Centre Hospitalier National de Dalal Jamm. Journal de la SAGO, 26 (1), 67-70.
8. Sanogo, S., Coulibaly, P., Bagayogo, NS., Traore, D., Traore, A., & Mariko, S (2020). Diagnostic tardif d'une grossesse hétérotopique à trois mois de la naissance du frère jumeau: à propos d'un cas. J Afr Imag Méd, 12(1):48-53.
9. Smiti, Y., El Bouti, A., Sibbou, K., Allali, N., El Haddad, S., & Chat L (2021). Diagnostic et prise en charge d'une grossesse hétérotopique spontanée : cas clinique et revue de la littérature. Imagerie de la Femme, 31(1) :57-60

L'anémie chez la personne âgée : Expérience d'un service de médecine interne au Niger

Seydou Moussa Youssoufa

Service de médecine interne, Hôpital National de Niamey, Niger

Souley Kimba

Service de médecine interne et cardiologie, Hôpital National Amirou

Boubacar Diallo

Hassane Maman Laoual

Service d'anesthésie/réanimation, Hôpital National de Zinder, Niger

Alagbe Mahougnon Saturnin

Service de médecine interne, Hôpital National de Niamey, Niger

Saidou Amadou

Service de pédiatrie, Centre de Santé Mère et Enfant de Diffa, Niger

Hounsou Alfred

Maternité Issaka Gazobi, Niger

Daou Maman

Service de médecine interne, Hôpital National de Niamey, Niger

[Doi:10.19044/esj.2025.v21n33p72](https://doi.org/10.19044/esj.2025.v21n33p72)

Submitted: 09 December 2024

Accepted: 22 October 2025

Published: 30 November 2025

Copyright 2025 Author(s)

Under Creative Commons CC-BY 4.0

OPEN ACCESS

Cite As:

Seydou Moussa, Y., Souley, K., Diallo, B., Hassane, M.L., Alagbe, M.S., Saidou, A., Hounsou, A. & Maman, D. (2025). *L'anémie chez la personne âgée : Expérience d'un service de médecine interne au Niger*. European Scientific Journal, ESJ, 21 (33), 72.

<https://doi.org/10.19044/esj.2025.v21n33p72>

Résumé

L'anémie est une affection fréquente chez les patients âgés et sa prévalence augmente avec l'âge. **Méthode :** il s'agit d'une étude rétrospective sur cinq (5) ans [janvier 2017- décembre 2021] dans le service de médecine interne de l'hôpital national de Niamey au Niger. Cette étude a pour objectif d'évaluer l'anémie chez les patients âgés de 65 ans et plus. **Résultat :** Cent quatre-vingt-dix-huit (198) dossiers répondaient aux critères d'inclusion soit 5,96 % des patients de 65 ans et plus. Le sexe masculin était majoritaire avec 71,72%. L'âge moyen était de $72,13 \pm 5,49$ ans. Les plaintes des patients étaient dominées par la palpitation, l'asthénie et les vertiges avec

respectivement 98,98 %, 97,97 % et 78,78 %. La pâleur cutanée et muqueuse était quasi constante, retrouvée chez 188 patients, soit 94,94 %. Le taux d'hémoglobine moyen retrouvé était de 8,3 g/dl $\pm$ 1,99 avec des extrêmes de 3 et 11,9. Dans plus de la moitié des cas (55,05%) l'anémie était d'origine inflammatoire. La cause carencielle a été retrouvée chez 63 patients (31,81 %). **Conclusion :** L'anémie, cause de morbidité de la personne âgée, reste fréquente.

Mots-clés: Anémie, personne âgée, prévalence, Niger, Afrique

Anaemia in the Elderly: Experience of an Internal Medicine Department in Niger

Seydou Moussa Youssoufa

Service de médecine interne, Hôpital National de Niamey, Niger

Souley Kimba

Service de médecine interne et cardiologie, Hôpital National Amirou

Boubacar Diallo

Hassane Maman Laoual

Service d'anesthésie/réanimation, Hôpital National de Zinder, Niger

Alagbe Mahougnon Saturnin

Service de médecine interne, Hôpital National de Niamey, Niger

Saidou Amadou

Service de pédiatrie, Centre de Santé Mère et Enfant de Diffa, Niger

Hounsou Alfred

Maternité Issaka Gazobi, Niger

Daou Maman

Service de médecine interne, Hôpital National de Niamey, Niger

Abstract

Anemia is a common condition in elderly patients and its prevalence increases with age. **Method:** This is a retrospective study over five (5) years [January 2017- December 2021] in the internal medicine department of the National Hospital of Niamey in Niger. The objective of this study is to evaluate anemia in patients aged 65 years and older. **Result:** One hundred and ninety-eight (198) files met the inclusion criteria, i.e. 5.96% of patients aged 65 years and older. The male sex was in the majority with 142 patients or 71.72%. The mean age was 72.13 $\pm$ 5.49 years. Patient complaints were dominated by palpitation, asthenia and dizziness with 98.98%, 97.97%, and 78.78%, respectively. The pallor of the skin and mucous membrane was almost constant, found in 188 patients, or 94.94%. The mean hemoglobin level

found was $8.3 \text{ g/dL} \pm 1.99$ with extremes of 3 and 11.9 g/dL . In more than half of the cases (55.05%) the anemia was of inflammatory origin. The deficiency cause was found in 63 patients (31.81%). **Conclusion:** Anaemia, a cause of morbidity and mortality in the elderly, remains common.

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

Introduction

L'anémie est une affection fréquente chez les patients âgés et sa prévalence augmente avec l'âge (Andrès & Mecili, 2011). Selon la définition de l'anémie de l'Organisation mondiale de la santé (taux d'hémoglobine inférieur à 13 g par dL [130 g par L] chez les hommes et inférieur à 12 g par dL [120 g par L] chez les femmes), plus de 10 % des personnes de plus de 65 ans sont anémiques (Bross et al., 2010). Au Niger peu d'études se sont intéressés à cette entité pathologique dans ce groupe de population. Pourtant l'anémie ne doit pas être acceptée comme une conséquence inévitable du vieillissement (Smith, 2000) et donc doit être pris en charge correctement du plan de vu diagnostic étiologique et thérapeutique. En effet, l'anémie est un prédicteur indépendant de mauvais pronostic et est associée à des changements dans la qualité de vie, à une diminution de la cognition et des capacités fonctionnelles, et à un risque accru de chutes, d'infections, de morbidité et de mortalité (Lippi et al., 2010). Donc une bonne prise en charge de l'anémie de la personne âgée est un moyen efficace de prévention de la morbidité et de mortalité de ce groupe de population, d'où l'intérêt de cette étude qui a pour objectif d'étudier les aspects épidémiologiques, cliniques paracliniques et étiologiques des anémies de la personne âgée.

Patients et méthode

Cette étude a été réalisée dans le service de médecine interne de l'Hôpital National de Niamey (HNN). C'est un service de médecine polyvalente reparti en deux sections : homme et femme, d'une capacité totale de 64 lits.

Il s'agit d'une étude rétrospective, descriptive et analytique qui s'est déroulée sur une période de cinq (5) ans allant du 01 janvier 2017 au 31 décembre 2021.

Etaient inclus dans cette étude, les patients admis dans le service de médecine interne qui présentaient une anémie avec un taux d'hémoglobine inférieur à 12 g/dl pour les deux sexes et un âge supérieur ou égale à 65 ans.

N'ont pas été inclus dans l'étude les patients dont les dossiers étaient incomplets.

Nous avons utilisé comme sources des données, le registre d'hospitalisation, les billets d'hospitalisation, les dossiers médicaux, les fiches de surveillance et les fiches de traitement.

Les données ont été recueillies sur une fiche de recherche standard prenant en compte les aspects épidémiologiques, cliniques, paracliniques, diagnostiques, thérapeutiques et évolutifs. Ces données ont été saisies à l'aide d'un masque de saisi de logiciel épi info version 7.2.4.0, traités et analysés par le logiciel épi info et Microsoft Office Word-Excel 2013. Les comparaisons de proportion étaient effectuées par le test du Chi carré et le seuil de significativité était fixé à $p < 0,05$.

Definition des concepts:

- Anémie modérée: taux d'hémoglobine: 8-11,9 g/dl
- Anémie sévère :taux d'Hb entre 6-8 g/dl
- Anémie profonde: taux d'hémoglobine < 6 g/dl.

Resultats

Aspects épidémiologiques

Durant la période de l'étude, 6 670 patients ont été hospitalisés dans le service de Médecine Interne, parmi lesquels 3 321 patients âgés de 65 ans et plus. Cent quatre vingt dix huit (198) dossiers répondaient aux critères d'inclusion soit 5,96 % des patients de 65 ans et plus. Le sexe masculin était majoritaire avec 142 patients soit 71,72%. Le sex ratio était de 2,53.

L'âge moyen était de $72,13 \pm 5,49$ ans avec des extrêmes de 65 ans et 95. La tranche d'âge la plus touchée était celle de 65-75 ans avec 74,24% (Tableau I).

Dans 57,57% des cas, il s'agissait de patients (es) marié (es) et veufs (ves) dans 27,78%.

Du point de vue professionnel, les retraités et les fonctionnaires représentaient 25,26 % chacun (Tableau I).

S'agissant des habitudes alimentaires, les chélateurs de Fer (thé, cola, café) étaient les plus représentés avec 68,69%, la géophagie quant à elle a été retrouvé chez 8,59% des patients (Tableau I).

Tableau I: Aspects socio-démographiques

Paramètres	Nombre	frequence
➤ Age		
[65-75]	147	74,24%
>75	51	25,76%
➤ Sexe		
M	142	71,72%
F	56	28,28%
➤ Statut matrimonial		
Marié(e)	114	57,57
Veuf/veuve	55	27,78
Célibataire	21	10,61
Non précisé	8	4,04
➤ Profession		
Retraité	50	25,26
Fonctionnaire	50	25,26
Ménagère	42	21,21
Commerçant	28	14,14
Cultivateur	16	8,08
Chauffeur	7	3,53
Non précisé	5	2,52
➤ Mode de vie		
Chélateurs de Fer (thé, cola, café)	136	68,69
FDR (tabac, alcool)	45	22,73
Géophagie	17	8,59

Aspects cliniques et paracliniques

Du point de vue antécédant, l'hypertension artérielle était la principale comorbidité, retrouvée dans 37,87 % des cas (75). Un antécédant d'hémorragie digestive a été retrouvé chez 21,71% de l'échantillon. Dans 5,05% des cas, il s'agissait d'un antécédent de saignement d'origine respiratoire. Le diabète a été retrouvé chez 11,11% des patients (Tableau II).

Tableau II: Répartition selon les antécédants et comorbidités

Antécédents	Effectifs	Pourcentage (%)
HTA	75	37,87
Hémorragie digestive		
(méléna, hématomèse, rectorragie)	43	21,71
Diabète type 2	22	11,11
Saignement d'origine respiratoire	10	5,05
VIH	4	2,02
Autres affection chronique	3	1,52
Drépanocytose	2	1,01
Insuffisance rénale	2	1,01
Saignement d'origine ORL	1	0,51
Tuberculose	1	0,51
Hémopathie	1	0,51
Autres	34	17,17
Total	198	100

Les plaintes des patients étaient dominées par la palpitation, l'asthénie et le vertiges dans respectivement 98,98 %, 97,97 % et 78,78 % des cas.

Soixante quatre virgule quatre pourcent (64,14%) des patients s'étaient plaints de dyspnée et 31,81% de céphalées.

A l'examen physique, la tachycardie était présente chez 68,68 % des patients. Une température supérieur à 38°C était retrouvée chez 37,37% et une polypnée supérieur à 22 cycle par minutes dans 27,27% des cas.

La pâleur cutanée et muqueuse était quasi constante, retrouvée chez 188 des patients, soit 94,94 %. Une splénomégalie a été retrouvée chez 70,70% des patients. Les troubles phanériens et une glossite avaient été retrouvés chez respectivement 6,06% et 15,65% (Tableau III).

Tableau III: Répartition des patients en fonction des signes physiques retrouvés

Signes physiques	Effectifs	Pourcentage (%)
Pâleur cutanée et muqueuse	188	94,94
Ictère	7	3,53
Splénomégalie	140	70,70
Hépatomégalie	90	45,45
Adénopathie	20	10,10
Troubles phanériens	12	6,06
Glossite	31	15,65
Trouble de la sensibilité profonde	36	18,18
Trouble de la sensibilité superficielle	38	19,19
Babinski positif	9	4,54
Autres	6	3,03

Sur plan paraclinique, le taux d'hémoglobine moyen retrouvé était de 8,3 g/dl $\pm$ 1,99 avec des extrêmes de 3 et 11,9. L'anémie modérée était retrouvée dans 63,63 % des cas. L'anémie sévère et l'anémie profonde étaient retrouvées respectivement chez 23,74 % et 12,63 % des cas. Dans 116 cas (58,59 %) l'anémie était microcytaire. Le taux de réticulocytes, réalisé chez 20 patients, notait une anémie arégenerative chez 14 d'entre eux soit 70 %.

La ferritinémie a été réalisée chez 108 patients et est revenue abaissée chez 30,55 % d'entre eux.

Le dosage de la vitamine B12, réalisé chez 10 patients, est revenu basse chez 4 d'entre eux et le dosage des folates était bas chez 12,5% des patients chez les quels ce test a été réalisé.

Aspects étiologiques

Dans plus de la moitié des cas (55,05%), l'anémie était d'origine inflammatoire. La cause carencielle a été retrouvée chez 63 patients (31,81 %) parmi les quels 57 cas de carence martiale, 4 cas de carence en vitamine B12 et 2 cas de carence en acide folique. L'origine rénale était retrouvée dans 3,35% et dans 2,02% il s'agissait d'une hémopathie maligne (Tableau IV).

Tableau IV: Répartition selon les principales étiologies de l'anémie

Etiologies	Effectifs	Pourcentage (%)
Anémie inflammatoire	109	55,05
Anémie ferriprive par carence d'apport	30	15,15
Anémie ferriprive par spoliation	18	9,09
Insuffisance rénale chronique	7	3,53
Anémie ferriprive par malabsorption	9	4,54
Anémie mégaloblastique	4	2,02
Hémopathie maligne	4	2,02
Hypothyroïdie	4	2,02
Anémie par carence en acide folique	2	1,01
Anémie hémolytique	2	1,01
Cancer solide	14	7,07
Aplasie médullaire	1	0,50

Aspects thérapeutiques et évolutifs

Trente-huit de nos patients ont bénéficié d'une transfusion sanguine soit 19,19 %. Une supplémentation martiale a été effectuée chez 30,30 % des patients. Celle-ci était associée ou non à une transfusion, au traitement étiologique de l'anémie et autres traitements. Dix patients ont bénéficié d'une corticothérapie en rapport avec l'affection causales soit 5,05 %. La mortalité était de 27,27 %. La durée moyenne d'hospitalisation était de $9,19 \pm 4,68$ jours avec des extrêmes de 2 et 28.

Aspects analytiques

On avait noté que l'anémie était plus profonde ($\leq 7\text{g/dl}$) en cas de cause carencielle (39,68 % vs 16,30 % $P = 0,0002574118$) et plus légère ($\text{hg} > 7\text{g/dl}$) en cas de cause inflammatoire (86,24 % vs 64,04 %; $P = 0,0001513358$).

Il a été également constaté que l'anémie carencielle était plus fréquente chez le sexe féminin (44,64 %) que le sexe masculin (26,76 %) ($P = 0,008876$) et par contre l'anémie inflammatoire était l'apanage du sexe masculin (63,38 % vs 33,93 %; $P = 0,0001010624$).

Quant à la durée de séjour, elle était plus courte (< 7 jours) chez les patients âgés de plus de 75 ans (43,14 % vs 27,79%; $P = 0,0198589285$).

En analyse bivariée, les facteurs liés au décès étaient la cause carencielle (36,51 % vs 22,96 %; $P = 0,0258605580$) l'association à une cirrhose (83,33% vs 25,52%; $P = 0,003$), au diabète (50% vs 25,27%; $P = 0,02$) au cancer solide (57,14% vs 25%; $P = 0,008$), au VIH (66,67% vs 26,04%, $P = 0,02$); à une bicytopenie (40,36% vs 24,70%; $P = 0,03$) et à une pancytopenie (50% vs 25,81%; $P = 0,04$). Par contre les maladies infectieuses ($P = 0,03$) et le paludisme ($P = 0,007$) étaient associées à une meilleure survie.

Discussion

L'anémie est une affection fréquente chez les patients âgés et sa prévalence augmente avec l'âge (Andrès & Mecili, 2011). Toutes les études sont unanimes sur la fréquence élevée de l'anémie dans la population âgée, cependant, on note une grande disparité de cette prévalence selon les études. Nous avons constaté une fréquence de 5,96 %. La plupart des études estiment la prévalence de l'anémie chez les personnes âgées entre 10 et 45% (Krishnamurthy et al., 2022). Au Brésil, (Sgnaolin et al., 2013) ont trouvé une fréquence de 12,8 %. En Arabie Saoudite, Al amoud MM et al ont trouvé que la prévalence globale de l'anémie était de 4,7 % (Al-Amoud et al., 2023). En Allemagne, dans une population gériatrique admise en hospitalisation, (Geisel et al., 2014) ont trouvé un taux de 66,3 %. On estimait que près de trois millions de personnes âgées sont actuellement touchées par l'anémie aux États-Unis (Riva et al., 2009).

En utilisant la définition de l'anémie de l'Organisation mondiale de la santé (taux d'hémoglobine inférieur à 13 g par dL [130 g par L] chez les hommes et inférieur à 12 g par dL [120 g par L] chez les femmes), une vaste étude de cohorte a révélé que l'incidence annuelle corrigée de l'anémie augmentait régulièrement avec l'âge. De 65 à 69 ans, l'incidence de l'anémie d'apparition récente était de 6 % chez les hommes et de 4 % chez les femmes. Chez les personnes de 85 ans et plus, l'incidence annuelle est passée à 14 % chez les hommes et à 13 % chez les femmes (Bross et al., 2010).

Cette grande disparité de la prévalence de l'anémie selon les études est liée à plusieurs facteurs tel que la définition de l'anémie utilisée (définition OMS ou non), la population cible à savoir l'âge et le milieu de vie (institution, communautaire ou hospitalisation de court séjour).

Nous avons constaté une prévalence masculine à hauteur de 71,72%. Krishnamurthy (Krishnamurthy et al., 2022) et Bhasin (Bhasin & Rao, 2011) ont trouvé également cette prédominance masculine à hauteur de 55% et 52% respectivement. Pour Sharma (Sharma et al., 2019) le ratio hommes/femmes était de 1,6 pour 1.

Cette prédominance masculine peut être due à une baisse de taux de testostérone avec le vieillissement. En effet il a été démontré que les hommes ayant un faible taux de testostérone libre avaient un taux d'hématocrite plus faible que les hommes ayant un taux normal de testostérone libre (Paller et al., 2012). Ainsi la baisse de testostérone chez l'homme peut expliquer cette prédominance masculine. Cette baisse physiologique du taux de testostérone est la raison pour la quelle certains auteurs suggèrent l'utilisation du même seuil pour définir l'anémie chez les deux sexes en gériatrie.

D'autre part, la femme âgée ménopausée ne souffre plus des pertes régulières dues aux menstruations souvent source de saignement importants pouvant entraîner des anémies par spoliation sanguine ou carence martiale.

Les patients âgés souffrant d'anémie sont hétérogènes en termes de d'antécédents cliniques, de conditions médicales coexistantes et d'utilisation concomitante de médicaments (Sharma et al., 2019). Nous avons constaté Un antécédant d'hémorragie digestive chez 21,71% de l'échantillon. Ces antécédents hémorragiques sont probablement en rapport avec l'étiologie de l'anémie. Dans une investigation d'anémie chez une personne âgée, une anamnèse clinique minutieuse est d'une importance capitale dans la recherche étiologique. D'autres comorbidité, quoi que sans lien direct avec l'anémie, peuvent être pourvoyeuse d'une anémie par utilisation de certaines thérapeutiques. Parmi ces pathologies les maladies cardiovasculaires occupent une place de choix. Dans notre contexte, l'hypertension artérielle a été retrouvée chez 37,87 %.

Du point de vu clinique, Les plaintes des patients étaient dominées par la palpitation, l'asthénie et les vertiges avec respectivement 98,98 %, 97,97 % et 78,78 %.

Krishnamurthy (Krishnamurthy et al., 2022) , trouvait que la fatigue était l'une des plaintes les plus fréquentes chez 71 % des patients . Ce même constat a été fait par Bhasin (Bhasin & Rao, 2011) qui ont trouvé également que La fatigue était le symptôme le plus courant, retrouvé chez 74% des patients.

Chez la personne âgée, L'apparition des symptômes et des signes est généralement incidieuse, et des nombreux patients âgés ajustent leurs activités au fur et à mesure que leur corps s'adapte physiologiquement à la maladie. Les symptômes typiques de l'anémie, tels que la fatigue, la faiblesse et la dyspnée, ne sont pas spécifiques chez les patients âgés, et ont tendance à être attribués à l'âge(Smith, 2000).

La pâleur cutanée et muqueuse était quasi constante, retrouvée chez 94,94 % de nos patients.

Pour Bhasin (Bhasin & Rao, 2011) la pâleur était décelable chez 59 % des patients.

Sharma (Sharma et al., 2019) ont trouvé que la pâleur était la constatation la plus fréquente, notée chez 84,8 % des patients.

La paleur conjonctival est le signe le plus spécifique de l'anémie chez la personne âgée. En effet dans ce groupe de population, la presence des comorbidités et des fois la fragilité rendent peu spécifiques certains signes tel que la dyspnée, les palpitation, l'asthenie et le trouble de comportement.

Du point de vue paraclinique, le taux d'hémoglobine moyen retrouvé était de 8,3 g/dl $\pm$ 1,99 avec des extrêmes de 3 et 11,9.

Sharma (Sharma et al., 2019) et Krishnamurthy (Krishnamurthy et al., 2022) avaient trouvé respectivement une valeur moyenne de l'hémoglobine de 8,8 $\pm$ 2,3 g/dl et 7,1 g/dl.

S'il est aisé de poser le diagnostic d'une anémie dans ce groupe soit notamment par la présence de la pâleur conjonctivale ou encore plus simplement par l'hémogramme, il est plus difficile de trouver son étiologie. En effet dans ce groupe de population, l'anémie est le plus souvent multifactoriel. A coté des pathologies chroniques, on peut noter une carence nutritionnelle et la prise de certains médicaments. Globalement, on estime que les pathologies inflammatoires chroniques et la carence martiale constituent les premières causes d'anémie chez ce groupe de population (Andrès & Mecili, 2011; Geisel et al., 2014; Semba et al., 2007; Sharma et al., 2019; Skikne et al., 2011).

Dans notre population d'étude, l'anémie était d'origine inflammatoire dans plus de la moitié des cas (55,05%). La cause carencielle a été retrouvée chez 31,81 % (29,13% cas de carence martiale, 2,02% de carence en vitamine B12 et 1,01% cas de carence en acide folique) .

A coté des ces causes fréquentes, d'autres causes non moins importantes doivent être prise en compte: il s'agit de l'insuffisance rénale. En effet; cette affection est souvent retrouvée chez la personne âgée, conséquence non seulement des comorbidités tel que l'hypertension artérielle et le diabète mais également médicamenteuse ou physiologique par la réduction du capital néphronique lié au vieillissement. Dans leur étude, (Lippi et al., 2010) ont démontré que l'altération de la fonction rénale pourrait être un déterminant majeur de l'anémie chez les personnes âgées.

La fréquence de l'insuffisance rénale de notre échantillon est de 3,53%.

Sa prévalence varie de 4 à 35% selon les études (Andrès & Mecili, 2011; Bhasin & Rao, 2011; Bross et al., 2010; Riva et al., 2009; Salis et al., 2023; Semba et al., 2007; Sharma et al., 2019). Bien qu'il existe une rétroaction paradoxale dans la production rénale d'érythropoïétine, puisque les niveaux de cette hormone augmentent en fait avec le temps, il a également été rapporté que la moelle érythroïde peut devenir moins sensible à la stimulation de l'érythropoïétine, un facteur clé contribuant avec d'éventuels déficits nutritionnels et comorbidités au développement de l'anémie chez les personnes âgées (Lippi et al., 2010).

On a noté que l'anémie était plus profonde ($\leq 7\text{g/dl}$) en cas de cause carencielle (39,68 % vs 16,30 % $P = 0,0002574118$). Ceci peut s'expliquer par le mode d'installation plus insidieuse de l'anémie carencielle. En effet, dans ce groupe de population, les signes d'alertes tel que la dyspnée les palpitations sont des signes moins présents car ces patients sont souvent moins mobile. Globalement, selon les études, on a noté que la fatigue était le signe le plus fréquent. Ce signe quoi que révélateur d'une pathologie sous jacente est souvent considéré à tort comme un signe normale de la vieillesse et donc ne nécessite pas une consultation. D'autre part l'anémie carencielle étant une

anémie d'installation lente et progressive, l'organisme a le temps de s'adapter et donc de mieux supporter l'anémie modérée à légère.

Quant à l'anémie inflammatoire, elle est souvent découverte plus rapidement car conséquence d'une pathologie inflammatoire source de la consultation précoce ou du suivi chronique du patient.

Quel que soit son étiologie l'anémie constitue un facteur de risque de mortalité importante. De nombreuses études démontrent que l'anémie est un facteur de risque indépendant d'augmentation de la morbidité et de la mortalité, ainsi que de diminution de la qualité de vie chez les personnes âgées (Bross et al., 2010). En plus d'être un facteur indépendant de morbi-mortalité, l'anémie est souvent associée à des maladies chroniques telles que les cancers solides, les hémopathies malignes, les hépatopathies ainsi que les pathologies cardiovasculaires. Ainsi nous avons constaté que les facteurs de mauvais pronostic étaient l'association à des maladies chroniques telles que (le VIH, le diabète, la cirrhose, cancer solide).

La cause carencielle quant à elle, facteur également de mauvais pronostic, rentre dans un cadre global de carence multiple dont la prise en charge doit être globale prenant en compte les autres carences.

Conclusion

L'anémie, cause de morbi-mortalité de la personne âgée reste fréquente, dans notre contexte. Sa symptomatologie clinique est dominée par des signes tels que la tachycardie et l'asthénie. On constate que la cause inflammatoire reste la première étiologie de cette anémie qui est grevée d'une mortalité importante. Une prise en charge préventive et thérapeutique efficace permettra de réduire cette morbi-mortalité liée à l'anémie chez la personne âgée.

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

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

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

Déclaration pour les participants humains : Cette étude a été menée en conformité aux normes éthiques et déontologiques et a reçu l'approbation du Comité d'Éthique et Déontologie (CED) de l'Hôpital National de Niamey. Nos données ont été recueillies dans le strict respect du secret médical. La confidentialité a été garantie.

References:

1. Al-Amoud, M. M., Omar, D. I., Almashjary, E. N., & Alomary, S. A. (2023). Morbidity profile among older people at primary health care centers in Saudi Arabia during the period 2012-2020. *Saudi Medical Journal*, 44(1), 45-56. <https://doi.org/10.15537/smj.2023.44.1.20220465>
2. Andr  s, E., & Mecili, M. (2011). Anaemia in elderly patients. *Blood Transfusion*, 9(1), 108. <https://doi.org/10.2450/2010.0028-10>
3. Bhasin, A., & Rao, M. Y. (2011). Characteristics of Anemia in Elderly : A Hospital Based Study in South India. *Indian Journal of Hematology & Blood Transfusion : An Official Journal of Indian Society of Hematology and Blood Transfusion*, 27(1), 26-32. <https://doi.org/10.1007/s12288-011-0056-4>
4. Bross, M. H., Soch, K., & Smith-Knuppel, T. (2010). Anemia in Older Persons. *American Family Physician*, 82(5), 480-487.
5. Geisel, T., Martin, J., Schulze, B., Schaefer, R., Bach, M., Virgin, G., & Stein, J. (2014). An Etiologic Profile of Anemia in 405 Geriatric Patients. *Anemia*, 2014, 932486. <https://doi.org/10.1155/2014/932486>
6. Krishnamurthy, S., Kumar, B., & Thangavelu, S. (2022). Clinical and hematological evaluation of geriatric anemia. *Journal of Family Medicine and Primary Care*, 11(6), 3028-3033. https://doi.org/10.4103/jfmpe.jfmpe_2239_21
7. Lippi, G., Franchini, M., Salvagno, G. L., Montagnana, M., Targher, G., & Guidi, G. C. (2010). Determinants of anaemia in the very elderly : A major contribution from impaired renal function? *Blood Transfusion*, 8(1), 44-48. <https://doi.org/10.2450/2009.0082-09>
8. Paller, C. J., Shiels, M. S., Rohrmann, S., Menke, A., Rifai, N., Nelson, W. G., Platz, E. A., & Dobs, A. S. (2012). Association Between Sex Steroid Hormones and Hematocrit in a Nationally Representative Sample of Men. *Journal of Andrology*, 33(6), 1332. <https://doi.org/10.2164/jandrol.111.015651>
9. Riva, E., Tettamanti, M., Mosconi, P., Apolone, G., Gandini, F., Nobili, A., Tallone, M. V., Detoma, P., Giacomini, A., Clerico, M., Tempia, P., Guala, A., Fasolo, G., & Lucca, U. (2009). Association of mild anemia with hospitalization and mortality in the elderly : The Health and Anemia population-based study. *Haematologica*, 94(1), 22-28. <https://doi.org/10.3324/haematol.13449>
10. Salis, F., Locci, G., Mura, B., & Mandas, A. (2023). Anemia in Elderly Patients—The Impact of Hemoglobin Cut-Off Levels on Geriatric Domains. *Diagnostics*, 13(2). <https://doi.org/10.3390/diagnostics13020191>

11. Semba, R. D., Ricks, M. O., Ferrucci, L., Xue, Q.-L., Chaves, P., Fried, L. P., & Guralnik, J. M. (2007). Types of anemia and mortality among older disabled women living in the community : The Women's Health and Aging Study I. *Aging clinical and experimental research*, 19(4), 259-264.
12. Sgnaolin, V., Engroff, P., Ely, L. S., Schneider, R. H., Schwanke, C. H. A., Gomes, I., Morrone, F. B., & de Carli, G. A. (2013). Hematological parameters and prevalence of anemia among free-living elderly in south Brazil. *Revista Brasileira de Hematologia e Hemoterapia*, 35(2), 115-118. <https://doi.org/10.5581/1516-8484.20130032>
13. Sharma, D., Suri, V., Pannu, A. K., Attri, S. V., Varma, N., Kochhar, R., Varma, S., & Kumari, S. (2019). Patterns of geriatric anemia : A hospital-based observational study in North India. *Journal of Family Medicine and Primary Care*, 8(3), 976. https://doi.org/10.4103/jfmpe.jfmpe_450_18
14. Skikne, B. S., Punnonen, Kari, Caldron, Paul. H., Bennett, M. T., Rehu, M., Gasior, G. H., Chamberlin, J. S., Sullivan, L. A., Bray, K. R., & Southwick, P. C. (2011). Improved differential diagnosis of anemia of chronic disease and iron deficiency anemia : A prospective multicenter evaluation of soluble transferrin receptor and the sTfR/log ferritin index. *Journal américain d'hématologie*, 86(11), 909-965.
15. Smith, D. L. (2000). Anemia in the Elderly. *American Family Physician*, 62(7), 1565-1572.

Résistances sociales autour de la césarienne à Dimbokro (Côte d'Ivoire) : Le poids des déterminants socioculturels

*Koffi N'Goran Germaine
Leh Bi Zanhon Guy Marcel
Koua Aka N'Zi Jean Vincent*

Laboratoire Genre Sexualité Santé et Développement
Université Alassane Ouattara, Côte d'Ivoire

[Doi:10.19044/esj.2025.v21n33p85](https://doi.org/10.19044/esj.2025.v21n33p85)

Submitted: 27 April 2025

Accepted: 21 November 2025

Published: 30 November 2025

Copyright 2025 Author(s)

Under Creative Commons CC-BY 4.0

OPEN ACCESS

Cite As:

Koffi, N.G., Leh Bi, Z.G.M. & Koua, A.N.J.V. (2025). *Résistances sociales autour de la césarienne à Dimbokro (Côte d'Ivoire) : Le poids des déterminants socioculturels*. European Scientific Journal, ESJ, 21 (33), 85. <https://doi.org/10.19044/esj.2025.v21n33p85>

Résumé

Alors que la césarienne connaît un taux de plus en plus élevé en Côte d'Ivoire, le défi de la mortalité maternelle et périnatale demeure. Même si la césarienne est de plus en plus pratiquée dans le pays, de nombreuses formes de résistances de la part des populations persistent et ne sont pas sans conséquences sur la santé materno-infantile. L'insuffisance de documentation sur les facteurs de résistances sociales autour de la césarienne limite des actions adaptées et salvatrices. Cette recherche a donc pour objectif de comprendre les résistances sociales autour de la césarienne à Dimbokro, à partir de parcours de femmes césarisées, afin d'en saisir les principaux déterminants. À partir d'entretiens approfondis réalisés avec des femmes césarisées et non césarisées, des proches aidants, des prestataires de soins et des matrones guérisseuses, on retient que la réfraction à la césarienne s'explique par trois facteurs clés : l'attachement aux pratiques médicales traditionnelles liées à la grossesse et l'accouchement ; les pesanteurs des interdits, totems et dogmes religieux ; ainsi que les normes de genre et considérations sexospécifiques liées à la maternité. Une meilleure compréhension de la césarienne chez les communautés pourrait limiter les décès maternels et périnatals évitables.

Mots-clés: Déterminants - Césarienne – Résistances – Femmes – Dimbokro

Social Resistance To Cesarean in Dimbokro (Côte d'Ivoire) : The Weight of Socio-Cultural Determinants

Koffi N'Goran Germaine

Leh Bi Zanhon Guy Marcel

Koua Aka N'Zi Jean Vincent

Laboratoire Genre Sexualité Santé et Développement
Université Alassane Ouattara, Côte d'Ivoire

Abstract

While cesarean delivery is experiencing an increasingly high rate in Côte d'Ivoire, the challenge of maternal and perinatal mortality remains. Even though cesarean is increasingly practiced in the country, many forms of resistance from populations persist and are not without consequences on maternal and child health. The lack of documentation on the factors of social resistance around the caesarean section limits appropriate and life-saving actions. This research, therefore, aims to understand the social resistances around the caesarean section in Dimbokro, from the journeys of women who have been caesarized, in order to grasp its main determinants. Based on in-depth interviews conducted with cesarean and non-cesarean women, family caregivers, healthcare providers, and healing matrons, it is concluded that the refraction at caesarean section is explained by three key factors: the attachment to traditional medical practices related to pregnancy and childbirth; the burdens of prohibitions, totems and religious dogmas; as well as gender norms and gender considerations related to motherhood. A better understanding of cesarean in communities could limit preventable maternal and perinatal deaths.

Keywords: Determinants - Cesarean Section – Resistance – Women – Dimbokro

Introduction

L'accouchement par voie basse est un processus naturel et physiologique. Cependant, dans certaines circonstances, une césarienne peut s'avérer nécessaire pour protéger la santé de la femme et de l'enfant (Berghella et al., 2005). Considérée comme la deuxième voie d'accouchement, la césarienne est définie comme un accouchement fœtal par une incision abdominale ouverte et une incision dans l'utérus (Bonney, 1948). Le taux mondial de cette chirurgie a doublé au cours des 10 dernières années pour atteindre 21 % (Nagy et Pap, 2020). Les données entre 2010 et 2018, provenant

de 154 pays couvrant 94,5 % des naissances vivantes dans le monde ont montré que 21,1 % des femmes ont accouché par césarienne (Betran et *al.*, 2021). Selon l’OMS (2015), les césariennes sont réalisées à des taux plus élevés que le taux optimal recommandé qui se situe entre 10 et 15%, tant dans les pays à revenu élevé que dans les pays à faible revenu (Betran et *al.*, 2021). Avec des moyennes allant de 5 % en Afrique subsaharienne à 42,8 % en Amérique latine et dans les Caraïbes, les taux les plus bas se trouvent en Afrique subsaharienne (5,0 %, 39 pays, couverture des naissances de 88,6 %) et les taux les plus élevés en Amérique latine et dans les Caraïbes (42,8 %, 23 pays, couverture des naissances de 91,2 %).

Bien que la césarienne ait des effets positifs sur la réduction de la mortalité maternelle et périnatale (Shah et *al.*, 2009 ; Ye et *al.*, 2016, Suwanrath et *al.*, 2021), le nombre de décès maternels et périnataux en Afrique subsaharienne constitue toujours un défi (Kpozéhouen et *al.*, 2023 ; Sobhy et *al.*, 2019 ; Galadanci et *al.*, 2020). En Côte-d’Ivoire, l’Enquête Démographique et de Santé (EDS) de 2021 a montré que le taux de décès maternel est de 385 décès pour 100 000 naissances vivantes. C’est environ quatre femmes (3,85) qui décèdent pour 1 000 naissances durant la grossesse, pendant l’accouchement ou dans les 42 jours qui ont suivi la fin de la grossesse. En ce qui concerne le taux de mortalité périnatale, sur 1 000 grossesses de sept mois ou plus durant les cinq dernières années, 48 se sont soldées par des mort-nés ou par des décès dans les sept premiers jours après la naissance (EDS, 2021). Le taux de mortalité périnatale est plus élevé parmi les femmes de moins de 20 ans (58 ‰) et celles de 40-49 ans (66 ‰) comparativement aux autres groupes d’âges (Institut National de la Statistique-INS et ICF, 2023). Même si on constate une nette progression durant les deux dernières décennies, de nombreux obstacles structurels et conjoncturels persistent. Dans un tel contexte, la césarienne a été identifiée comme un palliatif sûr et efficace afin de réduire les risques élevés de mortalité maternelle et néonatale. Mais force est de constater que ce mode d’accouchement se heurte à de nombreuses contestations d’ordre socioculturel et religieux en Côte d’Ivoire (Agobé, 2023), malgré son taux de 10,34 % de réalisations qui continuent d’augmenter avec disparités (EDS, 2021).

Même si des travaux de plus en plus récents montrent que l’attitude des femmes à l’égard de la césarienne a positivement évolué ces dernières années (Suwanrath et *al.*, 2021 ; Eide et *al.*, 2019), la réfraction des femmes enceintes à la césarienne électorale pour une préférence des accouchements par voie basse demeure une réalité (Agobé, 2023 ; Odent, 2005 ; Udoma, 2008). Les études en Côte-d’Ivoire ont largement abordé la santé génésique sous l’angle de la surveillance médicale des grossesses par les consultations prénatales (CPN) (MIC5, 2016 ; RASS, 2020 ; EDS, 2021, Kouassi et *al.*, 2017 ; Agobé, 2023) et sur les savoirs ethnobotaniques dans les soins obstétricaux pendant la

grossesse, à l'accouchement et après l'accouchement (Saraka et *al.*, 2018 ; Kouassi et al., 2017 ; Malan & Neuba, 2011 ; Kouadio, 2013 ; Moyabi et *al.*, 2020). De cette analyse littéraire, on note que très peu de ces études ont questionné les facteurs justifiant la réfraction des femmes à la césarienne quand elles y sont éligibles selon les diagnostics médicaux (Agobé, 2023). Pourtant, le refus de la césarienne au profit l'accouchement par voie basse après diagnostic reste étroitement lié aux causes de morbidité et de mortalité maternelle et périnatale en Afrique subsaharienne (Udoma, 2008 ; Udobang, 2018). C'est, en effet, un problème qui menace le taux de décès maternels et fœtaux évitables, dont l'avancée en Afrique subsaharienne se révèle encore lente malgré les nombreux efforts fournis (Onankpa & Ekele, 2009).

Cette peur sociale de la césarienne constatée, ainsi que les différents facteurs qui s'imbriquent autour de cette résistance sociale, restent à documenter en Côte d'Ivoire. Les motivations justifiant la résistance sociale de la césarienne restent encore mal connues et comprises en Côte d'Ivoire, d'où l'intérêt de cette réflexion. Cette étude a donc pour objectif de comprendre les résistances sociales autour de la césarienne à Dimbokro, à partir de l'analyse et la mise en évidence des déterminants socioculturels sous-jacents.

Matériaux, méthodes et cadre conceptuel

Matériaux

Cadre d'étude

L'étude a été menée dans le District sanitaire de Dimbokro. Le district sanitaire de Dimbokro est situé dans la région du N'Zi au centre de la Côte d'Ivoire. Le nom Dimbokro vient de « *Djingbôklô* » qui signifie dans la langue locale, village créé par « *Djingbo* ». Il est limité au Nord et à l'Est par le District Sanitaire de Bocanda, au Sud par le District Sanitaire de Toumodi et M'batto et à l'Ouest par les Districts Sanitaires de Yamoussoukro, Tiébissou et Didiévi. Son choix se justifie par le fait qu'en Côte d'Ivoire, le District sanitaire de Dimbokro, avec 16, 94 %, a le taux le plus élevé de césarienne, suivi des Districts de Katiola et d'Anyama avec respectivement, 14,67% et 14,44% (DIIS, 2020). Malgré le taux de césarienne élevé, le nombre de refus de se faire césariser chez les femmes enceintes n'est pas négligeable. En effet, le personnel de santé a fait cas de 7/10 des femmes enceintes qui manifestent généralement un refus dès la première annonce. La difficulté d'avoir des données quantitatives sur les refus déclarées par les femmes enceintes, du fait que ces données ne sont pas des indicateurs rapportés par le système d'évaluation du district sanitaire de Dimbokro, conforte la problématique de cette recherche.

Type et période de l'étude

Nous avons mené une étude qualitative à visée ethnographique, qui s'est déroulée du 20 juillet au 30 Août 2023.

Population d'étude

Critères d'inclusion

La population d'étude était constituée de 40 femmes mères ayant accouché par césarienne et par voie vaginale. Les données mises à notre disposition par le personnel de santé montrent qu'elles ont un âge compris entre 16 et 45 ans. La population d'étude était également composée de 12 parents ou proches aidants de femmes césarisées, de 04 matrones-guérisseuses et de 10 personnels de santé en soins gynécologiques, obstétriques et maternels. Des critères d'inclusion des acteurs ont été élaborés. Pour les femmes césarisées, comme critère, nous avons : être une femme césarisée au CHR de Dimbokro, être césarisée entre 2021 et 2022 (Période où assez de cas de refus ont été notifiés par le personnel de santé) ; résidée dans le district sanitaire de Dimbokro ; être joignable par téléphone et donner son consentement pour participer à l'étude. S'agissant du proche aidant, la personne est choisie sur la base des critères suivants : Être accompagnateur d'une femme césarisée au CHR de Dimbokro en 2022 et être reconnue par la femme césarisée comme accompagnateur. Pour les gynécologues, il faut être gynécologue travaillant au CHR de Dimbokro avant 2021. Pour les sage-femmes, être sage-femme qui travaille au CHR de Dimbokro avant 2021. S'agissant des matrones, elles ont été choisies à partir des critères suivants : Être dans le district sanitaire de Dimbokro ; être reconnue par les femmes césarisées et proche aidant ; avoir au moins deux ans d'expérience dans cette profession.

Justification du choix des enquêtés

Le choix des femmes césarisées se justifie par le fait que, c'est cette catégorie d'acteurs qui a fait l'expérience de la grossesse et de la césarienne. Ces femmes sont effet les mieux placées pour partager leurs expériences de la grossesse, de la césarienne, les comportements des agents de santé et les implications post-césarienne. Le choix du personnel de santé se justifie par le fait qu'ils observent au quotidien les comportements des femmes, entendent des discours en lien avec la césarienne. Etant constamment en interaction avec les femmes et les proches aidants, ils peuvent influencer leurs décisions et nous donner des récits en lien avec la césarienne. Le choix des proches-aidants, par ailleurs, ont été choisis parce qu'ils/elles ont observé les femmes depuis la grossesse jusqu'à la césarienne et après ce fait. Leurs témoignages nous ont permis d'avoir des informations sur les expériences des femmes, les contraintes auxquelles elles étaient confrontées tout au long de la période de

gestation et même après. Les matrones-guérisseuses ont été choisies en fonction de leur implication dans la prise en charge des femmes pendant leur période de grossesse, de naissance et de post accouchement, et reconnues comme tel. Leurs témoignages nous ont permis de présenter les médicaments traditionnels utilisés par les femmes lors de leurs grossesses, accouchements et dans le post partum.

Méthodes

Déroulement de l'étude

Menée dans le district sanitaire de Dimbokro, l'étude a démarré au sein du Centre Hospitalier Régional (CHR) de Dimbokro. Avec l'implication des sage-femmes, du surveillant des soins et des médecins gynécologues, une liste de femmes ayant subi une césarienne, et de celles programmées pour césarienne, a été mise à disposition de l'équipe de collecte de données. Les sage-femmes et les infirmières ont contacté ces femmes et leur ont fait la proposition de participer à l'étude. Pour la sélection des enquêtés, nous avons fait recours à deux techniques d'échantillonnage non probabiliste. La première, à savoir, la technique d'échantillonnage par choix raisonné a été mobilisée les entretiens et les observations exploratoires menés dans le district sanitaire de Dimbokro ; la recherche bibliographique, nous ont permis d'avoir des informations précises et récentes sur la configuration des acteurs qui interviennent dans la césarienne. La seconde technique d'échantillonnage a été la boule de neige ou réseau. Cette technique d'échantillonnage a été choisie pour découvrir de nouveaux répondants. Soulignons que par moment, certaines femmes étaient injoignables. Sachant qu'une familiarité se crée lors des pansements, nous nous sommes appuyés sur celles joignables pour recruter d'autres participantes. Par ailleurs, les entretiens ont débuté par une séance d'explication de l'objectif de l'étude, du consentement éclairé et sa signature. Des entretiens approfondis ont été menés avec les participantes (femmes césarisées ou non) afin d'explorer les raisons pour lesquelles elles refusaient d'accoucher par césarienne. Les femmes ont été interrogées individuellement dans un cadre confidentiel selon l'endroit du rendez-vous choisi par les participantes. L'approche de l'écoute active, basée sur des entretiens semi-directifs de type narratifs, a guidé les interviews. Chaque entretien a duré 30 à 50 minutes. Certaines participantes ont été revues plusieurs fois en raison de leur volonté à contribuer à la pertinence des informations. D'autres ont accepté volontairement de jouer le rôle de facilitatrice auprès d'autres femmes répondants aux critères de sélection.

Analyse des données

Après la collecte des données, les audios ont été rangés dans les dossiers créés pour chaque catégorie d'acteur. Les entretiens audios ont été

transcrits au moyen de la méthode de transcription intégrale des données. Les données ont été lues et relues. Dans la dynamique de faire l'analyse des données, nous avons fait recours à la méthode inductive de l'analyse thématique (Bengtsson M., 2016). Ainsi, une grille d'analyse a été construite. Les données textuelles obtenues via Word ont été analysées manuellement entretien par entretien grâce à cet outil. Les unités de signification ont été identifiées dans le texte. Les codes ont été associés à ces unités de signification. De ces unités de signification, des catégories et thèmes ont été forgés. Chaque étape a été réalisée et révisée plusieurs fois afin de vérifier les informations. Les résultats ont ensuite été discutés pour obtenir un consensus. Les transcriptions ont été discutées en utilisant un style d'analyse d'édition et en rédigeant des catégories basées sur les données. Enfin, la synthèse des condensats dans des descriptions conceptualisées a été réalisée et approuvée par tous les auteurs. Les thèmes majeurs générés ont été classés en trois grands thèmes : 1) Attachement aux pratiques médicales traditionnelles liées à la grossesse et à l'accouchement ; 2) Pesanteurs des interdits, totems et dogmes religieux ; 3) Normes de genre et des considérations sexospécifiques liées à la reproduction.

Considérations éthiques

Dans le cadre de cette étude, des dispositions éthiques ont été prises. Le Directeur Départementale de la Santé de Dimbokro a donné son accord pour cette étude après avoir suivi rigoureusement le protocole d'introduction de recherche en milieu médical. Les dossiers médicaux des patients n'ont pas été à notre portée. Toutes les participantes ont été contactées avec l'implication des prestataires de santé. Avant la réalisation des entretiens, un consentement libre et éclairé présentant les objectifs ; les finalités de cette recherche ; l'enregistrement des entretiens ; les prises de vue ainsi que la sauvegarde de données ont été lus et signés par l'enquêteur et l'enquêté. Des numéros ont été attribués aux enquêtés pour garder l'anonymat. Dans l'analyse, nous avons veillé à ce que des passages d'entrevues compromettant ou révélant l'identité puissent être retiré du discours. Les données ont été présentées à certains enquêtés avant la rédaction des résultats.

Cadre conceptuel

La théorie structuro-fonctionnaliste de Talcott Parsons (Rocher, 1972) a inspiré notre modèle d'analyse. Considérant la société comme étant un système structuré dont le rôle de chaque élément ou institution a un rôle fonctionnel pour maintenir l'équilibre social. L'accouchement par voie vaginale est considéré par les communautés comme une institution « normée » et « reproductrice sociale ». Analogiquement, ce mode d'accouchement à une fonction sociale foncièrement identitaire et religieuse, qui pourrait se

retrouver perturbée et menacée par les techniques médicales de soins prénataux et de modes d'accouchement modernes, en l'occurrence la césarienne. En s'appuyant sur cette théorie, on peut comprendre que la résistance à la césarienne s'inscrit donc dans une forme de maintien de l'institution et de régulation sociale dont les risques sont minimisés.

Résultats

Attachement aux pratiques médicales traditionnelles liées à la grossesse et l'accouchement

Les premiers entretiens réalisés avec les femmes césarisées mettent en évidence un fort attachement des femmes et des communautés aux modes de soins traditionnels lors de la grossesse et après l'accouchement, très souvent en association avec les soins conventionnels.

Les femmes du village, elles ne viennent pas à l'hôpital comme ça. Elles disent qu'elles vont faire médicament indigénat là-bas. Quand elles veulent accoucher que c'est difficile, elles viennent urgemment pour accoucher. Quand elles viennent là, elles accouchent normalement sans problèmes, elles s'en vont ». [L.K, Gynécologue-Obstréticien, Entretien N°4]

L'usage des médicaments traditionnels est présenté comme une pratique familière et ancestrale, suggérant que cela fait partie de l'habitus dans la médecine génésique locale. Les femmes césarisées interrogées affirment avoir eu recours à des facilitateurs traditionnels, très souvent dès le premier trimestre de la grossesse. Elles expliquent :

« Chez nous les Baoulé, quand une fille prend grossesse, on lui donne des médicaments traditionnels pour se purger. Depuis nos grands-parents, c'est comme ça qu'on fait [...] Toutes les femmes ici utilisent les médicaments traditionnels comme le *Baéfouè gnaman*, pendant la grossesse pour éviter les complications ». [M.D, Entretien N°18]

La transmission des savoirs et pratiques génésiques endogènes d'une génération à une autre, est une tradition fidèle à laquelle les communautés se prêtent comme une référence sûre. Cette fidélisation aux croyances et pratiques renforce leur attachement aux pratiques génésiques endogènes. « *Ma fille utilisait médicaments traditionnels. C'est pour le bien de l'enfant [...] On boit. On se purge¹, et puis on met sur le ventre. La dame même qui m'a donné là, elle a une fille même qui a accouché. C'est avec les médicaments*

¹ Expression dans le jargon ivoirien qui désigne l'usage de mixture liquide administré par voie anale pour un lavement intestinal.

traditionnels qu'elle a accouché ». [M.D, entretien N°18]. La référence à une autre femme qui a accouché avec « succès » grâce à des médicaments traditionnels, rassure et conforte aussi la transmission de ce patrimoine médico-culturel. Ce patrimoine regorge d'une gamme préférentielle de produits tradithérapeutiques issus de la communauté Baoulé, et figurant comme un mode thérapeutique usuel et indispensable chez les femmes enceintes. Parmi tant d'autres, on ne peut que citer celles-ci : *Oviénoukpatchè*, *Cotoignaman*, *Baéfouè gnaman*, *Cotoignaman* et *Awoulièflôlô*. Certaines interviewées nous expliquent les multiples vertus de chaque plante et amulette :

La boulette *Oviénoukpatchè*, c'est une boulette utilisée pour traiter les cas de bassin limite, bassin généralement rétréci, elle traite la « maladie de l'os » (le bassin). Elle est confectionnée à base de kaolin, aide à ajuster les os du bassin de la femme enceinte. [Guérisseuse-Matrone, Entretien N°36]

Les « maladie de l'os », c'est-à-dire les cas de bassin limite, sont présentées par les acteurs communautaires comme étant la cause principale des complications sur les accouchements dans la communauté. Pour décanter un éventuel cas de circulaire du cordon chez le fœtus, une autre boulette est utilisée : « *Cotoignaman* ».

La boulette « *cotoignaman* » s'utilise lorsque la femme enceinte veut éviter que « le cordon ombilical dérange » le développement de la grossesse. Ceci permet à la femme d'éviter que le « cordon attrape le cou de l'enfant ». (*Traduit de la langue Baoulé*) [N°37]

Pour le bien-être de la femme enceinte, une autre amulette dite « protectrice » intervient : *Baéfouè gnaman*. La guérisseuse explique que :

L'amulette *Baéfouè gnaman* portée par la femme enceinte à la taille, cette amulette « sécurise » la grossesse contre « l'esprit malin » en cas de transgression des « règles », il joue un rôle d'expiation des fautes commises et permet de se protéger des esprits malins qui pourraient l'attaquer non seulement pendant la grossesse mais aussi au cours du travail de l'accouchement. [N°37]

Une autre amulette joue un autre rôle, celui de « facilitateur » : L'amulette « *Awouliè flôlô* ».

L'amulette « *Awouliè flôlô* » est portée par la femme enceinte dès que le travail commence suivie d'incantations tout le travail durant, pour lui faciliter l'accouchement [...] ça ouvre

considérablement le bassin pour l'expulsion du fœtus et ça permet de traiter aussi les gros fœtus » [N°4].

En plus des boulettes et des amulettes, une autre plante est reconnue pour ces vertus bienfaitrices pour la femme enceinte : *Katchiclé*. Une interviewée nous explique que ces feuilles sont utilisées par les guérisseuses du village pour attester de la guérison définitive de certaines patientes (de paludisme, de fatigue physique, d'insomnie ou enflures, etc.). Un assistant de matrone explique : « *Quand la vieille finit de soigner quelqu'un, tu vas, tu viens, et elle prend les feuilles et les passe sur tout le corps de la femme, et elle jette. C'est comme tu es guérie, mais ta guérison est définitive. S'il y a totems, tu peux manger ça maintenant* » [N°45]. Ces feuilles sont également associées à d'autres produits de soins pour traiter les douleurs pelviennes et les céphalées, disent-ils. Elles sont également utilisées pour « *changer la position de l'enfant qui ne vient pas avec la tête* » [N°43].

Le fort attachement des femmes interrogées à la diversité de produits tradithérapeutiques pour la santé génésique reflète une certaine confiance des communautés dans la médecine traditionnelle, et plus particulièrement pour la santé génésique. Elle est considérée comme riche et plus complète par les usagères et les prescriptrices (guérisseuses et matrones). À ce fort attachement à la médecine traditionnelle, se rattachent les croyances religieuses et les pesanteurs des mythes.

Pesanteurs des interdits, totems et dogmes religieux

La césarienne, pour la majorité des enquêtés, n'est pas considérée comme un acte médical « simple » mais « spirituel ». « *La césarienne, ce n'est pas quelque chose de normal, ça a forcément une raison spirituelle* » [N°50]. Un ensemble d'interdits, de totems et dogmes religieux autour de la grossesse ont été identifiés dans le discours des enquêtés : Les bains tardifs, sortir tard dans la nuit, les postures physiques inadéquates et le respect à l'endroit des personnes âgées. « *Une femme enceinte ne doit pas se laver tard* » ; « *elle ne doit pas sortir la nuit* » ; « *elle ne doit pas croiser les jambes* » [N°9 ; 47 ; 16]. Une autre femme interviewée réagit : « *Le manque de respect à l'intention des beaux-parents et des personnes âgées, ce qui provoque des disputes et des malédictions peut provoquer une césarienne* ». [H.B, Entretien N°10]. Pour elles, la césarienne apparaît comme la violation des totems et les interdits imposés à la femme enceinte. Parmi plusieurs « interdits » cités, une autre enquêtée explique que « *l'accouchement d'un enfant conçu au champ, en brousse peut rendre l'accouchement difficile jusqu'à la césarienne* » [N.A, Entretien N°13]. Les complications à l'accouchement qui conduisent à la césarienne sont souvent interprétées comme la sanction suite aux relations adultérines et la pratique de l'avortement. C'est l'exemple d'une femme ayant

eu une grossesse adultérine dans la communauté et qui a été césarisée. Celle-ci est réprimandée en ces termes : « *De toute façon, tu as fait une mauvaise chose, ça ne pouvait que compliquer l'accouchement* ». [K.L, Entretien N°4]. Une autre avance que « *Les dieux m'ont puni à travers cette césarienne à cause de l'avortement que j'ai tenté de faire* » [N°16]. Avoir des rapports sexuels dans des lieux considérés socialement comme inappropriés peut-être comme une cause de la césarienne. « *Je suis responsable de cette césarienne car mon petit ami et moi, faisons régulièrement ça (l'amour) dans des champs, en plein air ce qui est interdit ici* ». Considérée comme une sanction divine, la césarienne est aussi perçue par plusieurs femmes comme les conséquences d'un sort maléfique. Une autre participante explique le cas de l'une de ces nièces : « *C'est sa tante qui est responsable de sa césarienne. Elle sait que sa tante a des pouvoirs maléfiques, la communauté l'a toujours soupçonnée. Avec ça, elle a osé lui manquer de respect* » [N°32].

Comme l'ont mentionné plusieurs enquêtées, la césarienne peut également être causée par la violation des interdits alimentaires : « *Avant, les femmes enceintes ne mangeaient qu'à la maison, on ne les autorisait pas à manger dehors [...] Il n'y avait pas autant de césariennes. Aujourd'hui, il y a trop d'assaisonnements chimiques dans ce qu'elles mangent, donc il y a beaucoup de césarienne* » [G.P. Entretien N°49]. Une autre enquêtée soutient que « *la femme enceinte ne doit pas manger tard* » [N°17].

Comme nous l'ont fait remarquer des enquêtées, la réfraction à la césarienne est aussi liée à une interdiction culturelle : la chirurgie. Considérées comme des interdits, certaines familles s'opposent à la réalisation de chirurgie invitant à des ouvertures de la peau des « lames » (bistouri), encore moins pour donner vie. Un agent de santé explique :

« Il y en a aussi qui disent, ils ne veulent pas parce qu'ils doivent aller voir les ancêtres parce que lame ne doit pas toucher leur corps. On rencontre de nombreux cas comme ça. C'est lorsque ça devient compliqué qu'ils retournent. Tu leur demandes ce qui n'a pas marché, ils sont là [...] Ce qui est récurrent, c'est le fait que lorsque tu parles de césarienne, la famille te dit que chez nous, on ne met pas lame pour faire sortir l'enfant lorsque la femme est enceinte. On a entendu ce discours plusieurs fois ici. Ils disent ça, mais, lorsque la femme n'arrive pas à accoucher, ils reviennent » [L.L, Infirmière, Entretien N°3]

On note que plusieurs femmes interrogées et leurs familles considèrent la césarienne comme une malédiction, une punition divine suite au non-respect des totems et des interdits. Les indications de la césarienne au sein des communautés semblent être mal comprises et donc très souvent contestées par

les femmes enceintes et leurs maris. Ces croyances mythiques autour de cet acte médical constituent des pesanteurs qui influencent négativement la décision de se faire césarianiser chez les femmes enceintes. L'environnement socioculturel, par ces multiples pressions, y joue un rôle prépondérant.

Normes de genre et des considérations sexospécifiques liées à la reproduction

Des entretiens réalisés avec les participantes de cette recherche, il ressort que la césarienne n'est pas considérée comme un mode d'accouchement dans la communauté. « *Dans notre culture, quand on accouche par césarienne, c'est qu'on n'a pas accouché, et plusieurs fois on me l'a rappelé* ». [N°7]. En effet, pour la majorité des participants à l'enquête, l'accouchement d'une femme ne peut être associé à une chirurgie. « *Quand on parle d'accouchement chez nous, ce n'est pas opération (chirurgie). Quand on te fait une césarienne, c'est comme tu n'es pas une vraie femme* » [N°15]. Comme le font remarquer plusieurs participantes, les femmes césarisées ne sont pas reconnues comme de « vraies femmes » dans la communauté. Le clivage entre femme ayant accouché par césarienne et celles ayant donné naissance par voie basse est une réalité au sein des communautés. « *Du fait d'avoir fait la césarienne, on n'est pas comme les autres, celles qui ont accouché normalement [...] On a l'impression d'être mise de côté, on ne sait pas c'est quoi les contractions, c'est comme si on n'avait pas accouché comme des femmes normales* » [N°21]. Des formes de discriminations et stigmatisations telles que le rejet sont manifestes au sein des communautés. Des femmes césarisées s'affirment :

« *Quand on a fait la césarienne, on n'est pas considérées comme les autres, celles qui ont accouché [...] Mes copines disent que je ne connais pas l'accouchement, que je ne sais pas c'est quoi les contractions [...] Moi, on m'a dit : "tu n'as pas accouché, l'accouchement se fait dans la douleur", je me suis sentie blessée par ces remarques* » [N°16]. Selon certaines enquêtées, la femme est reconnue comme telle en raison des douleurs de l'enfantement. Celles ayant accouché « sans douleurs », c'est-à-dire par césarienne, sont classées comme des « fainéantes » ou des « paresseuses » disent-elles. Certaines femmes césarisées, par ailleurs, sont considérées comme « maudites » disent-elles. Une sage-femme explique : « *Quand on leur dit, c'est une césarienne, elles sont paniquées, parce que chez elles, ce n'est pas normal, la césarienne, c'est comme une sorcellerie quoi, c'est comme si on t'a maudit* » [N°19].

Par ailleurs, comme certaines femmes interrogées l'ont souligné, la césarienne réduit la force de travail ainsi que la productivité des femmes dans le travail domestique.

« Eeeh chez nous là, c'est que tu es considérée comme une femme faible dès. Parce que, si tu es au village, tu as fait césarienne là, tu ne peux pas aller faire travail de champ comme d'habitude parce qu'on te trouve fragile. Si petit truc arrive, tu es malade, tu fais petit travail, tu te sens bizarre. Voilà, on ne peut pas faire grand travail encore ». [A.K. Entretien N°36]

La reprise post-césarienne des femmes est lente et leurs capacités à exercer leurs activités quotidiennes s'amenuisent, et les rendent de moins en moins aptes à assurer leurs travaux domestiques. Des participantes expliquent : « *Tu ne peux plus rien faire après la césarienne ; tu ne peux pas aller au champ, tu ne peux même pas faire les tâches ménagères, tu as toujours besoin de quelqu'un pour t'aider* » [N°6]. Une autre renchérit : « *Accouchement normal est mieux que césarienne hein. Je dis ça, parce que, quand tu finis, tu peux faire tes activités. Mais, césarienne, ce n'est pas facile avec les douleurs de bas-ventre tout ça* » [N°18]. Cette dimension handicapante post-césarienne renforce la volonté des femmes pour accoucher par voie basse. « *Je préfère accouchement par voie basse parce que quand tu accouches, on ne sait même pas que tu as accouché. Une fois l'enfant sort, toi-même, tu peux faire les choses comme tu faisais avant. Mais, césarienne là, un peu seulement, ton côté te fait mal* ». [N°30]. Cette fragilité physique des femmes césarisées est fortement perçue par les familles et leurs entourages, où certaines femmes disent voir leurs vies sexuelles négativement influencer. L'observation de l'abstinence post-partum peut être prolongée. « *Pour aller avec ton mari après une césarienne, il faut attendre deux ou trois mois* » [N°5]. L'une d'elles explique :

« Même sur le lit, souvent quand tu as la césarienne comme ça là, tu ne peux pas trop forcer avec ton mari encore, tu fais un peu, un peu s'il voit que ça ne l'arrange pas là, il s'en va prendre une autre femme. Ce n'est pas facile hein femme césarisée souffre hein. On ne prie même pas Dieu pour que la femme fasse la césarienne ». [K.G. Entretien N°7]

La contre-performance et l'inactivité sexuelle des femmes associées à leur fragilité perçue, engendrent des conflits dans le couple de certaines femmes. Ces complications post-césariennes occasionnent plus souvent des relations adultères de leurs maris, nous disent-elles. « *Ma cousine et moi, on n'a plus de mari, nos maris nous ont quitté à cause de la césarienne, ils sont allés voir d'autres femmes [...]* Mon mari a commencé à me boudier, il était

toujours parti prétextant qu'il me fallait beaucoup de temps pour récupérer ». [N°14]. Cela motive très souvent la venue d'une nouvelle coépouse dans le ménage. *« Mon mari a pris une deuxième femme à cause de la césarienne, parce qu'il dit que je ne pourrai pas lui faire beaucoup d'enfants ».* [N°26]. Comme plusieurs femmes l'ont fait remarquer, la césarienne est perçue comme un « limiteur de naissance ». Pour ces femmes et leurs communautés, la césarienne réduit la capacité de reproduction. *« Quand, on m'a tracé (césarisé), les femmes du village ont commencé à dire que, tu es jeune comme ça, on t'a fait césarienne, c'est que tu ne vas pas faire assez d'enfants »* [N°19]. Les limitations des maternités qu'elles rencontrent après la césarienne constitue une raison collective de réfraction à cette deuxième voie d'accouchement.

« Beaucoup de gens disent, si tu as fait 1, 2, 3 ils vont te dire, ah si tu as fait un encore c'est bon hein faut plus faire encore. Alors que femme qui accouche normalement peut faire 10, 11. Tu n'as pas de problème, sauf si toi-même tu vas arrêter comme les enfants sont beaucoup maintenant là attend, je vais arrêter. Sinon tu fais tu peux faire 20 même. Si, tu sais que tu ne peux pas travailler encore à la maison comme avant ». [N°7]

Plusieurs femmes, selon les enquêtées, n'ont pas eu d'autres maternités après la césarienne. Les difficultés de donner naissance plusieurs fois après une césarienne sont susceptibles d'être à la base de la rupture des foyers. La médecine moderne est soupçonnée de comploter contre la reproduction des femmes, selon plusieurs femmes. *« Les docteurs font la césarienne pour qu'on ne fasse pas beaucoup d'enfants »* [N°7]. Elles ajoutent : *« Les docteurs font volontairement des césariennes aux femmes pour limiter leur capacité à enfanter, allant jusqu'à stériliser volontairement les femmes »* [N°9].

La césarienne transforme le corps en raison de la cicatrice au bas de l'abdomen post-césarienne. *« Il y a cette cicatrice qui reste toujours gravée. Ça, on ne peut pas l'enlever. Les femmes, ça les marque beaucoup »* [N°7]. Cette cicatrice a la capacité aussi de limiter les chances de rencontrer un partenaire disent-elles. La honte d'un « corps césarisé » hante ces jeunes femmes. Cette cicatrice post-césarienne perceptible, suscite chez certaines femmes la peur et répulsion de ce mode d'accouchement, qui pourrait se solder par la mort. *« J'ai vu la cicatrice de ma sœur, elle était carrément ouverte de gauche à droite. Ça m'avait fait très peur. Elle m'a dit n'accepte jamais qu'on te fasse une césarienne, sinon tu vas mourir ».* Il est clair que la peur de mourir est une cause de réfraction pour la majorité de femmes enceintes. *« Tout ce que l'on te fait, tu ne vois pas dedans, l'opération (la césarienne) peut occasionner la perte de la maman. D'ailleurs, il y a quelques années, j'ai perdu une amie suite à une césarienne, elle n'avait que 33 ans »* [N°7].

Les clivages liés aux considérations socioculturelles et sexospécifiques se révèlent tel un catalyseur de fragilisation des femmes ayant accouché par césarienne. Apparaissant comme des « paresseuses », ces normes de genre entretenues ont des effets sur leurs épanouissements et leurs pleines reconnaissances sociales.

Discussion

Usage de pratiques tradithérapeutiques et reproduction sociale

Dans la culture africaine, l'accouchement est un processus qui se construit (Malan & Neuba, 2011). Les soins prénataux sont très influencés par remèdes traditionnels qui ont la reconnaissance générationnelle pour « leur authenticité » (Benlamdini *et al.*, 2014). En effet, comme de nombreux travaux l'ont révélé, les gestantes en Afrique subsaharienne souscrivent à une gamme de produits tradithérapeutiques afin de *faciliter l'accouchement* et voir son enfant sain et sauf. En effet, en Côte d'Ivoire, les remèdes traditionnels interviennent fortement dans le suivi de la grossesse depuis le premier trimestre jusqu'à l'accouchement (Kipré *et al.*, 2017). Comme l'ont mis en évidence nos résultats, les travaux de Moyabi *et al.* (2020) révèlent un fort attachement des gestantes ivoiriennes à la tradithérapie. Avec plus de 27 espèces végétales réparties entre 26 genres et 18 familles citées, les plus utilisés sont les feuilles avec 88 %. Celles utilisées durant toute la durée de la grossesse représentent 33,33 %. Ces remèdes sont administrés par voie anale (98 %) et orale (2 %). Certains tradithérapeutes expliquent que les plantes sont utilisées soit pour entretenir le fœtus et/ou pour traiter certaines pathologies chez la femme enceinte. Parmi ces affections, les saignements en début de grossesse (26,4 %), les fausses couches (25,5 %) et le paludisme (20 %) sont les affections les plus citées. Ainsi, certaines plantes sont utilisées pour contrer les saignements en début de grossesse (*Plectranthus monostachyus*, *Reissantia indica*), contre le paludisme (*Secamone afzelii*, *Trichilia prieureana*), pour la santé et le bon développement du fœtus (*Amaranthus viridis*, *Elytraria marginata*), pour éviter les fausses couches (*Barleria oenotheroides*, *Lantana camara*), lorsque l'enfant ne bouge pas dans le ventre de la mère (*Clerodendron capitatum*, *Morinda lucida*) et enfin contre les douleurs abdominales avec comme exemples, *Ricinodendron heudelotii* et *Desmodium adscendens*. L'usage des plantes dans les soins prénataux, s'explique en grande majorité par les vertus thérapeutiques de ces plantes. Avec des compositions riches en nutriments, Tournaire (1982) explique que les protéines sont indispensables pour le fœtus surtout au 3^e trimestre de la grossesse. Ces plantes aussi favorisent une mobilisation des réserves maternelles au profit du placenta, de l'utérus et du liquide amniotique. Composés de *Ricinodendron heudelotii* et *Secamone afzelii*, ces plantes interviennent dans le traitement du paludisme et aussi dans le soulagement des

douleurs abdominales rencontrées au cours de la grossesse (Ouayogode, 2021). La présence des polyphénols tels que les flavonoïdes, les tanins ainsi que les terpènes et les stérols sont doués de propriétés anti-inflammatoires, antioxydants et antipaludiques (Krishna et al., 2008 ; Adil et al., 2013). De Wals et al., (2007) rappellent que les folates et la vitamine B12, contenus dans ces plantes sont des facteurs nécessaires à l'hémostase. Elles favorisent une bonne division cellulaire permettant d'éviter toute malformation caractérisée par un défaut de développement ou de fermeture de la moelle épinière d'un enfant dans l'utérus. Par ailleurs, les feuilles de *Ageratum conyzoides*, selon Bouquet et Debray (1974), sont utilisées pour calmer les saignements utérins, du fait des polyphénols de types coumarines qui agissent contre les hémorragies viscérales. Les besoins en fer en magnésium durant la grossesse sont significativement augmentés surtout lors du deuxième trimestre de la grossesse (Taner et al., 2015). Certaines de ces plantes en contiennent suffisamment afin de réduire les contractions utérines qui peuvent déboucher sur un accouchement prématuré.

Le fort attachement des femmes enceintes aux plantes pour les soins prénataux constatés dans la zone de Dimbokro pourrait aussi s'expliquer par une pleine confiance aux multiples vertus thérapeutiques plus « sûres », « complètes » et abordables économiquement que Akoto (1992) traduit de « médecine de totalité », dont elles ont « hérité » (Malan et Neuba, 2011 ; Benlamdini et al., 2014) et dont les résultats contestent très souvent les diagnostics « mécaniques » de la médecine moderne (Akoto, 1992).

Coutumes, rites et acceptation de la césarienne

Les participantes à l'étude entretiennent de fortes croyances autour des aspects magico-thérapeutiques du suivi de la grossesse et de l'accouchement (Saraka et al., 2018 ; Kouassi et al. 2017 ; Kouadio, 2013). Les traitements « spirituels » accordés à la femme enceinte ont été aussi observés dans plusieurs cultures, d'où une diversité d'interprétations de l'accouchement, et en particulier, de la césarienne comme mode d'accouchement (Cantrelle et Locoh, 1990). Selon Loux, « Dès qu'il s'agit de soins aux enfants, domaine intime du corps, de la vie et de la maladie, d'autant plus chargé de sens que reflété à travers l'anxiété des mères, le surnaturel occupe une place centrale. » (Loux F., 1977: 45). Les superstitions qui entourent la grossesse influencent négativement la soumission des femmes et de leurs parentèles aux indications de la césarienne. Les résultats de notre étude ne s'écartent pas de ceux de Ugwu et De Kok (2015) et Udoma et al. (2008) du Nigeria. Même si nos résultats n'ont pas mis en corrélation, la religion des femmes et leurs rapports à la césarienne, il n'en demeure pas moins que les appartenances religieuses des femmes participantes jouent un rôle déterminant dans l'acceptation de la césarienne. Il est fréquent de constater, dans les pays d'Afrique subsaharienne,

que des femmes contestent l'indication de la césarienne qu'elle soit électorive ou d'urgence. Le mode d'accouchement traditionnel est préféré par les gestantes et leurs familles au détriment de la césarienne, en prétextant le pouvoir de la « foi » et la « protection divine » (Koné, 2019 ; Rajabi et *al.*, 2016). Il arrive que ces patientes, peu importe leurs religions, refusent de recourir aux injections, aux transfusions sanguines, ou même parfois à toute forme de médication (autre que la prière), quel que soit l'état de gravité de la maladie. Cette perception négative de la césarienne n'est pas sans incidence sur la santé maternelle et néonatale.

Rapport entre césarienne et normes de genre

Au-delà des considérations surnaturelles et des croyances religieuses, les résistances sociales autour de l'accouchement par césarienne se justifient aussi par les stigmatisations sociales des femmes après un accouchement par césarienne, les transformations du corps et la vie intime dite défaite que subissent les femmes post-césariennes. Les croyances selon lesquelles la valeur d'une femme se mesure par les douleurs de l'accouchement, socialement répandus dans les sociétés conservatrices, encouragent les femmes à désirer l'accouchement par voie basse, malgré les risques auxquels elles s'exposent (Udoma, 2008). La pression sociale, surtout celle des familles et des maris, constituent une réelle oppression contre l'acceptation de la césarienne. Nos résultats ne controversent pas ceux de Udobang (2018). L'auteur et plusieurs autres études nigérianes, conclut qu'au Nigeria, ne pas accoucher par voie vaginale peut-être perçue comme une remise en cause de la féminité de la femme, ce qui lui vaut souvent d'être qualifiée de « faible » et de « paresseuse », comme dans d'autres pays en Afrique subsaharienne. L'influence des familles sur les maris et sur la femme enceinte en vue d'un accouchement vaginal ne leur confère pas une entière autonomie de décision du mode d'accouchement (Mumtaz & Salway, 2007 ; Ezechi, 2004). Pour respecter la tradition ou ne pas décevoir leurs propres familles ainsi que leurs belles familles, les femmes défient donc les indications d'une césarienne électorive en allant d'hôpitaux en hôpitaux, ou en s'orientant vers des matrones, des guérisseurs ou des pasteurs, afin d'accoucher par voie basse peu importe le risque. Par ailleurs, la peur de l'incapacité de donner naissance suite à une césarienne, des complications post-césariennes et la peur de mourir durant l'intervention ont été également identifiés comme des motifs de refus de la césarienne (Anyasor, Adetuga, 2017 ; Orji et *al.*, 2008). Les inégalités entre les sexes, et la prégnance du patriarcat dans les communautés africaines, limitent la reconnaissance et l'acceptation de la césarienne comme un mode d'accouchement alternatif.

Conclusion

L'objectif de cet article a été de comprendre l'influence des déterminants socioculturels qui motivent la réfraction des femmes enceintes à la césarienne, malgré ses effets positifs sur la morbidité et la mortalité maternelle et périnatale. Trois facteurs clés ont émergé de notre analyse : l'attachement aux pratiques médicales traditionnelles liées à la grossesse et l'accouchement, les pesanteurs des interdits, totems et dogmes religieux et les normes de genre et des considérations sexospécifiques liées à la reproduction. On retient que les avancées réalisées par le système de santé ivoirien dans la réduction la morbidité et la mortalité materno-infantile, par le biais de la césarienne, fait face à des réfractions de l'intervention malgré son efficacité prouvée. Le fort recours des femmes enceintes aux pratiques thérapeutiques traditionnelles et spirituelles pendant la période de la grossesse jusqu'à l'accouchement, s'inscrit aussi dans une stratégie d'évitement de la césarienne. La désinformation autour de la césarienne et de ces avantages, associés au manque de confiance au système de santé perçu chez les populations ainsi que leurs faibles accès aux soins, limitent l'acceptation de la césarienne en pays Baoulé. Les rapports inégalitaires entre hommes et femmes, en raison du contexte culturel fortement patriarcale, induisent et maintiennent un système de pression sociale sur la décision de pratiquer la césarienne de façon autonome, même quand les diagnostics médicaux le recommandent. Les risques inévitables des césariennes d'urgences pouvant menacer la santé de la parturiente et celle du nouveau-né sont causés par l'influence socioculturelle, religieuse et des normes sexospécifiques de l'accouchement par césarienne. Il est donc nécessaire de trouver des moyens de promouvoir les césariennes nécessaires en s'attaquant aux normes et aux attentes socioculturelles dominantes qui entravent son acceptation. Nous proposons donc une accentuation des recherches sur les facteurs d'obstacles à la césarienne indicative en Côte d'Ivoire et à la mise en évidence de ces effets négatifs sur la santé mère-enfant. Encourager, par ailleurs, les politiques publiques à s'appliquer à réduire la désinformation sur cette intervention médicale qui a pour but de sauver des vies.

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

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

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

Déclaration pour les participants humains : Cette étude a été approuvée par le Département d'Anthropologie et Sociologie de l'Université Alassane Ouattara et les principes de la Déclaration d'Helsinki furent respectés.

References:

1. Adil, R., Sumit, K. V., Shahid, M., Haris, M. K., Ashraf, M. M., Abbas, A. M., & Shujatullah, F. 2013. Lipid peroxidation in cerebral malaria and role of antioxidants. *Journal of Pharmacy*, 3, p. 15-18.
2. Agobe, A. J. 2023. Problématique des aspects comportementaux, attitudes et perceptions associées à la césarienne en contexte ivoirien. *Collection Pluraxes/Mondes*, p. 10-25. <https://edition-efua.acaref.net/wp-content/uploads/sites/6/2023/11/Ablakpa-Jacob-AGOBE.pdf>
3. Akoto, E. 1992. *Déterminants socio-culturels de la mortalité des enfants en Afrique noire*. Accademia, Louvain-laneuve.
4. Akoto, E. M., Kouame, A., & Lamlem, S. L. 2002. Se soigner aujourd'hui en Afrique de l'ouest : pluralisme thérapeutique entre tradition et modernité (Bénin, Côte d'Ivoire et Mali). *Les cahiers de l'Iford* n°27, 165p.
5. Anyasor, C. & Adetuga A. 2017. Perception et croyances culturelles des femmes enceintes à l'égard de la césarienne : étude de cas de femmes enceintes vivant dans une communauté rurale du sud-ouest du Nigéria. *J Nur Health Sci*, 1, p. 22–26.
6. Bengtsson, M. 2016. Comment planifier et réaliser une étude qualitative à l'aide de l'analyse de contenu. *NursingPlus Ouvert*. 2, p. 8–14.
7. Benlamdini, N., Elhafian, M., Atmane, R., & Lahcen, Z. 2014. Étude floristique et ethnobotanique de la flore médicinale du Haut Atlas oriental (Haute Moulouya), Maroc. *Journal of Applied Biosciences*, 78, p. 6771- 6787.
8. Berghella, V., Baxter, J.K. & Chauhan, S.P. 2005. Evidence-based surgery for cesarean delivery, *Am. J. Obstet. Gynecol.*, 193, p. 1607-1617.
9. Betran, A. P., Torloni, M. R., Zhang, J. J., Gülmezoglu, A. M., & WHO Working Group on Caesarean Section. 2016. WHO Statement on Caesarean Section Rates. *BJOG : an international journal of obstetrics and gynaecology*, 123(5), p. 667–670. <https://doi.org/10.1111/1471-0528.13526>
10. Betran, A.P., Ye J., Moller, A.B., Souza, J.P. & Zhang, J. 2021. Trends and projections of caesarean section rates: global and regional estimates, *BMJ Glob. Health*, 6, p. 1-8.
11. Bonney, V. 1948. Lower-segment caesarean section, *Br. Med. J.*, 312

- p.
12. Bouquet, A. & Debray, M. 1974. *Plantes médicinales de Côte-d'Ivoire*, Imprimerie Louis Jean, Paris (France), 232 p.
 13. Cantrelle, P. & Locoh T. 1990. Facteurs culturels et sociaux de la santé en Afrique de l'Ouest. *Les dossiers du Ceped n°10*, Paris.
 14. Eide, K.T, Morken, N, Børøe, K. 2019. Raisons maternelles pour demander une césarienne planifiée en Norvège : une étude qualitative. *BMC Grossesse Accouchement*. 19 (1), 102. <https://doi.org/10.1186/s12884-0192250-6>
 15. Ezechi, O., Fasubaa, O.B., Kalu, B.E., Nwokoro, C.A. & Obiesie, L.O. 2004. Caesarean Delivery: Why the Aversion. *Tropical Journal of Obstetrics and Gynaecology*, 21, p. 164-167. <https://doi.org/10.4314/tjog.v21i2.14494>
 16. Fuglenes, D., Aas, E., Botten, G., Øian P, Kristiansen, I.S. 2011. Pourquoi certaines femmes enceintes préfèrent-elles la césarienne ? *L'influence de la parité, des expériences d'accouchement et de la peur. Am J Obstet Gynecol*, 205(1) : 45, p. 1–9.
 17. Galadanci, H., Dongarwar, D., Künzle, W., Shittu, O., Yusuf, M., Abdurrahman, S., Lufadeju, D., & Salihu, H. M. 2020. Cesarean Section and Maternal-fetal Mortality Rates in Nigeria: An Ecological Lens into the Last Decade. *International journal of MCH and AIDS*, 9(1), p. 128–135. <https://doi.org/10.21106/ijma.349>
 18. Gupta, M., Vandana Saini. 2018. Césarienne : mortalité et morbidité. *Journal de la recherche clinique et diagnostique*, 12, QE01-QE06. <https://doi.org/10.7860/JCDR/2018/37034.11994>
 19. Institut National de la Statistique-INS et ICF. 2023. *Enquête Démographique et de Santé de Côte d'Ivoire, 2021*. Rockville, Maryland, USA : INS/Côte d'Ivoire et ICF
 20. Kipre, G. R., Offoumou, M. R., Silue, K. D., Bouabre, G. M., Zirihi, G. N. & Djaman, A. J. 2017. Enquête ethnopharmacologique des plantes antipaludiques dans le département d'Agboville, Sud-Est de la Côte d'Ivoire. *Journal of Applied Biosciences*, 109, p. 10618-10629.
 21. Koné, K., 2019. Influence de la religion sur le recours aux soins de santé durant l'accouchement en Côte d'Ivoire, *European Scientific Journal February, Edition Vol.15, No.5*
 22. Kouadio, M. K. D. (2013). Perceptions obstétricales et thérapeutique itinéraire des gestantes dans le groupe akan en Côte-d'Ivoire : Une étude comparée des communautés akyé-bodin de Danguira et baoulé-swamlin de Taabo. Système de publication de livres du CODESRIA.
 23. Kouassi, K., Brissy, O. A. & Soumahoro, B. 2017. L'état des lieux de l'abandon des consultations prénatales dans les espaces ruraux du district sanitaire de Bouaké Sud dans un contexte de gratuité ciblée des

- soins en Côte d'Ivoire. *Journal de la Recherche Scientifique de l'Université de Lomé*, 19 (3), <https://www.ajol.info/index.php/jrsul/article/view/167473> consulté le 14/04/2020
24. Kpozèhouen, A., Glèlè Ahanhanzo, Y., Paraïso, M.N., Akouta, M., Degbey, C., Saïzonou, J., Ouendo, E.M., & Salamon, R. 2023. Accouchement des femmes par césarienne au Bénin - Tendance et facteurs associés, *Revue d'Épidémiologie et de Santé Publique*, Volume 71, Supplement 3.
 25. Krishna, S., Bustamante, L., Haynes, R. K. & Staines, H. M. 2008. Artémisinines : leur importance croissante dans la médecine. *Trends pharmacological Sciences*, 29, p. 520-527
 26. Loux, F. (1977). Pratiques médicales préventives et recours religieux. Les soins aux enfants en Haute Normandie. *Archives des sciences sociales des religions*. p. 45-58.
 27. Malan, D. F & Neuba, D. F. 2011. Traditional practices and medicinal use during pregnancy by Anyi-Ndenye women (Eastern Côte d'Ivoire). *African Journal of Reproductive Health*, 15 : 1, p. 85-94.
 28. Moyabi, A. G. A., Coulibaly, F. A., Kouadio, N. J., Yao, K. & Koné, M. W. 2020. Plantes médicinales utilisées dans l'entretien des grossesses dans le département d'Oumé (Centre-Ouest, Côte d'Ivoire), *European Scientific Journal*, Vol.16, No.27
 29. Mumtaz Z, Salway S. 2007. Sexe, grossesse et utilisation des services de soins prénatals au Pakistan. *Sociol Health Illn.*; 29 :1, p. 1–26
 30. N'Guessan, K., Kadja, B., Zirihi G. N., Traoré D. & Aké-Assi, L. 2009. Screening phytochimique de quelques plantes médicinales ivoiriennes utilisées en pays Krobou (Agboville, Côte-d'Ivoire), *Sciences & Nature Vol. 6 N°1*, p. 1–15.
 31. Nagy, S. & Papp, Z. 2020. Global approach of the cesarean section rates. *J. Perinat. Med.*, 49, p. 1-4
 32. Odent M. 2005. *Césarienne : questions, effets, enjeux, alerte face à la banalisation. Le souffle d'Or, barrer-sur-Méouge*, 183p. <https://core.ac.uk/download/pdf/20662612.pdf>
 33. Organisation Mondiale de la Santé. 2015. Déclaration de l'OMS sur les taux de césariennes. Genève.
 34. Orji EO, Oggunniyi SO, Onwudiegwu U. 2008. Croyances et perceptions des femmes enceintes d'Ilesha concernant la césarienne. *Trop J Obstetr Gyne*. 20, p. 141–143.
 35. Ouayogode, A. 2021. *Etude ethnobotanique, chimique et activités pharmacologiques de plantes et recettes antimalariques de Côte d'Ivoire*. Chimie thérapeutique. Université Paris-Saclay; Université Félix Houphouët-Boigny (Abidjan, Côte d'Ivoire).

36. Rajabi, A., Maharlouei, N., Rezaianzadeh, A., Rajaeefard, A. et Gholami, A. (2015) Facteurs de risque d'accouchement par césarienne et risque attribuable à la population pour les facteurs de risque de césarienne dans le sud-ouest de l'Iran : une étude de cohorte prospective. *Journal médical de la République islamique d'Iran*, 29, 294 P. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/26913257>
37. Rapport annuel de la situation sanitaire. 2020. <https://www.snisdiiis.com/wp-content/uploads/2022/03/Rapport-Annuel-sur-la-Situation-Sanitaire-RASS-2020-VF.pdf>
38. Rocher, G. 1972. *Talcott Parsons et la sociologie américaine*. Paris: Presses universitaires de France.
39. Ryding, E.L., Lukasse, M., Kristjansdottir, H., Steingrimsdottir, T. & Schei, B. 2016. Préférence des femmes enceintes pour la césarienne et le mode d'accouchement ultérieur - une étude de cohorte dans six pays. *J Psychosom Obstet Gynaecol*. 37 : 3, p. 75–83.
40. Saraka, A. I., Camara, D., Bene, K. & Zirihi, G. N. 2018. Enquête ethnobotanique sur les Euphorbiaceae médicinales utilisées chez les Baoulé du District de Yamoussoukro (Côte d'Ivoire), *Journal of Applied Biosciences*, 126, p. 12734-12748
41. Shah, A., Fawole, B., M'imunya, J. M., Amokrane, F., Nafiou, I., Wolomby, J. J., Mugerwa, K., Neves, I., Nguti, R., Kublickas, M., & Mathai, M. 2009. Résultats de l'accouchement par césarienne dans le cadre de l'enquête mondiale de l'OMS sur la santé maternelle et périnatale en Afrique. *Revue internationale de gynécologie et d'obstétrique : l'organe officiel de la Fédération internationale de gynécologie et d'obstétrique*, 107(3), p. 191-197. <https://doi.org/10.1016/j.ijgo.2009.08.013>
42. Sobhy, S., Arroyo-Manzano, D., Murugesu, N., Karthikeyan, G., Kumar, V., Kaur, I., Fernandez, E., Gundabattula, S. R., Betran, A. P., Khan, K., Zamora, J., & Thangaratinam, S. 2019. Mortalité maternelle et périnatale et complications associées à la césarienne dans les pays à revenu faible et intermédiaire : une revue systématique et une méta-analyse. *Lancet (Londres, Angleterre)*, 393(10184), p. 1973–1982. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(18\)32386-9](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(18)32386-9)
43. Suwanrath, C., Chunuan, S., Matemanosak, P. et Pinjaroen, S. 2021. Pourquoi les femmes enceintes privilégient-elles l'accouchement par césarienne ? Une étude qualitative dans un centre de soins tertiaires du sud de la Thaïlande. *BMC grossesse et accouchement*, 21(1), 23. <https://doi.org/10.1186/s12884-020-03525-3>
44. Tadevosyan, M., Ghazaryan, A., Harutyunyan, A., Petrosyan, V., Atherly, A., & Hekimian, K. 2019. Facteurs contribuant à l'augmentation rapide des taux de césarienne en Arménie : une étude

- quantitative-qualitative partiellement mixte d'égalité de statut. *BMC grossesse et accouchement*, 19(1), 2. <https://doi.org/10.1186/s12884-018-2158-6>
45. Udobang, W. 2018. Silence sur les césariennes : Le Nigéria affiche l'un des taux de mortalité infantile et maternelle les plus élevés au monde, en partie à cause des tabous qui entourent les césariennes. *Index on Censorship*, 47 (4), p. 45-47.
46. Udoma, E.J, Ekanem, A.D, Abasiattai, A.M & Bassey, E.A. 2005. Raisons de la préférence des femmes pour l'accouchement dans une clinique spirituelle basée sur une église dans le sud-sud du Nigéria. *Revue nigériane de pratique clinique*, 11, p.100-103.
47. Ugwu, N.U. & De Kok, B. 2015. Facteurs socioculturels, rôles de genre et idéologies religieuses contribuant au refus de la césarienne au Nigeria. *Reprod Health*. 12, p. 1–13.
48. Yana, S.D. 1995. À la recherche des modèles culturels de la fécondité au Cameroun: une étude exploratoire auprès des Bamiléké et Bèti de la ville et de la campagne. LLN, *l'Harmattan* 35.
49. Ye, J., Zhang, J., Mikolajczyk, R., Torloni, M. R., Gülmezoglu, A. M., & Betran, A. P. 2016. Association between rates of caesarean section and maternal and neonatal mortality in the 21st century: a worldwide population-based ecological study with longitudinal data. *BJOG : an international journal of obstetrics and gynaecology*, 123 : 5, p. 745–753. <https://doi.org/10.1111/1471-0528.13592>

Caractérisation des adventices problématiques des vergers de l'anacardier (*Anacardium occidentale* L.) dans deux zones agroécologiques (zone soudano-guinéenne et la zone soudanienne) de Côte d'Ivoire

Mory Latif Konate
Souleymane Diomande
Nakpalo Silue

Département Agriculture et Technologies Nouvelles (AgriTeN),
UFR Agriculture, Ressources Halieutiques et Agro-industrie (ARHAI),
Université Polytechnique de San Pedro, San Pedro

François Nguessan Kouame
Laboratoire de Biologie Végétale et des Sciences de la Terre,
UFR des Sciences et Technologies, Université Alassane Ouattara de Bouaké,
Bouaké, Côte d'Ivoire

[Doi:10.19044/esj.2025.v21n33p108](https://doi.org/10.19044/esj.2025.v21n33p108)

Submitted: 02 June 2025

Accepted: 03 November 2025

Published: 30 November 2025

Copyright 2025 Author(s)

Under Creative Commons CC-BY 4.0

OPEN ACCESS

Cite As:

Konate, M.L., Diomande, S., Silue, N. & Kouame, F.N. (2025). *Caractérisation des adventices problématiques des vergers de l'anacardier (*Anacardium occidentale* L.) dans deux zones agroécologiques (zone soudano-guinéenne et la zone soudanienne) de Côte d'Ivoire*. European Scientific Journal, ESJ, 21 (33), 108.

<https://doi.org/10.19044/esj.2025.v21n33p108>

Résumé

Les adventices constituent une contrainte majeure à la production des cultures et entraînent de ce fait une baisse considérable de leur rendement. Cette étude a pour objectif d'identifier les adventices problématiques de la culture de l'anacarde dans deux zones agroécologiques de production en Côte d'Ivoire. À cet effet, une ou deux placette(s) de 100 m² soit 10 m x 10 m ont été installées et prospectées pour l'inventaire des adventices selon que le verger de l'anacardier soit à couronnes homogènes ou hétérogènes. Le recouvrement des adventices, suivant une échelle de 1 à 5 a été ensuite déterminé dans chaque placette. Ce sont 369 vergers de l'anacardier répartis dans les deux zones agroécologiques qui ont été prospectées. Les travaux se sont déroulés d'août 2019 à février 2020. Au total, 469 espèces ont été

inventoriées appartenant à 286 genres et 76 familles botaniques. Dans ces deux zones agroécologiques, les familles les plus diversifiées sont : les Leguminosae, les Poaceae, les Compositae, les Malvaceae, les Rubiaceae, les Cyperaceae, les Combretaceae, les Lamiaceae et les Convolvulaceae. Les Dicotylédones sont les plus représentés avec 66,67% par rapport aux Monocotylédones avec 33,33%. L'indice de diversité générique a été de 1,60 dans la zone de soudanaise et de 1,63 dans la zone soudano-guinéenne. Le coefficient de similitude est de 96,26 % entre les deux zones. En zone soudanaise, les adventices les plus agressives sont *Chromoleana odorata*, *Hyptis suaveolens* et *Ageratum conyzoides* représentées respectivement à 4,04%, 4,02% et 4,01%. Par contre en zone soudano-guinéenne, *Chromoleana odorata* (4,46%), *Ageratum conyzoides* (4,44%) et *Croton hirtus* (4,29%) ont un impact important sur la culture. À partir de ces résultats, la prise en compte des adventices problématiques pourrait permettre d'améliorer la gestion de l'enherbement des vergers de l'anacardier.

Mots-clés: Zones agroécologiques, adventices problématiques, nuisibles, Anacardier, Côte d'Ivoire

Characterization of Problematic Weeds in Cashew Orchards (*Anacardium occidentale* L.) in Two Agroecological Zones (Sudano-Guinean Zone and Sudanian Zone) of Côte d'Ivoire

Mory Latif Konate
Souleymane Diomande
Nakpalo Silue

Département Agriculture et Technologies Nouvelles (AgriTeN),
UFR Agriculture, Ressources Halieutiques et Agro-industrie (ARHAI),
Université Polytechnique de San Pedro, San Pedro

François Nguessan Kouame
Laboratoire de Biologie Végétale et des Sciences de la Terre,
UFR des Sciences et Technologies, Université Alassane Ouattara de Bouaké,
Bouaké, Côte d'Ivoire

Abstract

Weeds are a major constraint on crop production and therefore cause a considerable drop in yield. The aim of this study is to identify problematic weeds in cashew cultivation in two agroecological production areas in Côte d'Ivoire. To this end, one or two 100 m² plots (10 m x 10 m) were set up and surveyed to compile a list of weeds, depending on whether the cashew orchard

had homogeneous or heterogeneous crowns. Weed coverage was then determined on a scale of 1 to 5 in each plot. A total of 369 cashew orchards spread across the two agroecological zones were surveyed. The work took place between August 2019 and February 2020. A total of 469 species belonging to 286 genera and 76 botanical families were inventoried. In these two agroecological zones, the most diverse families are: Leguminosae, Poaceae, Compositae, Malvaceae, Rubiaceae, Cyperaceae, Combretaceae, Lamiaceae and Convolvulaceae. Dicotyledons are the most represented, accounting for 66.67% of the total, compared to monocotyledons, which account for 33.33%. The generic diversity index was 1.60 in the Sudanese zone and 1.63 in the Sudano-Guinean zone. The similarity coefficient between the two zones is 96.26%. In the Sudanian zone, the most aggressive weeds are *Chromoleana odorata*, *Hyptis suaveolens* and *Ageratum conyzoides*, representing 4.04%, 4.02% and 4.01% respectively. In contrast, in the Sudano-Guinean zone, *Chromoleana odorata* (4.46%), *Ageratum conyzoides* (4.44%) and *Croton hirtus* (4.29%) have a very high depressive effect on the crop. Based on these results, taking problem weeds into account could improve the management of grass cover in cashew orchards.

Keywords: Agroecological zones, problem weeds, pests, cashew, Côte d'Ivoire

Introduction

L'anacardier (*Anacardium occidentale* L.) est une culture de rente dont la production ne fait qu'augmenter en superficie en raison de l'accroissement des cours mondiaux de la noix de cajou (Dugué *et al.*, 2003 ; Firca, 2018). La facilité d'installation des plantations combinées aux faibles coûts d'intrants et d'entretien ont conduit les agriculteurs à étendre les superficies des vergers d'anacardier (Bassett, 2017). Depuis lors, les plantations de l'anacardier continuent de s'étendre dans les zones naturellement propices à sa culture. Ainsi, la Côte d'Ivoire est le premier producteur mondial de noix de cajou, ayant atteint une production de 1,225 million de tonnes en 2023 (Firca, 2023). Malgré cette performance, les rendements en noix de cajou des vergers ivoiriens demeurent faibles. Selon Djaha *et al.*, (2010), ces rendements oscillent entre 350 et 500 kg/ha. Ces faibles rendements sont dus aux aléas climatiques, aux techniques agricoles utilisées, jugées non productives et aux facteurs biotiques (Soro *et al.* 201 : N'Dépo *et al.* 2017). Parmi les facteurs biotiques, les adventices constituent une contrainte majeure à la production des cultures et entraînent de ce fait une baisse considérable de leur rendement (Bassène *et al.*, 2012 ; Mbaye, 2013). En effet, l'émergence des adventices est inévitable dans toute exploitation agricole comme l'attestent de nombreux travaux entrepris dans diverses spéculations. Au Sud du pays, les travaux de

Tano *et al.* (2016) en bananeraie, de Traore *et al.* (2010) dans les palmeraies et de Mangera (2010) en culture d'ananas ont permis de connaître la diversité floristique de ces cultures. En outre, les études de Traore *et al.* (2019) et de Ipou Ipou (2005) sur les mauvaises herbes des cultures respectives en canne à sucre au Centre et du coton au Nord ont permis de répertorier ces flores. En riziculture, les travaux Konan *et al.*, (2014) et Touré, (2014) ont porté sur la cartographie de la flore adventice.

Les travaux de Konaté *et al.* (2020) et Konaté (2021) ont contribué à la connaissance de la flore adventice des vergers d'anacardier en Côte d'Ivoire. Cependant, la question sur la contribution spécifique des espèces inventoriées dans les vergers d'anacardier n'a pas été évoquée. Pourtant, les travaux de Touré (2010) et Ouattara *et al.* (2016) ont montré que la connaissance de la contribution spécifique des adventices s'avère très déterminante dans la proposition de méthode de gestion des adventices. La présente étude a pour objectif de déterminer les adventices problématiques de la culture de l'anacarde en Côte d'Ivoire. De façon spécifique, il s'est agi de connaître d'une part la composition floristique des adventices et d'autre part les adventices problématiques de la culture dans la zone soudano-guinéenne et la zone soudanienne.

Matériel et Méthode

Zone d'étude

L'étude a été conduite dans deux zones agroécologiques qui sont favorables à cette culture. Il s'agit de la zone soudano-guinéenne et la zone soudanienne. La zone d'étude s'étend sur 19 régions administratives comprises entre 6° et 10° de latitude Nord et 3° et 8° de longitude Ouest (Figure 1) et elle couvre une superficie d'environ 201 693 km². La zone agrosoudanaise, couvrant les régions au climat tropical de type soudano-guinéen avec une seule saison des pluies. Les précipitations sont comprises entre 700 et 1200 mm (Soro *et al.*, 2011). Les températures varient entre 24 et 32°C (FAO, 2005). La zone agrosoudano-guinéenne est une zone de transition entre la zone forestière et la savane du nord. Les précipitations varient entre 1200 et 1600 mm (Soro *et al.*, 2011 ; Koné, 2012). La moyenne annuelle de la température est de 27 °C (Ouattara *et al.*, 2016). Les sols ayant un potentiel agricole acceptable sont ferralitiques ou ferrugineux tropicaux et hydromorphes (Roose, 1980 ; Koné, 2007).

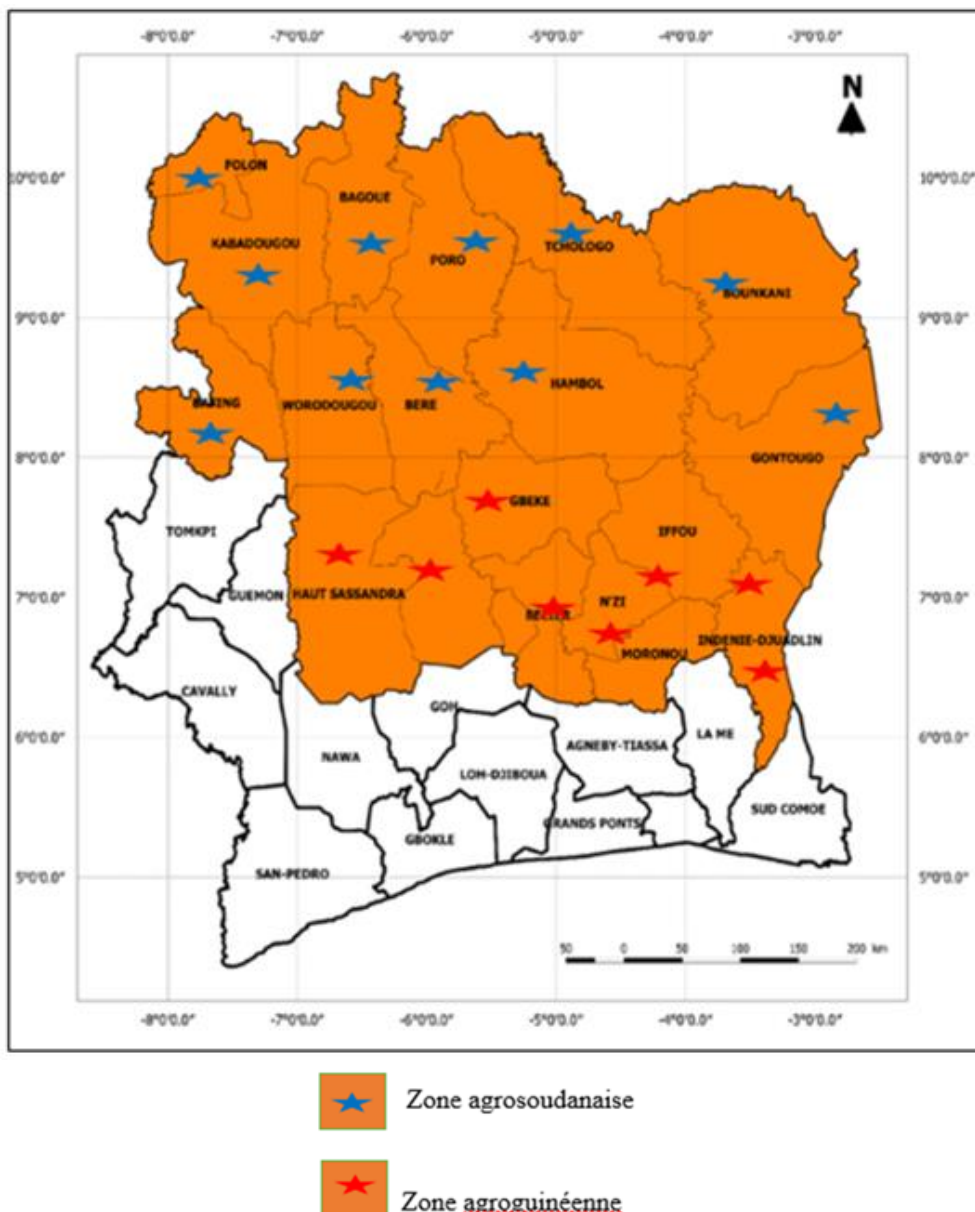


Figure 1 : Zones agroécologiques de production de la noix de cajou en Côte d'Ivoire

Matériel et méthodes

Matériel utilisé

Le matériel technique a été composé d'un GPS pour la prise de coordonnées géographiques, un appareil photo pour la prise d'image et du matériel roulant pour le déplacement. Pour l'identification des espèces, des

ouvrages et des anciens échantillons d'herbiers déposés à l'herbier du Centre Suisse de Recherches Scientifiques en Côte d'Ivoire ont été consultés.

Matériel végétal

Le matériel biologique a été constitué d'adventices inventoriées dans les vergers de l'anacardier dans les deux zones de productions. Il comprend les adventices herbacées, arborescentes et lianescentes.

Méthode de collecte des données

Les adventices ont été inventoriées dans des placettes de 10 m x 10 m (Aman *et al.*, 2004 ; Ipou, 2005) dans les vergers de l'anacardier prospectés. Les couronnes des anacardiers ont été stratifiées en trois strades. Lorsque les couronnes des anacardiers ne se touchent jamais, on parle de couronnes séparées, se touchent tous à peine les uns aux autres, on parle de couronnes juxtaposées et se chevauchent toutes, on parle de couronnes fermées. Dans les vergers à couronnes homogènes (couronnes fermées ou juxtaposées ou séparées) une seule placette de 100 m² a été installée et prospectée. Par contre, dans les vergers à couronnes hétérogènes (couronnes fermées et juxtaposées ou séparées) deux placettes de 100 m² ont été installées, l'une sous les couronnes fermées ou juxtaposées et l'autre sous les couronnes séparées. Les espèces rencontrées ont été notées en présence-absence en tenant compte de l'échelle de recouvrement de chaque espèce qui varie de 1 à 5 (Tableau 1). Ce sont 369 vergers de l'anacardier répartis dans les deux zones agroécologiques qui ont été prospectées. Les travaux se sont déroulés d'août 2019 à février 2020. Les identifications ont été faites à l'aide du manuel de référence Adventices d'Afrique de l'Ouest (Akobundu & Agyakwa, 1989) et par des spécialistes en la matière. La nomenclature adoptée est celle de Cronquist (1981 et 1988) mise à jour par APG (2016).

Tableau 1 : Echelle de recouvrement des adventices (Le Bourgeois, 1993)

Echelles	Recouvrements correspondants
1	Individus très rares, rares ou assez abondants, mais recouvrement faible
2	Individus très abondants ou recouvrement supérieur à 1/20 de la surface
3	Individus recouvrant 1/4 à 1/2 de la surface, abondance quelconque
4	Individus recouvrant 1/2 à 3/4 de la surface, abondance quelconque
5	Individus recouvrant plus de 3/4 de la surface, abondance quelconque

Analyse et traitements de données

Indices de diversité

Les paramètres étudiés sont essentiellement la richesse spécifique (R), l'indice de diversité générique et les types bio-morphologiques et les affinités chronologiques. La richesse spécifique correspond au nombre des espèces observées par relevé. L'indice de diversité générique (Idg), qui est le rapport

entre le nombre d'espèces et le nombre de genre. Il donne une idée du degré de diversité floristique d'une flore étudiée (Aman *et al.*, 2004).

Sa formule est :

$$Idg = \frac{\text{Nombre d'espèce}}{\text{Nombre de genre}}$$

Les types bio-morphologiques et les affinités chronologiques ont été déterminé par le calcul des proportions de chaque type ou affinités.

Sa formule est :

$$\text{Type biologique} = \frac{\text{Nombre d'espèce d'un type biologique}}{\text{Nombre total d'espèce}} \times 100$$

Coefficient de similitude

Le coefficient de similitude permet de vérifier l'homogénéité des sites de relevés pris deux à deux, au regard de leur composition floristique. Il est déterminé selon la formule de Sørensen (1948) : Avec a et b représentant les nombres d'espèces recensées respectivement dans deux sites d'échantillonnage A et B à comparer ; c le nombre d'espèces communes aux deux localités. Cs varie de 0 à 100 %. Si Cs est supérieur ou égal à 50 %, cela signifie que les deux sites concernés sont considérés comme floristiquement identiques (homogènes).

$$Cs = \frac{2c}{a + b}$$

Fréquences relatives

La fréquence relative exprimée en pourcentage d'une espèce se traduit par le niveau de représentativité de cette espèce dans une communauté végétale. Sa formule se présente comme suite :

$$\text{Fréquence relative (\%)} = \frac{\text{Fréquence absolue de l'espèce}}{\text{Nombre total de relevé}} \times 100$$

Contribution spécifique

La contribution spécifique (CsF (e)) est liée à la fréquence de chaque espèce. Elle renseigne la contribution apportée par une espèce dans une végétation donnée, à partir de sa fréquence absolue. C'est l'expression de l'agressivité ou de la productivité de l'espèce sur le terrain (Aman, 1978). Elle est calculée par la formule proposée par Daget et Poissonet (1969), à savoir :

$$CsF (e) = \frac{(FS (e))}{\sum FS} \times 100$$

Avec :

CsF (e) : Contribution spécifique d'une espèce

FS(e) : Fréquence absolue de l'espèce (e) et, la somme des fréquences absolues de toutes les espèces recensées (n).

Pour $C SF(e) < 1 \%$, les adventices sont à effet dépressif plus ou moins négligeable.

Lorsque $1 \% < C SF(e) < 4 \%$, les adventices sont à effet dépressif élevé.

Ils sont à effet dépressif très élevé quand $CSF(e) > 4 \%$.

Résultats

Richesse spécifique

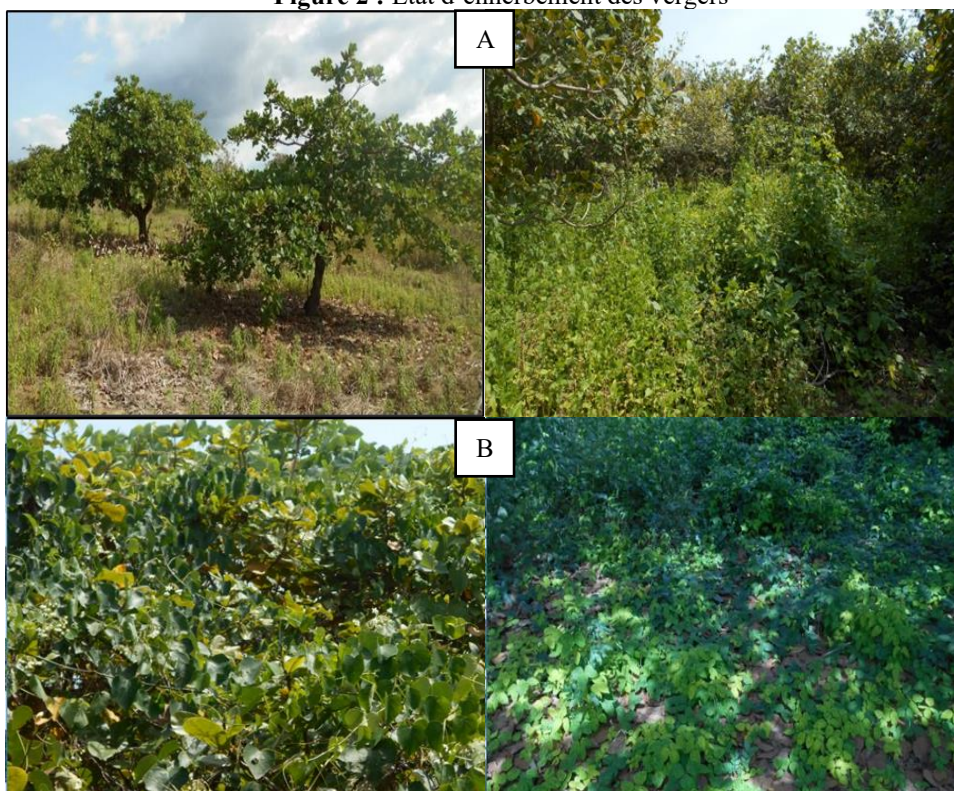
Au total, quatre cent soixante-neuf (469) espèces appartenant à deux quatre-vingt-six (286) genres et soixante-seize (76) familles ont été recensées dans les (369) parcelles des vergers de l'anacardier prospectés. La richesse spécifique obtenue a été plus élevée d'une zone agroécologique à une autre. En effet, dans la zone soudanaise 338 espèces ont été inventoriées dans 227 parcelles de superficie totale 22700 m² et 364 espèces ont été inventoriées dans 142 parcelles de superficie totale 14200m² dans la zone soudano-guinéenne. Ces espèces sont réparties en 224 et 211 genres appartenant à 65 et 66 familles respectivement (Tableau 2). Neuf (9) familles sont les plus représentées dans les deux zones agroécologiques. Selon l'ordre respectif des zones, on a : les Leguminosae (18,05 % et 19,18%), les Poaceae (10,65% et 10,41%), les Compositae (7,69% et 7,95%), les Malvaceae (5,33% et 6,55%), les Rubiaceae (5,03% et 4,38%), les Cyperaceae (4,73% et 3,56%), les Combretaceae (3,84% et 3,01%), les Lamiaceae (3,84% et 2,77%) et les Convolvulaceae (3,25% et 2,77%).

La famille des Léguminosae est plus représentée avec respectivement 61 espèces dans la zone soudanaise et 70 espèces dans la zone soudano-guinéenne tandis que les Convolvulaceae avec dix (10) espèces sont les moins représentées dans les deux zones. Les Angiospermes Dicotylédones sont représentées par les 2/3 des espèces recensées dans les deux zones agroécologiques soit 66,67% et les Angiospermes Monocotylédones sont représentées par les 1/3 soit 33,33%.

Tableau 2 : Répartition des espèces adventices selon les zones agroécologiques

Zones Agroécologiques	Nombre d'espèces	Nombre de genre	Nombre de familles	Nombre de Dicotylédones	Nombre de monocotylédones	Nombre de placette
Soudanaise	338	211	65	277	61	227
Soudano-guinéenne	364	224	66	296	68	142

Figure 2 : Etat d'enherbement des vergers



A : adventices herbacées et arborescentes ; B : adventices lianescentes

Indice de diversité et homogénéité floristique

L'indice de diversité générique (Idg) des différentes zones de la culture d'anacarde est consigné dans le tableau 3. Dans l'ensemble, les indices de diversité sont statistiquement égaux. L'indice de diversité générique a été de 1,60 dans la zone de soudanaise et de 1,63 dans la zone soudano-guinéenne. Ces faibles valeurs montrent que les vergers de chaque zone sont diversifiés floristiquement.

Le coefficient de similitude est de 96,26 % entre les deux zones. Ce coefficient démontre que les deux zones agroécologiques sont floristiquement homogènes.

Tableau 3 : Indices de diversité générique et spécifiques selon les zones agroécologiques

Indice	Agrosoudanaise	Agrosoudanoguinéenne
Idg	1,60	1,63

Idg : indice de diversité générique

Répartition des espèces par types morphologiques

L'état végétal des espèces inventoriées dans les deux biotopes met en évidence les quatre (4) types morphologiques (Figure 3). Dans les zones

agroécologiques, les arbustes sont les plus représentés avec 37,87 % d'espèces dans la zone soudanaise et 35,16 % dans la zone soudano-guinéenne tandis que les arbres sont les moins représentés en espèces avec 10,36 % et 10,44% dans les deux zones respectives. Toutefois, les herbacées sont représentés en zone soudanaise avec 37,27 % et en zone soudano-guinéenne avec 34,07%. La proportion des lianes a été de 20% et de 14,50% respectivement en zone soudano-guinéenne et en zone soudanaise.

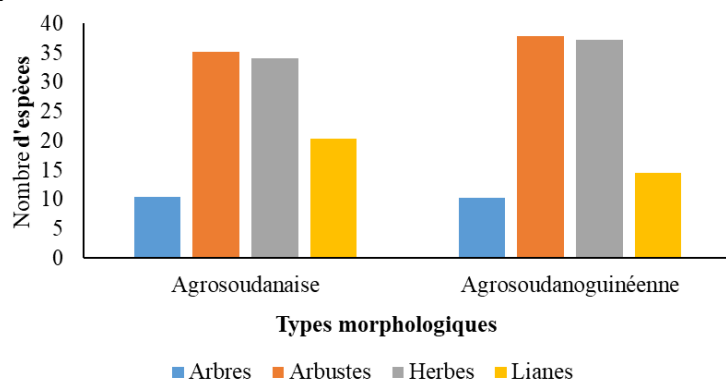
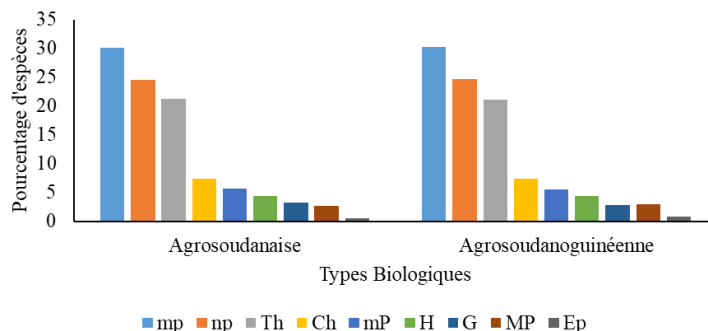


Figure 3 : Histogrammes des types morphologiques des adventices en fonction des zones agro-écologiques

Répartition des espèces par types biologiques

Au total neuf types biologiques ont été répertoriés (Figure 4). Dans chaque zone agro-écologique, la prédominance des types biologiques est marquée par les microphanérophytes (30,18% - 30,21%) suivis par les nanophanérophites (24,57% - 24,73%) tandis que les mésophanérophites (2,65% - 3,02%) sont les moins abondants suivis des hydrophytes (0,59% - 0,82%). Les thérophytes sont représentés avec respectivement de 21,30% et 21,15% dans la zone soudanaise et dans la zone soudanoguinéenne.

Figure 4 : Histogrammes des types biologiques de la flore adventice en fonction des zones agro-écologiques

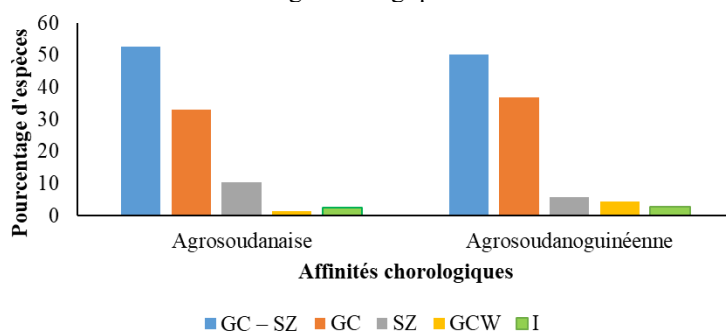


Ch = Chaméphyte ; G = Géophyte ; H = Hémicryptophyte ; Ep = Epiphyte ; mp : microphanérophyte ; mP = Mésophanérophite ; MP = Mégaphanérophite ; np : nanophanérophite ; Th = Thérophyte.

Répartition des espèces par affinités chorologiques

La répartition phytogéographique des espèces inventoriées dans les deux zones montre que les espèces de la région Guinéo-Congolaise et Soudano-Zambézienne (GC-SZ) sont les plus représentées avec 52,66 % et 50,27 % tandis que les espèces endémiques du bloc forestier à l'Ouest du Togo, comprenant le Ghana, la Côte d'Ivoire (GCW) sont les moins nombreuses avec 1,51 % d'espèces en zone soudanaise et 4,43 % d'espèces en zone guinéenne. Elles sont suivies par des espèces introduites respectivement 2,37 % et 2,75 % pour les deux zones agrosoudanaise et agrosoudanoguinéenne (Figure 5).

Figure 5 : Histogrammes des affinités chorologiques des adventices en fonction des zones agro-écologiques



Chorologies : GC-SZ = taxon commun aux régions Guinéo-Congolaise et Soudano-Zambézienne ; GC = taxon de la région Guinéo-Congolaise ; SZ = taxon de la région soudano-zambézienne ; GCW = taxon endémique du bloc forestier à l'Ouest du Togo, comprenant le Ghana, la Côte d'Ivoire, le Libéria, la Sierra Leone, la Guinée, la Guinée Bissau, la Gambie et le Sénégal ; i = taxon introduit ou cultivé

Adventices problématiques de la culture d'anacarde

Sur l'ensemble des 338 espèces recensées, seulement 20 espèces ont un effet dépressif en culture de l'anacarde en zone agrosoudanaise (Tableau 4). Les 20 espèces font une contribution spécifique à hauteur de 36,08% au peuplement des adventices recensées (Tableau 4). Seulement trois espèces parmi les 20 ont un impact important sur la culture. Il s'agit de *Chromolaena odorata*, *Hyptis suaveolens* et *Ageratum conyzoides* représentées respectivement à 4,04%, 4,02% et 4,01%. Elles apparaissent comme les espèces majeures parmi les vingt adventices aux effets négatifs les plus marqués. Parmi les dix-sept autres espèces de ce groupe, les plus problématiques sont *Daniellia oliveri*, *Croton hirtus*, *Imperata cylindrica*, *Sarcocephalus latifolius*, *Piliostigma thonningii* et *Sida acuta*.

Sur 365 espèces recensées, dix-sept exercent une pression concurrentielle sur la culture de l'anacarde en zone soudano-guinéenne (Tableau 4). Ces espèces contribuent à hauteur de 36,58% au peuplement des adventices tandis que 63,42% des adventices rencontrées ont une contribution

spécifique négligeable. Trois espèces telles que *Chromolaena odorata* (4,46%), *Ageratum conyzoides* (4,44%) et *Croton hirtus* (4,29%) ont un impact important sur la culture et apparaissent comme les espèces majeures parmi les dix-sept adventices aux effets négatifs les plus marqués. Les quatorze autres espèces de ce groupe par l'ordre décroissant sont : *Centrosema pubescens*, *Euphorbia heterophylla*, *Porophyllum ruderale*, *Rottboellia cochinchinensis*, *Spigelia anthelmia*, *Ficus exasperata*, *Telosma africanum*, *Adenia cissampeloides*, *Panicum maximum*, *Imperata cylindrica*, *Ficus sur*, *Phyllanthus amarus*, *Mitracarpus scaberulus* et *Pouzolzia guineensis* (Tableau 5).

On remarque que sept espèces ayant un effet négatif sont présentes dans les deux zones agroécologiques. Parmi les sept adventices, trois ont un impact important sur la culture (effet dépressif supérieur à 4%). Il s'agit de *Chromolaena odorata*, *Ageratum conyzoides* et *Croton hirtus*. Ces espèces apparaissent comme les espèces coriaces dans la culture de l'anacarde. Les quatre autres sont : *Centrosema pubescens*, *Euphorbia heterophylla*, *Ficus sur* et *Imperata cylindrica*. Elles ont un impact important sur la culture. Il est à noter que certaines adventices exerçant une pression concurrentielle sur la culture de l'anacarde sont présentes dans une zone et absentes dans l'autre (Tableaux 4 et 5). On peut citer *Hyptis suaveolens*, *Andropogon gayanus*, *Daniellia oliveri*, *Laportea aestuans*, *Pennisetum polystachion*, *Piliostigma thonningii* et *Sarcocephalus latifolius* ont un impact important en zone soudanaise. Par contre en zone guinéenne, *Porophyllum ruderale*, *Pouzolzia guineensis*, *Spigelia anthelmia* et *Rottboellia cochinchinensis* ont un impact important sur la culture.

Tableau 4 : Représentativité (%) et contribution spécifiques (Csf) par ordre décroissant, des taxons dominants inventoriés dans les vergers de l'anacardier en zone agrosoudanaise

N°	Nom scientifique	Fréquence relative %	Contribution spécifique %	Effets des adventices
1	<i>Chromolaena odorata</i> (L.) R.King & H.Robyns.	120	4,05	Effets dépressifs très élevés
2	<i>Hyptis suaveolens</i> (L.) Poit.	119	4,02	
3	<i>Ageratum conyzoides</i> L.	119	4,01	
4	<i>Daniellia oliveri</i> (Rolfe) Hutch. & Dalziel	92	3,10	Effets dépressifs élevés
5	<i>Croton hirtus</i> L'Hér.	75	2,53	
6	<i>Imperata cylindrica</i> (L.) Raeusch.	58	1,96	
7	<i>Sarcocephalus latifolius</i> (Sm.) EABruce	54	1,82	
8	<i>Piliostigma thonningii</i> (Schum.) Milne-Redh.	49	1,65	
9	<i>Sida acuta</i> Burm.f.	48	1,62	
10	<i>Sida urens</i> L.	41	1,38	
11	<i>Ficus sur</i> Forssk.	40	1,35	
12	<i>Pennisetum polystachion</i> (L.) Schult.	40	1,35	
13	<i>Andropogon gayanus</i> Kunth	36	1,21	
14	<i>Euphorbia heterophylla</i> L.	35	1,18	
15	<i>Detarium microcarpum</i> Guill. & Perr.	34	1,15	
16	<i>Laportea aestuans</i> (L.) Chew	34	1,15	

17	<i>Diospyros mespiliformis</i> Hochst. ex A. DC.	32	1,09	
18	<i>Senna obtusifolia</i> L.	32	1,08	
19	<i>Centrosema pubescens</i> Benth.	31	1,05	
20	<i>Triumfetta rotundifolia</i> Lam	30	1,01	
21	Autres	1847	62,24	Effets dépressifs plus ou moins négligeable
Total		2966	100	

Tableau 5 : Contributions spécifiques (Csf) et effets par ordre décroissant, des taxons dominants inventoriés dans les vergers de l'anacardier en zone agrosoudano-guinéenne

N°	Noms scientifiques	Fréquence relative %	Contribution spécifiques %	Effet de l'adventice
1	<i>Chromolaena odorata</i> (L.) R.King & H.Robyns.	95	4,69	Effet dépressif très élevé
2	<i>Ageratum conyzoides</i> L.	90	4,44	
3	<i>Croton hirtus</i> L'Hér.	87	4,29	
4	<i>Centrosema pubescens</i> Benth.	52	2,57	Effet dépressif élevé
5	<i>Euphorbia heterophylla</i> L.	50	2,47	
6	<i>Porophyllum ruderale</i> (Jacq.) Cass.	47	2,32	
7	<i>Rottboellia cochinchinensis</i> (Lour.) Clayton	39	1,92	
8	<i>Spigelia anthelmia</i> L.	39	1,92	
9	<i>Ficus exasperata</i> Vahl	37	1,83	
10	<i>Telosma africanum</i> (N.E.Br.) Coville	31	1,53	
11	<i>Adenia cissampeloides</i> (Planch. ex Hook.) Harms	29	1,43	
12	<i>Panicum maximun</i> Jacq.	28	1,38	
13	<i>Ficus sur</i> Forssk.	27	1,33	
14	<i>Imperata cylindrica</i> (L.) Raeusch.	23	1,13	
15	<i>Phyllanthus amarus</i> Schumach. & Thonn.	23	1,13	
16	<i>Mitracarpus scaberulus</i> Urb.	22	1,09	
17	<i>Pouzolzia guineensis</i> Benth.	22	1,09	
18	Autres	1286	63,42	Effet dépressif plus ou moins négligeable
Total		2027	100	

Discussion

La richesse floristique de la zone agrosoudanoguinéenne estime à 364 réparties dans 142 vergers prospectés est supérieure au nombre d'adventices recensées dans 227 vergers prospectés dans la zone agrosoudanaise (338 espèces). Cela illustre que des vergers d'anacardier de la zone soudanoguinéenne sont plus diversifiés en adventices que ceux de la zone soudanaise. En effet, cette zone de transition forêt-savane renferme à la fois des espèces de forêt et de savane contrairement à la zone soudanaise. Ainsi, à nombre sensiblement égal d'adventices inventoriés (364–338 espèces), la

différence pourrait s'expliquer par le nombre de vergers prospectés. Toutefois, ces valeurs sont inférieures au nombre d'adventice recensée par Konaté *et al.* (2020) qui chiffrait 438 espèces dans les vergers de l'anacardier. L'appartenance des espèces de la région Guinéo Congolaise et de la zone de transition confirme les résultats d'Aké Assi (1984) qui atteste que ces espèces dominent la flore Soudanozambézienne du Nord de la Côte d'Ivoire. Cette abondance a été obtenu par Koulibaly *et al.* (2016) qui ont observé 50% des espèces de transition dans le parc national de la Comoé. La diversité floristique des deux zones est identique. Cela pourrait s'expliquer par une adaptation des adventices vis-à-vis de cette culture. Puisque les facteurs écologiques agissent très peu sur la richesse floristiques (Konaté *et al.*, 2020).

La contribution spécifique montre que *Chromolaena odorata*, *Ageratum conyzoides* ; *Croton hirtus* et *Hyptis suaveolens* sont, dans l'ordre décroissant de recouvrement et de densité, les adventices majeures de la culture de l'anacarde. Dans les vergers, ces adventices sont considérées comme étant les espèces les plus problématiques. Leurs fortes présences pourraient être expliquées par le fait qu'elles aient peu d'ennemie naturel et par l'absence de dormance. Elles se caractérisent par une forte production de semences, en moyenne 1000 graines/individus (Diouf, 2020). A celles-ci s'ajoutent *Imperata cylindrica*, *Centrosema pubescens*, *Euphorbia heterophylla*, *Andropogon gayanus* et *Ficus sur* qui ont un impact important. Selon Kazi *et al.* (2011), leur impact s'explique par le fait que les conditions édapho-climatiques des deux zonés agroécologiques sont favorables à ces adventices de telle façon que ces plantes se retrouvent partout dans les vergers visités. Ces espèces apparaissent plus dans les milieux fortement anthropisés. Mangara *et al.* (2010) ont relevé que *Ageratum conyzoides* et *Digitaria horizontalis* appartiennent aux adventices majeures générales dans le Sud Comoé. En culture cotonnière, Aman *et al.* (2004) ont montré que *Digitaria horizontalis* et *Euphorbia heterophylla*, constituent les plus problématiques. Traoré *et al.* (2019) ont mentionné que *Centrosema pubescens*, *Momordica charantia*, *Panicum maximum* et *Rottboellia cochinchinensis* sont les adventices problématiques de la culture de la canne à sucre au Centre-ouest de la Côte d'Ivoire où elles se présentent comme les espèces les plus coriaces. Toutes ces adventices mentionnées par ces auteurs figurent sur la liste des espèces problématiques à la culture de l'anacardier.

Au début de la saison de pluies, certaines espèces poussent en abondance dans les vergers moins âgés. En effet, les Poaceae, les Compositae et des *Euphorbiaceae herbacées* se caractérisent par la production des petites graines légères souvent et avec une très forte facilité à se disséminer par le vent. Dans cette étude, environ 4000 individus de *Ageratum conyzoides* et *Croton hirtus* ont été obtenus dans nos parcelles. A la différence de la méthode d'évaluation et de l'unité d'inventaire, nos résultats corroborent à ceux de Le

Bourgeois et Marnotte (2002) qui ont révélé que *Bidens pilosa*, une *Asteraceae* produit entre 3000-6000 graines. De même, la richesse en semences de *Euphorbia heterophylla* (4000/m² graines environ) dans les parcelles cultivées du coton a été largement étudiée par Ipou Ipou *et al.* (2011). Ces valeurs sont nettement supérieures à celle que nous avons comptabilisée pour ces espèces. En plus, Osawaru *et al.* (2014), expliquent que l'abondance des adventices peut être le résultat de l'activité anthropique en relation directe ou indirecte avec l'environnement. Par manque d'entretien, *Hyptis suaveolens* et *Imperata cylindrica* peuvent être considérées dans les vergers comme bisannuelles. Brun (2007) affirme aussi qu'une partie des espèces annuelles sont des bisannuelles facultatives cela veut dire que selon les caractéristiques de leur milieu de vie, elles peuvent réaliser leur cycle de vie en une ou deux années.

Conclusion

L'inventaire floristique a permis de recenser 469 espèces dont 338 espèces dans la zone soudanaise et 364 espèces dans la zone soudano-guinéenne. Ces espèces sont réparties respectivement entre 224 et 211 genres appartenant à 65 et 66 familles botanique. Les Angiospermes Dicotylédones sont les plus représentées contre les Angiospermes monocotylédones. La caractérisation des taxons problématiques est la même dans les deux zones agroécologiques. Toutefois, certaines adventices sont plus abondantes et fréquentes dans une zone que l'autre. Les adventices les plus agressives dans toutes les zones ont été *Chromolaena odorata*, *Ageratum conyzoides*, *Croton hirtus*, *Centrosema pubescens*, *Euphorbia heterophylla*, *Ficus sur* et *Imperata cylindrica*.

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. Aké AL., 1984. Flore de la Côte d'Ivoire : Étude descriptive et biogéographique avec quelques notes ethnobotaniques. Thèse de Doctorat d'Etat, Sciences et Techniques, Université de Cocody, Abidjan, Côte d'Ivoire 1206p.
2. Akobundu IO, Agyakwa CW. 1989. Guide des adventices d'Afrique de l'Ouest. IITA, 522 p.

3. Aman KG, Ipou IJ & Touré Y. 2004. La flore des adventices des cultures cotonnières de la région du Worodougou, au nord-ouest de la Côte d'Ivoire. *Agronomie Africaine* 16 (1) : 1-14p
4. APG. 2016. An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants. APG IV. *Botanical Journal of the Linnean Society*, 181: 1-20p
5. Bassene C, Mbaye MS, Kane A, Diangar S, Noba K. 2012. Flore adventice du maïs (*Zea mays* L.) dans le sud du bassin arrachidier (Sénégal : structure et nuisibilité des espèces)
6. Bassett T. 2017. Le boom de l'anacarde dans le bassin cotonnier du nord Ivoirien. Structures de marché et prix à la production. *Afrique Contemporaine*, 263/264, 59-83p.
7. Brun, C. 2007. Archéophytes et néophytes. Pour une nouvelle détermination des marqueurs polliniques de l'anthropisation. Le cas des milieux cultivés et rudéraux de Franche-Comté (*Doctoral dissertation, Université de Franche-Comté*).
8. Cronquist A. 1981. An integrated system of classification of flowering plants. Columbia University Press, New York, 1262 p.
9. Cronquist A. 1988. The evolution and classification of flowering plants. Allen Press, Lawrence, Kansas, 555 p.
10. Daget P, Poissonet J, 1969. Analyse phytologique des prairies. Application agronomique. *Docum. N° 48 CNRS – CEPE* ; 67 p.
11. Diouf N, Mbaye MS, Gueye M, Diouf J, KA SL, Cissoko MK, Diop D, Gueye MF, Dieng B, Camara AA & Noba K. 2020. Degré d'infestation des adventices dans le bassin cotonnier du Sénégal. *Int. J. Biol. Chem. Sci.* 14(3): 916-927p
12. Djaha JBA, N'Guessan AK, Ballo CK & Aké S. 2010. Germination des semences de deux variétés d'anacardier (*Anacardium occidentale* L.) élites destinées à servir de porte-greffe en Côte d'Ivoire. *Journal of Applied Biosciences* 32 : 1995-2001.
13. Dugué P, Koné FR, Koné G. 2003. Gestion des ressources naturelles et évolution des systèmes de production agricole des savanes de Côte d'Ivoire : conséquences pour l'élaboration des politiques agricoles. Actes du colloque, 27-31 mai 2002, Garoua, Cameroun, 12p.
14. Firca. 2023. La filière anacarde. La filière du progrès
15. Ipou Ipou J. 2005. Biologie et écologie d'*Euphorbia heterophylla* L. (Euphorbiaceae) en culture cotonnière, au nord de la Côte d'Ivoire. Thèse de l'Université de Cocody-Abidjan, UFR Biosciences 195 pp.
16. Ipou Ipou J., Adou L.M.D., Touré A. & Marnotte P. 2011. Aspects de la dynamique d'enherbement des parcelles par *Euphorbia heterophylla* L. (Euphorbiaceae) : production de graine et évolution du stock de semences. *Journal of Applied Biosciences* 46: 3144-3152.

17. Kazi Tani Ch, Le Bourgeois T, Munoz F. 2010. Aspects floristiques des adventices du domaine phytogéographique oranais (Nord- Ouest Algérien) et persistance d'espèces rares et endémiques. *Fl Médit.* 20 :29-46. ISSN 1120-4052
18. Konan Y. Akanvou L. N'Cho S. Arouna A. Eddy B & Kouakou CK. 2014. Analyse de l'efficacité technique des riziculteurs face à l'infestation des cultures par les espèces parasites *Striga* en Côte d'Ivoire. *Rev. Ivoir. Sci. Technol.*, 23 : 212 - 223.
19. Konaté ML, Kouame FNG, Abo K, Ipou Ipou J, Soro S, Traore K & Kone D. 2020. Adventices des vergers de l'anacardier en Côte d'Ivoire. *Agronomie Africaine* 32 (3) : 277 – 295p
20. Konaté ML, Ouattara DN, Kouamé FN and Bakayoko A. 2021. Diversity and uses by farmers of cashew (*Anacardium occidentale* L.) orchards weeds in Côte d'Ivoire. *Ethnobotany Research and Applications* 21(1): 1–14.
21. Konaté ML. 2021. Caractérisation des adventices dans les vergers de l'anacardier (*Anacardium occidentale* L., *Anacardiaceae*) dans le bassin Anacardier de Côte d'Ivoire., Université Nangui Abrogoua, 201p.
22. Koné M, Aman A, Adou Yao CY, Coulibaly L. & N'guessan KÉ. 2007. Suivi diachronique par télédétection spatiale de la couverture ligneuse en milieu de savane soudanienne en Côte d'Ivoire. *Revue Télédétection*, 7(1-2-3-4): 433-446p
23. Koulibaly A., Akédrin N., Diomandé M., Konaté I., Traoré D., Bill R. & Yatty J. K., 2016 Conséquences de la culture de l'anacardier (*Anacardium occidentale* L.) sur les Caractéristiques de la végétation dans la région du Parc National de la Comoé (Côte d'Ivoire). *International Journal of Innovation and Applied Studies*, 17(4): 1416-1426.
24. Le Bourgeois T. 1993. Les mauvaises herbes dans la rotation cotonnière au Nord-Cameroun (Afrique Centrale). Thèse de doctorat, Université de Montpellier II. 249 p. Maillet J. 1981. Evolution de la flore adventice dans le montpellierais sous la pression des techniques culturales. Thèse DDI, USTL, Montpellier, 20 p. + annexes.
25. Le Bourgeois T. & Marnotte P. 2002. La lutte contre les mauvaises herbes. 663-684. In Anonyme. 2002. Memento de l'agronome. CIRAD-GRET et Ministère des affaires étrangères. 1698p
26. Mangara A, N'da AAA, Traoré K, Kéhé M, Soro K & Touré M. 2010. Etude phytoécologique des adventices en cultures d'ananas (*Ananas comosus* (L.) Merr.) dans les localités de Bonoua et N'Douci en Basse Côte d'Ivoire. *Journal of Applied Biosciences* 36: 2367- 2382.

27. Mbaye MS. 2013. Association mil [*Pennisetum glaucum* (L.) R. Br] et niébé [*Vigna unguiculata* (L.) Walp.]: arrangement spatiotemporel des cultures, structures, dynamique et concurrence de la flore adventice et proposition d'un itinéraire technique. Thèse de Doctorat d'état, UCAD (Sénégal), 236p
28. N'Dépo OR, Chérif M, Johnson F, Kassi KFJM, N'Guessan AC, Silué N and N'Goran O.M. 2017. Inventaire des insectes ravageurs du verger anacardier dans les régions de Bounkani, Gontougo et Indénie-Djablun au Nord-Est en Côte d'Ivoire. *Afrique Science* 13(2): 333–343.
29. Ouattara D, Kouamé D, Tiébré MS, Kouadio YJC et N'Guessan KE. 2016. Biodiversité végétale et valeur d'usage en zone soudanienne de la Côte d'Ivoire. *Int.J. Biol. Chem. Sci.*, 10(3): 1122-1138. <http://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v10i3.18>
30. Piperno DR. 2011. The Origins of plant cultivation and domestication in the New World Tropics patterns, process, and new developments. *Current Anthropology*, vol. 52, no 4: S453-S470.
31. Soro S, Silué N, Ouattara GM, Chérif M, Camara B, Sorho F, Abo K, Koné M, Kouadio YJ and Koné D. 2017. Suivi effcient du verger anacardier à travers la veille sanitaire en Côte d'Ivoire. État sanitaire du verger anacardier ivoirien *Colloque International d'Échanges Scientifiques sur l'Anacarde* 2017: 137–142.
32. Touré A. 2014. Gestion agronomique et dynamique desmauvaises herbes dans les systèmes de riz de bas fond en Afrique de l'Ouest. Thèse en Sciences Agronomiques, Université d'Abomey-Calavi, Bénin, 180 p.
33. Touré A., Adou LM. D., Kouamé FK., Ipou J. I. 2016. Dynamique d'infestation de la forêt classée de Sanaimbo par les adventices à partir des agroécosystèmes environnants. *Tropicultura*, 2016, 34, 4, 361-374p
34. Traore K, Ouattara K, Sylla M & Coulibaly S. 2019. Dynamique des Adventices dans la Culture de Canne À Sucre : Cas de l'Unité Agricole Intégrée de Zuénoula (Centre-Ouest de la Côte d'Ivoire). *European Scientific Journal*, 15(21) : 1857 – 7881

Ostracodes oligo-miocène de la Casamance, Sénégal : biostratigraphie, systématique et paléoenvironnements

Malick Thiam

Département SVT, Faculté des Sciences et Technologies de l'Education et de la Formation (FASTEF), Université Cheikh Anta Diop, Dakar-Fann, Sénégal

[Doi:10.19044/esj.2025.v21n33p126](https://doi.org/10.19044/esj.2025.v21n33p126)

Submitted: 04 September 2025

Accepted: 27 October 2025

Published: 30 November 2025

Copyright 2025 Author(s)

Under Creative Commons CC-BY 4.0

OPEN ACCESS

Cite As:

Thiam, M. (2025). *Ostracodes oligo-miocène de la Casamance, Sénégal : biostratigraphie, systématique et paléoenvironnements*. European Scientific Journal, ESJ, 21 (33), 126.

<https://doi.org/10.19044/esj.2025.v21n33p126>

Résumé

La répartition de l'ostracofaune dans les sondages de Kafountine et Adéane au sud du Bassin Sénégal-Mauritanien met en évidence l'écozone Post Z4 de Carbonnel corrélée aux biozones de foraminifères planctoniques O₄-O₆ de l'Oligocène et M₃ du Miocène dans deux unités lithologiques. L'analyse factorielle des correspondances indique que les genres *Neonesidea*, *Buntonia*, *Cytherella* et *Isohabrocytheres* sont corrélables aux sédiments carbonatés de l'Oligocène, tandis que les niveaux détritiques sableux et argileux sont surtout marqués par les genres *Soudanella*, *Neomonoceratina*, *Agelaiocypris* et *Loxoconcha*. L'étude de la microfaune a permis d'inventorier 45 espèces appartenant à 32 genres dont 23 espèces considérées comme nouvelles sont en nomenclature ouverte. Le signal de Platytopina et le pourcentage élevé de Buntoniina à l'Oligocène indiquent une sédimentation marno-calcaire dans une mer chaude et de faible profondeur. Le passage de l'Oligocène au Miocène s'accompagne d'une hypoxie dans un environnement côtier soumis aux influences continentales.

Mots-clés: Ostracodes, oligocène, miocène, biostratigraphie, systématique, Casamance

Oligo-Miocene Ostracods from Casamance, Southern Senegal: Biostratigraphy, Systematic and Paleoenvironments

Malick Thiam

Département SVT, Faculté des Sciences et Technologies de l'Éducation et de la Formation (FASTEF), Université Cheikh Anta Diop, Dakar-Fann, Sénégal

Abstract

Ostracofauna distribution in Kafountine and Adeane boreholes from the southern Senegalo-Mauritanian basin highlights the Post Z₄ ecozone of Carbonnel (1986). This ecozone is well correlated to Oligocene planktonic biozones O₄-O₆ and Miocene M₃ into two lithological units. Correspondence factor analysis evidenced close links between genera *Neonesidea*, *Buntonia*, *Cytherella*, and *Isohabrocytheres*, which are correlated to Oligocene carbonate sediments. In addition, sandy and clayey detrital deposits are mainly defined by the genera *Soudanella*, *Neomonoceratina*, *Agelaiocypris*, and *Loxoconcha*. Microfauna studies allowed the inventory of 45 species belonging to 32 genera, of which 23 were considered new and are in open nomenclature. Platycoquina signal combined with a high percentage of Buntoniina in the Oligocene indicates a marl-limestone sedimentation rate in a warm, shallow sea water. Moreover, hypoxic conditions characterize the Oligocene to Miocene turnover in a coastal environment that was subjected to continental influences.

Keywords: Ostracods, Oligocene, Miocene, biostratigraphy, systematic, Casamance

Introduction

La région de la Casamance se trouve au sud du Bassin Sénégal-Mauritanien. On connaît sa stratigraphie grâce aux forages hydrauliques et pétroliers (Bellion & Guiraud, 1980; Castelain, 1963; Ly, 1985). Il s'agit d'épais sédiments d'âge tertiaire dans lesquels les foraminifères définissent des biozones allant de P₁-P₁₅ pour le Paléogène et N₁-N₁₄ pour le Néogène (Ly, 1985; Ly & Kuhnt, 1994; Thiam, 2014). Le Miocène de la Casamance repose sur l'Oligocène dans le domaine offshore et directement sur l'Eocène supérieur en milieu continental (Ly, 1985; Thiam, 2014). Il en résulte une lacune sédimentaire régionale (Flicoteaux & Medus, 1974) suivie d'un Miocène marin remanié vers l'est (Ly & Anglada, 1991). Cette lacune stratigraphique rend difficile l'étude des microfaunes particulièrement les foraminifères planctoniques. En raison de leur rareté dans la série oligo-miocène on utilise les ostracodes pour définir des échelles stratigraphiques

régionales ainsi et reconstituer les paléoenvironnements (Carbonnel, 1986). En dehors de ces travaux, il existe peu d'information sur la distribution et la paléocécologie des ostracodes de l'oligo-miocène comparées aux foraminifères. L'objectif triple de la présente étude vise : 1) l'acquisition d'informations sur les faunes d'ostracodes d'âge miocène dans le bassin sédimentaire de la Casamance ; 2) l'établissement de leurs séquences bio stratigraphiques en fonction des autres groupes de microfossiles ; 3) la clarification de leur signification systématique et paléo environnementale au sein du bassin sédimentaire de la Casamance.

Cadre géographique et géologique

Le secteur étudié se situe en Casamance, au sud du bassin Sénégal-Mauritanien (Figure 1). La sédimentation oligo-miocène est restreinte dans ce golfe de Casamance où elle correspond à la Formation de Ziguinchor (Carbonnel, 1986; Flicoteaux & Medus, 1974; Latil-Brun & Flicoteaux, 1986; Ly & Carbonnel, 1987). On lui doit la puissante série marine qui a subsisté à la première exondation du bassin sénégal-mauritanien et à la seconde qui a affecté principalement sa partie sud à la suite de phénomènes tectoniques d'âge tertiaire (Furon, 1968 ; Bessoles, 1977). Il en résulte une lacune de sédimentation Eocène supérieur-Oligocène inférieur (bizone P₁₇-N₁) (Carbonnel, 1986; Ly & Carbonnel, 1987). Plus à l'Est, la sédimentation se caractérise par des sables argileux, à intercalation de calcaire surmontée de grès bioturbés, d'argiles kaolinique à terriers de mollusques bien distribués dans le reste du bassin, (Roger et al., 2009; Sarr, 2013; Thiam, 2014) (Figure 2). Les dépôts miocènes constituent une unité terrigène autrefois considérée comme une formation continentale et azoïque ; toutefois, la découverte de faunes marines du Miocène moyen vient confirmer leur caractère marin (Flicoteaux & Medus, 1974; Gorodiski & Tessier, 1946; Tessier et al., 1975).

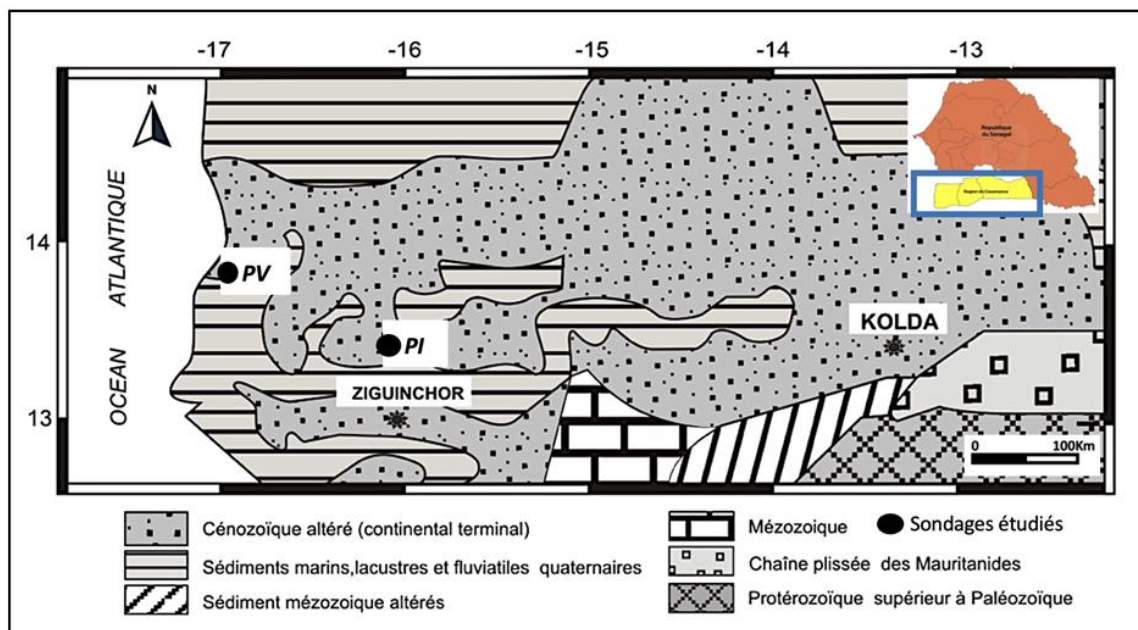


Figure 1: Carte de localisation des sondages étudiés

Synthèse stratigraphique

Les études antérieures en domaine offshore dans le sondage de référence ou Casamance Maritime 2 (CM2) mettent en évidence une série tertiaire complète composée de calcaire bioclastique à intercalation de sable (Ly, 1985). En onshore, les dépôts présentent une alternance d'argile et de sable ferrugineux riche en minéraux silicatés. En dessous de 82 m, se trouve un calcaire organogène souvent associé à des sables argileux ou glauconieux (Ly, 1985; Thiam, 2014). Les niveaux sableux renferment des intercalations dolomitiques à la base qui passent à des argiles sableuses avec intercalation de marnes grises à l'Est. Un calcaire argileux gris occupe le sommet de la série à Kafountine (Thiam, 2014). L'oliogo-miocène a été défini grâce aux foraminifères planctoniques *Globoturborotalia ciperoensis* associé à *Subbotina eocaena* et *Globoturborotalia angustiumbilitata* qui déterminent les biozones M_{1a} et M_{1b} de (Berggren et al., 1995). Par ailleurs, l'apparition des grands foraminifères *Heterostegina depressa*, *Amphistegina lessonii* et *Operculina gomezi* associés aux petits benthiques *Hopkinsina gr. bononiensis*, *Uvigerina peregrina*; *Eponides elevates* attribuerait l'intervalle à l'Oligocène-Aquitain terminal (Ly, 1985). À Kafountine, les ostracodes sont bien conservés et forment une association dominée surtout par des *Buntoniinae* (Thiam, 2014; Thiam & Sarr, 2018).

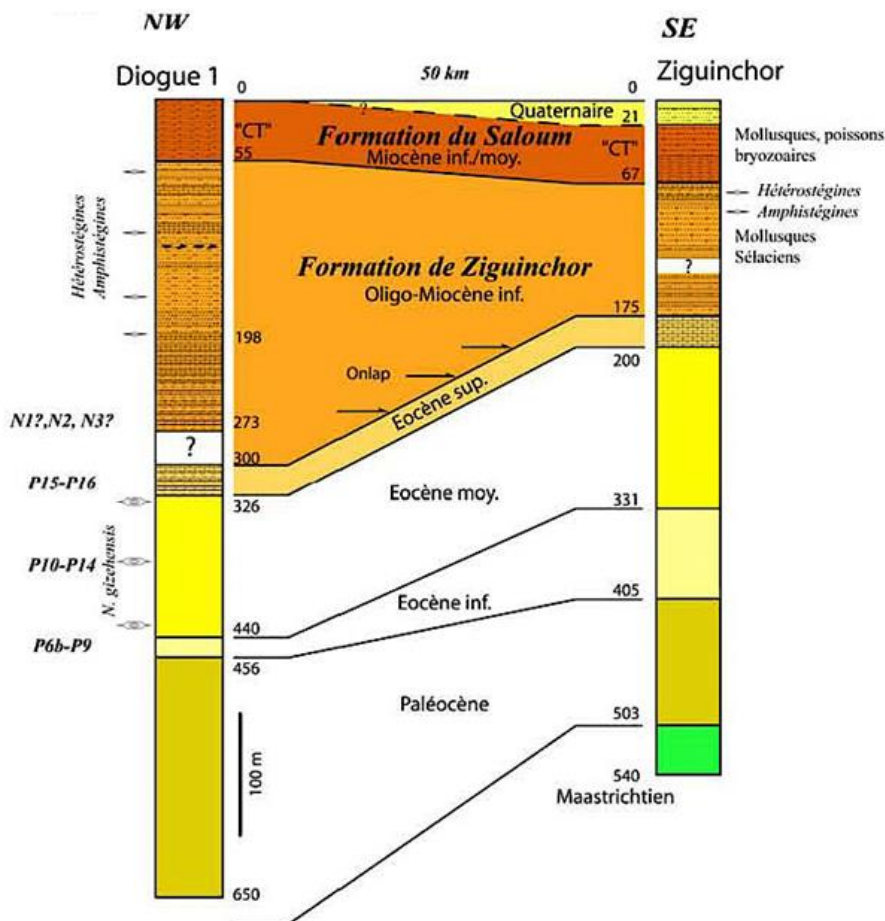


Figure 2: Coupe corrélée du Cénozoïque en Casamance

Matériel et méthodes

Nous avons analysé 74 échantillons issus des déblais de deux sondages PV et PI situés respectivement à Kafountine (12° 55' 45''N; 16° 45' 00'' W) et Adéane (12° 37' 45'' N; 15° 00' 00'' avec des profondeurs de 199m et 192m (Figure 1). La description pétrographique des échantillons a permis de réaliser la colonne lithologique de chaque sondage. Les échantillons ont été trempés pendant 24 h dans une solution d'eau oxygénée à 10% pour désagréger la roche et détruire la matière organique. Chaque échantillon a ensuite été lavé à travers une colonne de deux tamis de 125 et 63 μ m. Le résidu a été séché à l'étuve puis séparé en plusieurs fractions. Les ostracodes de la fraction >125 μ m ont été étudiés. A partir de l'ostracofaune de chaque fraction, nous avons utilisé la méthode d'analyse factorielle des correspondances Redressées (AFCR) développées par (Benzecri, 1973; Hill & Gauch Jr, 1980; Oksanen & Minchin, 1997) qui permet de caractériser la distribution des variables espèces dans un échantillon. Les axes factoriels [AF] retenus, rendent compte de la

contribution des variables espèces par rapport à l'inertie totale obtenue. L'étude systématique concerne 12 espèces représentatives de la formation et la classification utilisée est celle de (Horne et al., 2005). Les échantillons sont conservés dans la collection de l'auteur à l'université Cheikh Anta Diop de Dakar. La reconstitution des paléoenvironnements a été effectuée à partir du lithofaciès et de l'indice de diversité de Shannon (Thiam, 2014). Nous avons utilisé le pourcentage (signal) de *Platycopina* pour caractériser l'oxygénation du milieu (Ocean Anoxic Events) (Dingle et al., 1989; Dingle & Lord, 1990). Les paléotempératures ont été évaluées grâce la diversité des *Cytherelloidea* et des *Buntonia* (Sohn, 1962; Thiam & Sarr, 2018).

Résultats

Lithostratigraphie

L'étude stratigraphique de l'oligo-miocène dans les sondages, met en évidence deux unités lithologiques. L'unité supérieure (UA) est formée d'une puissante série détritique avec alternance de sable, d'argile et de sable argileux. L'unité inférieure (UB) constituée de dépôts chimique et biochimique avec des calcaire, calcaire argileux, et de marne d'épaisseur variable. Elle est subdivisée à Kafountine en deux sous-unités B1 et B2 (SUB1 et SUB2) séparées par un banc siliceux (Figure 3 et Figure 4).

Unité supérieure (UA)

Elle correspond à une alternance de sable, d'argile et sable argileux. A Kafountine, elle est formée d'une succession d'argile et de sable roux grossier à moyen avec quelques passés latéritiques entre 12 et 146 m (Figure 3). Vers l'Est à Adéane, elle s'étend entre 40 et 140 m avec un sable grossier à la base enrichi en quartz blanc détritique alternant avec des argiles gréseuses associées à des sables moyens devenant argileux au sommet (Figure 4), (Thiam, 2014).

Unité inférieure (UB)

Elle est constituée de calcaire à intercalation d'argile et de marne. Le calcaire devient argileux à Kafountine de 146 à 172 m (SUB1) et repose sur la SUB2 formée par un banc siliceux, un calcaire argileux gris verdâtre, et une marne grise entre 175 à 196 m. L'épaisseur des dépôts augmente vers l'Est à Adéane où un calcaire blanchâtre surmonte des marnes verdâtres entre 140 et 199 m (Figures 3 et 4).

Biostratigraphie

L'échelle biostratigraphique de Carbonnel (1985) a été utilisée pour deux raisons : 1) elle résume la distribution de l'ostracofaune dans le golfe de Guinée ; 2) cette distribution peut être corrélée aux biozones de foraminifères planctoniques (Berggren et al., 1995).

Le sommet de l'Oligocène est défini à l'ouest dans le sondage de Kafountine avec les biozones O₄ à O₆ marquée par *Paragloborotalia semivera* et *Globorotaloides permicrus*. À l'Est vers Adéane, dans l'unité B, la dernière apparition (HO) de *Globoturborotalita gnaucki* définit la biozone O₃ tandis que *Globoturborotalita ouachitaensis* et de *Paragloborotalia semivera* marquent le sommet de la O₄ (Thiam, 2014). Les associations d'ostracodes sont très diversifiées dans les sondages étudiés (Tableau 1). L'apparition des espèces *Buntonia livida*, *Buntonia* sp5 sensu Carbonnel et *Cytherella sylvesterbradleyi* caractérise la biozone Post-Z4 de Carbonnel (1986) qui est d'âge Oligocène à Miocène. Elles sont associées à *Ruggiera* aff. *boldi*, *R. triangulata*, *Chrysocythere cataphracta*, *Soudanella bissauensis* et *Soudanella heptastriata* entre 25 et 75 m (Figures 3 et 4). La biozone sens stricto M₃ du Miocène est définie dans la SUB1 de Kafountine grâce à *Globigerina primordius* accompagnée d'une grande fréquence de *Globigerinoides quadrilobatus* et *Globigerina pseudobulloides* (Thiam, 2014). Les ostracodes sont représentés dans cet intervalle par *Loxoconcha kafountinensis*, *Chrysocythere foveostriata*, *Aglaioocypris schweyeri*, *Chrysocythere cataphracta*, *Loxocorniculum antillea*, *Soudanella heptastriata*, *S. bissauensis* et *Neomonoceratina bignonaensis* qui caractérisent la zone Post-Z4 de Carbonnel (1986) qui date un Miocène.

Tableau 1: Ostracodes de l'Oligo-Miocène du sud du bassin sénégal-mauritanien en Casamance. En gras les espèces concernées par l'étude systématique

<i>Actinocythereis</i> sp. sensu Carbonnel Carbonnel, 1986	<i>Kroemmelbeinella</i> sp Mostawafi, 1983
<i>Aglaioocypris</i> sp. sensu Carbonnel Carbonnel, 1986	<i>Loxoconcha kafountinensis</i> Carbonnel, 1986
<i>Anomocythereidea tropicalis</i> Carbonnel, 1986	<i>Loxoconcha corrugata</i> Alexander, 1934
<i>Bairdopillata</i> sp sensu? Carbonnel, 1986	<i>Loxocorniculum antillea</i> Bold, 1946
<i>Basslerites</i> sp. sensu Carbonnel, 1986	<i>Neomonoceratina</i> sp. Carbonnel, 1986
<i>Buntonia livida</i> Apostolescu, 1961	<i>Neomonoceratina bignonaensis</i> Carbonnel, 1986
<i>Buntonia</i> sp 1 Salahi, 1966	<i>Neomonoceratinoides</i> sp Carbonnel, 1986
<i>Casamancea lougaensis</i> Carbonnel, 1986	<i>Neonesidea</i> sp Maddocks, 1969
<i>Chrysocythere foveostriata</i> Brady 1870	<i>Otorocythere</i> sp. sensu Carbonnel, 1986
<i>Chrysocythere cataphracta</i> Ruggieri, 1962	<i>Paijenborchella</i> sp Kingma, 1948
<i>Chrysocythere oulofi</i> Carbonnel, 1986	<i>Paracypris</i> sp Foster et al., 1983
<i>Cytherella sylvesterbradleyi</i> Reymont, 1963	<i>Ponticulocythereis haywardi</i>
<i>Cytherella</i> sp Ducasse, 1978	<i>Ponticulocythereis carbonneli</i>
<i>Cytherella</i> sp. J sensu Carbonnel, 1986	<i>Propontocypris</i> sp. Sensu Carbonnel, 1986
<i>Cytherelloidea</i> sp Carbonnel, 1986	<i>Quadracythere</i> sp sensu
<i>Cytherelloidea</i> sp sensu Carbonnel, 1986	<i>Reticulina guineensis</i> Carbonnel, 1986
<i>Cytheromorphina</i> sp Carbonnel, 1986	<i>Ruggiera</i> aff. <i>boldi</i> Keen, 1972
<i>Cytheropteron</i> sp A sensu Van den Bold, 1966	<i>Semicytherura</i> aff. <i>carioui</i> Carbonnel, 1986
<i>Dahomeya</i> sp Apostolescu, 1961	<i>Soudanella bissauensis</i> Apostolescu, 1961
<i>Eocytheropteron</i> sp	<i>Soudanella heptastriata</i> Apostolescu, 1961
<i>Isahabrocythere apostolescui</i> Sarr, 1999	<i>Soudanella</i> sp. sensu Apostolescu, 1961
<i>Keijella dixeyi</i> Bold, 1966	<i>Urocythereis</i> sp. Sensu Carbonnel, 1986
	<i>Xestoleberis</i> sp.2 Salahi, 1966

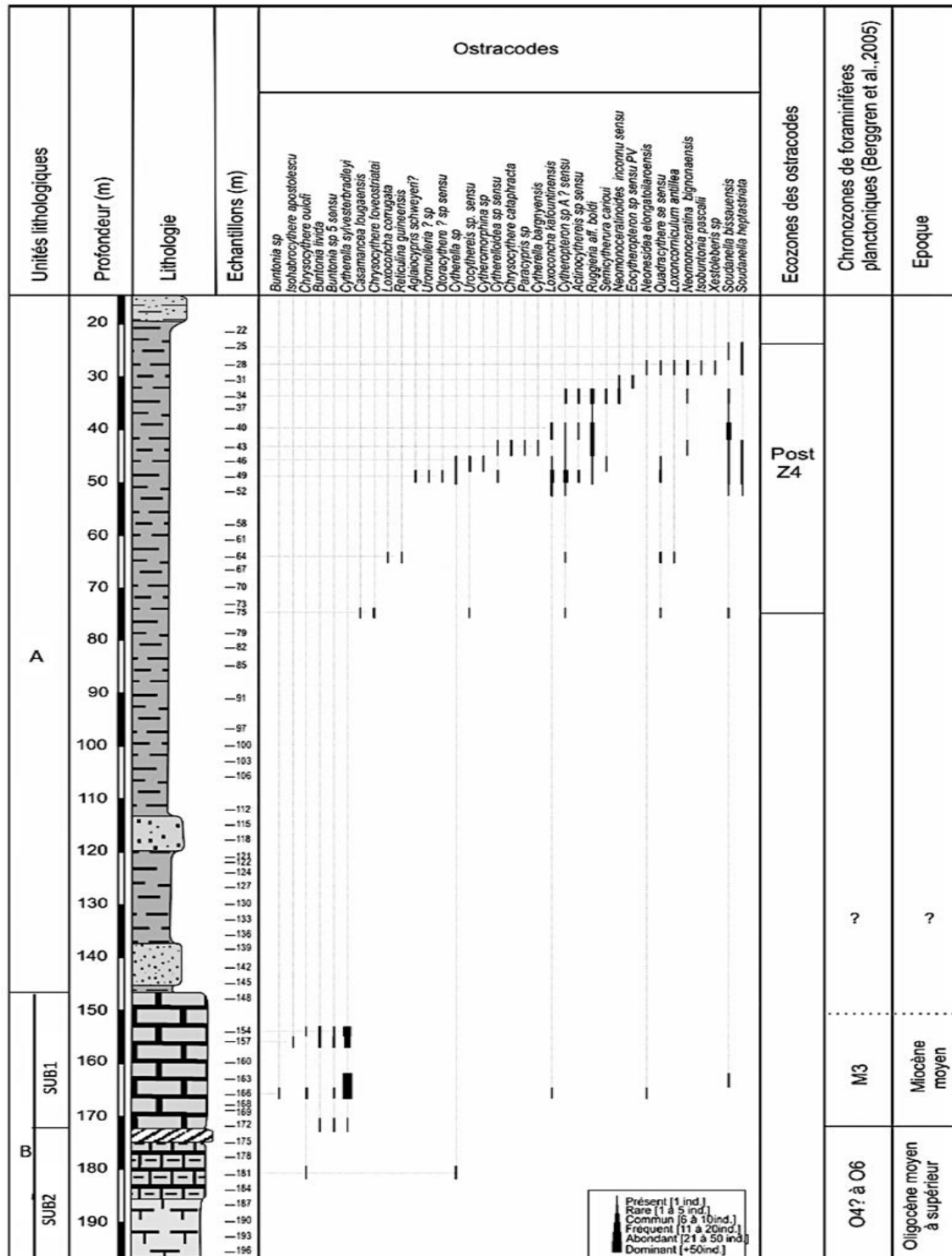


Figure 3: Répartition des ostracodes par ordre de disparition dans le sondage PV de Kafountine

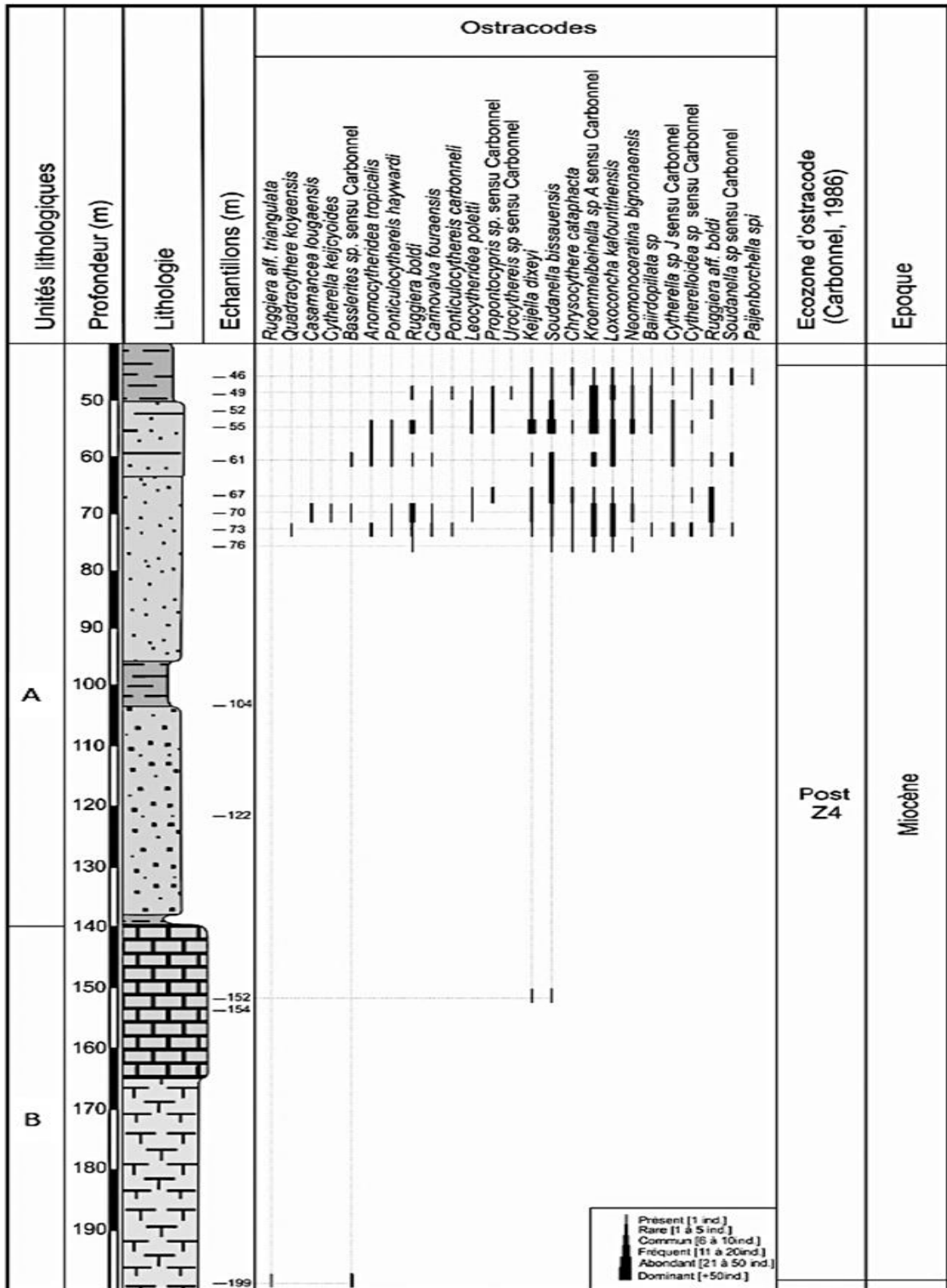


Figure 4: Répartition des ostracodes par ordre de disparition dans le sondage PI d'Adéane

Analyses multivariées

Clustering

Unité supérieure

Les deux clusters B1 et B2 caractérisent l'unité A (UA). Le cluster B1 se situe dans les sables argileux situés au sommet, tandis que le cluster B2 se trouve dans les argiles et les sables grossiers de Kafountine situés entre 34 et 75 m (Figure 5a). À Adéane, le cluster B1 est localisé dans les sables grossiers à la base de UA tandis que le cluster B2 caractérise les argiles, les sables fins, les sables argileux et l'argile de UA.

Unité inférieure

Dans le sondage d'Adéane, le cluster A localisé dans UB, indique des ressemblances fortes entre les marnes et les calcaires argileux. Cependant il ne renferme que deux échantillons mais typiques des calcaires de UB (Figure 5b). Par contre à Kafountine, le cluster A est plus représentatif avec une différenciation nette entre le calcaire et le calcaire-marneux situés respectivement dans SUB1 et SUB2. L'indice de similarité est de 0,24. Il indique une relation significative entre le calcaire, le calcaire argileux et les marnes.

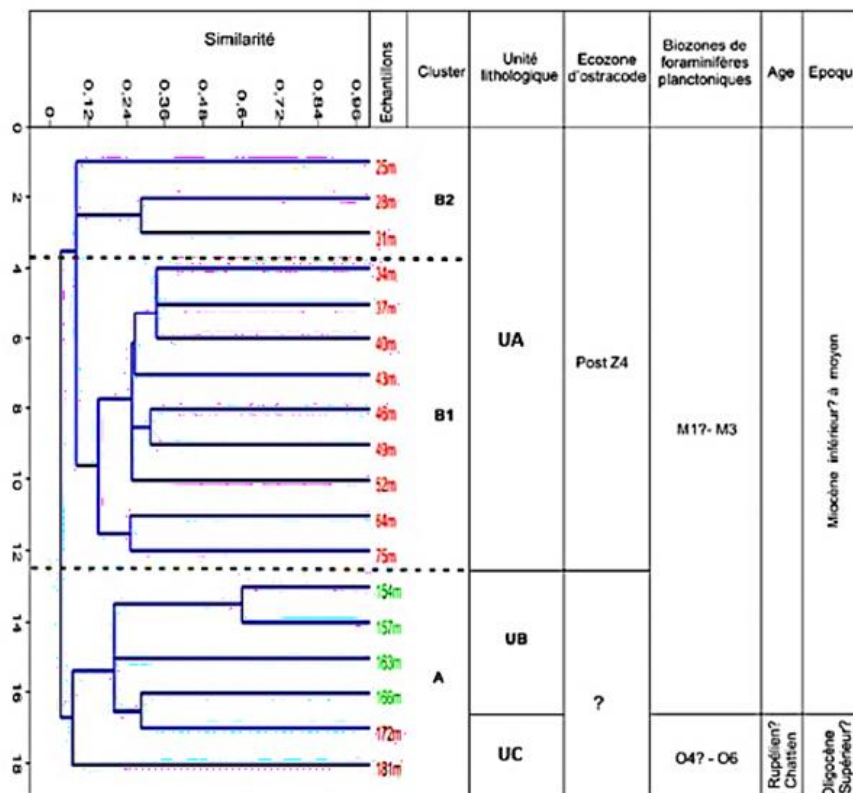


Figure 5a

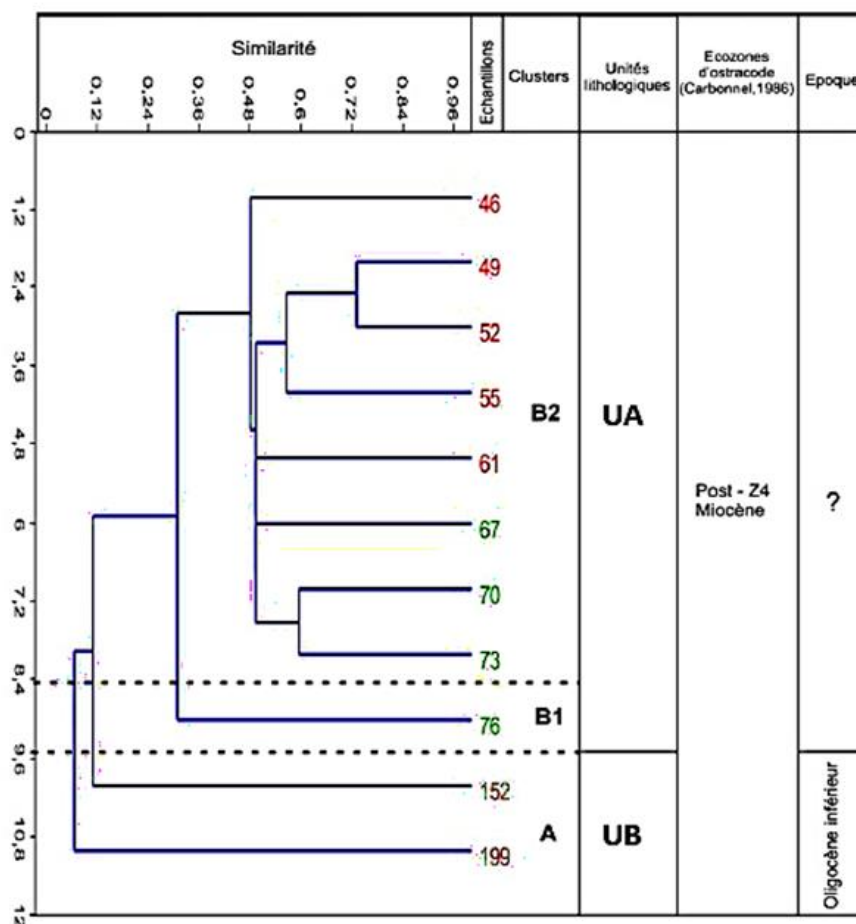


Figure 5b

Figure 5: Clustering des ostracodes de l'Oligocène et du Miocène dans le sondage de Kafountine (Figure 5a) et dans le sondage d'Adéane (Figure 5b)

Analyse Factorielle des correspondances

L'analyse factorielle des correspondances a été réalisée distinctement dans les sondages PV et PI et porte sur chacune des deux unités lithologiques.

- À Kafountine, les contributions des clusters obtenus sur [AF1] sont plus importantes que celles observées sur [AF2] (Figure 6a). En effet, on observe une ségrégation nette des taxa dans les deux clusters. Le cluster A typique de l'Oligocène supérieur est marqué par les genres *Neonesidea*, *Buntonia*, *Cytherella* et *Isohabrocythere* situés dans les faciès calcaires et les calcaires argileux. Au Miocène inférieur à moyen, les taxa associés aux clusters B1 et B2 sont très diversifiés avec des contributions très élevées sur [AF1]. On remarque que :

- les sables fins du sommet de (UA) sont surtout marqués par le genre *Soudanella* ;
- la partie supérieure des argiles verdâtres reste caractérisée par les genres *Soudanella*, *Semicytherura*, *Xestoleberis*, *Ruggiera*, *Paracypris*, *Actinocythereis* et le *Neomonoceratinoide* inconnu.
- A Adéane, les échantillons du cluster A ont les contributions les plus élevées sur [AF1] et [AF2] soit 3,5 et 1,6. Ils sont bien corrélés aux genres *Basslerites* et *Keijella* mais ce dernier est aussi très proche du cluster B2. On remarque que plus de 90 % des genres sont bien corrélés au cluster B2 (Figure 6b). Les genres *Soudanella*, *Neomonoceratina*, *Kroemmelbeinella* et *Aglaiocypris* sont positivement liés au cluster B2 situé dans les argiles de UA tandis que le cluster B1 reste fortement lié au genre *Loxoconcha*. On en déduit que ces genres caractérisent des environnements de dépôts détritiques argileux et sableux. Les corrélations négatives observées entre les clusters B1, B2 avec les genres *Bairdopillata*, *Anomocytheridea*, *Quadracythere*, *Ponticulocythereis*, *Cytherella* et *Carinivalva* traduisent leur faible participation dans les échantillons des clusters B1 et B2.

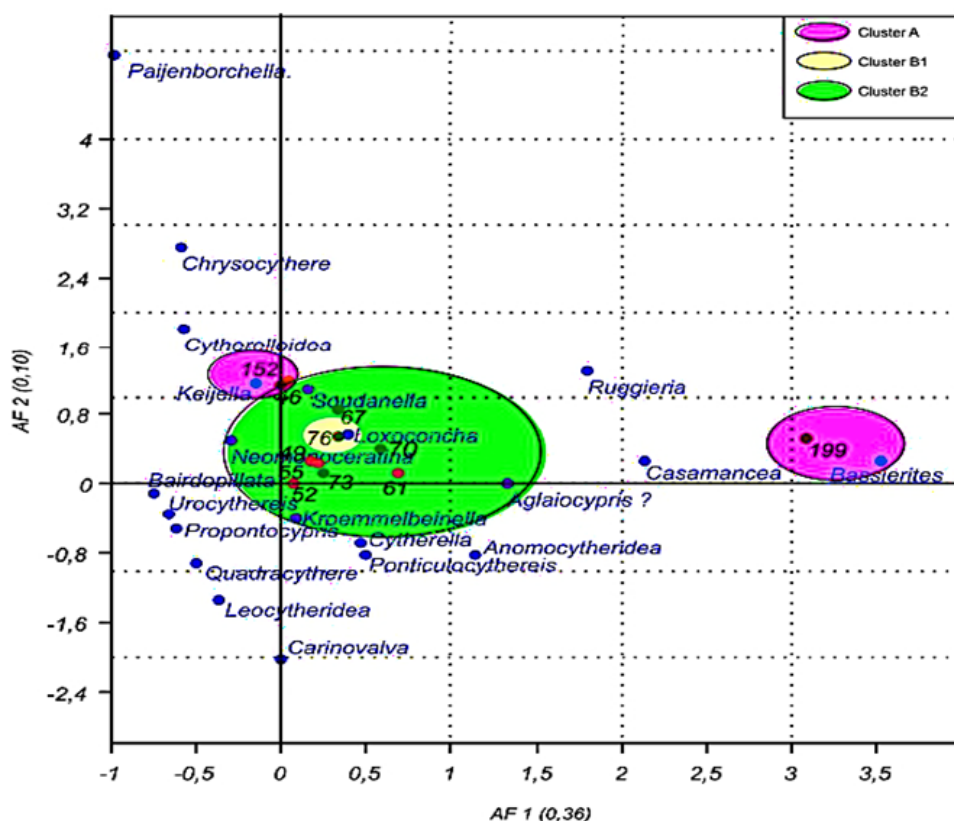


Figure 6a

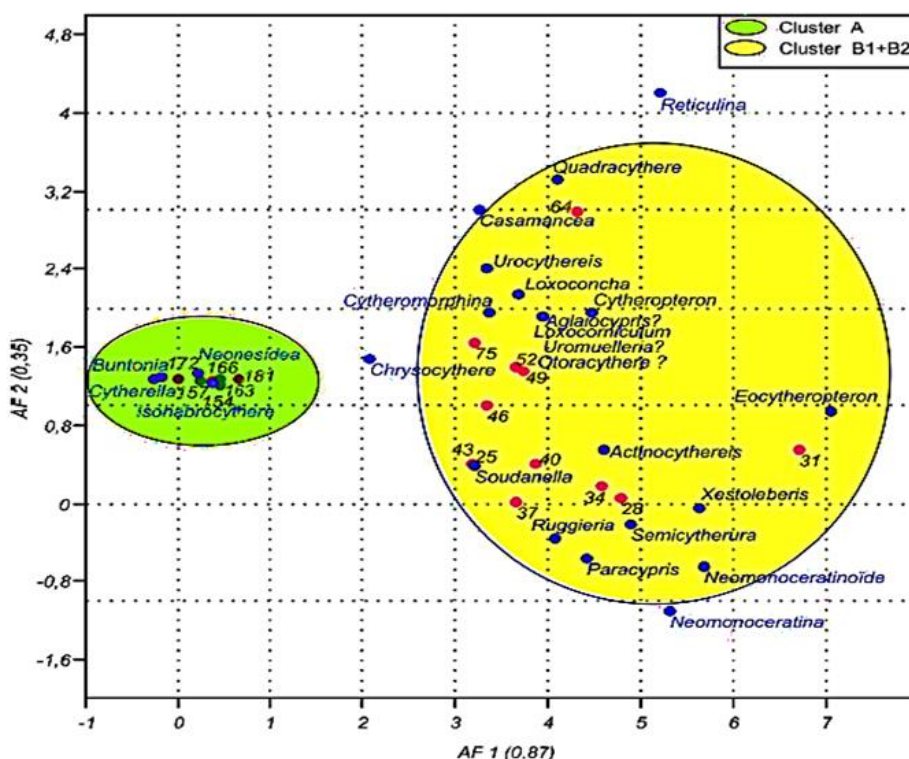


Figure 6b

Figure 6: AFCR des ostracodes de l'Oligocène et du Miocène dans le sondage de Kafountine (Figure 6a) et dans le sondage d'Adéane (Figure 6b)

Étude systématique des ostracodes

Au total, 45 espèces appartenant à 32 genres ont été identifiées dont les plus représentatifs sont *Cytherella* (5 espèces), *Chrysocythere* (4 espèces) et *Soudanella* (4 espèces). L'imagerie des taxa a été réalisée à l'Institut de Geosciences de l'Université de Tübingen, en Allemagne. Les abréviations L, H dans cette partie renvoient à la longueur et la hauteur de la carapace. La planche 1 porte les illustrations les espèces représentatives et concernées par l'étude systématique.

Sous-classe Ostracoda LA TREILLE, 1806

Ordre Podocopida G. W. MULLER, 1894

Sous-ordre Platycopina SARS, 1866

Famille Cytherellidae SARS, 1866

Genus *Cytherella* JONES, 1849

***Cytherella sylvesterbradleyi* Reyment, 1963**

Planche 1, figure 1

1963 *Cytherella sylvesterbradleyi* sp. nov. Reyment, p. 35, pl. 1, fig. 1-10.

1982 *Cytherella sylvesterberadleyi* Reyment, Diop, Guernet & Poignant, p. 35, pl. 1, fig. 7.

1987 *Cytherella sylvesterberadleyi* Reyment, Okosun p.22, pl. 21 figs 1- 4, pl. 22 fig. 1.

2014 *Cytherella sylvesterberadleyi* Reyment, Thiam, p. 202, pl. 12, fig. 1- 2.289, pl. 2 fig. 6.

Dimensions: $L = 0,60 \text{ mm}$; $H = 0,35 \text{ mm}$

Description: une dépression étroite et oblique dans la moitié antérieure de l'espèce est bien exprimée dans de nombreux spécimens observés. Les bords dorsal et ventral convergent légèrement vers l'avant, La plus grande épaisseur est au quart postérieur et le recouvrement des bordures de la valve gauche est faible vers l'avant.

Répartition stratigraphique: Sénégal (Danien-Oligocène); Nigéria (Maastrichtien supérieur-Paléocène), Niger (Paléocène supérieur)

Super-famille Cytheracea ULRICH & BASSLER, 1923

Famille Cytheruridae G. W. MÜLLER, 1894

Subfamille Cytheroptinae HANAI, 1957

Genre *Cytheropteron* SARS, 1866

Cytheropteron sp A sensu VAN DEN BOLD, 1966

Planche 1, figure 2

1966 *Cytheropteron sp A sensu* Van den Bold, p. 171-172, pl. 3, 4a-b, pl. 6, fig. 6a-b.

1986 *Cytheropteron sp A sensu* Van den Bold, Carbonnel, p. 77, pl. 11, fig. 1- 2.

2014 *Cytheropteron sp A sensu* Van den Bold, Thiam, p. 206, pl. 12, fig. 3.

Dimensions : $L = 0,66 \text{ mm}$; $H = 0,39 \text{ mm}$

Description: en vue dorsale, la suture des valves est incurvée à gauche aux deux extrémités de la charnière. L'inversion de l'englobement n'est pas suivie par l'inversion de la charnière. Les ponctuations sont absentes de la surface ventrale qui sont uniquement costulée. La côte ventrale porte une épine. Les canaux de pores marginaux ne sont pas associés par couple dans la zone médiane.

Répartition stratigraphique: Sénégal (Eocène inférieur-Oligocène).

Famille Cytherideidae SARS, 1925

Sous-famille Cytherideinae SARS, 1925

Genus *Isohabrocythere* APOSTOLESCU, 1961

***Isohabrocythere apostolescui* SARR, 1999**

Planche 1, figure 3

1999 *Isohabrocythere apostolescui n. sp.* Sarr p.7, pl. 2, fig. 1- 4.

2014 *Isohabrocythere apostolescui*. Sarr, Thiam, p.202, pl.12, fig. 10

Dimensions: $L=0,58\text{ mm}$; $H=0,28\text{ mm}$

Description : le contour est ovoïde et le bord antérieur comprimé porte un faible bourrelet. Le recouvrement de la valve gauche est plus fort sur le bord ventral. Les tubercules oculaires faibles sont soulignés par une petite dépression. La plus grande hauteur et la plus grande épaisseur sont situées au tiers antérieur. Le sillon vertical médian peu profond est entouré de fossettes rondes qui s'estompent aux extrémités. La zone marginale antérieure large possède un vestibule réduit. La zone marginale postérieure est dépourvue de vestibule. Les canaux de pores normaux sont en tamis.

Répartition stratigraphique: Sénégal occidental (Thanetien).

Sous Ordre Cypridocopina, JONES, 1901

Superfamille Cypridoidea, BAIRD, 1845

Genus *Aglaiocypris*, SYLVESTER-BRADLEY, 1947

***Aglaiocypris* sp. sensu CARBONNEL, 1986**

Planche 1, figure 4

1966 *Disopontocypris* sp n. sp., Van den Bold, p. 159-160, pl. 4, fig. 30a-b.

1986 *Aglaiocypris* sp. Carbonnel, p.43, pl. 11, fig. 9.

2014 *Aglaiocypris* sp. sensu Carbonnel, ; Thiam, p. 204, pl.10, fig. 8.

Dimensions : $L=0,83\text{mm}$; $H : 0,39\text{mm}$

Description : la carapace est allongée, le bord antérieur légèrement arrondi et le bord postérieur possède une marge postérieure arrondie. Le sillon cardinal est situé à la valve droite. Les vestibules antérieur et postérieur sont très larges. Les empreintes musculaires et les canaux de pores marginaux sont difficilement observables. La hauteur maximale est observée sur le tiers postérieur.

Répartition stratigraphique: Miocène.

Sous-famille Trachyleberidinae SYLVESTER - BRADLEY, 1948

Genus *Chrysocythere* RUGGIERI, 1962

***Chrysocythere cataphracta* RUGGIERI, 1962**

Planche 1, figure 5

1962 *Chrysocythere cataphracta* n.sp Ruggieri, p.26-29, pl.12, fig. 11-13.

1962 *Chrysocythere cataphracta*, Ruggieri, Van den Bolt, p. 161-162, pl. 1, fig. 6a-c, pl.5. fig.1.

2014 *Chrysocythere cataphracta*, Ruggieri, Thiam, p 206. pl.11 fig. 11.

Dimensions : $L=0,72\text{mm}$; $H=0,41\text{mm}$

Description : Les canaux de pores marginaux latéraux sont plus nombreux à l'arrière que le nombre figuré par Van den Bolt. Ils sont au nombre de 15 au lieu de 11 canaux. Une dizaine parcourt également la zone marginale ventrale.

Répartition stratigraphique: Sénégal, Eocène inférieur- Oliocène.

***Chrysocythere foveostriata*, BRADY 1870**

Planche 1, figure 6

1870 *Cythere foveostriata* Brady, p. 247, pl. 32, fig. 14-17.

1870 *Chrysocythere foveostriata* Brady, Van den Bold, p. 161, pl. 2, fig. 1a-b.

2014 *Chrysocythere, foveostriata* Van den Bold, Thiam, p 206. pl.11 fig. 10.

Dimensions : L= 0,65 mm ; H=0,41mm

Description : la carapace est grossièrement rectangulaire avec des marges dorsale et ventrale droites. La marge antérieure est plus largement arrondie que la marge postérieure. Trois crêtes latérales traversent les zones dorsale, médiane et ventrale de la carapace. Des rangées de réticulations sont présentes dans les zones intercostales. La côte marginale antérieure est proéminente. La surface marginale antérieure de la carapace est lisse. La côte médiane rejoint la côte marginale antérieure

Répartition stratigraphique : Sénégal, Gabon, Nigéria (Pliocène-Actuel).

Famille Loxoconchidae SARS, 1925

Sous-famille Loxoconchinae SARS, 1925

Genus *Loxoconcha* SARS, 1925

***Loxoconcha kafountinensis* CARBONNEL, 1986**

Planche 1, figure 7

1986 *Loxoconcha kafountinensis* Carbonnel, p. 91, pl. 10, fig. 4-7, fig. 5.

2014 *Loxoconcha kafountinensis* Carbonnel, Thiam p. 202, pl. 12, fig. 16.

Dimensions : L=0,33mm ; H= 0,19 mm

Description : Surface très ornée, carapace de petite taille avec un bec postérieur en vue dorsale. L'ornementation de la partie antérieure présente des réticulations concentriques. La partie médiane avec des réticulations linéaires sauf ventralement. La partie dorsale est marquée de ponctuations de petite taille. Région dorsale et postéro-caudale recouverte de fossettes de taille 5 fois inférieure à celle des plus grandes fossettes.

Répartition stratigraphique: Eocène-Oligocène.

Genus *Neomonoceratina* KINGMA, 1948

***Neomonoceratina* sp. CARBONNEL, 1986**

Planche 1, figure 8

1986 *Neomonoceratina* sp. Carbonnel, pl. 8., fig. 17-18, fig. 6.

2014 *Neomonoceratina* sp. Carbonnel, Thiam, p. 204, pl. 13, fig. 5.

Dimensions : L= 0,33mm ; H= 0,19mm

Description: le bord antérieur arrondi, dissymétrique; le point de courbure est au niveau de la côte médiane ou immédiatement dessous. Le bord dorsal rectiligne pendu vers l'arrière caché en partie par des expansions épineuse à

l'aplomb du tubercule oculaire, au tiers postérieur. Le bord postérieur concave avant le processus caudal très acuminé, situé à la hauteur de la côte médiane. Un bord ventral convexe caché par la côte ventrale. Ornementation formée de trois côtes carénées. La côte dorsale émet deux branches verticales courtes. La côte ventrale n'atteint pas le rebord postérieur. Les épines sont plus importantes dans l'espace inférieur et aux nœuds de la réticulation, dorsalement. Une costule marginale épineuse longe le bord antérieur.

Répartition stratigraphique: Sénégal (Eocène supérieur), Nigéria (Eocène-Oligocène?)

Sous classe Pododopa

Famille Cytheruridae G.W. MÜLLER, 1894

Sous-famille Cytherurinae G.W. MÜLLER, 1894

Genus *Reticulina* BASSIOUNI, 1969

***Reticulina guineensis* CARBONNEL, 1986**

Planche 1, figure 9

1986 *Reticulina guineensis* n. sp Carbonnel, Carbonel, p. 117, pl. 13, fig. 9-11.

2014 *Reticulina guineensis*, Carbonnel, Thiam, p. 208, pl. 14, fig. 5.

Dimensions : L=076 mm ; H=0,42mm

Description : présence de deux fines costules disposées en croix. L'une verticale reliant le tubercule oculaire au bord ventral et l'autre longitudinale est oblique vers l'avant. Le bord dorsal est rectiligne sauf à l'aplomb du tubercule oculaire et le bord antérieur est symétrique avec une courbure régulière dépourvu d'épines. Le centre de rayonnement de 10 rangées de fossettes ou plus forme le point de croisement. Le bourrelet périmarginal ceinture la carapace à l'exception du bord dorsal.

Répartition stratigraphique: Sénégal (Eocène supérieur-Miocène); Guinée (Eocène-Miocène).

Famille Trachyleberidae

Genus *Soudanella*, APOSTOLESCU, 1961

***Soudanella bissauensis*, APOSTOLESCU, 1961**

Planche 1, figure 10

1986 *Soudanella bissauensis* n. sp Carbonnel, Carbonel, p. 122, pl. 7, fig. 8-12.

2014 *Soudanella bissauensis*, Carbonnel, Thiam, p. 208, pl. 14, fig. 13-14.

Dimensions : L=0,71 mm, H=0,39 mm

Description : le bord dorsal concave à l'avant en raison du développement de l'oreillette cardinale antérieure. Le bord postérieur grossièrement dentelé devient rectiligne très incliné vers l'arrière. Le bord ventral est fortement concave et l'ornementation est du type costulé dominant. Zone marginale sans

vestibule s'épaissit dans les deux tiers de leur extension. L'ornementation marquée par trois côtes inférieures qui s'étendent de l'avant vers l'arrière. Les autres côtes s'anastomosent et convergent vers l'arrière en chevron.

Répartition stratigraphique: Sénégal, Paléocène.

***Soudanella heptastriata* APOSTOLESCU, 1961**

Planche 1, figure 11

1986 *Soudanella heptastriata* Carbonnel, p. 125, pl. 7, fig. 13.

2014 *Soudanella heptastriata*, Carbonnel, Thiam, p. 208, pl. 14, fig. 11.

Dimensions : L=0,70 mm ; H=0,30 mm

Description : les rangées de fossettes latérales convergent à l'arrière et à l'avant. Deux rangées ventrales atteignent les costules marginales antérieures formant un bourrelet en vue dorsale. La zone sous-oculaire est lisse. La face valve droite présente une dépression oblique au niveau oral semblable à un canal.

Répartition stratigraphique: Sénégal, Néogène (Serravallien /Tortonien)

Famille Hemicytheridae, PURI, 1953

Genus Urocythereis, RUGGIERI, 1950

***Urocythereis* sp. CARBONNEL, 1986**

Planche 1, figure 12

1986 *Urocythereis* sp n. sp. Carbonnel, Carbonnel, p. 133, pl. 9, fig. 14.

2014 *Urocythereis* sp Carbonnel, Thiam, p. 208, pl. 14, fig. 14.

Dimensions : L=0,83 mm ; H= 0,46 mm

Description : forme rectangulaire avec une extrémité postérieure pointue dans le tiers antérieur. Ornementation formée de rangée de fossettes longitudinales. La côte médiane se bifurque en deux branches obliques à proximité du tubercule subcentral. La valve gauche porte une dent au début de la barre cardinale. Les trois côtes latérales font saillies.

Répartition stratigraphique: Sénégal, Néogène.

Interprétation paléoenvironnementale

Oligocène

Les calcaires et les calcaires argileux de l'Oligocène sont caractérisés par les genres *Buntonia*, *Cytherella*, *Neonesidea*, *Isohabrocythere* (Figure 6a et 6b). La diversité spécifique est très faible ($H = 0$) dans l'unité inférieur, mais augmente rapidement dans les niveaux marneux au passage Oligocène-Miocène ($H=1$) avec un pourcentage élevé de *Buntoniina* (80%) ce qui indique une mer chaude de faible profondeur (Figure 7). Ce pourcentage de *Platycopina* relativement important (95%) indique la présence d'une zone à oxygène minimum (ZOM) dans les marnes, suivie d'un milieu plus oxygéné pendant la sédimentation marno-calcaire qui se déroule dans une mer de type

plateforme interne. Les dépôts argileux et sableux de l'unité supérieure se sont déposés dans un environnement anoxique peu profond qui a engendré une perte de la biodiversité. Par ailleurs, la diversification des genres *Soudanella*, *Semicytherura*, *Xestoleberis*, *Ruggiera*, *Paracypris*, *Actinocythereis* ainsi que la forte présence de *Xestoleberis* et *Semicytherura* dans les argiles de l'unité supérieure traduit une hausse de l'oxygénation dans un environnement marin peu profond riche en algues (Van Morkhoven et al., 1986).

Miocène

La biodiversité est en hausse dans les sables et les argiles de l'unité supérieure à Adéane (Figure 8). Le « signal » des *Platycopina* et les pourcentages élevés des *Buntonia* (80%) ainsi que le faible taux de *Cytherelloidea* (5%) indiquent la circulation d'eaux plus chaudes et une hypoxie du milieu (Figure 7 et Figure 8). Par ailleurs, la forte présence du genre *Neomonoceratina* dans l'unité supérieure caractérise un milieu côtier hyperhyalin (36 ‰) et légèrement supérieur à la normale, sous un climat tropical (Carbonnel, 1986 ; Thiam, 2014). Cette distribution confirme les résultats obtenus par Carbonnel (1986). La baisse de la biodiversité des ostracodes semble suivre les variations de faciès observés dans cette partie du bassin. En effet, la plus forte teneur en calcaire dans le milieu semble limiter la diversification des ostracodes alors que ces derniers s'épanouissent dans les sables et les argiles. Ainsi, à la fin du Miocène moyen, la région est soumise aux influences continentales et la sédimentation détritique argilo-sableuse se déroule dans une plateforme littorale couverte par une faible tranche d'eau marine. La présence de grains de glauconie et de macrofossiles plus à l'est (Ly & Carbonnel, 1987) confirme le caractère marin du Néogène. La distribution des foraminifères planctoniques et benthiques mettent en évidence une phase régressive (Ly & Anglada, 1991) qui confirme la faible tranche d'eau du Miocène. La présence simultanée de *Neomonoceratina* et *Anomocytheridea* est corrélée à une phase régressive permettant l'invasion du plateau continental par les espèces plus côtières.

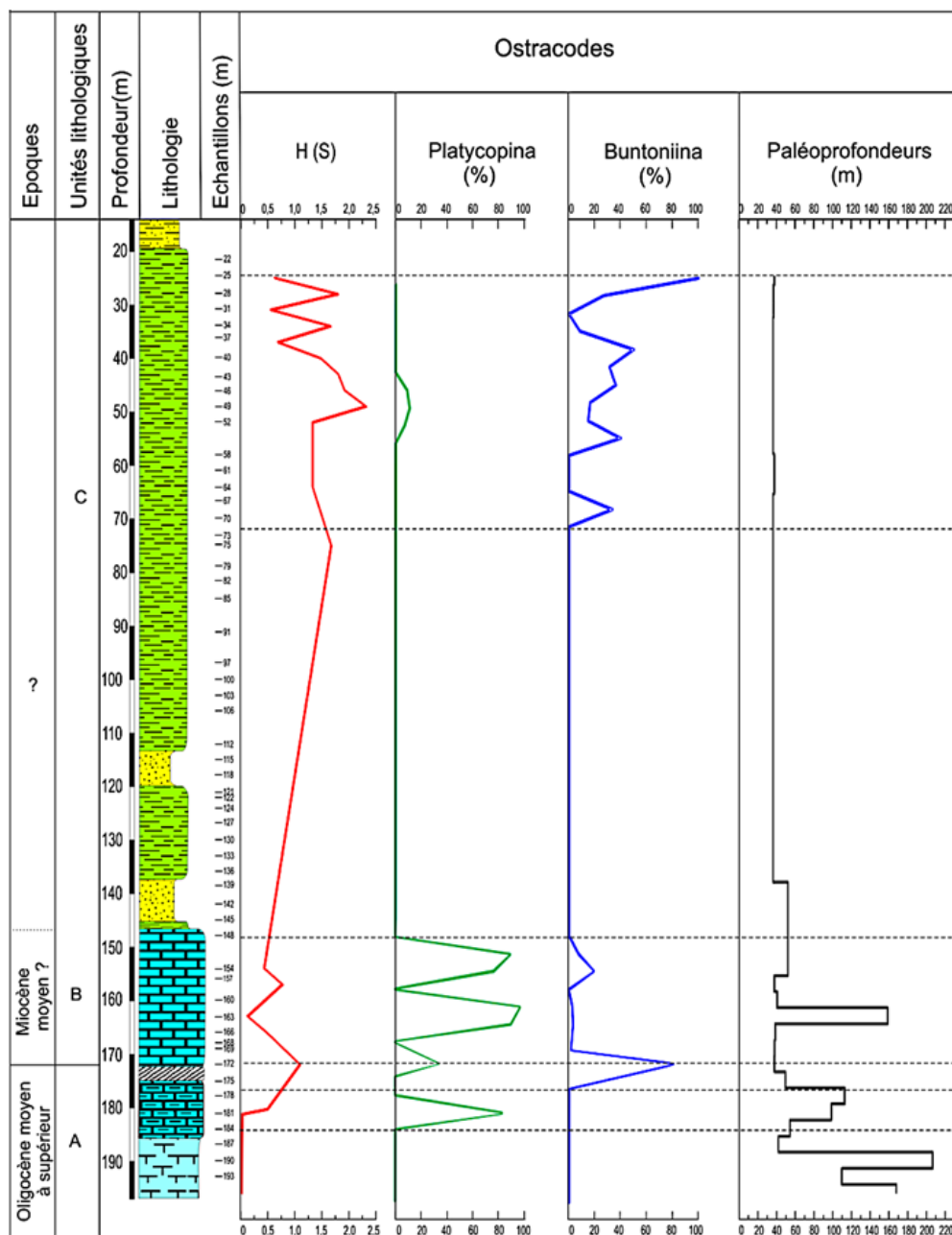


Figure 7 : Variations de l'indice de diversité de Shannon (H), du signal de Platycopina et des Buntoniina à Kafountine

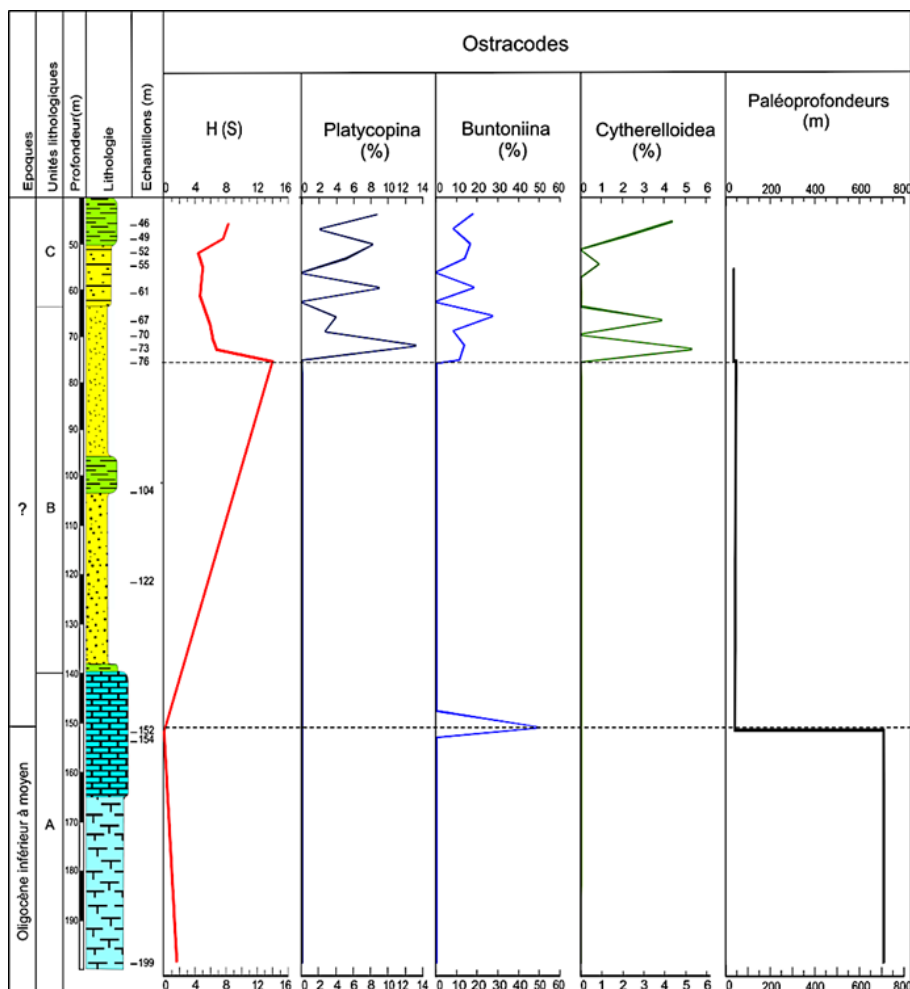


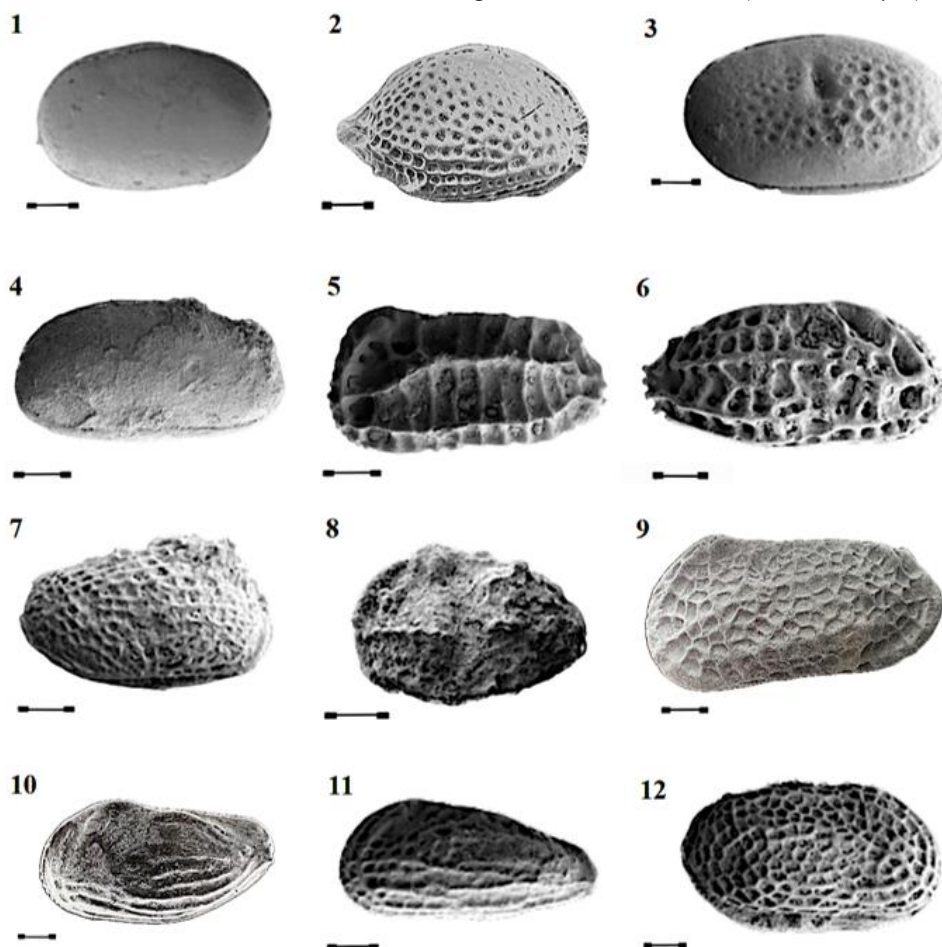
Figure 8 : Variations de l'indice de diversité de Shannon (H), du signal de Platycopina et des Buntoniina à Adéane

Conclusion

La stratigraphie du bassin à l'oligo-miocène met en évidence une série détritique argilo-sableuse au-dessus d'une unité formée de dépôts chimique et biochimique à dominance marno-calcaire. L'analyse de ma microfaune a permis d'inventorier 45 espèces appartenant à 32 genres dont les plus représentatifs sont *Cytherella* (5 espèces), *Chrysocythere* (4 espèces) et *Soudanella* (4 espèces). La sédimentation carbonatée s'est déroulée à l'Oligocène supérieur dans un milieu marin moyennement profond de type plateforme externe à bathyale caractérisé par des eaux chaudes à tempérées subtropicales, avec une salinité normale. Les associations d'ostracodes indiquent une désoxygénation et une perte de la biodiversité des ostracodes. La transition oligocène-miocène est marquée par une forte régression marine

qui installe un domaine littoral. Au Miocène inférieur à moyen les eaux se réchauffent et entraînent une diversification des ostracodes. Il existe une bonne corrélation entre la biodiversité des ostracodes et les variations de faciès tels qu'indiqués par les résultats de l'analyse factorielle. Il en résulte que la forte teneur en carbonates dans le milieu semble limiter diversification des ostracodes alors que ces derniers s'épanouissent plus dans les sables et les argiles. Ainsi, à la fin du Miocène la région est soumise aux influences continentales marquées par une sédimentation détritique argilo-sableuse sur une plateforme littorale couverte par une faible tranche d'eau marine.

Planche 1 : Ostracodes du Miocène-Oligocène de la Casamance (échelle=100µm)



1. *Cytherella sylvestrbradleyi* (Reyment, 1963) ; 2. *Cytheropteron* sp A (Van den Bold, 1966) ; 3. *Isohabrocythere apostolescui* (Sarr, 1999) ; 4. *Aglaioocypris* sp (Van den Bold, 1966) ; 5. *Chrysocythere cataphracta* (Ruggieri, 1962) ; 6. *Chrysocythere foveostriata* (Brady, 1870) ; 7. *Loxoconcha kafountinensis* (Carbonnel, 1986) ; 8. *Neomonoceratina bignonaensis* (Carbonnel, 1986) ; 9. *Reticulina guineensis* (Carbonnel, 1986) ; 10. *Soudanella bissauensis* (Carbonnel, 1986) ; 11. *Soudanella heptastriata* (Carbonnel, 1986) ; 12. *Urocythereis* sp. sensu (Carbonnel, 1986)

Conflit d'intérêts : L'auteur n'a déclaré aucun conflit d'intérêts.

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

Déclaration de financement : L'auteur n'a obtenu aucun financement pour cette recherche.

References:

1. Bellion, Y., & Guiraud, R. (1980). Tectonique intraplaque : Mise en évidence sur le littoral sénégalais de déformations liées à la phase tectorogénique pyrénéo-atlasique. *8^e Réunion annuelle Sciences Terre*, 33.
2. Benzecri, J. P. (1973). L'analyse des données. Tome 1. In *La Taxonomie* (Dunod, p. 624).
3. Berggren, W. A., Kent, D. V., Swisher, C. C., III, & Aubry, M.-P. (1995). A Revised Cenozoic Geochronology and Chronostratigraphy. In W. A. Berggren, D. V. Kent, M.-P. Aubry, & J. Hardenbol (Éds.), *Geochronology, Time Scales and Global Stratigraphic Correlation* (Vol. 54, p. 0). SEPM Society for Sedimentary Geology. <https://doi.org/10.2110/pec.95.04.0129>
4. Bessoles, B. (1977). Géologie de l'Afrique. Vol 1. Le craton ouest africain. Bureau de Recherche de la Géologie et des Mines, Mémoire, 88, 402
5. Carbonnel, G. (1986). Ostracodes tertiaires (Paléogène à Néogène) du bassin sénégal-guinéen. [Rapport 101]. BRGM.
6. Castelain, J. (1963). Aperçu stratigraphique et micropaléontologique du bassin du Sénégal occidental. *Historique de la découverte paléontologique* (No. Rapport 32; Mémoires du BRGM, p. 135-365.). BRGM.
7. Dingle, R. V., & Lord, A. R. (1990). Benthic ostracods and deep water-masses in the Atlantic Ocean. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 80(3-4), 213-235. [https://doi.org/10.1016/0031-0182\(90\)90133-R](https://doi.org/10.1016/0031-0182(90)90133-R)
8. Dingle, R. V., Lord, A. R., & Boomer, I. D. (1989). Ostracod faunas and water masses across the continental margin off southwestern Africa. *Marine Geology*, 87(2-4), 323-328. [https://doi.org/10.1016/0025-3227\(89\)90069-8](https://doi.org/10.1016/0025-3227(89)90069-8)
9. Flicoteaux, R., & Medus, J. (1974). Existence d'une lacune entre les termes marins du Paléogène et du Néogène du Sénégal méridional démontrée par les microfaunes et les microflore. *Travaux des Laboratoires des Sciences de la Terre, A* (2), 1-29.

10. Furon, R. (1968). Géologie de l'Afrique. 3^e édition, Paris, Payot, 374 pages
11. Gorodiski, A., & Tessier, F. (1946). Contribution à l'étude du Lutétien du Sénégal. *Comptes-Rendus de l'Académie des Sciences*, 22, 400-402.
12. Hill, M. O., & Gauch Jr, H. G. (1980). Detrended Correspondence analysis : An improved ordination technique. *Vegetation*, 42, 47-58.
13. Horne, D., Schön, I., Smith, R., & Martens, K. (2005). What are Ostracoda ? A cladistic analysis of the extant superfamilies of the subclasses Myodocopa and Podocopa (Crustacea : Ostracoda). In *Crustacea and Arthropod Relationships* (Vol. 16, p. 249-273). <https://doi.org/10.1201/9781420037548.ch10>
14. Latil-Brun, M. V., & Flicoteaux, R. (1986). Subsidence de la marge sénégalaise, ses relations avec la structure de la croûte. Comparaison avec la marge conjuguée américaine au niveau du Blake Plateau. *Bulletin des Centres de Recherche Exploration-Production d'Elf-Aquitaine*, 10, 69-82.
15. Ly, A. (1985). Le Tertiaire de Casamance (Sénégal) : Biostratigraphie (Foraminifères) et Sédimentologie d'après les données de subsurface. [Thèse]. Université Aix-Marseille III.
16. Ly, A., & Anglada, R. (1991). Le bassin sénégal-mauritanien dans l'évolution des marges péri-atlantiques. *Cahier de Micropaléontologie*, 6(2), 23-56.
17. Ly, A., & Carbonnel, G. (1987). Stratigraphie de la série tertiaire de Casamance (Sénégal). *Geobios*, 20(6), 789-810. [https://doi.org/10.1016/S0016-6995\(87\)80005-0](https://doi.org/10.1016/S0016-6995(87)80005-0)
18. Ly, A., & Kuhnt, W. (1994). Late cretaceous benthic foraminifera assemblages of the Casamance shelf (Senegal, NW Africa) Indication of a Late Cretaceous oxygen minimum zone. *Revue de Micropaléontologie*, Vol. 37(1), 49-74.
19. Oksanen, J., & Minchin, P. R. (1997). Instability of ordination results under changes in input data order : Explanations and remedies. *Journal of Vegetation Science*, 8(3), 447-454. <https://doi.org/10.2307/3237336>
20. Roger, J., Nehlig, P., Serrano, O., Barusseau, J. P., Duvail, C., Dabo, B., Diagne, E., Sarr, R., & Sagna, R. (2009). Notice explicative des cartes géologiques à 1/200 000 du Bassin sédimentaire sénégalais. (Projet PASMI, p. 121). Direction des Mines et de la Géologie.
21. Sarr, R. (2013). Ostracodes nouveaux du Paléogène du Sine-Saloum (Sénégal, Afrique de l'Ouest) : Biostratigraphie, paléoenvironnement. *Revue de Paléobiologie*, Geneve, 32(2), 569-588.
22. Sohn, I. G. (1962). The ostracods genus *Cytherelloidea* as possible indicator of paleotemperature. *Short paper in Geology*, 144-146.

23. Tessier, F., Flicoteaux, R., Lappartient, Nahon, J. R., & Triat, J. M. (1975). Réforme du concept de « Continental Terminal » dans les bassins côtiers de l'Ouest africain. In *9è Congrès International de Sédimentologie*, (Vol. 1, p. 207-212).
24. Thiam, M. (2014). Etude biostratigraphique et paleoenvironnementale du Cénozoïque de la marge continentale ouest africaine en Casamance (Sénégal) d'après les foraminifères et les ostracodes. [Thèse de Doctorat Unique]. Cheikh Anta Diop.
25. Thiam, M., & Sarr, R. (2018). L'Eocène de la marge continentale Ouest Africaine en Casamance (Sénégal): Biostratigraphie et Paléoenvironnement à partir des ostracodes. *Revue Sciences de la Vie de la Terre et Agronomie*, 6 (1), 68-72.
26. Van Morkhoven, F. P. C. M., Berggren, W. A., Edwards, A. S., & Oertli, H. J. (1986). *Cenozoic cosmopolitan deep-water benthic Foraminifera*. Elf Aquitaine.

Évaluation de la conformité des prescriptions de corticoïdes dans les infections cérébro-méningées au CHU Ibn Rochd de Casablanca

Vigniako Roussaint Dossou-Yovo, Médecin, Résident en pharmacologie clinique

Ikram Ghicha, Doctorante en Pharmacologie

Afaf Banid, Doctorante en Pharmacologie

Imane Rahmoune, Médecin, Professeure Agrégée de pharmacologie et de Toxicologie clinique

Laboratoire de pharmacologie et toxicologie cliniques, Faculté de médecine et de pharmacie de Casablanca, Université Hassan II, Casablanca, Maroc

Jean-claude Majambere, Médecin, Résident en Maladies Infectieuses

Hassan Mwanayile, Médecin, Résident en Maladies Infectieuses

Inas Ouggane, Médecin, Professeure assistante en Maladies Infectieuses

Houda Filali, Médecin, Professeure titulaire et chef service de pharmacologie et de Toxicologie clinique

Service des Maladies infectieuses, CHU Ibn Rochd, Casablanca, Maroc

Kamal Marhoum El Filali, Médecin, Professeur Titulaire et chef service des Maladies Infectieuses

Laboratoire de pharmacologie et toxicologie cliniques, Faculté de médecine et de pharmacie de Casablanca, Université Hassan II, Casablanca, Maroc

[Doi:10.19044/esj.2025.v21n33p151](https://doi.org/10.19044/esj.2025.v21n33p151)

Submitted: 20 October 2025

Accepted: 12 November 2025

Published: 30 November 2025

Copyright 2025 Author(s)

Under Creative Commons CC-BY 4.0

OPEN ACCESS

Cite As:

Dossou-Yovo, V.R., Ghicha, I., Banid, A., Rahmoune, I., Majambere, J-C., Mwanayile, H., Ouggane, I., Filali, H. & Marhoum El Filali, K.M. (2025). *Évaluation de la conformité des prescriptions de corticoïdes dans les infections cérébro-méningées au CHU Ibn Rochd de Casablanca*. European Scientific Journal, ESJ, 21 (33), 151.

<https://doi.org/10.19044/esj.2025.v21n33p151>

Résumé

Introduction : Les corticoïdes sont prescrits comme adjuvants dans certaines infections cérébro-méningées pour réduire la réponse inflammatoire. Les recommandations internationales précisent la molécule, la posologie et la durée du traitement selon l'étiologie. L'objectif de cette étude était d'évaluer

la conformité des prescriptions de corticoïdes aux recommandations internationales dans le service des maladies infectieuses du CHU IBN Rochd de Casablanca. **Matériel et méthodes :** Il s'agit d'une étude transversale descriptive monocentrique sur un an (du 1er janvier au 31 décembre 2023). Ont été inclus tous les patients hospitalisés pour une infection cérébrale et/ou méningée ayant reçu une corticothérapie. Les dossiers incomplets ont été exclus. Les variables recueillies comprenaient données sociodémographiques, cliniques et thérapeutiques (molécule utilisée, voie d'administration, schéma posologique, durée, protocole d'arrêt et traitements adjuvants). La conformité de la corticothérapie a été évaluée par rapport aux recommandations IDSA, SPILF et OMS. Les données ont été traitées avec SPSS v.23. **Résultats :** Trente-neuf patients ont été inclus. L'âge moyen de nos patients était de $39,87 \pm 15,85$ ans avec une prédominance masculine. Vingt-cinq patients, soit 64,1%, ne présentaient aucun antécédent pathologique. Vingt-cinq patients (64,1%) avaient reçu une corticothérapie parentérale et orale ; 25,64% une corticothérapie parentérale seule et 10,25% une corticothérapie orale seule. Méthylprednisolone est prescrite dans la quasi-totalité des cas (87,17%). Les schémas posologiques étaient hétérogènes et souvent prolongés. Une dégression de la corticothérapie a été effectuée chez 75,86% des patients. Une supplémentation en potassium et calcium a été prescrite chez 76,9% des patients et les IPP dans une proportion de 38,46% des cas. Au regard des recommandations, aucune prescription de corticothérapie ne remplissait l'intégralité des critères de conformité définis. **Conclusion :** Cette étude met en lumière des écarts considérables entre la prescription des corticoïdes et les recommandations internationales en termes de choix de la molécule, de la posologie, de la durée et du traitement adjuvants. Ces résultats soulignent la nécessité d'une actualisation des protocoles thérapeutiques et d'une formation continue des prescripteurs pour un meilleur usage des corticoïdes à l'hôpital.

Mots-clés: Corticoïdes, Infections cérébro-méningées, dexaméthasone, méthylprednisolone, recommandations ; audit

Assessment of Corticosteroid Prescription Compliance in Cerebro-Meningeal Infections at Ibn Rochd University Hospital, Casablanca

Vigniako Roussaint Dossou-Yovo, Médecin, Résident en pharmacologie clinique

Ikram Ghicha, Doctorante en Pharmacologie

Afaf Banid, Doctorante en Pharmacologie

Imane Rahmoune, Médecin, Professeure Agrégée de pharmacologie et de Toxicologie clinique

Laboratoire de pharmacologie et toxicologie cliniques, Faculté de médecine et de pharmacie de Casablanca, Université Hassan II, Casablanca, Maroc

Jean-claude Majambere, Médecin, Résident en Maladies Infectieuses

Hassan Mwanayile, Médecin, Résident en Maladies Infectieuses

Inas Ouggane, Médecin, Professeure assistante en Maladies Infectieuses

Houda Filali, Médecin, Professeure titulaire et chef service de pharmacologie et de Toxicologie clinique

Service des Maladies infectieuses, CHU Ibn Rochd, Casablanca, Maroc

Kamal Marhoum El Filali, Médecin, Professeur Titulaire et chef service des Maladies Infectieuses

Laboratoire de pharmacologie et toxicologie cliniques, Faculté de médecine et de pharmacie de Casablanca, Université Hassan II, Casablanca, Maroc

Abstract

Introduction: Corticosteroids are prescribed as adjunctive therapy in certain cerebrospinal fluid infections to reduce the inflammatory response. International guidelines specify the molecule, dosage, and duration of treatment according to the etiology. The objective of this study was to evaluate the conformity of corticosteroid prescriptions to international recommendations in the infectious diseases department of the IBN Rochd University Hospital in Casablanca. **Material and methods:** This was a single-center, descriptive, cross-sectional study conducted over one year (January 1 to December 31, 2023). All patients hospitalized for cerebral and/or meningeal infection who received corticosteroid therapy were included. Incomplete records were excluded. Data collected included sociodemographic, clinical, and therapeutic information (drug used, route of administration, dosage regimen, duration, discontinuation protocol, and adjuvant treatments). Adherence to corticosteroid therapy was assessed against IDSA, FIDS, and WHO guidelines. Data were analyzed using SPSS v.23. **Results:** Thirty-nine patients were included. The mean age of our patients was 39.87 ± 15.85 years,

with a male predominance. Twenty-five patients (64.1%) had no prior medical history. Twenty-five patients (64.1%) received parenteral and oral corticosteroid therapy; 25.64% received parenteral corticosteroid therapy alone, and 10.25% received oral corticosteroid therapy alone. Methylprednisolone was prescribed in almost all cases (87.17%). Dosage regimens were heterogeneous and often prolonged. Corticosteroid therapy was tapered in 75.86% of patients. Potassium and calcium supplementation were prescribed in 76.9% of patients, and proton pump inhibitors (PPIs) in 38.46% of cases. According to the guidelines, no corticosteroid prescription met all the defined compliance criteria. **Conclusion:** This study highlighted significant deviation between corticosteroid prescriptions and international recommendations regarding the choice of molecule, dosage, duration, and adjuvant treatment. These findings emphasize the need for updated local protocols and continuous prescriber training to ensure rational corticosteroid use in hospital settings.

Keywords: Corticosteroids, Cerebromeningeal infections, dexamethasone, methylprednisolone, guidelines, audit

Introduction

Contexte et justification

Les corticoïdes sont utilisés sous deux formes en thérapeutique : l'hydrocortisone, ayant les propriétés de la cortisone naturelle qui est utilisée à visée d'opothérapie substitutive et les glucocorticoïdes de synthèse utilisés pour leurs propriétés anti-inflammatoires. Pour ces derniers, les glucocorticoïdes sont utilisés dans le traitement des pathologies dysimmunitaires chroniques mais également dans la modulation d'un grand nombre de pathologies aiguës où la réponse inflammatoire est disproportionnée et/ou délétère (Philippar F, 2006). Leur indication est particulièrement bien démontrée dans les infections cérébro-méningées associées à un œdème vasogénique. Malgré leur bénéfice thérapeutique, ces médicaments peuvent induire des effets indésirables potentiellement graves surtout en cas de mésusage. Dans ce contexte, différentes recommandations ont été élaborées dans le choix de la molécule, la dose, et la durée de la corticothérapie sur la base des données d'efficacité et de tolérance selon le type d'infection cérébro-méningée (Van de Beek D, 2009 ; Tunkel AR et al, 2004; Lucht F, 1996).

Dans les pratiques hospitalières, des écarts entre recommandations et prescription sont fréquemment observés, souvent liés à divers facteurs tels que disponibilité des molécules, les habitudes locales, etc... Au Maroc, les pratiques de prescription des corticoïdes dans les infections neuro-méningées demeurent peu documentées, ce qui justifie la réalisation d'un audit

thérapeutique structuré. L'objectif de cette étude est d'évaluer la conformité de la corticothérapie prescrite aux recommandations internationales et d'identifier les écarts susceptibles d'orienter des actions correctives.

Méthodologie

Conception et période d'étude

Il s'est agi d'une étude transversale descriptive, monocentrique, réalisée au service des maladies infectieuses du CHU IBN Rochd de Casablanca entre le 1er janvier et le 31 décembre 2023.

Population étudiée

Tous les patients hospitalisés pour une infection cérébrale et/ou méningée ayant reçu une corticothérapie durant la période d'étude ont été inclus. Les critères d'exclusion étaient des dossiers incomplets ou inexploitable (données manquantes majeures : molécule, dose, durée ou diagnostic non précisé).

Collecte des données

Les données ont été extraites des dossiers médicaux et saisies sur une fiche normalisée : âge, sexe, antécédents (dont VIH, tuberculose), diagnostic (méningite bactérienne, méningite tuberculeuse, méningoencéphalite virale, abcès cérébral, toxoplasmose, etc.), corticoïde utilisé, voie d'administration (intraveineuse et/ou orale), protocole posologique détaillé, durée globale de corticothérapie, modalité d'arrêt (progressif ou instantané), traitements adjuvants (supplémentation potassium/calcium, IPP).

Évaluation de la conformité aux recommandations

La prescription de la corticothérapie été évaluée au regard du résumé des Caractéristiques du Produit et des recommandations de la Société de Pathologie Infectieuse de Langue Française, de l'Infectious Diseases Society of America (Stahl JP et al, 2017 ; Martinez-Almoyna L et al, 2019) et de l'OMS. Elle était considérée comme "conforme" si les 03 critères suivants étaient réunis : 1) la molécule recommandée selon l'indication était utilisée, 2) la posologie correspondait aux recommandations, 3) la durée du traitement correspondait aux recommandations.

Analyse statistique

Les données ont été analysées à l'aide du logiciel SPSS version 23. Les variables quantitatives exprimées en moyenne $\pm$ écart-type (ou médiane et intervalle si non normales), les variables qualitatives en effectifs et pourcentages.

Considérations éthiques

L'étude a été menée conformément aux règles locales d'éthique pour les études rétrospectives, les données étaient anonymisées et la confidentialité a été respectée. Aucune intervention supplémentaire n'a été effectuée pour les patients.

Résultats

Caractéristiques de la population

Trente-neuf patients ont été inclus durant la période d'étude. L'âge moyen de nos patients était de $39,87 \pm 15,85$ ans et le sex-ratio (H/F) était de 3,33. Vingt-cinq patients, soit 64,1%, ne présentaient aucun antécédent pathologique, 20,51% avaient un antécédent de tuberculose pulmonaire et ou cérébrale ou en cours de traitement, le reste avait au moins une comorbidité parmi l'hypertension artérielle, le diabète, la néphropathie (Tableau1).

Tableau 1 : Caractéristiques sociodémographiques, cliniques et thérapeutiques des patients

Caractéristiques des patients		Effectif (Pourcentage %)
Sociodémographiques	Sexe	
	Masculin	30 (76,92)
	Féminin	09 (23,07)
	Age (ans)	
	< 18	03 (07,69)
	[18,64[	33 (84,61)
	≥ 65 ans	03 (07,69)
Cliniques	Antécédents	
	HTA	01 (02,56)
	DT2	02 (05,12)
	IRC	01 (02,56)
	HTA + DT2	02 (05,12)
	HIV	05 (12,82)
	Traumatisme crânien	01 (02,56)
	Tuberculose pulmonaire ou cérébrale	08 (20,51)
	Sans antécédent	25 (64,1)
	Infections cérébroméningées	
	Toxoplasmose cérébrale	
	Méningo-encéphalite tuberculeuse	05 (12,82)
	Méningo-encéphalite bactérienne	12 (30,76)
	Méningo-encéphalite bactérienne et tuberculeuse	02 (05,12)
	Méningo-encéphalite tuberculeuse et fongique	01 (02,56)
	Méningo-encéphalite tuberculeuse et fongique	01 (02,56)
	Méningite tuberculeuse	07 (17,94)
	Méningite bactérienne	07 (17,94)
	Méningite bactérienne et tuberculeuse	02 (05,12)
	Méningite bactérienne et tuberculeuse	02 (05,12)
	Abscès cérébral	
Thérapeutiques	Corticothérapie	
	Intraveineuse et orale	25 (64,10)

	Intraveineuse seule	10 (25,64)
	Orale seule	04 (10,25)
	Corticoïdes utilisés	
	Dexaméthasone	01 (02,56)
	Méthylprednisolone	34 (87,17)
	Prednisolone ou Prednisone	29 (74,35)
	Protocole d'arrêt (Corticothérapie de plus de 10 jours)	
	Progressif	22 (75,86)
	Brusque	07* (24,13)
	Traitement adjuvant	
	Supplémentation en potassium et calcium	30 (76,92)
	Antisécrétoires gastriques (Inhibiteurs de la pompe à protons)	15 (38,46)
	Aucun	09 (23,07)
* : 02 cas de décès et 05 patients n'ayant pas honoré les rendez-vous de suivi. HTA : Hypertension artérielle, DT2 : Diabète sucré de type 2, IRC : Insuffisance rénale chronique		

Modalités de la corticothérapie

- 25 patients (64,1 %) ont reçu une corticothérapie intraveineuse associée à une corticothérapie orale (Tableau 1 et 2) pour une durée totale de 23 à 56 jours. Les schémas parentéraux majoritaires étaient des bolus de méthylprednisolone ou des schémas dégressifs similaires. La corticothérapie orale de relais était faite de prednisolone ou prednisone à 1 mg/kg.
- 10 patients (25,6 %) ont reçu une corticothérapie intraveineuse seule pour une durée de 03 à 30 jours (Tableau 1 et 3). La méthylprednisolone et la dexaméthasone sont les corticoïdes utilisées respectivement dans les proportions de 90% et 10%.
- 04 patients (10,3 %) ont reçu une corticothérapie orale seule, faite de prednisolone ou prednisone à 1 mg/kg pour une durée de 10 à 45 jours (Tableau 1 et 4).
- Pour les patients ayant reçu une corticothérapie pendant plus de 10 jours (N=29), le protocole d'arrêt a été progressif, soit une réduction de 5mg par semaine jusqu'à l'arrêt définitif chez 22 patients (75,86 %), et instantané chez 07 patients comme l'indique le Tableau 1.

Tableau 2 : Analyse de la corticothérapie au regard du RCP et des recommandations française et américaine (Stahl JP et al, 2017 ; Martinez-Almoyna L et al, 2019)

Diagnostic	Corticothérapie intraveineuse			Corticothérapie par voie orale			Conformité avec les recommandations
	Molécule	Protocole d’administration	N	Molécule	Dose	Durée (jour) M [Min, Max]	
Toxoplasmose cérébrale	Méthylprednisolone	480mg J1-3, 240mg J4-6, 120mg J7-9	02	Prednisolone ou Prednisone	1 mg/kg	22,33 [17, 30]	Non conforme
		480mg pendant 11 jours	01				
Méningoencéphalite tuberculeuse		480mg J1-3, 240mg J4-6, 120mg J7-9	07				
		500mg J1-3, 300mg J4, 120mg J5-6, 60mg J7-26	01				
		500mg J1-3	02				
Méningoencéphalite bactérienne		480mg J1-3, 240mg J4-6, 120mg J7-9	01				
Méningoencéphalite tuberculeuse et fongique		250mg J1-12	01				
Méningite tuberculeuse		480mg J1-3, 240mg J4-6, 120mg J7-9	03				
		500mg J1-3, 240mg J4-6, 120mg J7-9	01				
		120mg J1	01				
		500mg J1-3	01				
Méningite bactérienne		240mg J1-12, 120mg J13-18	01				
Méningite tuberculeuse et bactérienne		480mg J1-3, 240mg J4-6, 120mg J7-9	01				
		500mg J1-3 puis Dégression jusqu'à 80mg/jr à J16	01				
Abcès cérébral		240mg J1-15	01				
M : moyenne, Min : minimum, Max : maximum							

Tableau 3 : Analyse de la corticothérapie au regard du RCP et des recommandations française et américaine (Stahl JP et al, 2017 ; Martinez-Almoyna L et al, 2019)

Diagnostic	Corticothérapie intraveineuse			Conformité avec les recommandations
	Molécule(s)	Protocole d'administration	N	
Toxoplasmose cérébrale	Dexaméthasone	Bolus de 50 mg	01	Non conforme
Méningoencéphalite tuberculeuse	Méthylprednisolone	500mg J1-3, 240mg J4-6, 120mg J7-9	01	
		480mg J1-3, 240mg J4-6, 120mg J7-9	01	
Méningoencéphalite bactérienne		120mg J1-8	01	
Méningoencéphalite bactérienne et tuberculeuse		500mg J1-5	01	
Méningite bactérienne		480mg J1-3, 240mg J4-6, 120mg J7-9	01	
		500mg J1-3	02	
		240mg J1-4	01	
		120mg J1-30	01	

Tableau 4 : Analyse de la corticothérapie au regard du RCP et des recommandations française et américaine (Stahl JP et al, 2017 ; Martinez-Almoyna L et al, 2019)

Diagnostic	Corticothérapie par voie orale				Conformité avec les recommandations
	Molécule (s)	Dose	Durée (jour)	N	
Toxoplasmose cérébrale	Prednisolone ou Prednisone	1 mg/kg	45	01	Non conforme
Méningite tuberculeuse			30	01	
Méningite bactérienne			15	01	
Abcès cérébral			10	01	

Traitements adjuvants

Un traitement adjuvant a été instauré chez 76,92% des patients : Tous ont été mis sous une supplémentation en potassium et calcium, et 50% sous inhibiteur de la pompe à proton (IPP) comme l'illustre le Tableau 1.

Conformité aux recommandations

Aucune prescription n'a rempli simultanément l'ensemble des critères de conformité (molécule, posologie et durée). Les écarts majeurs observés sont : l'utilisation quasi-exclusive de la méthylprednisolone au lieu de dexaméthasone, la variabilité importante des doses et durées, la supplémentation adjuvante systématique.

Discussion

L'indication de la corticothérapie est particulièrement bien démontrée dans les infections cérébro-méningées en limitant la perméabilité de la barrière hématoencéphalique et en inhibant la prolifération vasculaire périlésionnelle, responsable de l'œdème vasogénique (Philippat F, 2006). Cette étude montre que la prescription de la corticothérapie dans les infections cérébro-méningées s'écarte significativement des recommandations internationales en ce qui concerne le choix de la molécule, la posologie, la durée du traitement, et le traitement adjuvant.

Choix de la molécule selon l'indication

Dans cette étude, 87,17% des patients ont été traités avec la Méthylprednisolone et 74,35% par la prednisolone ou la prednisone. Dans la conjecture actuelle, les données justifiant le choix de la Méthylprednisolone et/ou de la prednisolone/prednisone dans les infections cérébro-méningées sont très rares. Par contre, l'utilisation de la dexaméthasone dans les méningites ou méningo-encéphalites bactériennes s'appuie sur des données expérimentales, cliniques et pharmacologiques.

D'abord, des travaux sur des modèles animaux indiquent que les complications neurologiques observées dans la méningite seraient dues aux réponses inflammatoires (augmentation de la perméabilité de la barrière hémato-encéphalique, œdème vasoplégique et cytotoxique et une hypertension intracrânienne) de l'hôte plutôt qu'à l'infection elle-même (Tauber MG et al, 1986 ; Sande MA et al, 1989; Bhatt SM et al, 1993; Van Furth AM et al, 1993). Ces conclusions ont conduit à l'utilisation des corticostéroïdes par voie systémique en tant qu'agents anti-inflammatoires, afin de diminuer les cytokines pro-inflammatoires dans le liquide cébro-spinal, de réduire l'œdème cérébral et de minimiser le risque d'atteinte neurologique (Saez-Llorens X et al, 1991; Lutsar I et al, 2003). En effet, au cours des méningites à *H. influenzae* chez l'animal, l'administration de dexaméthasone a permis de prévenir la production des cytokines IL-1 et TNF en réponse aux constituants bactériens (capsule, lipopolysaccharides, etc.) libérés lors de la lyse bactérienne induite par l'antibiothérapie. Cet effet est davantage net lorsque l'administration de dexaméthasone précède l'administration de l'antibiotique (Mustafa MM et al, 1989). En second lieu, les premières études cliniques avec la méthylprednisolone n'ont pas démontré de bénéfice notable chez les enfants atteints de méningite bactérienne (Van der Flier M et al, 2003) alors que la dexaméthasone a pu réduire considérablement les séquelles neurologiques (Belsey MA et al, 1969; DeLemos RA et Haggerty, R. J., 1969 ; Lebel MH et al, 1988 ; Girgis NI et al, 1989 ; Lebel MH et al, 1989; Odio CM et al, 1991; Schaad UB et al, 1993 ; King SM et al, 1994; Ciana G et al, 1995; Kanra GY et al, 1995 ; Kilpi T et al,

1995 ; Wald ER et al, 1995 ; Molyneux EM et al, 2002; Peltola H et al, 2007 ; Sankar J et al, 2007). Ainsi, elle a fait l'objet de plusieurs études dans les infections cérébro-méningées chez l'adulte (Thomas R et al, 1999 ; Gijwani D et al, 2002). Un essai clinique significatif, publié en 2002, démontrait que la dexaméthasone en adjuvant réduisait le taux de pronostic défavorable de 25 à 15 % dans la méningite bactérienne à pneumocoque de l'adulte. Dans cette étude, la dexaméthasone était administrée avant ou pendant la première prise d'antibiotique sans effets indésirables graves (de Gans J et al, 2002). De plus, une méta-analyse publiée en 2015 a montré un effet bénéfique de la dexaméthasone sur les séquelles auditives, sur le handicap neurologique dans les méningites bactériennes toutes causes confondues (Brouwer MC et al, 2015). Néanmoins, des travaux ont mis en évidence l'effet délétère de la dexaméthasone dans certains particuliers. Des études ont montré une réduction significative de la survie chez les patients atteints de neuroblastose traités par la dexaméthasone en association aux antibiotiques (Koopmans, M. M et al, 2013 ; Charlier C et al, 2019). Bien que ces résultats ne soient pas issus d'essais cliniques et que le nombre de patients traités soit faible, ils suggèrent que la dexaméthasone devrait être évitée dans le traitement de la neuroblastose. De même, l'utilisation des corticostéroïdes en cas de méningite bactérienne aiguë à un stade avancé de la maladie à VIH ne s'est pas révélée bénéfique en termes de réduction de la mortalité ou de la morbidité (WHO, 2021). Dans un essai clinique multicentrique randomisé, en double aveugle contrôlé par placebo, la dexaméthasone n'a pas réduit la mortalité chez les patients adultes atteints de méningite cryptococcique associée au VIH et a été associée à un risque accru d'événements indésirables et d'invalidité (Beardsley J et al, 2016). Par conséquent, il n'est pas recommandé d'utiliser systématiquement des corticostéroïdes d'appoint dans la phase d'induction pour traiter la méningite cryptococcique associée au VIH (Beardsley J et al, 2016 ; WHO, 2022).

Sur le plan pharmacologique, en dehors de son excellente diffusion dans le système nerveux central, la dexaméthasone a un pouvoir anti-inflammatoire 4 à 6 fois et 1,5 à 2 fois plus puissant que la Méthylprednisolone respectivement sur la voie génomique et non génomique, 5 à 7 fois plus puissant que la prednisolone et la prednisone sur la voie génomique, ces dernières ne possédant pas d'action sur la voie non génomique (Porta S et al, 2020). La dexaméthasone, en agissant la voie non génomique, module les cellules inflammatoires et immunitaires par trois mécanismes moléculaires indépendants des interactions nucléaires : une inhibition directe de la phospholipase A2 et donc la production d'acide arachidonique, une réduction de l'activité lymphocytaire via la MAP kinase p38, et une diminution de l'activité cellulaire immunitaire par inhibition de la production d'ATP (Buttgereit F et al, 1999). Ces mécanismes non génomiques sont caractérisés

par un délai d'action rapide de moins de 15 min alors que l'effet anti-inflammatoire qui résulte de la modulation de la voie génomique apparaît au bout de 4 à 6 heures (Buttgereit F et al, 1999). Certes, la Méthylprednisolone agit aussi sur la voie non génomique mais à partir d'une dose minimale de 100 mg/jr. De plus, la demi-vie biologique de dexaméthasone est de 36 à 54 heures alors que celle de la Méthylprednisolone, de la prednisolone, et de la prednisone est de 12 à 36 heures (Strehl C et Buttgereit F., 2014). De même, elle n'a pas d'effet minéralocorticoïde contrairement à la Méthylprednisolone, à la prednisolone, et à la prednisone dont l'effet minéralocorticoïde représente respectivement environ 50% et 80% de celui du cortisol (Defuentes G et al, 2009). La dexaméthasone constitue donc le corticoïde recommandé pour un effet anti-inflammatoire rapide, maximal et à faible dose dans les méningites et méningo-encéphalites bactériennes à de l'exception de la neurolistériose, chez le sujet immunocompétent et celui vivant avec le VIH qui suivent une thérapie antirétrovirale et dont la charge virale est indétectable (moins de 50 copies/ μ l) (WHO, 2025).

Ensuite, l'utilisation systématique des corticoïdes est quelque peu controversée dans les abcès cérébraux d'origine bactérienne. La société européenne de microbiologie clinique et des maladies infectieuses recommande fortement l'utilisation de corticostéroïdes seulement en cas d'hypertension intracrânienne soit en raison d'un effet de masse, soit d'un œdème périlésionnel (Bodilsen J et al, 2024). De même, il n'existe pas d'étude de grande envergure démontrant l'efficacité de la corticothérapie dans la toxoplasmose cérébrale chez le sujet vivant avec VIH. L'administration de corticoïdes n'est recommandée que lorsque les lésions dues à la toxoplasmose cérébrale ont induit un effet de masse important ou qu'un œdème cérébral diffus est observé (Gundamraj S et Hasbun R, 2020). La dexaméthasone est efficace pour réduire le volume de l'œdème cérébral périfocal avec un effet bénéfique notable dans les 8 heures suivant son administration (Davis LE et Baldwin, N. G., 1999).

Enfin, aucune étude de cohorte ou essai randomisé de grande envergure n'a été réalisée avec des preuves suffisamment solides pour guider la mise en place des recommandations cliniques spécifiques pour l'utilisation de stéroïdes adjuvants dans l'encéphalite virale. L'essai GACHE a étudié l'effet de la dexaméthasone adjuvante par rapport au placebo en plus du traitement standard par aciclovir chez des patients adultes âgés de 18 à 85 ans atteints d'une encéphalite à HSV avérée dans des centres universitaires allemands de neurologie, de manière randomisée et en double aveugle. Malheureusement, le petit nombre de participants à l'étude ne permet pas de tirer de conclusions définitives. Sur la base des résultats de cet essai, l'utilisation de la dexaméthasone reste expérimentale et relève de la décision du médecin traitant (Meyding-Lamadé U et al, 2019)

Posologie et durée du traitement

Dans notre étude, les schémas posologiques sont souvent prolongés et hétérogènes pour une même indication. Selon les recommandations, la posologie de la dexaméthasone varie selon les types d'infections cérébro-méningées. Chez les patients adultes atteints de méningite bactérienne présumée ou prouvée, la dexaméthasone doit être administrée 10 à 20 minutes avant l'antibiothérapie ou concomitamment à celle-ci. Les directives pratiques actuelles et l'avis des experts recommandent une posologie de 10 mg en intraveineuse toutes les 6 heures pendant 4 jours (Defuentes G et al, 2009). Dans la méningite ou méningo-encéphalite tuberculeuse, la Société de Pathologie Infectieuse de Langue Française et l'Infectious Diseases Society of America recommandent l'utilisation systématique de la dexaméthasone dont la posologie varie selon la gravité de l'atteinte neurologique (Stahl JP et al, 2017 ; Martinez-Almoyna L et al, 2019). Les patients ayant une altération de la conscience (score à l'échelle de coma de Glasgow est inférieur à 15) ou qui présentent un déficit neurologique focal sont traités par la dexaméthasone par voie intraveineuse pendant 4 semaines à raison de 0,4 mg/kg par jour la première semaine ; 0,3 mg/kg par jour la deuxième semaine ; 0,2 mg/kg par jour la troisième semaine et 0,1 mg/kg par jour la quatrième semaine, suivie d'une diminution progressive de la dexaméthasone par voie orale sur quatre semaines selon le schéma suivant : 4 mg/jour la première semaine, 3 mg/jour la deuxième semaine, 2 mg/jour la troisième semaine et 1 mg/jour la quatrième. Les patients exempts de toute atteinte neurologique reçoivent de la dexaméthasone par voie intraveineuse pendant 2 semaines à raison de 0,2 mg/kg par jour la première semaine puis 0,1 mg/kg par jour la deuxième semaine, suivie d'une dégression par voie orale comme celle décrite ci-dessus (Martinez-Almoyna L et al, 2019). En outre, dans le cas des abcès cérébraux associés à un œdème périlésionnel, sa posologie est de 4 à 5 mg toutes les 06 heures suivie d'une dégression 1 à 2 jours après la régression de l'œdème (Davis LE et Baldwin, N. G., 1999). Dans la toxoplasmose cérébrale associée à une hypertension intracrânienne menaçante, 4 mg toutes 06 heures de dexaméthasone peut être utilisé pendant quelques jours (Dugauquier C et al, 2009). Lorsque la dexaméthasone ne peut pas être administrée, l'OMS propose l'hydrocortisone ou la méthylprednisolone par voie intraveineuse comme alternatives, à une posologie équivalente et selon un schéma d'administration approprié (WHO, 2025).

Traitement adjuvant

76,92% des patients ont bénéficié d'une supplémentation systématique en potassium et calcium au cours de la corticothérapie. Selon les recommandations de 2014 du Groupe de recherche et d'information sur les ostéoporoses (GRIO) de la Société française de rhumatologie (Briot K et al,

2014) une supplémentation en calcium ne doit être envisagée que chez des patients recevant une corticothérapie orale de plus de 3 mois et après une évaluation des apports calciques car les risques encourus sont les calculs rénaux et les troubles gastro-intestinaux (Reid IR et al, 2015). De même, il n'existe pas de recommandation ni de donnée dans la littérature justifiant une supplémentation potassique systématique. La majorité de l'apport doit s'effectuer par l'alimentation riche en ions potassium. La réalisation d'un ionogramme sanguin dans les deux semaines suivant l'initiation de la corticothérapie est proposée afin d'ajuster la supplémentation potassique le cas échéant. La fréquence de la surveillance sera déterminée en prenant en considération la co-prescription de médicaments hypokaliémisants comme les diurétiques (Hoefsloot S et al, 2021). En ce qui concerne les Inhibiteurs de la Pompe à Protons (IPP), leur prescription n'est pas systématique lors d'une corticothérapie systémique même prolongée sauf si le terrain du patient l'exige surtout chez le sujet âgé (≥ 65 ans) ou en cas d'antécédents d'épigastralgies, de gastrites, d'ulcère ou de prise concomitante d'AINS selon la Haute Autorité de Santé (HAS, 2009). Rappelons que la prise prolongée des IPP n'est pas dénuée d'effets indésirables. Les risques encourus par le patient sont les infections intestinales, en particulier à *Clostridium difficile*, de colite microscopique, la carence en vitamine B12 et magnésium, un effet cardiaque inotrope négatif et les interactions médicamenteuses (Freedberg D et al, 2017). Ainsi, la supplémentation en potassium, calcium et l'adjonction des IPP doivent être discutées au cas par cas selon les caractéristiques du patient et arrêtée dès l'arrêt de la corticothérapie.

Limites, recommandations et perspectives

Cette étude met en lumière un écart important entre les pratiques observées et les recommandations internationales concernant l'utilisation des corticoïdes dans les infections cérébro-méningées. Bien que rétrospective, elle constitue un signal fort sur la nécessité d'optimiser les protocoles thérapeutiques au sein des structures hospitalières. Plusieurs facteurs peuvent expliquer les écarts constatés :

- Disponibilité variable des molécules recommandées, en particulier la dexaméthasone,
- Habitudes prescrites historiques et inertie clinique,
- Manque d'actualisation des protocoles thérapeutiques locaux,
- Méconnaissance partielle des posologies spécifiques selon l'étiologie infectieuse,
- Contexte d'urgence où la décision thérapeutique peut être prise sans référence systématique aux guidelines.

Ces constatations soulignent des enjeux cliniques et organisationnels majeurs, notamment sur le plan du pronostic neurologique, de la réduction des complications inflammatoires, du risque iatrogène et de la rationalisation des coûts hospitaliers. Afin d'améliorer le bon usage des corticoïdes dans ce contexte, nous recommandons :

- L'élaboration et la diffusion de protocoles thérapeutiques actualisés, conformes aux recommandations internationales,
- La formation continue des équipes médicales sur les indications et schémas posologiques adaptés,
- L'intégration du pharmacologue clinicien dans le circuit décisionnel et la validation thérapeutique,
- La mise en place d'audits réguliers et d'indicateurs de suivi du bon usage,
- Le renforcement de la collaboration multidisciplinaire, notamment entre infectiologues, neurologues, réanimateurs et pharmacologues.

Finalement, une étude prospective multicentrique serait pertinente afin d'évaluer l'impact d'un protocole standardisé sur les résultats cliniques, la tolérance, la durée d'hospitalisation et le coût global de prise en charge. Cette démarche s'inscrit pleinement dans une dynamique d'amélioration continue de la qualité des soins et d'optimisation de la pharmacothérapie hospitalière.

Conclusion

L'analyse des prescriptions de corticoïdes pour les infections cérébro-méningées au CHU IBN Rochd révèle des écarts substantiels par rapport aux recommandations internationales en termes de choix de molécule, posologie, durée et traitements adjuvants. Ces écarts montrent la nécessité d'une actualisation des protocoles de corticothérapie, de formation des prescripteurs, des audits réguliers du bon usage et le renforcement de la collaboration multidisciplinaire. Cette démarche contribuera à améliorer la sécurité des patients, l'efficacité thérapeutique et l'utilisation rationnelle des ressources sanitaires.

Contribution des auteurs

Vigniako Roussaint DOSSOU-YOVO : Conception de l'étude, collecte des données, analyse de données, Rédaction.

Ikram GHICHA, Afaf BANID : Conception des outils de collecte, Mise en oeuvre du pré-test, analyse de données.

Jean-claude MAJAMBERE, Hassan MWANAYILE, Inas OUGGANE : Conception de l'étude, collecte des données, Rédaction.

Imane RAHMOUNE, Kamal MARHOUM EL FILALI, et Houda FILALI : Supervision de la rédaction.

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. Beardsley, J., Wolbers, M., Kibengo, F. M., Ggayi, A. B., Kamali, A., Cuc, N. T., Binh, T. Q., Chau, N. V., Farrar, J., Merson, L., Phuong, L., Thwaites, G., Van Kinh, N., Thuy, P. T., Chierakul, W., Siriboon, S., Thiansukhon, E., Onsanit, S., Supphamongkholkhaikul, W., Chan, A. K., ... CryptoDex Investigators (2016). Adjunctive Dexamethasone in HIV-Associated Cryptococcal Meningitis. *The New England journal of medicine*, 374(6), 542–554. <https://doi.org/10.1056/NEJMoal509024>.
2. Belsey MA, Hoffpauir CW, & Smith MHD (1969). Dexamethasone in the treatment of acute bacterial meningitis: the effect of study design on the interpretation of results. *Pediatrics*, 44:503-13 (<https://doi.org/10.1542/peds.44.4.503>).
3. Bhatt, S. M., Lauretano, A., Cabellos, C., Halpin, C., Levine, R. A., Xu, W. Z., Nadol, J. B., Jr, & Tuomanen, E. (1993). Progression of hearing loss in experimental pneumococcal meningitis: correlation with cerebrospinal fluid cytochemistry. *The Journal of infectious diseases*, 167(3), 675–683. <https://doi.org/10.1093/infdis/167.3.675>.
4. Bodilsen, J., D'Alessandris, Q. G., Humphreys, H., Iro, M. A., Klein, M., Last, K., Montesinos, I. L., Pagliano, P., Sipahi, O. R., San-Juan, R., Tattevin, P., Thurnher, M., de J Treviño-Rangel, R., Brouwer, M. C., & ESCMID Study Group for Infections of the Brain (ESGIB) (2024). European society of Clinical Microbiology and Infectious Diseases guidelines on diagnosis and treatment of brain abscess in children and adults. *Clinical microbiology and infection : the official publication of the European Society of Clinical Microbiology and Infectious Diseases*, 30(1), 66–89. <https://doi.org/10.1016/j.cmi.2023.08.016>.
5. Briot K, Bernard Cortet, Christian Roux, Laurence Fardet, Vered Abitbol, Justine Bacchetta, Daniel Buchon, Françoise Debiais, Pascal Guggenbuhl, Michel Laroche, Érik Legrand, Éric Lespessailles, Christian Marcelli, Georges Weryha, & Thierry Thomas, (2014). Actualisation 2014 des recommandations sur la prévention et le traitement de l'ostéoporose cortico-induite, Volume 4392, Issue 5,

- 10/2014, Pages 355-446, ISSN 1169-8330,
<http://dx.doi.org/10.1016/j.rhum.2014.07.009>
6. Brouwer, M. C., McIntyre, P., Prasad, K., & van de Beek, D. (2015). Corticosteroids for acute bacterial meningitis. *The Cochrane database of systematic reviews*, 2015(9), CD004405. <https://doi.org/10.1002/14651858.CD004405.pub5>
7. Buttgerit, F., Brand, M. D., & Burmester, G. R. (1999). Equivalent doses and relative drug potencies for non-genomic glucocorticoid effects: a novel glucocorticoid hierarchy. *Biochemical pharmacology*, 58(2), 363–368. [https://doi.org/10.1016/s0006-2952\(99\)00090-8](https://doi.org/10.1016/s0006-2952(99)00090-8)
8. Charlier, C., Perrodeau, É., Leclercq, A., Cazenave, B., Pilimis, B., Henry, B., Lopes, A., Maury, M. M., Moura, A., Goffinet, F., Dieye, H. B., Thouvenot, P., Ungeheuer, M. N., Tourdjman, M., Goulet, V., de Valk, H., Lortholary, O., Ravaud, P., Lecuit, M., & MONALISA, , (2017). Study group. Clinical features and prognostic factors of listeriosis: the MONALISA national prospective cohort study. *The Lancet. Infectious diseases*, 17(5), 510–519. [https://doi.org/10.1016/S1473-3099\(16\)30521-7](https://doi.org/10.1016/S1473-3099(16)30521-7)
9. Ciana, G., Parmar, N., Antonio, C., Pivetta, S., Tamburlini, G., & Cuttini, M. (1995). Effectiveness of adjunctive treatment with steroids in reducing short-term mortality in a high-risk population of children with bacterial meningitis. *Journal of tropical pediatrics*, 41(3), 164–168. <https://doi.org/10.1093/tropej/41.3.164>
10. Davis, L. E., & Baldwin, N. G. (1999). Brain Abscess. *Current treatment options in neurology*, 1(2), 157–166. <https://doi.org/10.1007/s11940-999-0015-7>
11. DEFUENTES G., DUTASTA F., FICKO C. (2009) « DOSSIER - Corticothérapie générale ». Revue Du Praticien Medecine Generale. n°830, p. 741-745
12. de Gans, J., van de Beek, D., & European Dexamethasone in Adulthood Bacterial Meningitis Study Investigators (2002). Dexamethasone in adults with bacterial meningitis. *The New England journal of medicine*, 347(20), 1549–1556. <https://doi.org/10.1056/NEJMoa021334>
13. DeLemos, R. A., & Haggerty, R. J. (1969). Corticosteroids as an adjunct to treatment in bacterial meningitis. A controlled clinical trial. *Pediatrics*, 44(1), 30–34
14. DUGAUQUIER, C., BATAILLE, Y., WILLEMS, E., FRÈRE, P., DE PRIJCK, B., BEGUIN, Y., BARON, F., (2009). TOXOPLASMOSE CÉRÉBRALE COMPLIQUANT UNE MINI-ALLOGREFFE DE

CELLULES SOUCHES HÉMATOPOÏÉTIQUES DU SANG
PÉRIPHÉRIQUE, Rev Med Liège; 64 : 7-8 : 366-369

15. Freedberg, D. E., Kim, L. S., & Yang, Y. X. (2017). The Risks and Benefits of Long-term Use of Proton Pump Inhibitors: Expert Review and Best Practice Advice From the American Gastroenterological Association. *Gastroenterology*, 152(4), 706–715. <https://doi.org/10.1053/j.gastro.2017.01.031>
16. Gijwani, D., Kumhar, M. R., Singh, V. B., Chadda, V. S., Soni, P. K., Nayak, K. C., & Gupta, B. K. (2002). Dexamethasone therapy for bacterial meningitis in adults: a double blind placebo control study. *Neurology India*, 50(1), 63–67
17. Girgis, N. I., Farid, Z., Mikhail, I. A., Farrag, I., Sultan, Y., & Kilpatrick, M. E. (1989). Dexamethasone treatment for bacterial meningitis in children and adults. *The Pediatric infectious disease journal*, 8(12), 848–851. <https://doi.org/10.1097/00006454-198912000-00004>
18. Gundamraj S & Hasbun R (2020) L'utilisation de stéroïdes adjuvants dans les infections du système nerveux central. *Front. Cell. Infect. Microbiol.* 10:592017. doi: 10.3389/fcimb.2020.592017
19. Haute Autorité de Santé. Les inhibiteurs de la pompe à protons chez l'adulte; 2009. Available from: <https://www.has-sante.fr/jcms/r1439925/fr/les-inhibiteurs-de-la-pompe-a-protons-chez-l-adulte>
20. Hoefsloot, S., Urbanski, G., Lacout, C., Bouvard, B., & Lavigne, C. (2021). Quelles mesures adjuvantes associer à une corticothérapie orale prolongée dans le cadre des maladies inflammatoires ? Synthèse des recommandations françaises disponibles [Which adjuvant measures should be associated with long-term oral corticosteroid therapy in inflammatory diseases? A summary of existing French recommendations]. *La Revue de medecine interne*, 42(9), 616–624. <https://doi.org/10.1016/j.revmed.2021.03.326>
21. Kanra, G. Y., Ozen, H., Seçmeer, G., Ceyhan, M., Ecevit, Z., & Belgin, E. (1995). Beneficial effects of dexamethasone in children with pneumococcal meningitis. *The Pediatric infectious disease journal*, 14(6), 490–494. <https://doi.org/10.1097/00006454-199506000-00005>
22. Kilpi, T., Peltola, H., Jauhiainen, T., & Kallio, M. J. (1995). Oral glycerol and intravenous dexamethasone in preventing neurologic and audiologic sequelae of childhood bacterial meningitis. The Finnish Study Group. *The Pediatric infectious disease journal*, 14(4), 270–278. <https://doi.org/10.1097/00006454-199504000-00005>
23. King, S. M., Law, B., Langley, J. M., Heurter, H., Bremner, D., Wang, E. E., & Gold, R. (1994). Dexamethasone therapy for bacterial

- meningitis: Better never than late?. *The Canadian journal of infectious diseases = Journal canadien des maladies infectieuses*, 5(5), 210–215. <https://doi.org/10.1155/1994/257198>
24. Koopmans, M. M., Brouwer, M. C., Bijlsma, M. W., Bovenkerk, S., Keijzers, W., van der Ende, A., & van de Beek, D. (2013). *Listeria monocytogenes* sequence type 6 and increased rate of unfavorable outcome in meningitis: epidemiologic cohort study. *Clinical infectious diseases : an official publication of the Infectious Diseases Society of America*, 57(2), 247–253. <https://doi.org/10.1093/cid/cit250>
 25. Lebel, M. H., Freij, B. J., Syrogiannopoulos, G. A., Chrane, D. F., Hoyt, M. J., Stewart, S. M., Kennard, B. D., Olsen, K. D., & McCracken, G. H., Jr (1988). Dexamethasone therapy for bacterial meningitis. Results of two double-blind, placebo-controlled trials. *The New England journal of medicine*, 319(15), 964–971. <https://doi.org/10.1056/NEJM198810133191502>
 26. Lebel, M. H., Hoyt, M. J., Waagner, D. C., Rollins, N. K., Finitzo, T., & McCracken, G. H., Jr (1989). Magnetic resonance imaging and dexamethasone therapy for bacterial meningitis. *American journal of diseases of children* (1960), 143(3), 301–306. <https://doi.org/10.1001/archpedi.1989.02150150055017>
 27. Lucht, F. (1996). Les méningites purulentes communautaires. Conférence de consensus. *Med Mal Infect*;26:944–51
 28. Lutsar, I., Friedland, I. R., Jafri, H. S., Wubbel, L., Ahmed, A., Trujillo, M., McCoig, C. C., & McCracken, G. H., Jr (2003). Factors influencing the anti-inflammatory effect of dexamethasone therapy in experimental pneumococcal meningitis. *The Journal of antimicrobial chemotherapy*, 52(4), 651–655. <https://doi.org/10.1093/jac/dkg417>
 29. Martinez-Almoyna, L., De Broucker, T., Mailles, A., Stahl, J. P., & Scientific Committee of the French Guidelines on the Management of Infectious Encephalitis in Adults (2019). Management of infectious encephalitis in adults: Highlights from the French guidelines (short version). *Revue neurologique*, 175(7-8), 436–441. <https://doi.org/10.1016/j.neurol.2019.07.009>
 30. Meyding-Lamadé, U., Jacobi, C., Martinez-Torres, F., Lenhard, T., Kress, B., Kieser, M., Klose, C., Einhäupl, K., Bösel, J., Mackert, M. B., Homberg, V., Koennecke, C., Weißheit, G., Claus, D., Kieseier, B., Bardutzky, J., Neumann-Haefelin, T., Lorenz, M. W., Steinmetz, H., Gerloff, C., ... Craemer, E. (2019). The German trial on Aciclovir and Corticosteroids in Herpes-simplex-virus-Encephalitis (GACHE): a multicenter, randomized, double-blind, placebo-controlled trial. *Neurological research and practice*, 1, 26. <https://doi.org/10.1186/s42466-019-0031-3>

31. Molyneux, E. M., Walsh, A. L., Forsyth, H., Tembo, M., Mwenenchanya, J., Kayira, K., Bwanaisa, L., Njobvu, A., Rogerson, S., & Malenga, G. (2002). Dexamethasone treatment in childhood bacterial meningitis in Malawi: a randomised controlled trial. *Lancet (London, England)*, 360(9328), 211–218. [https://doi.org/10.1016/s0140-6736\(02\)09458-8](https://doi.org/10.1016/s0140-6736(02)09458-8)
32. Mustafa, M. M., Ramilo, O., Mertsola, J., Risser, R. C., Beutler, B., Hansen, E. J., & McCracken, G. H., Jr (1989). Modulation of inflammation and cachectin activity in relation to treatment of experimental Hemophilus influenzae type b meningitis. *The Journal of infectious diseases*, 160(5), 818–825. <https://doi.org/10.1093/infdis/160.5.818>
33. Odio, C. M., Faingezicht, I., Paris, M., Nassar, M., Baltodano, A., Rogers, J., Sáez-Llorens, X., Olsen, K. D., & McCracken, G. H., Jr (1991). The beneficial effects of early dexamethasone administration in infants and children with bacterial meningitis. *The New England journal of medicine*, 324(22), 1525–1531. <https://doi.org/10.1056/NEJM199105303242201>
34. Peltola, H., Roine, I., Fernández, J., Zavala, I., Ayala, S. G., Mata, A. G., Arbo, A., Bologna, R., Miño, G., Goyo, J., López, E., de Andrade, S. D., & Sarna, S. (2007). Adjuvant glycerol and/or dexamethasone to improve the outcomes of childhood bacterial meningitis: a prospective, randomized, double-blind, placebo-controlled trial. *Clinical infectious diseases : an official publication of the Infectious Diseases Society of America*, 45(10), 1277–1286. <https://doi.org/10.1086/522534>
35. Philippart, F., (2006). Place de la corticothérapie dans l'arsenal thérapeutique aux urgences: mise au point, Réanimation, Volume 15, Issues 7–8, Pages 533-539, ISSN 1624-0693, <https://doi.org/10.1016/j.reaurg.2006.10.008>. (<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1624069306001496>)
36. Porta, S., Danza, A., Arias Saavedra, M., Carlomagno, A., Goizueta, M. C., Vivero, F., & Ruiz-Irastorza, G. (2020). Glucocorticoids in Systemic Lupus Erythematosus. Ten Questions and Some Issues. *Journal of clinical medicine*, 9(9), 2709. <https://doi.org/10.3390/jcm9092709>.
37. Reid, I. R., Bristow, S. M., & Bolland, M. J. (2015). Calcium supplements: benefits and risks. *Journal of internal medicine*, 278(4), 354–368. <https://doi.org/10.1111/joim.12394>
38. Report of a workshop: Pathophysiology of bacterial meningitis--implications for new management strategies. (1987). *The Pediatric infectious disease journal*, 6(12), 1143–1171

39. Sáez-Llorens, X., Jafari, H. S., Severien, C., Parras, F., Olsen, K. D., Hansen, E. J., Singer, I. I., & McCracken, G. H., Jr (1991). Enhanced attenuation of meningeal inflammation and brain edema by concomitant administration of anti-CD18 monoclonal antibodies and dexamethasone in experimental *Haemophilus meningitis*. *The Journal of clinical investigation*, 88(6), 2003–2011. <https://doi.org/10.1172/JCI115527>
40. Sande, M. A., Täuber, M. G., Scheld, W. M., & McCracken, G. H., Jr (1989). Pathophysiology of bacterial meningitis: summary of the workshop. *The Pediatric infectious disease journal*, 8(12), 929–933. <https://doi.org/10.1097/00006454-198912000-00048>.
41. Sankar, J., Singhi, P., Bansal, A., Ray, P., & Singhi, S. (2007). Role of dexamethasone and oral glycerol in reducing hearing and neurological sequelae in children with bacterial meningitis. *Indian pediatrics*, 44(9), 649–656
42. Schaad, U. B., Lips, U., Gnehm, H. E., Blumberg, A., Heinzer, I., & Wedgwood, J. (1993). Dexamethasone therapy for bacterial meningitis in children. Swiss Meningitis Study Group. *Lancet (London, England)*, 342(8869), 457–461. [https://doi.org/10.1016/0140-6736\(93\)91592-a](https://doi.org/10.1016/0140-6736(93)91592-a)
43. Stahl, J. P., Azouvi, P., Bruneel, F., De Broucker, T., Duval, X., Fantin, B., Girard, N., Herrmann, J. L., Honnorat, J., Lecuit, M., Mailles, A., Martinez-Almoyna, L., Morand, P., Piroth, L., Tattevin, P., & reviewing group (2017). Guidelines on the management of infectious encephalitis in adults. *Medecine et maladies infectieuses*, 47(3), 179–194. <https://doi.org/10.1016/j.medmal.2017.01.005>
44. Strehl, C., & Buttgereit, F. (2014). Unraveling the functions of the membrane-bound glucocorticoid receptors: first clues on origin and functional activity. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1318, 1–6. <https://doi.org/10.1111/nyas.12364>
45. Täuber, M. G., Brooks-Fournier, R. A., & Sande, M. A. (1986). Experimental models of CNS infections. Contributions to concepts of disease and treatment. *Neurologic clinics*, 4(1), 249–264
46. Thomas, R., Le Tulzo, Y., Bouget, J., Camus, C., Michelet, C., Le Corre, P., & Bellissant, E. (1999). Trial of dexamethasone treatment for severe bacterial meningitis in adults. Adult Meningitis Steroid Group. *Intensive care medicine*, 25(5), 475–480. <https://doi.org/10.1007/s001340050883>
47. Tunkel, A. R., Hartman, B. J., Kaplan, S. L., Kaufman, B. A., Roos, K. L., Scheld, W. M., & Whitley, R. J. (2004). Practice guidelines for the management of bacterial meningitis. *Clinical infectious diseases* :

- an official publication of the Infectious Diseases Society of America*, 39(9), 1267–1284. <https://doi.org/10.1086/425368>
48. van de Beek D. (2009). Corticosteroids for acute adult bacterial meningitis. *Medecine et maladies infectieuses*, 39(7-8), 531–538. <https://doi.org/10.1016/j.medmal.2009.02.033>
49. van der Flier, M., Geelen, S. P., Kimpfen, J. L., Hoepelman, I. M., & Tuomanen, E. I. (2003). Reprogramming the host response in bacterial meningitis: how best to improve outcome?. *Clinical microbiology reviews*, 16(3), 415–429. <https://doi.org/10.1128/CMR.16.3.415-429.2003>
50. van Furth, A. M., Roord, J. J., & van Furth, R. (1996). Roles of proinflammatory and anti-inflammatory cytokines in pathophysiology of bacterial meningitis and effect of adjunctive therapy. *Infection and immunity*, 64(12), 4883–4890. <https://doi.org/10.1128/iai.64.12.4883-4890.1996>
51. Wald, E. R., Kaplan, S. L., Mason, E. O., Jr, Sabo, D., Ross, L., Arditi, M., Wiedermann, B. L., Barson, W., Kim, K. S., & Yogov, R. (1995). Dexamethasone therapy for children with bacterial meningitis. Meningitis Study Group. *Pediatrics*, 95(1), 21–28
52. WHO Consolidated guidelines on HIV prevention, testing, treatment, service delivery and monitoring: recommendations for a public health approach, 2021 update edition. Geneva: World Health Organization; 2021 (<https://iris.who.int/handle/10665/342899>)
53. WHO consolidated guidelines on tuberculosis: module 4: treatment: drug-susceptible tuberculosis treatment. Geneva: World Health Organization; 2022 (<https://iris.who.int/handle/10665/353829>)
54. WHO guidelines on meningitis diagnosis, treatment and care. Geneva: World Health Organization; 2025. Licence: CC BY-NC-SA 3.0 IGO.

Impact à long terme de la consommation d'huile de palme et de beurre de karité sur les indices anthropométriques chez le rat *Wistar*

**Diabaté Ismaël
Kamagaté Adama**

Laboratoire de Physiologie, Pharmacologie et Pharmacopée,
UFR-SN, Université Nangui ABROGUA, Abidjan, Côte d'Ivoire

[Doi:10.19044/esj.2025.v21n33p173](https://doi.org/10.19044/esj.2025.v21n33p173)

Submitted: 02 June 2025

Accepted: 17 October 2025

Published: 30 November 2025

Copyright 2025 Author(s)

Under Creative Commons CC-BY 4.0

OPEN ACCESS

Cite As:

Diabaté, I. & Kamagaté, A. (2025). *Impact à long terme de la consommation d'huile de palme et de beurre de karité sur les indices anthropométriques chez le rat Wistar*. European Scientific Journal, ESJ, 21 (33), 173. <https://doi.org/10.19044/esj.2025.v21n33p173>

Résumé

L'huile de palme et le beurre de karité sont des huiles végétales riches en acides gras saturés, dont la consommation excessive peut altérer le métabolisme lipidique. Cette étude vise à évaluer les effets chroniques d'une alimentation enrichie en huile de palme brute (Hpb) et en beurre de karité (Bk), à des concentrations de 15 % et 30 %, sur les paramètres nutritionnels chez le rat *Wistar* pendant six mois. Quatre-vingts rats (mâles et femelles) ont été répartis en cinq groupes : un témoin nourri au régime standard, deux groupes Hpb (15 % et 30 %) et deux groupes Bk (15 % et 30 %). Les paramètres évalués incluent l'indice de consommation, l'indice de digestibilité, le gain pondéral, ainsi que les efficacités énergétique et protéique. Les régimes enrichis à 15 % ont été bien tolérés, avec un gain pondéral significatif ($126,30 \pm 10,61$ g pour Hpb 15 % contre $103,10 \pm 9,97$ g pour le témoin). En revanche, les régimes à 30 % ont entraîné une réduction de la consommation alimentaire ($31,28 \pm 5,84$ g pour Bk 30 %), une baisse du gain pondéral ($52,63 \pm 9,30$ g) et une accumulation de tissu adipeux intra-abdominal (MRTA : $5,04 \pm 0,54$ % pour Hpb 30 %). Ces résultats indiquent que la concentration lipidique influence la digestibilité, l'efficacité nutritionnelle et la répartition des graisses. Une supplémentation modérée (15 %) en Hpb ou Bk apparaît favorable, tandis qu'une concentration élevée (30 %) compromet la tolérance

métabolique et pourrait favoriser le développement de troubles nutritionnels. Ces données apportent des repères essentiels pour la formulation de régimes alimentaires plus sûrs et ouvrent des perspectives pour la recherche sur les effets différenciés des lipides saturés dans la prévention des maladies métaboliques.

Mots-clés: Nutrition, Métabolisme des lipides, Acides gras, Obésité, Syndrome métabolique

Long-Term Impact of Dietary Palm Oil and Shea Butter on Anthropometric Indices in *Wistar* Rats

Diabaté Ismaël
Kamagaté Adama

Laboratory of Physiology, Pharmacology and Pharmacopeia,
UFR-SN, University Nangui ABROGUA, Abidjan, Côte d'Ivoire

Abstract

Palm oil and shea butter are vegetable oils rich in saturated fatty acids, whose excessive consumption may disrupt lipid metabolism. This study aimed to evaluate the chronic effects of diets enriched with crude palm oil (Hpb) and shea butter (Bk), at concentrations of 15% and 30%, on nutritional parameters in *Wistar* rats over a six-month period. Eighty rats (male and female) were divided into five groups: one control group fed a standard diet, two Hpb groups (15% and 30%), and two Bk groups (15% and 30%). The parameters assessed included food intake index, digestibility index, weight gain, and energy and protein efficiency. Diets enriched at 15% were well tolerated, with significant weight gain (126.30 ± 10.61 g for Hpb 15% vs. 103.10 ± 9.97 g for the control). In contrast, diets enriched at 30% led to reduced food intake (31.28 ± 5.84 g for Bk 30%), lower weight gain (52.63 ± 9.30 g), and increased intra-abdominal fat accumulation (MRTA: $5.04 \pm 0.54\%$ for Hpb 30%). These findings indicate that lipid concentration influences digestibility, nutritional efficiency, and fat distribution. Moderate supplementation (15%) with Hpb or Bk appears metabolically favorable, whereas higher concentrations (30%) impair nutritional tolerance and may promote the development of metabolic disorders. These results provide valuable insights for designing safer dietary formulations and open avenues for research on the differential effects of saturated fats in the prevention of metabolic diseases.

Keywords: Nutrition, Lipid metabolism, Fatty acids, Obesity, Metabolic syndrome

Introduction

L'huile de palme est une huile végétale majoritairement composée d'acides gras saturés. Elle constitue l'huile la plus consommée et la moins coûteuse au monde, avec une production annuelle estimée à 20 millions de tonnes, dont 80 % sont destinés à l'alimentation humaine (Mattea, 2010). En Côte d'Ivoire, elle représente la principale source de matière grasse végétale, avec une consommation moyenne de 10 kg par habitant et par an (Ouattara et al., 2014 ; Hirsch, 2002). Le beurre de karité, quant à lui, est une matière grasse exclusivement lipidique, également riche en acides gras saturés tels que l'acide stéarique et l'acide palmitique (Ellias & Carney, 2004 ; Davrieux et al., 2010). Une enquête menée par Diarassouba et al. (2008) auprès de 257 personnes dans le nord de la Côte d'Ivoire a révélé que 86 % consommaient régulièrement le beurre de karité à des fins alimentaires.

La forte teneur en acides gras saturés de ces deux huiles soulève des préoccupations nutritionnelles, notamment en lien avec l'adiposité, le surpoids et l'obésité (Lecerf, 2013). Ces lipides sont connus pour favoriser le stockage énergétique et perturber l'équilibre métabolique lorsqu'ils sont consommés en excès. Malgré leur usage répandu, peu d'études expérimentales ont comparé les effets chroniques de l'huile de palme brute et du beurre de karité sur les paramètres anthropométriques dans un modèle animal contrôlé.

La présente étude vise à évaluer les effets chroniques d'une alimentation enrichie en huile de palme brute et en beurre de karité, à des concentrations de 15 % et 30 %, sur les paramètres anthropométriques chez le rat *Wistar* pendant une période de six mois, afin d'identifier les seuils de tolérance nutritionnelle et les risques métaboliques associés.

Matériel

Matériel animal

L'étude a été réalisée sur des rats albinos de souche *Wistar* de l'espèce *Rattus norvegicus*. Les rats étaient âgés de six à huit semaines et le poids était compris entre 93 et 108 g. Ils proviennent tous de l'animalerie du Laboratoire de Physiologie, Pharmacologie et Pharmacopée de l'Université Nangui ABROGUA (UNA). Ils ont été placés dans des cages en plastique avec un couvercle en acier inoxydable et munies de biberons. Une couche de copeaux de bois est déposée au fond des cages pour constituer la litière. Les animaux ont été soumis à une température de 22 ± 2 °C et à une alternance de 12 heures de lumière et de 12 heures d'obscurité. Les cages étaient nettoyées et la litière était changée tous les deux jours jusqu'à la fin de l'expérimentation. Les rats avaient un accès libre à l'eau potable sans discontinuité dans des biberons et à la nourriture.

Les animaux ont été acclimatés pendant au moins 5 jours avant le début des expérimentations. Cette étude a été menée dans le respect des conditions d'éthique et du respect du bien-être des animaux de laboratoire (OCDE, 1998).

Aliments expérimentaux

Pour l'aliment des animaux, des granulés de marque IVOGRAIN (Abidjan, Côte d'Ivoire), de l'huile de palme rouge et du beurre de karité provenant respectivement de Dabou et de Korhogo ont été utilisés. L'huile rouge a été produite à partir de graines de palmier à huile de la variété "Dura".

Méthodes

Dispositif expérimental

Répartition des animaux

80 rats ont été répartis au hasard en cinq lots homogènes à raison de 16 rats par lot. Ainsi, cinq groupes d'animaux de 16 rats chacun dont huit rats femelles et huit rats mâles ont été obtenus. Les rats mâles et les rats femelles ont été maintenus séparément tout au long de l'expérimentation, afin d'éviter les accouplements.

Préparation des différents régimes alimentaires

Les lots formés ont été soumis à cinq régimes alimentaires :

- le lot témoin recevait le régime standard (granulé de marque IVOGRAIN) (T) dont la valeur nutritive est 323,22 kcal/100 g ;
- le lot nourri au régime standard enrichi à 15 % d'huile de palme brute (Hpb 15 %) dont la valeur nutritive est 490,86 kcal/100 g ;
- le lot nourri au régime standard enrichi à 30 % d'huile de palme brute (Hpb 30 %) dont la valeur nutritive est 718, 26 kcal/100 g ;
- le lot nourri au régime standard enrichi à 15 % de beurre de karité (Bk 15 %) dont la valeur nutritive est 490,86 kcal/100 g ;
- le lot nourri au régime standard enrichi à 30 % de beurre de karité (Bk 30 %) dont la valeur nutritive est 718, 26 kcal/100 g.

Les granulés ont été écrasés jusqu'à pénétration homogène de l'huile.

Détermination des paramètres anthropométriques

Les animaux ont été pesés au début puis régulièrement au cours de l'expérimentation afin de déterminer l'évolution pondérale. De même, les quantités de nourriture consommées ont été mesurées de façon quotidienne. La consommation en nourriture a été calculée par la différence entre la quantité de nourriture donnée et le reste. L'indice de digestibilité de chaque régime a été apprécié en quantifiant les crottes pour chaque régime et selon la quantité d'aliments ingérés. Les crottes ont été collectées tous les deux jours

au moment de changer la litière, séchées à température ambiante et pesées. Ces pesées ont permis de déterminer le gain moyen de poids (GP), l'indice de consommation (IC), l'indice d'hydratation (IH), l'efficacité protéique (EP) et l'efficacité énergétique (EE) selon les travaux de Bohué et al. (2016). Ainsi, les indices de consommation (IC), de digestibilité (ID), les efficacités énergétiques (EE) et protéiques (EP), et le gain pondéral (GP) ont été calculés selon les formules suivantes :

Le gain moyen de poids (GP) :

$$\text{GP} = \text{masse de l'animal à une période} - \text{masse initiale}$$

L'indice de consommation (IC) :

$$\text{IC} = \frac{\text{quantité d'aliment consommé durant une période}}{\text{gain de poids durant la même période}}$$

L'indice d'hydratation (IH) :

$$\text{IH} = \frac{\text{quantité d'eau consommée durant une période}}{\text{gain de poids durant la même période}}$$

L'efficacité protéique (EP) :

$$\text{EP} = \frac{\text{quantité de protéine consommée durant une période}}{\text{gain de poids durant la même période}}$$

L'efficacité énergétique (EE)

$$\text{EE} = \frac{\text{quantité d'énergie consommée durant une période}}{\text{gain de poids durant la même période}}$$

L'indice de digestibilité (ID) :

$$\text{ID} = \frac{(\text{quantité d'aliment consommée} - \text{masse de crottes produites durant une période})}{\text{gain de masse durant la même période}}$$

Périodes étudiées : M1 (mois 1), M2 (mois 2), M3 (mois 3), M4 (mois 4), M5 (mois 5) et M6 (mois 6).

Détermination de la masse relative du tissu adipeux

À la fin des six mois d'expérimentation, tous les animaux ont été sacrifiés. Le tissu adipeux de chaque rat a été soigneusement prélevé au niveau de la cavité abdominale puis pesé. La masse relative du tissu adipeux (MRTA) a été déterminé selon la formule suivante :

$$\text{MRTA} = \frac{\text{masse du tissu adipeux du rat}}{\text{masse du rat}} \times 100$$

Analyse statistique

Le logiciel qui a été utilisé pour les analyses et les représentations graphiques est Graph Pad Prism 8.0.1 (San Diego, CA, USA). Les résultats de différentes études réalisées ont été exprimés en moyenne suivie de l'erreur standard sur la moyenne ($M \pm \text{SEM}$). La comparaison des moyennes a été

effectuée grâce à l'analyse de la variance (ANOVA). La différence entre les moyennes a été appréciée grâce au test de comparaison multiple ANOVA 2.

Pour des valeurs de $p < 0,05$, la différence entre les moyennes a été considérée comme significative. La première comparaison se fera entre le lot témoin et les lots soumis aux différents régimes standards enrichis en huile de palme et au beurre de karité à 15 et 30 %. La deuxième comparaison sera faite entre lot soumis au régime standard enrichi en huile de palme brute à 15 % et les autres lots soumis aux différents régimes standards enrichis en huile de palme brute 30 % et au beurre de karité à 15 et 30 %.

Résultats

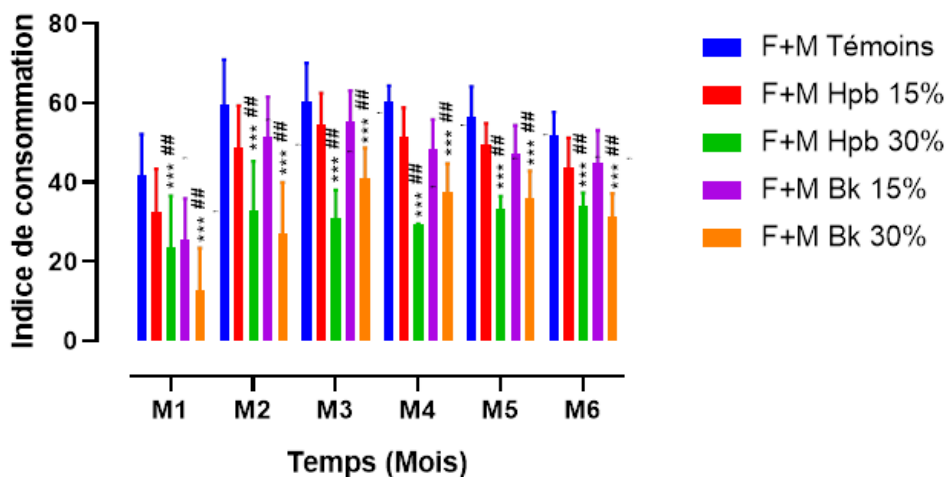
Effet de la consommation des différents régimes standards enrichis en huile de palme brute et au beurre de karité sur l'indice de consommation chez l'ensemble des rats

Les résultats montrent que l'indice de consommation (IC) chez l'ensemble des rats a connu une augmentation durant les trois premiers mois d'expérimentation. Cependant, une baisse durant les mois 4, 5 et 6 a été constatée (**Figure 1**). Ainsi, chez les rats soumis aux régimes standards enrichis en huile de palme brute (Hpb) et au beurre de karité (Bk) à 15 %, il n'y avait pas de différence significative ($p > 0,05$) de l'IC par rapport aux rats témoins nourris au granulé. Cet indice variait de $32,65 \pm 10,75$ (Hpb 15 %) et de $25,42 \pm 10,46$ (Bk 15 %) au premier mois jusqu'à $43,74 \pm 7,45$ (Hpb 15 %) et de $44,84 \pm 8,22$ (Bk 15 %) au sixième mois par rapport au témoin dont la variation de l'IC était de $41,65 \pm 10,47$ au premier mois et de $51,71 \pm 5,93$ au sixième mois.

L'IC a connu une baisse hautement significative ($p < 0,001$) chez les rats ayant été soumis aux régimes standards enrichis en Hpb et au Bk à 30 % par rapport au lot des rats témoins dès le premier mois jusqu'à la fin de l'expérimentation. Cette baisse était de $23,66 \pm 12,93$ (Hpb 30 %) ; $12,79 \pm 10,62$ (Bk 30 %) au premier mois, et de $34,10 \pm 3,26$ (Hpb 30 %) ; $31,28 \pm 5,84$ (Bk 30 %) au sixième mois par rapport au lot des rats témoins dont l'IC était de $41,65 \pm 10,47$ au premier mois, et de $51,71 \pm 5,93$ au sixième mois.

De même, les rats ayant été soumis au régime standard enrichi au Bk à 15 % n'ont présenté aucune différence significative ($p > 0,05$) de leur IC par rapport aux rats soumis au régime standard enrichi en Hpb à 15 %. Par contre, les rats soumis aux régimes standards enrichis en Hpb et au Bk à 30 % ont présenté une baisse très significative ($p < 0,01$) de l'IC par rapport aux rats soumis au régime standard enrichi en Hpb à 15 % durant les six mois.

Figure 1 : Indice de consommation de l'ensemble des rats femelles et mâles nourris aux régimes standards enrichis en Hpb 15 % et 30 % ; Bk 15 % et 30 %



Les valeurs sont représentées sous la forme de moyenne suivie de l'erreur standard sur la moyenne ($M \pm SEM$) ; $n = 16$ rats dans chaque lot. $*p < 0,05$; $**p < 0,01$; $***p < 0,001$; $****p < 0,0001$: différence de plus en plus significative entre le lot témoin et les lots des régimes standards enrichis. $\#p < 0,05$; $\#\#p < 0,01$; $\#\#\#p < 0,001$; $\#\#\#\#p < 0,0001$: différence de plus en plus significative entre le lot soumis au régime standard enrichi en huile de palme brute 15 % et les autres lots des régimes standards enrichis en huile de palme brute 30 % et au beurre de karité (15 et 30 %). $M_1, M_2, M_3, M_4, M_5, M_6$: respectivement Mois 1, Mois 2, Mois 3, Mois 4, Mois 5, Mois 6 ; M : Mâles ; F : Femelles ; Hpb : Huile de palme brute ; Bk : Beurre de karité.

Effet de la consommation des différents régimes standards enrichis en huile de palme brute et au beurre de karité sur l'indice de consommation chez les rats femelles

La quantité d'aliment consommée des rats femelles est représentée par l'indice de consommation (IC) au niveau de la **Figure 2 (A)**. Les résultats montrent que la consommation des rats soumis au régime standard enrichi à l'huile de palme brute à 15 % est statistiquement identique ($p > 0,05$) à celle des rats du lot témoin. L'IC était de $31,90 \pm 0,46$ (mois 1) ; de $48,03 \pm 0,59$ (mois 2) ; de $46,46 \pm 0,45$ (mois 3) ; de $46,46 \pm 0,45$ (mois 4) ; de $44,39 \pm 0,31$ (mois 5) et de $44,21 \pm 0,18$ (mois 6) pour le régime Hpb 15 % par rapport aux rats du lot témoin nourris aux granulés dont l'IC variait de $31,18 \pm 0,47$ (mois 1) ; de $49,86 \pm 0,62$ (mois 2) ; de $50,93 \pm 0,27$ (mois 3) ; de $56,02 \pm 0,39$ (mois 4) ; de $48,55 \pm 0,21$ (mois 5) et de $45,78 \pm 0,08$ (mois 6).

Cependant, les rats soumis aux régimes standards enrichis en Hpb 30 %, aux Bk 15 et 30 %, leur indice de consommation a connu une baisse très hautement significative ($p < 0,0001$) par rapport aux rats du lot témoin durant les six mois d'expérimentation. En effet, chez les femelles, l'IC des rats du lot

témoin ; des rats nourris aux régimes standards enrichis en Hpb 30 %, aux Bk 15 et 30 % était respectivement de $31,18 \pm 0,47$; $26,53 \pm 0,73$; $20,67 \pm 0,86$ et $9,17 \pm 0,43$ au premier mois. Ces indices ont évolué pour atteindre respectivement $45,78 \pm 0,08$; $30,84 \pm 0,92$; $37,36 \pm 0,29$ et $37,51 \pm 0,23$ au sixième mois.

De même, ce constat a été fait chez les rats soumis aux régimes standards enrichis en Hpb 30 %, aux Bk 15 et 30 % par rapport aux rats nourris au régime standard enrichi en Hpb 15 % durant toute la période d'expérimentation excepté le mois 6 où l'IC était statistiquement identique ($p > 0,05$) chez les rats soumis aux régimes standard enrichis en Hpb 30 %, aux Bk 15 et 30 % par rapport aux rats nourris au régime standard enrichi en Hpb 15 %.

Effet de la consommation des différents régimes standards enrichis en huile de palme brute et au beurre de karité sur l'indice de consommation chez les rats mâles

La quantité d'aliment consommée des rats mâles est représentée par l'indice de consommation au niveau de la **Figure 2 (B)**. Les résultats montrent que la consommation des rats soumis au régime standard enrichi en Hpb 15 % a connu une baisse très hautement significative ($p < 0,0001$) par rapport aux rats du lot témoin nourris aux granulés durant les deux premiers mois.

Cette baisse était au premier mois de $33,40 \pm 0,59$ et de $49,29 \pm 0,33$ au deuxième mois pour les rats soumis au régime standard enrichi en Hpb 15 % par rapport aux rats du lot témoin qui était de $52,12 \pm 0,28$ au premier mois et de $69,54 \pm 0,34$ au deuxième mois.

À partir du troisième mois jusqu'au sixième mois, la consommation d'aliment des rats soumis au régime standard enrichi en Hpb 15 % était statistiquement identique ($p > 0,05$) à celle des rats du lot témoin nourris aux granulés. De même, cette remarque a été faite chez les rats nourris au régime standard enrichi au Bk 15 %. Cependant, la consommation d'aliment des rats soumis aux régimes standards en Hpb et au Bk à 30 %, a connu une baisse très hautement significative ($p < 0,0001$) du premier mois jusqu'au sixième mois comparativement aux rats du lot témoin.

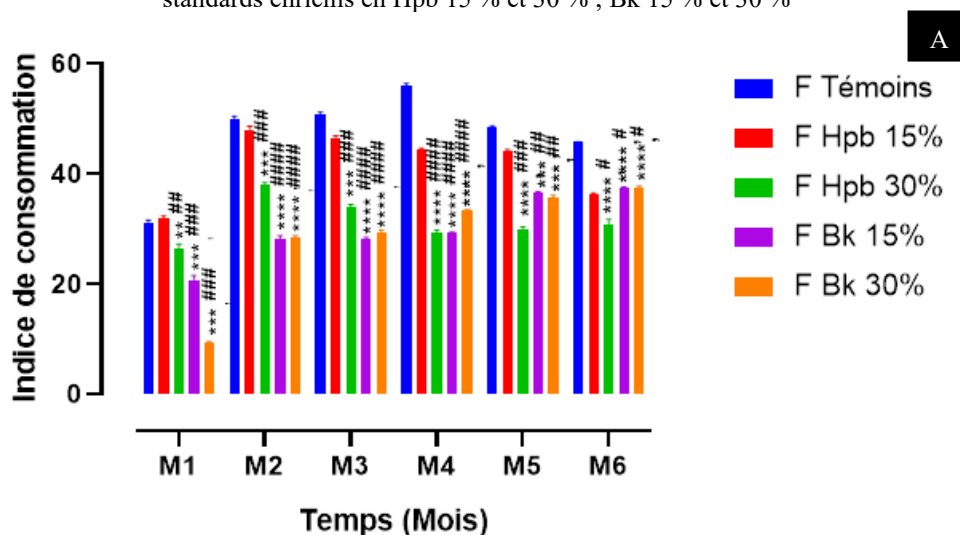
Par ailleurs, en dehors du premier mois où l'IC a connu une baisse très hautement significative chez les rats nourris au régime standard enrichi au Bk 15 %, l'IC a également connu une baisse très hautement significative ($p < 0,0001$) chez les rats soumis aux différents régimes standards enrichis en Hpb et au Bk à 30 % durant les six mois de traitement comparativement aux rats nourris au régime standard enrichi en Hpb 15 %.

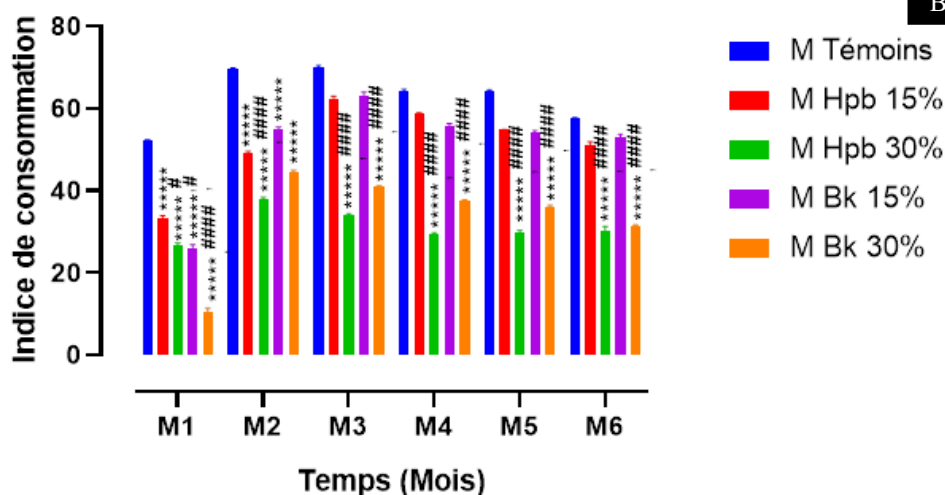
Effet de la consommation des différents régimes standards enrichis en huile de palme brute et au beurre de karité sur l'indice d'hydratation chez l'ensemble des rats

La consommation en eau des rats est représentée par la **Figure 3**. Les résultats montrent que l'indice d'hydratation n'a connu de différence significative ($p > 0,05$) durant les six mois de traitement à l'exception du lot des rats soumis au régime standard enrichi au Bk 30 % qui a connu une baisse hautement significative ($p < 0,001$) au premier mois. L'indice d'hydratation était au premier mois de $174,8 \pm 12,72$; de $130,20 \pm 6,53$; de $124,7 \pm 2,18$; de $165,0 \pm 0,70$ et de $102,2 \pm 38,24$ respectivement pour le lot des rats témoins, les lots soumis aux régimes standards enrichis en Hpb (15 % et 30 %) et au Bk (15 % et 30 %). Cet indice a évolué pour atteindre au sixième mois, $81,86 \pm 1,78$; $58,45 \pm 11,01$; $91,0 \pm 9,50$; $94,79 \pm 24,01$ et $115,60 \pm 19,17$ respectivement pour le lot des rats témoins, les lots soumis aux régimes standards enrichis en Hpb (15 % et 30 %) et au Bk (15 % et 30 %).

Cependant, aucune variation significative ($p > 0,05$) n'a été observée chez les rats nourris aux régimes standards enrichis en Hpb 30 et aux Bk 15 et 30 % par rapport aux rats nourris au régime standard enrichi en Hpb 15 % durant l'expérimentation.

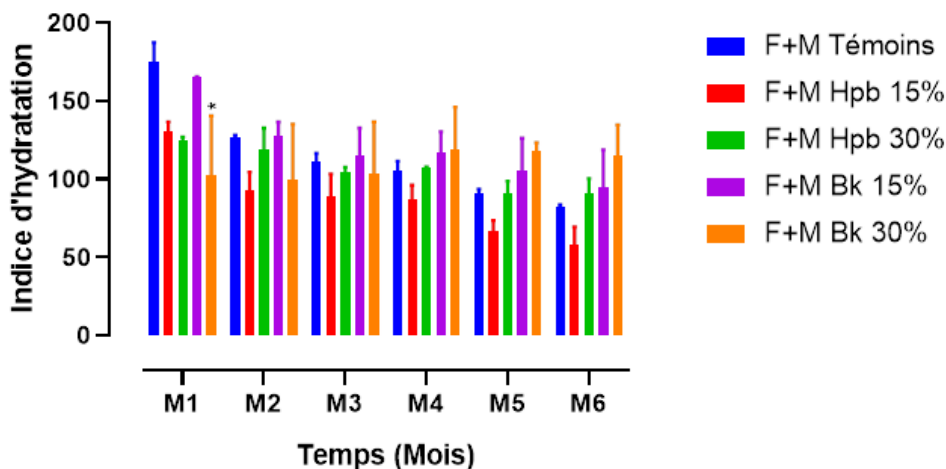
Figure 2 : Indice de consommation des rats femelles (A) et mâles (B) nourris aux régimes standards enrichis en Hpb 15 % et 30 % ; Bk 15 % et 30 %





Les valeurs sont représentées sous la forme de moyenne suivie de l'erreur standard sur la moyenne ($M \pm SEM$) ; $n = 8$ rats dans chaque lot. * $p < 0,05$; ** $p < 0,01$; *** $p < 0,001$; **** $p < 0,0001$: différence de plus en plus significative entre le lot témoin et les lots des régimes standards enrichis. # $p < 0,05$; ## $p < 0,01$; ### $p < 0,001$; #### $p < 0,0001$: différence de plus en plus significative entre le lot soumis au régime standard enrichi en huile de palme brute 15 % et les autres lots des régimes standards enrichis en huile de palme brute 30 % et au beurre de karité (15 et 30 %). **A** : Indice de consommation chez les rats femelles ; **B** : Indice de consommation chez les rats mâles. M_1 , M_2 , M_3 , M_4 , M_5 , M_6 : respectivement Mois 1, Mois 2, Mois 3, Mois 4, Mois 5, Mois 6 ; M : Mâles ; F : Femelles ; Hpb : Huile de palme brute ; Bk : Beurre de karité.

Figure 3 : Indice d'hydratation de l'ensemble des rats femelles et mâles nourris aux régimes standards enrichis en Hpb 15 % et 30 % ; Bk 15 % et 30 %



Les valeurs sont représentées sous la forme de moyenne suivie de l'erreur standard sur la moyenne ($M \pm SEM$) ; $n = 16$ rats dans chaque lot. * $p < 0,05$; ** $p < 0,01$; *** $p < 0,001$;

**** $p < 0,0001$: différence de plus en plus significative entre le lot témoin et les lots des régimes standards enrichis. # $p < 0,05$; ## $p < 0,01$; ### $p < 0,001$; #### $p < 0,0001$: différence de plus en plus significative entre le lot soumis au régime standard enrichi en huile de palme brute 15 % et les autres lots des régimes standards enrichis en huile de palme brute 30 % et au beurre de karité (15 et 30 %). M_1 , M_2 , M_3 , M_4 , M_5 , M_6 : respectivement Mois 1, Mois 2, Mois 3, Mois 4, Mois 5, Mois 6 ; M : Mâles ; F : Femelles ; Hpb : Huile de palme brute ; Bk : Beurre de karité.

Effet de la consommation des différents régimes standards enrichis en huile de palme brute et au beurre de karité sur l'indice d'hydratation chez les rats femelles

L'indice d'hydratation (IH) des rats femelles des différents régimes est représenté par la **Figure 4 (A)**. Les résultats montrent que l'indice d'hydratation a connu une baisse très hautement significative ($p < 0,001$) chez les rats soumis aux régimes standards enrichis en Hpb 15 et 30 % ainsi que chez les rats soumis au régime standards enrichi au Bk 30 % durant les deux premiers mois par rapport au lot des rats témoins, contrairement au lot des rats soumis au régime standard enrichi au Bk 15 % dont l'indice d'hydratation était statistiquement identique ($p > 0,05$) à celui des rats du lot témoin.

À partir du troisième mois, les lots des rats soumis aux régimes standards enrichis en Hpb 30 %, aux Bk 15 et 30 % ont connu une augmentation significative ($p < 0,05$) jusqu'au sixième mois par rapport au lot des rats témoins, et contrairement au lot des rats nourris au régime standard enrichi en Hpb 15 % qui connait toujours une baisse très hautement significative ($p < 0,0001$) de l'indice d'hydratation par rapport aux rats du lot témoin. Cette augmentation de l'IH était au troisième mois de $78,35 \pm 0,69$ pour le régime Hpb 15 % ; de $101,70 \pm 0,88$ pour le régime Hpb 30 % ; de $130,80 \pm 0,70$ pour le régime Bk 15 % et de $72,82 \pm 0,84$ pour le régime Bk 30 % atteignant au sixième mois $48,78 \pm 0,61$ pour le régime Hpb 15 % ; $99,53 \pm 0,43$ pour le régime Hpb 30 % ; $117,0 \pm 0,70$ pour le régime Bk 15 % ; $97,94 \pm 0,61$ pour le régime Bk 30 % comparativement aux rats du lot témoin dont l'IH était de $114,30 \pm 0,84$ et $81,04 \pm 0,41$ respectivement aux mois 3 et 6.

Par ailleurs, l'IH chez les rats soumis au régime standard enrichi au Bk 15 % a connu une augmentation très hautement significative ($p < 0,0001$) tandis que ceux du lot soumis au régime standard enrichi en Hpb 30 % ont connu une augmentation très significative ($p < 0,01$) de leur IH à partir du deuxième mois comparativement au lot des rats soumis au régime standard enrichi en Hpb 15 %. L'IH se situait entre $108,10 \pm 0,32$ (Hpb 30 %) et $134,9 \pm 0,60$ (Bk 15 %) au deuxième mois, et $99,53 \pm 0,43$ (Hpb 30 %) et $117,0 \pm 0,70$ (Bk 15 %) au sixième mois par rapport à l'IH des rats nourris au régime standard enrichi en Hpb 15 % qui était de $84,40 \pm 0,33$ et $48,78 \pm 0,61$ respectivement au deuxième et au sixième mois. Quant au lot des rats nourris

au régime standard enrichi au Bk 30 %, l'IH a connu une baisse très hautement significative ($p < 0,0001$) durant les deux premiers mois et a connu une augmentation très hautement significative ($p < 0,0001$) à partir du 4^{ème} mois jusqu'à la fin de l'expérimentation par rapport au lot des rats soumis au régime standard enrichi en Hpb 15 %.

Effet de la consommation des différents régimes standards enrichis en huile de palme brute et au beurre de karité sur l'indice d'hydratation chez les rats mâles

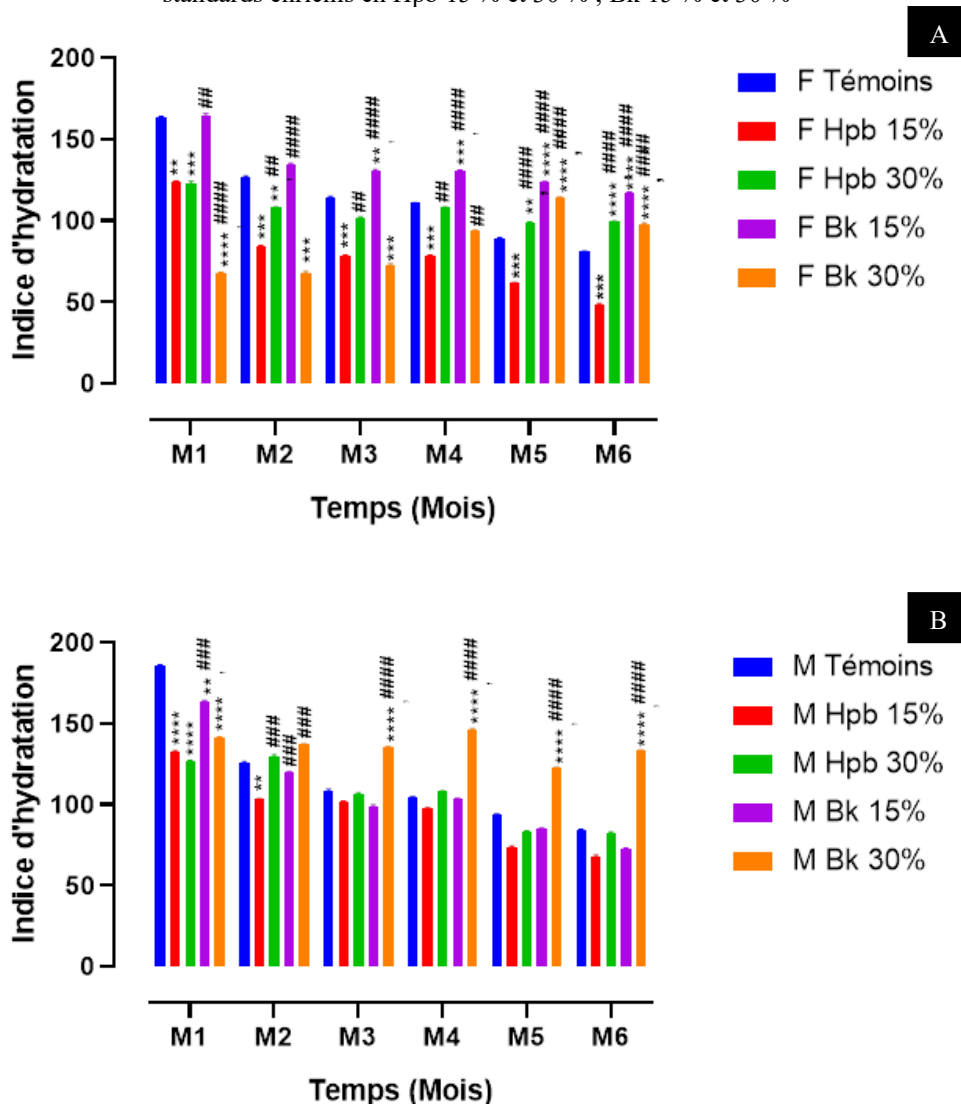
L'indice d'hydratation des rats mâles des différents régimes est représenté par la **Figure 4 (B)**. Les résultats montrent que l'indice d'hydratation a connu une baisse très hautement significative ($p < 0,0001$) chez les rats soumis aux régimes standards enrichis en Hpb 15 et 30 % ainsi que chez les rats soumis au régime standard enrichi au Bk 30 % au premier mois par rapport au lot des rats témoins. Par contre, le lot des rats soumis au régime alimentaire enrichi au Bk 15 %, l'indice d'hydratation a connu une baisse hautement significative ($p < 0,001$) comparé à celui des rats du lot témoin.

Cette baisse au premier mois était de $132,30 \pm 0,86$; $126,50 \pm 0,88$; $163,50 \pm$; $140,90 \pm 0,84$ respectivement chez les rats soumis aux régimes standards enrichis en Hpb et aux Bk à 15 et 30 % contre $185,50 \pm 0,84$ pour les rats du lot témoin. Cette baisse de l'IH demeure jusqu'au deuxième mois avec les rats du lot nourri au régime standard enrichi en Hpb 15 % ($103,20 \pm 0,47$) contrairement aux autres lots dont l'IH est statistiquement identique ($p > 0,05$) ($130 \pm 0,65$; $119,90 \pm 0,52$; $137,00 \pm 0,59$ respectivement Hpb 30, Bk 15 et Bk 30 %) à celui des rats du lot témoin ($126,20 \pm 0,38$).

Du troisième mois jusqu'à la fin de l'expérimentation, seuls les rats du lot nourri au régime standard enrichi au Bk 30 % a connu une augmentation très hautement significative ($p < 0,0001$) de l'IH par rapport au lot des rats témoins ainsi qu'aux différents autres lots soumis aux régimes standards enrichis en Hpb 15 et 30 % et aux Bk 15 %.

Il était de $135,0 \pm 0,79$ au troisième mois et $133,09 \pm 0,47$ au sixième mois chez les rats du lot nourri au régime alimentaire enrichi au Bk 30 % par rapport aux autres lots dont la variation était de $108,80 \pm 0,78$; $101,50 \pm 0,81$; $106,60 \pm 0,78$; $98,93 \pm 0,85$ au troisième mois respectivement chez les rats témoins, Hpb 15, Hpb 30 et Bk 15 % et $84,31 \pm 0,60$; $68,30 \pm 0,52$; $82,59 \pm 0,58$; $72,75 \pm 0,57$ au sixième mois respectivement chez les rats témoins, Hpb 15, Hpb 30 et Bk 15 %.

Figure 4 : Indice d'hydratation des rats femelles (A) et mâles (B) nourris aux régimes standards enrichis en Hpb 15 % et 30 % ; Bk 15 % et 30 %



Les valeurs sont représentées sous la forme de moyenne suivie de l'erreur standard sur la moyenne ($M \pm SEM$) ; $n = 8$ rats dans chaque lot. * $p < 0,05$; ** $p < 0,01$; *** $p < 0,001$; **** $p < 0,0001$: différence de plus en plus significative entre le lot témoin et les lots des régimes standard enrichis. # $p < 0,05$; ## $p < 0,01$; ### $p < 0,001$; #### $p < 0,0001$: différence de plus en plus significative entre le lot soumis au régime standards enrichi en huile de palme brute 15 % et les autres lots des régimes standards enrichis en huile de palme brute 30 % et au beurre de karité (15 et 30 %). **A** : Indice d'hydratation chez les rats femelles ; **B** : Indice d'hydratation chez les rats mâles. M₁, M₂, M₃, M₄, M₅, M₆ : respectivement Mois 1, Mois 2, Mois 3, Mois 4, Mois 5, Mois 6 ; M : Mâles ; F : Femelles ; Hpb : Huile de palme brute ; Bk : Beurre de karité.

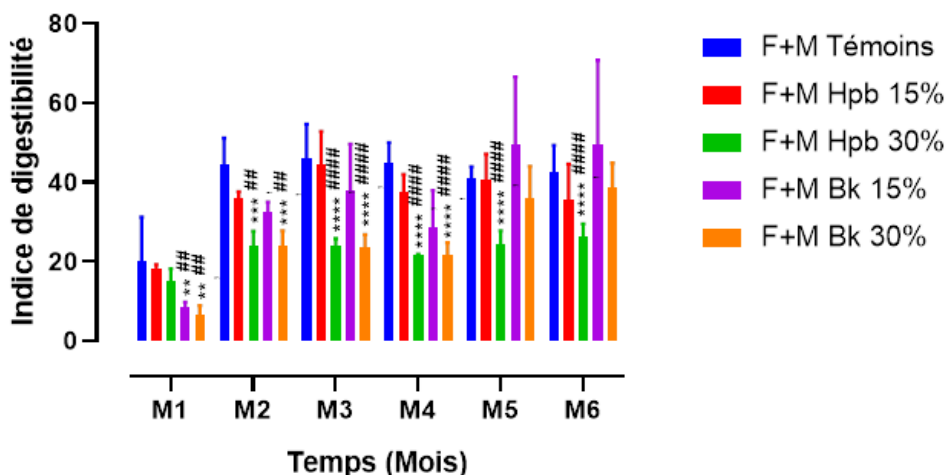
Effet de la consommation des différents régimes standards enrichis en huile de palme brute et au beurre de karité sur l'indice de digestibilité chez l'ensemble des rats

L'évolution de l'indice de digestibilité chez l'ensemble des rats mâles et femelles soumis aux différents régimes est représentée par la **Figure 5**. L'indice de digestibilité nous permet d'accéder à l'impact de la portion d'aliments absorbés par l'organisme des animaux sur le gain de poids. Les résultats montrent qu'il n'y a pas de variation significative ($p > 0,05$) de l'indice de digestibilité chez l'ensemble des rats soumis au régime standard enrichi en Hpb 15 % par rapport aux rats du lot témoin soumis au régime standard durant les six mois d'expérimentation. L'ID a connu une baisse très significative ($p < 0,01$) chez les rats soumis aux régimes standards enrichis au Bk 15 et 30 % au premier mois.

A partir du troisième mois, l'ID a connu une baisse hautement significative ($p < 0,001$) chez les rats soumis aux régimes enrichis en Hpb et au Bk 30 %. Ainsi, à partir du cinquième mois, seul le lot des rats soumis au régime standard enrichi en Hpb 30 % connaît une baisse très hautement significative ($p < 0,0001$) par rapport au lot des rats témoins. Cet indice était de $20,29 \pm 10,94$; $18,25 \pm 1,06$; $15,21 \pm 2,97$; $14,72 \pm 1,10$ et $13,52 \pm 2,38$ au premier mois respectivement pour le lot des rats témoins, les lots soumis aux régimes standards enrichis en Hpb 15 %, Hpb 30 %, aux Bk 15 % et 30 %. Cet indice a évolué pour atteindre au sixième mois, $42,48 \pm 6,87$; $35,74 \pm 8,86$; $32,15 \pm 7,38$; $49,51 \pm 11,24$ et $38,61 \pm 6,21$ respectivement pour les rats du lot témoin, des lots soumis aux régimes standards enrichis en Hpb 15 %, Hpb 30 %, aux Bk 15 % et 30 %.

Par ailleurs, comparativement au lot de rats soumis au régime standard enrichi en Hpb 15 %, l'ID a connu une baisse très significative ($p < 0,01$) au premier mois chez les rats nourris aux régimes standards enrichis aux Bk 15 et 30 %. A partir du deuxième mois, cette baisse très significative ($p < 0,01$) était observée chez les rats nourris aux régimes standards enrichis en Hpb et au Bk 30 %. Toutes fois, cette baisse très significative ($p < 0,01$) a persisté chez les rats nourris au régime standard enrichi en Hpb 30 % dès le cinquième mois jusqu'au sixième mois.

Figure 5 : Indice de digestibilité de l'ensemble des rats femelles et mâles nourris aux régimes standards enrichis en Hpb 15 % et 30 % ; Bk 15 % et 30 %



Les valeurs sont représentées sous la forme de moyenne suivie de l'erreur standard sur la moyenne ($M \pm SEM$) ; $n = 16$ rats dans chaque lot. $*p < 0,05$; $**p < 0,01$; $***p < 0,001$; $****p < 0,0001$: différence de plus en plus significative entre le lot témoin et les lots des régimes standards enrichis. $^{\#}p < 0,05$; $^{\#\#}p < 0,01$; $^{\#\#\#}p < 0,001$; $^{\#\#\#\#}p < 0,0001$: différence significative entre le lot soumis au régime standard enrichi en huile de palme brute 15 % et les autres lots des régimes standards enrichis en huile de palme brute 30 % et au beurre de karité (15 et 30 %). M_1 , M_2 , M_3 , M_4 , M_5 , M_6 : respectivement Mois 1, Mois 2, Mois 3, Mois 4, Mois 5, Mois 6 ; M : Mâles ; F : Femelles ; Hpb : Huile de palme brute ; Bk : Beurre de karité.

Effet de la consommation des différents régimes standards enrichis en huile de palme brute et au beurre de karité sur l'indice de digestibilité chez les rats femelles

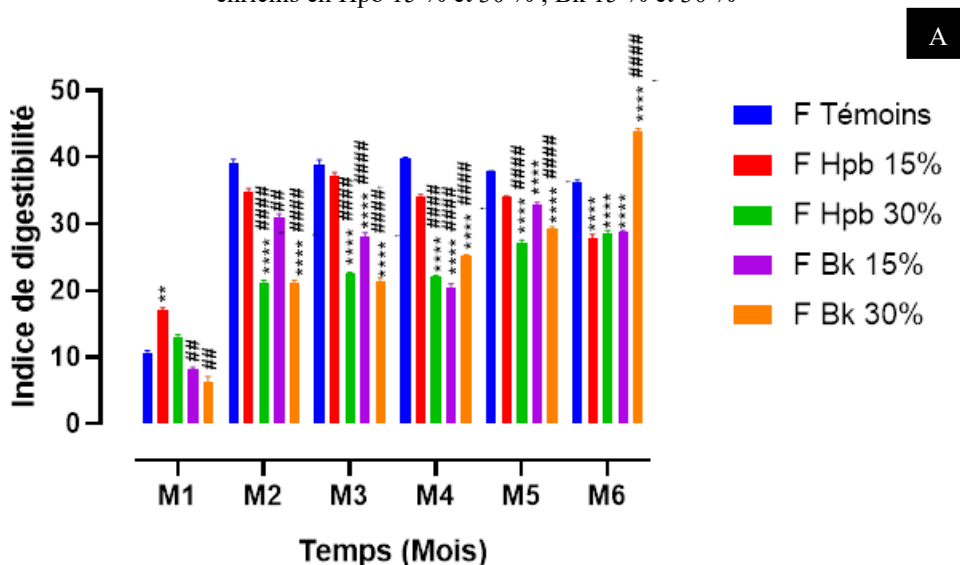
L'évolution de l'indice de digestibilité chez l'ensemble des rats femelles soumis aux différents régimes est représentée par la **Figure 6 (A)**. L'analyse statistique des résultats révèle une baisse très hautement significative ($p < 0,0001$) de l'indice de digestibilité chez les rats soumis aux régimes standards enrichis aux Bk 15 et 30 % tandis que ceux soumis au régime standard enrichi en Hpb 15 % connaissent une augmentation très hautement significative ($p < 0,0001$) au premier mois par rapport aux rats témoins soumis au régime standard.

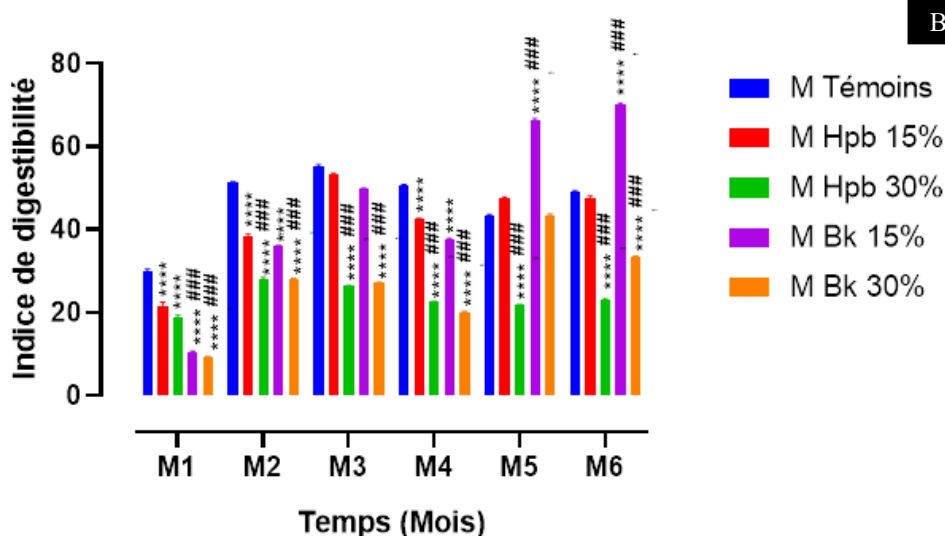
A partir du deuxième mois jusqu'au sixième mois, les rats femelles des différents régimes standards enrichis en Hpb 15 et 30 % ainsi qu'aux Bk 15 et 30 % ont connu une baisse très hautement significative ($p < 0,0001$) de l'indice de digestibilité par rapport aux rats femelles témoins soumis au régime standard excepté au sixième mois où le lot de rats soumis au régime standard enrichi au Bk 30 % a connu une augmentation très hautement significative

($p < 0,0001$). Cette baisse allait de $34,72 \pm 0,60$; $21,18 \pm 0,34$; $31,11 \pm 0,35$ et $21,18 \pm 0,35$ au deuxième mois à $27,88 \pm 0,54$; $28,63 \pm 0,39$; $28,77 \pm 0,25$ et $43,91 \pm 0,37$ au sixième mois chez les rats nourris respectivement aux régimes standards enrichis en Hpb 15, Hpb 30, Bk 15 et Bk 30 % par rapport au lot des rats témoins dont l'ID était de $39,24 \pm 0,46$ au deuxième mois et de $36,25 \pm 0,30$ au sixième mois. Comparativement au lot de rats soumis au régime alimentaire enrichi en Hpb 15 %, l'ID a connu au premier mois une baisse très hautement significative ($p < 0,0001$) chez les rats nourris aux régimes standards enrichis en Hpb 30 %, aux Bk 15 et 30 %.

Cette baisse a persisté chez tous les lots des rats nourris aux régimes standards enrichis en Hpb 30 %, aux Bk 15 et 30 % excepté les mois 5 et 6. En effet, au mois 5, l'ID chez les rats nourris au régime standard enrichi au Bk 15 % était statistiquement semblable ($p > 0,05$) à l'ID des rats nourris au régime standard enrichi en Hpb 15 % alors que l'ID des rats nourris au régime standard enrichi au Bk 30 % a connu une augmentation très hautement significative ($p < 0,0001$) au mois 6.

Figure 6 : Indice de digestibilité des rats femelles (A) et mâles (B) nourris aux régimes enrichis en Hpb 15 % et 30 % ; Bk 15 % et 30 %





Les valeurs sont représentées sous la forme de moyenne suivie de l'erreur standard sur la moyenne ($M \pm SEM$) ; $n = 8$ rats dans chaque lot. * $p < 0,05$; ** $p < 0,01$; *** $p < 0,001$; **** $p < 0,0001$: différence de plus en plus significative entre le lot témoin et les lots des régimes standards enrichis. # $p < 0,05$; ## $p < 0,01$; ### $p < 0,001$; #### $p < 0,0001$: différence de plus en plus significative entre le lot soumis au régime standard enrichi en huile de palme brute 15 % et les autres lots des régimes standards enrichis en huile de palme brute 30 % et au beurre de karité (15 et 30 %). **A** : Indice de digestibilité chez les rats femelles ; **B** : Indice de digestibilité chez les rats mâles. M₁, M₂, M₃, M₄, M₅, M₆ : respectivement Mois 1, Mois 2, Mois 3, Mois 4, Mois 5, Mois 6 ; M : Mâles ; F : Femelles ; Hpb : Huile de palme brute ; Bk : Beurre de karité.

Effet de la consommation des différents régimes standards enrichis en huile de palme brute et au beurre de karité sur l'indice de digestibilité chez les rats mâles

L'évolution de l'indice de digestibilité chez l'ensemble des rats mâles soumis aux différents régimes est représentée par la **Figure 6 (B)**. L'analyse statistique des résultats montre une baisse très hautement significative ($p < 0,0001$) de l'indice de digestibilité chez les rats soumis aux différents régimes standards enrichis en Hpb 15 et 30 % ainsi qu'aux Bk 15 et 30 % au premier et au deuxième mois par rapport aux rats témoins soumis au régime standard.

Au premier mois cette baisse était de $38,42 \pm 0,42$; $28,18 \pm 0,29$; $35,89 \pm 0,32$; $28,01 \pm 0,27$ respectivement chez les rats soumis aux régimes standards enrichis en Hpb 15, 30, aux Bk 15 et 30 % contre $51,26 \pm 0,25$ chez les rats témoins. A partir du mois 3 jusqu'au mois 6, seuls les rats des différents régimes standards enrichis en Hpb 30 % et au Bk 30 % connaissent une baisse très hautement significative ($p < 0,0001$) de l'indice de digestibilité par rapport aux rats témoins soumis au régime standard. Cette baisse était au mois 3 de $26,30 \pm 0,26$ et $27,10 \pm 0,18$ pour atteindre $23,00 \pm 0,39$ et $33,26 \pm 0,36$ au

mois 6 respectivement chez les rats nourris aux régimes standards enrichis en Hpb 30 % et au Bk 30 % par rapport au lot témoin qui était de $55,37 \pm 0,32$ au mois 3 et $49,17 \pm 0,26$ au mois 6.

Cependant, l'indice de digestibilité chez les rats soumis aux différents régimes standards enrichis en Hpb et au Bk à 30 % a connu une baisse très hautement significative ($p < 0,0001$) au premier mois comparativement aux rats nourris au régime standard enrichi en Hpb 15 %. Cette baisse a persisté à partir du deuxième mois jusqu'au sixième chez les rats nourris aux régimes standards enrichis en Hpb et au Bk 30 % excepté le mois 5 où la baisse était significative ($p < 0,05$) chez les rats nourris au régime standard enrichi au Bk 30%.

Effet de la consommation des différents régimes standards enrichis en huile de palme brute et au beurre de karité sur le gain de poids et corrélation avec les efficacités énergétiques et protéiques chez l'ensemble des rats

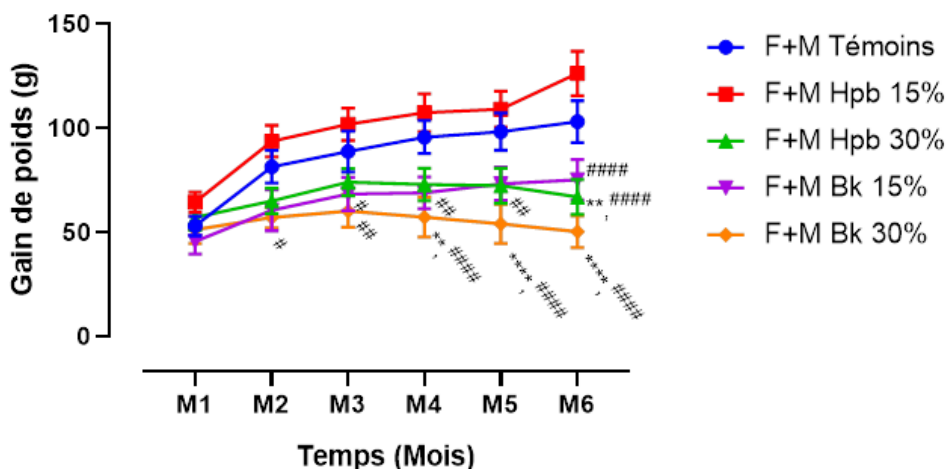
L'évolution du gain de poids chez l'ensemble des rats mâles et femelles soumis aux différents régimes est représentée par la **Figure 7**. Tous les rats des différents régimes standards enrichis en Hpb et au Bk 15 % ont connu un gain de poids durant toute l'étude. Ainsi, le gain de poids était de $53,06 \pm 4,66$; $64,56 \pm 4,81$ et $57,19 \pm 6,09$ g au premier mois respectivement pour le lot témoin, lot des régimes standards enrichis en Hpb et au Bk à 15 %. Il a évolué pour atteindre au sixième mois $126,30 \pm 10,61$ et $75,19 \pm 9,77$ g respectivement chez les rats nourris aux régimes standards enrichis en Hpb et au Bk à 15 % comparativement au lot témoin où le gain de poids était de $103,10 \pm 9,97$ g. Cependant, les rats soumis aux différents régimes standards enrichis en Hpb et au Bk 30 % ont connu une baisse très hautement significative ($p < 0,0001$) du gain de poids par rapport au lot témoin.

Cette baisse a été remarquée à partir du quatrième mois chez les rats nourris au régime standard enrichi au Bk 30 % ($57,25 \pm 9,57$ g) et au sixième mois chez les rats nourris au régime standard enrichi en Hpb 30 % ($67,00 \pm 8,34$ g) comparativement au lot témoin dont le gain de poids était de $95,69 \pm 7,90$ g et $103,10 \pm 9,97$ g respectivement au quatrième et au sixième mois. Par ailleurs, les rats soumis au régime standard enrichi au Bk 15 %, ont connu une baisse très hautement significative ($p < 0,0001$) du gain de poids à partir du deuxième mois par rapport au lot des rats soumis au régime standard enrichi en Hpb 15 % jusqu'à la fin de l'expérience.

L'efficacité énergétique nous permet d'accéder à l'impact du pouvoir calorique de chaque régime alimentaire et l'efficacité protéique nous permet d'accéder à l'impact de la quantité de protéines contenues dans chaque régime alimentaire sur le gain de poids sur une période de 6 mois chez les jeunes rats (**Figure 8**). Ainsi, les efficacités énergétiques (**A**) et protéiques (**B**) chez les

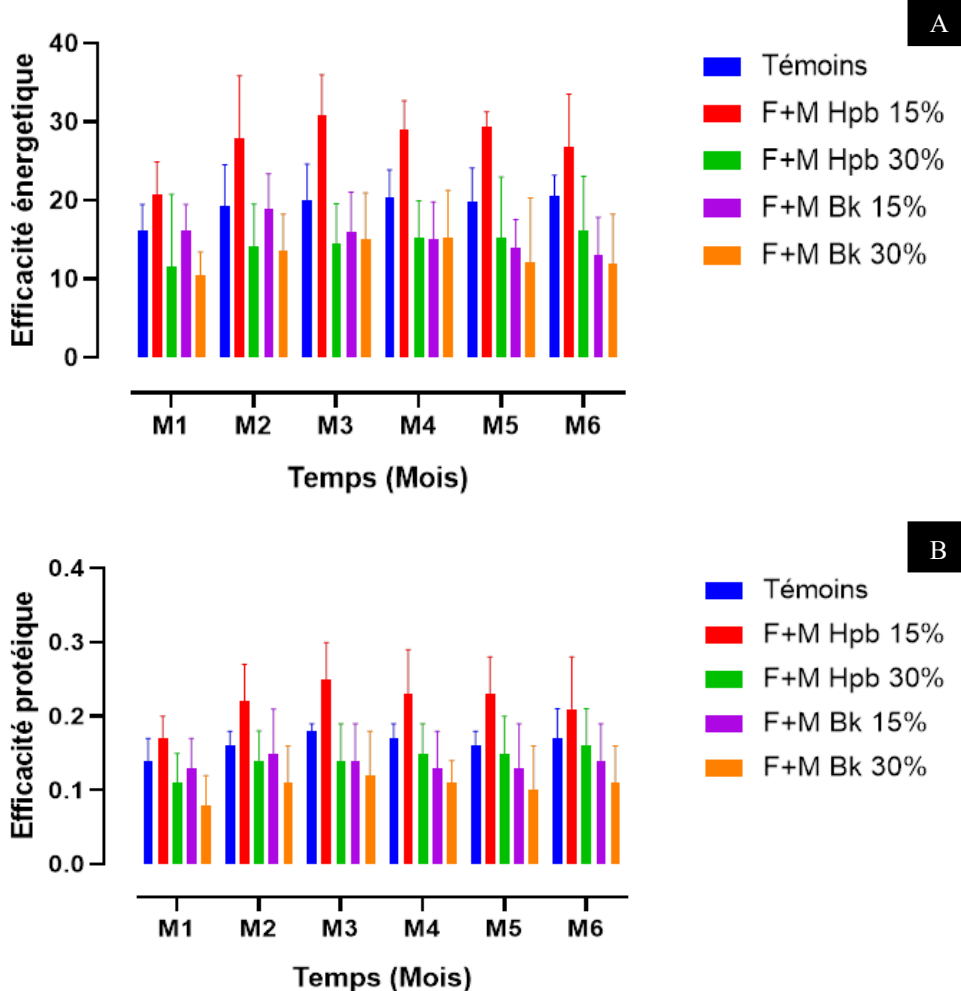
rats nourris aux régimes standards enrichis en Hpb 15 % et 30 %, Bk 15 et 30 %, n'ont pas varié significativement chez ces animaux par rapport au lot témoin ($p < 0,05$) durant les six mois de traitement.

Figure 7 : Gain pondéral de l'ensemble des rats femelles et mâles nourris aux régimes standards enrichis en Hpb 15 % et 30 % ; Bk 15 % et 30 %



Les valeurs sont représentées sous la forme de moyenne suivie de l'erreur standard sur la moyenne ($M \pm SEM$) ; $n = 16$ rats dans chaque lot. * $p < 0,05$; ** $p < 0,01$; *** $p < 0,001$; **** $p < 0,0001$: différence de plus en plus significative entre le lot témoin et les lots des régimes standards enrichis. # $p < 0,05$; ## $p < 0,01$; ### $p < 0,001$; #### $p < 0,0001$: différence de plus en plus significative entre le lot soumis au régime standard enrichi en huile de palme brute 15 % et les autres lots des régimes standards enrichis en huile de palme brute 30 % et au beurre de karité (15 et 30 %). M_1 , M_2 , M_3 , M_4 , M_5 , M_6 : respectivement Mois 1, Mois 2, Mois 3, Mois 4, Mois 5, Mois 6 ; M : Mâles ; F : Femelles ; Hpb : Huile de palme brute ; Bk : Beurre de karité.

Figure 8 : Efficacité énergétique (A) et efficacité protéique (B) de l'ensemble des rats femelles et mâles nourris aux régimes enrichis en Hpb 15 % et 30 % ; Bk 15 % et 30 %



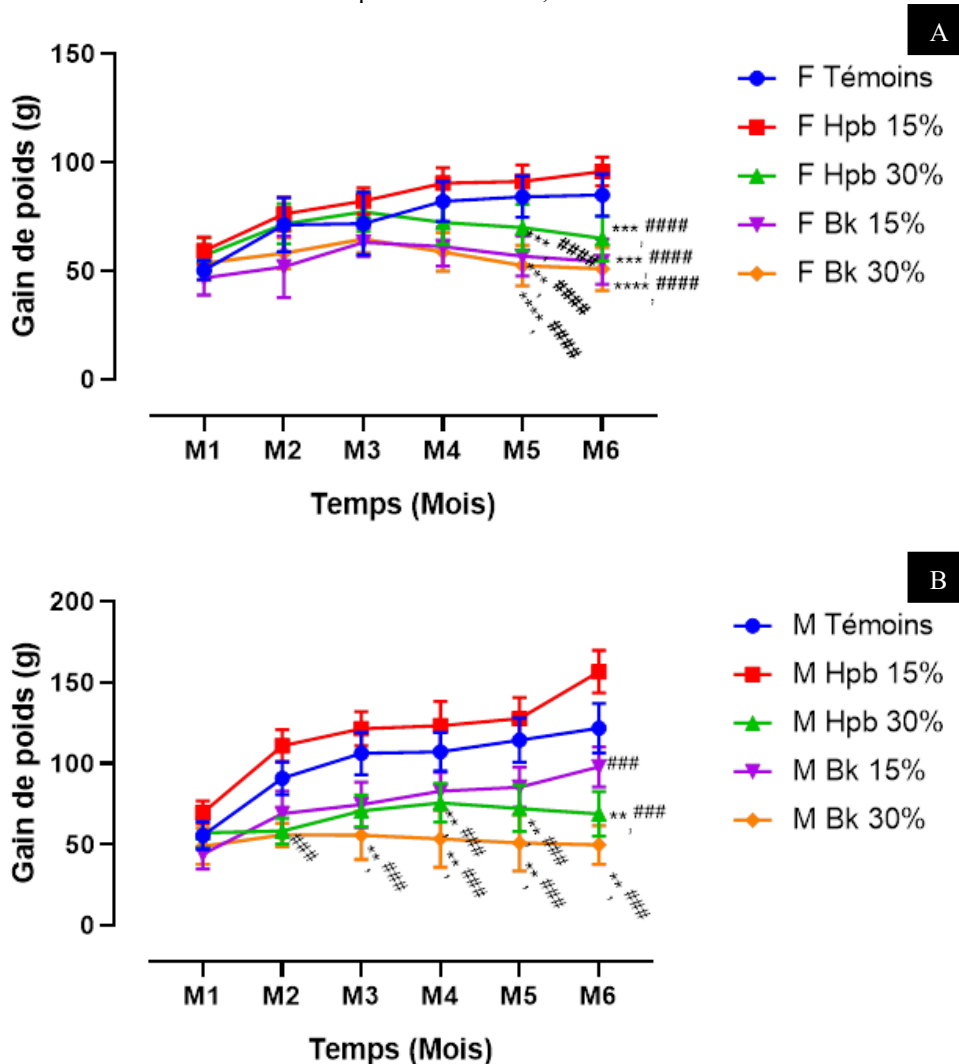
Les valeurs sont représentées sous la forme de moyenne suivie de l'erreur standard sur la moyenne ($M \pm SEM$) ; $n = 16$ rats dans chaque lot. $*p < 0,05$; $**p < 0,01$; $***p < 0,001$; $****p < 0,0001$: différence de plus en plus significative entre le lot témoin et les lots des régimes standards enrichis. $^{\#}p < 0,05$; $^{\#\#}p < 0,01$; $^{\#\#\#}p < 0,001$; $^{\#\#\#\#}p < 0,0001$: différence de plus en plus significative entre le lot soumis au régime standard enrichi en huile de palme brute 15 % et les autres lots des régimes standards enrichis en huile de palme brute 30 % et au beurre de karité (15 et 30 %). M_1 , M_2 , M_3 , M_4 , M_5 , M_6 : respectivement Mois 1, Mois 2, Mois 3, Mois 4, Mois 5, Mois 6 ; M : Mâles ; F : Femelles ; Hpb : Huile de palme brute ; Bk : Beurre de karité.

Effet de la consommation des différents régimes standards enrichis en huile de palme brute et au beurre de karité sur le gain de poids chez les rats femelles

L'évolution du gain de poids chez l'ensemble des rats femelles soumis aux différents régimes est représentée par la **Figure 9 (A)**. Aucune différence significative ($p > 0,05$) du gain de poids n'a été constatée pour les rats des régimes standards enrichis en Hpb 15 et 30 % ainsi qu'aux Bk 15 et 30 % par rapport aux rats témoins soumis au régime standard durant cinq mois. Le gain de poids était de $50,50 \pm 4,26$; $59,38 \pm 6,39$; $57,13 \pm 8,18$; $46,88 \pm 7,99$ et $53,63 \pm 7,90$ au premier mois respectivement chez les rats témoins, Hpb 15 %, Hpb 30 %, Bk 15 et Bk 30 % et est passé à $84,25 \pm 9,52$; $91,38 \pm 7,41$; $70,13 \pm 10,69$; $56,88 \pm 9,14$ et $52,63 \pm 9,30$ au cinquième mois respectivement chez les rats témoins, Hpb 15 %, Hpb 30 %, Bk 15 et Bk 30 %. Cependant, ceux soumis au régime standard enrichi en Hpb 30 % ont connu une baisse significative ($p < 0,05$) ($70,13 \pm 10,69$) du gain de poids par rapport aux rats témoins soumis au régime standard ($84,25 \pm 9,52$) dès le cinquième mois de traitement.

Par ailleurs, cette baisse du gain de poids était très hautement significative ($p < 0,0001$) chez les rats soumis au régime standard enrichi au Bk 30 % dès le cinquième mois par rapport aux rats témoins soumis au régime standard. Les rats soumis aux régimes standards enrichis en Hpb 30 % et au Bk 15 et 30 %, le gain de poids n'a montré aucune différence significative ($p > 0,05$) durant les trois premiers mois de traitement par rapport au gain de poids des rats nourris au régime standard enrichi en Hpb 15 %. Des baisses hautement significatives ($p < 0,001$) chez les rats soumis au régime standard enrichi en Hpb 30 %, et très hautement significatives ($p < 0,0001$) chez les rats soumis au régime standard enrichi au Bk 30 % du gain de poids ont été constatées à partir du cinquième mois jusqu'à la fin de l'expérimentation.

Figure 9 : Gain pondéral des rats femelles (A) et mâles (B) nourris aux régimes standards enrichis en Hpb 15 % et 30 % ; Bk 15 % et 30 %



Les valeurs sont représentées sous la forme de moyenne suivie de l'erreur standard sur la moyenne ($M \pm SEM$) ; $n = 16$ rats dans chaque lot. * $p < 0,05$; ** $p < 0,01$; *** $p < 0,001$; **** $p < 0,0001$: différence de plus en plus significative entre le lot témoin et les lots des régimes standard enrichis. # $p < 0,05$; ## $p < 0,01$; ### $p < 0,001$; #### $p < 0,0001$: différence de plus en plus significative entre le lot soumis au régime standard enrichi en huile de palme brute 15 % et les autres lots des régimes standard enrichis en huile de palme brute 30 % et au beurre de karité (15 et 30 %). **A** : Gain de poids chez les rats femelles ; **B** : Gain de poids chez les rats mâles. M_1 , M_2 , M_3 , M_4 , M_5 , M_6 : respectivement Mois 1, Mois 2, Mois 3, Mois 4, Mois 5, Mois 6 ; M : Mâles ; F : Femelles ; Hpb : Huile de palme brute ; Bk : Beurre de karité.

Effet de la consommation des différents régimes standards enrichis en huile de palme brute et au beurre de karité sur le gain de poids chez les rats mâles

L'évolution du gain de poids chez l'ensemble des rats mâles soumis aux différents régimes est représentée par la **Figure 9 (B)**. Aucune différence significative ($p > 0,05$) du gain de poids n'a été constatée chez les rats des régimes standards enrichis en Hpb 15 et au Bk 15 % par rapport aux rats témoins soumis au régime standard durant six mois de traitement. Ces valeurs étaient de $69,75 \pm 7,11$ et $44,25 \pm 9,33$ au premier mois respectivement chez les rats des régimes standards enrichis en Hpb 15 % et Bk 15 %, et de $127,80 \pm 12,97$ et $85,38 \pm 12,25$ au cinquième mois respectivement chez les rats des régimes standards enrichis en Hpb 15 % et au Bk 15 % par rapport aux rats témoins dont la valeur se situait entre $55,63 \pm 8,54$ et $114,50 \pm 13,65$.

Par ailleurs, on a une baisse significative ($p < 0,05$) du gain de poids était chez les rats soumis aux régimes standards enrichis en Hpb 30 % et au Bk 30 % dès le troisième jusqu'au sixième mois par rapport aux rats témoins soumis au régime standard. Ce même constat a été fait chez les rats nourris aux régimes standards enrichis en Hpb 30 %, aux Bk 15 et 30 % comparativement aux rats nourris au régime standard enrichi en Hpb 15 %.

Variation de la masse relative du tissu adipeux (MRTA) chez l'ensemble des rats

Le **Tableau 1** présente l'effet des régimes standards enrichis en huile de palme brute 15 et 30 % ainsi qu'au beurre de karité 15 et 30 % sur la MRTA intra-abdominale chez l'ensemble des rats mâles et femelles. Les résultats montrent que la MRTA intra-abdominale est significativement supérieure ($p < 0,05$) chez les rats nourris aux régimes standards enrichis en Hpb 15 et 30 % et au Bk à 15 % comparativement à celle des rats du lot témoin. En effet, la MRTA intra-abdominale des rats du lot témoin, des rats nourris aux régimes standards enrichis en Hpb 15 et 30 % et au Bk à 15 % est en moyenne respectivement de $3,09 \pm 0,40$; $4,91 \pm 0,53$ et de $5,04 \pm 0,54$ %. Cependant, les rats nourris au régime standard enrichi au Bk à 30 % ont présentés une MRTA intra-abdominale statistiquement identique ($p > 0,05$) à celle des rats du lot témoin nourris au régime standard. Elle était de $3,09 \pm 0,40$ et $2,73 \pm 0,36$ % respectivement pour les rats du lot témoin nourris au régime standard et les rats nourris au régime standard enrichi au Bk à 30 %.

Variation de la MRTA chez les rats femelles

La masse relative du tissu adipeux intra-abdominale des rats femelles nourris aux régimes standard enrichis en Hpb 15 et 30 % et au Bk 15 % est statistiquement supérieure ($p < 0,05$) à celle des rats témoins nourris au régime standard ainsi qu'aux rats nourris au régime standard enrichi au Bk 30 %. Elle

est de $3,58 \pm 0,41$ pour les rats témoins ; $6,22 \pm 0,91$ pour les rats nourris en Hpb 15 % ; $5,32 \pm 0,26$ pour les rats nourris en Hpb 30 % et $5,18 \pm 0,13$ pour les rats nourris au Bk 15 %. Cependant, les rats nourris au régime standard enrichi au Bk 30 % ont montré une MRTA intra-abdominale statistiquement identique ($p > 0,05$) à celle des rats du lot témoin et statistiquement basse ($p < 0,05$) par rapport à celle des rats nourris au régime standard enrichi en Hpb 15 %.

Variation de la MRTA chez les rats mâles

La masse relative du tissu adipeux intra-abdominale des rats mâles nourris aux régimes standards enrichis en Hpb 15 et 30 % est statistiquement supérieure ($p < 0,05$) à celle des rats témoins nourris au régime standard. Les valeurs étaient de $3,88 \pm 0,41$ et $4,76 \pm 0,23$ % respectivement chez les rats nourris en Hpb 15 et 30 % contre $2,65 \pm 0,24$ % chez le témoin. Cependant aucune variation de la MRTA intra-abdominale n'a été remarquée chez les rats nourris aux régimes standards enrichis aux Bk 15 et 30 % comparativement au lot témoin. Par contre une baisse hautement significative de la MRTA a été constatée chez les rats nourris au régime standard enrichi au Bk 30 % par rapport au lot nourri en Hpb 15 %.

Tableau 1 : Variation de la masse relative du tissu adipeux

Lots/régimes alimentaires	Sexe	Masse corporelle (g)	Masse du tissu adipeux (g)	Masse relative du tissu adipeux (%)
Témoins (granulé simple)	M+F	$203,4 \pm 7,77$	$6,28 \pm 3,1$	$3,09 \pm 0,40$
	M	$212,5 \pm 12,32$	$5,64 \pm 2,93$	$2,65 \pm 0,24$
	F	$193,3 \pm 8,04$	$6,92 \pm 3,26$	$3,58 \pm 0,41$
Granulé + huile de palme brute 15 %	M+F	$224,0 \pm 10,76$	$11,02 \pm 5,71$	$4,91 \pm 0,53^{***}$
	M	$250,9 \pm 12,63$	$9,72 \pm 5,21$	$3,88 \pm 0,41^*$
	F	$198,1 \pm 6,79$	$12,32 \pm 6,21$	$6,22 \pm 0,91^{***}$
Granulé + huile de palme brute 30 %	M+F	$165,1 \pm 7,83$	$8,32 \pm 4,26$	$5,04 \pm 0,54^{***}$
	M	$166,5 \pm 13,52$	$7,92 \pm 3,12$	$4,76 \pm 0,23^{***}$
	F	$163,6 \pm 8,89$	$8,71 \pm 2,28$	$5,32 \pm 0,26$
Granulé + beurre de karité 15 %	M+F	$173,9 \pm 10,12$	$7,66 \pm 2,5$	$4,41 \pm 0,25^{**}$
	M	$192,1 \pm 11,49$	$7,26 \pm 3,42$	$3,78 \pm 0,30$
	F	$155,6 \pm 11,80$	$8,06 \pm 1,58$	$5,18 \pm 0,13^{***}$
Granulé + beurre de karité 30 %	M+F	$148,1 \pm 7,74$	$4,04 \pm 2,81$	$2,73 \pm 0,36$
	M	$159,0 \pm 12,93$	$3,29 \pm 2,56$	$2,07 \pm 0,20^{###}$
	F	$137,3 \pm 9,31$	$4,78 \pm 3,06$	$3,48 \pm 0,33$

Les valeurs sont représentées sous la forme de moyenne suivie de l'erreur standard sur la moyenne ($M \pm SEM$) ; $n = 16$ rats pour les lots ayant M+F, et $n = 8$ rats pour les lots ayant M ou F. * $p < 0,05$; ** $p < 0,01$; *** $p < 0,001$; **** $p < 0,0001$: différence de plus en plus significative entre le lot témoin et les lots des régimes standards enrichis. # $p < 0,05$; ### $p < 0,01$; #### $p < 0,001$; ##### $p < 0,0001$: différence de plus en plus significative entre le lot soumis au régime standard enrichi en huile de palme brute 15 % et les autres lots des régimes standards enrichis en huile de palme brute 30 % et au beurre de karité (15 et 30 %). M_1 , M_2 , M_3 , M_4 , M_5 , M_6 : respectivement Mois 1, Mois 2, Mois 3, Mois 4, Mois 5, Mois 6 ; M : Mâles

; *F* : Femelles ; *M+F* : Mâles + femelles ; *M* : Mâles ; *F* : Femelles ; *Hpb* : Huile de palme brute ; *Bk* : Beurre de karité.

Analyse de résultats

Cette étude vise à évaluer l'impact d'une alimentation enrichie en huile de palme brute (Hpb) et en beurre de karité (Bk) sur les paramètres anthropométriques chez le rat *Wistar*. Quatre régimes expérimentaux ont été administrés pendant six mois : Hpb à 15 % et 30 %, Bk à 15 % et 30 %, comparés à un régime standard. Le **Tableau 2** donne les principaux résultats obtenus. Les résultats montrent que les régimes enrichis à 15 % sont mieux tolérés, avec un gain pondéral significatif pour Hpb 15 % par rapport au témoin). À 30 %, la consommation alimentaire diminue pour Bk 30 %), entraînant une baisse du gain pondéral ($52,63 \pm 9,30$ g) et une accumulation de tissu adipeux intra-abdominal. Ces résultats suggèrent que la concentration lipidique influence la satiété.

Tableau 2 : Principaux résultats obtenus

Paramètre	Témoin	Hpb 15 %	Hpb 30 %	Bk 15 %	Bk 30 %
<i>IC</i> (mois 6, tous les rats)	51,71 ± 5,93	43,74 ± 7,45	34,10 ± 3,26**	44,84 ± 8,22	31,28 ± 5,84**
<i>ID</i> (mois 6, tous les rats)	42,48 ± 6,87	35,74 ± 8,86	32,15 ± 7,38	49,51 ± 11,24*	38,61 ± 6,21
GP (g) (mois 6, tous les rats)	103,10 ± 9,97	126,30 ± 10,61**	67,00 ± 8,34***	75,19 ± 9,77	52,63 ± 9,30***
MRTA (%) (mois 6, tous les rats)	3,09 ± 0,40	4,91 ± 0,53**	5,04 ± 0,54**	4,41 ± 0,25	2,73 ± 0,36*

Les valeurs sont représentées sous la forme de moyenne suivie de l'erreur standard sur la moyenne ($M \pm SEM$) ; $n = 16$ rats. * $p < 0,05$; ** $p < 0,01$; *** $p < 0,001$: différence de plus en plus significative entre le lot témoin et les lots des régimes standards enrichis. M_1 , M_2 , M_3 , M_4 , M_5 , M_6 : respectivement Mois 1, Mois 2, Mois 3, Mois 4, Mois 5, Mois 6 ; *M* ; *Hpb* : Huile de palme brute ; *Bk* : Beurre de karité.

Discussion

La présente étude visait à évaluer l'impact d'une alimentation enrichie en huile de palme brute (Hpb) et en beurre de karité (Bk) sur les paramètres anthropométriques chez le rat *Wistar*. L'anthropométrie, méthode non invasive et universellement applicable, constitue un outil de référence pour l'évaluation du risque nutritionnel et sanitaire (OMS, 1995).

Les résultats ont révélé une augmentation de l'indice de consommation au cours des trois premiers mois, suivie d'une diminution progressive durant les trois derniers mois, quel que soit le groupe expérimental. Les rats soumis aux régimes standards enrichis à 15 % en Hpb ou Bk n'ont pas présenté de

variation significative de cet indice par rapport aux témoins sur l'ensemble de la période. En revanche, une baisse marquée de la consommation a été observée chez les rats recevant les régimes enrichis à 30 %, probablement liée à la forte teneur en lipides des granulés. En effet, les huiles utilisées sont riches en acides gras, et selon la FAO (2008), les lipides alimentaires prolongent la sensation de satiété en ralentissant la vidange gastrique et la motilité intestinale. Cette propriété pourrait expliquer la réduction de l'ingéré alimentaire, comme le confirment les travaux de Reboul (2014) et Kouakou et al. (2019), qui ont observé une baisse de la consommation chez des rats nourris avec un régime enrichi à 25 % en Hpb.

L'indice de digestibilité (ID) est resté stable chez les rats recevant le régime Hpb 15 %, suggérant une bonne transformation, libération et absorption des nutriments, et donc une biodisponibilité optimale (Aggett, 2010 ; Hurrell & Egli, 2010). La biodisponibilité, définie comme la proportion d'un nutriment absorbé et utilisé par l'organisme (Holst & Williamson, 2008), semble compromise dans les groupes Hpb 30 %, Bk 15 % et Bk 30 %, où une baisse significative de l'ID a été observée. Cette diminution pourrait être attribuée à une sous-alimentation, corroborée par la réduction de l'indice de consommation dans ces groupes.

Aucune différence significative de gain pondéral n'a été observée entre les groupes Hpb 15 %, Bk 15 % et les témoins. Ces résultats sont en accord avec ceux d'Onyeali et al. (2010), qui ont rapporté des gains pondéraux similaires entre rats nourris à 20 % d'Hpb et témoins. Toutefois, Ani et al. (2015) ont noté une masse corporelle inférieure chez des rats New Zealand soumis à un régime Hpb 15 %. Dans notre étude, les régimes enrichis à 30 % en Hpb et Bk ont induit une baisse très significative du gain pondéral à partir du quatrième mois, en lien avec une réduction de la consommation et de la digestibilité. Comme le soulignent Bertrand et al. (2003) et Yaguiyan-Colliard (2013), l'état nutritionnel est directement influencé par la quantité d'aliments ingérés. Besson et al. (2005) confirment que toute variation de l'ingéré alimentaire affecte l'évolution pondérale. Bien que les régimes enrichis en lipides apportent plus de calories (1 g de lipides = 9 Kcal ; Mu & Hoy, 2004), la faible consommation observée limite leur impact sur la prise de poids. Les différences observées peuvent également être liées à la souche des rats, à la durée d'exposition au régime, ainsi qu'aux variations individuelles métaboliques.

Une augmentation significative de la MRTA intra-abdominale a été observée chez les rats nourris aux régimes Hpb 15 %, Hpb 30 % et Bk 15 %, comparativement aux témoins. Cette accumulation traduit un stockage de l'excédent énergétique sous forme de graisses, principalement dans les adipocytes intra-abdominaux, entraînant une hypertrophie puis une hyperplasie adipocytaire (Ailhaud & Hauner, 2004 ; Spalding et al., 2008). En

revanche, les rats du groupe Bk 30 % ont présenté une MRTA comparable à celle des témoins, suggérant une moindre propension à l'accumulation de graisse abdominale malgré une alimentation lipidique. Ce constat soulève des interrogations sur les effets métaboliques spécifiques de chaque type de lipide, qui seront approfondis par l'analyse des paramètres hématologiques et biochimiques.

L'analyse des paramètres anthropométriques indique que les régimes enrichis à 15 % en Hpb et Bk sont bien tolérés et assimilés par les rats sur une période de six mois. En revanche, les régimes à 30 % entraînent une baisse de la consommation alimentaire dès le quatrième mois, avec des répercussions négatives sur la digestibilité et le gain pondéral. Le régime Hpb 30 % favorise l'accumulation de graisse intra-abdominale, contrairement au régime Bk 30 %, qui semble épargner ce compartiment adipeux. Ces résultats suggèrent que la nature et la concentration des lipides alimentaires influencent différemment les paramètres anthropométriques et métaboliques, ouvrant la voie à des investigations complémentaires.

Conclusion

L'analyse des paramètres anthropométriques révèle que les régimes standards enrichis à 15 % en huile de palme brute (Hpb) et en beurre de karité (Bk), consommés quotidiennement pendant six mois, ont été globalement bien tolérés et mieux assimilés par l'organisme des rats. En revanche, les régimes enrichis à 30 % ont entraîné une baisse progressive de la consommation alimentaire à partir du troisième mois, ce qui a eu des répercussions négatives sur la digestibilité, le gain pondéral et l'accumulation lipidique. Le régime Hpb 30 % a induit une accumulation significative de graisse intra-abdominale, malgré une prise de poids relativement faible, suggérant un stockage énergétique préférentiel dans le tissu adipeux viscéral. À l'inverse, le régime Bk 30 % n'a pas provoqué d'augmentation de la masse adipeuse intra-abdominale, malgré une composition lipidique similaire. Cette divergence métabolique entre les deux huiles pourrait refléter des différences dans la structure des acides gras, leur biodisponibilité ou leur impact sur la régulation du métabolisme lipidique, et mérite d'être approfondie par des analyses biochimiques complémentaires.

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 sur les animaux participants à l'étude : L'expérimentation animale s'est déroulée à l'animalerie du Laboratoire de Physiologie, Pharmacologie et Pharmacopée de l'Université Nangui ABROGOUA, Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique, Abidjan, Côte d'Ivoire. Tous les protocoles expérimentaux sont conduits conformément à la directive Européenne du 24 Novembre 1986 (86/606/EEC) relatives à l'usage des animaux d'expérimentation dans la recherche (EU, 1986).

References:

1. Aggett, P. J. (2010). Toxicity due to excess and deficiency. *Journal of Toxicology and Environmental Health, Part A*, 73(2), 175-80.
2. Ailhaud, G., & Hauner, H. (2004). Development of White Adipose Tissue, In : A. G. Bray and C. Bouchard, Eds., *Handbook of Obesity : Etiology and Pathophysiology*, 2nd Edition. *Marcel Dekker, New York*, 481-514.
3. Ani, E. J., Nna, V. U., Owu, D. U., & Osim, E. E. (2015). Effect of chronic consumption of two forms of palm oil diet on serum electrolytes, creatinine and urea in rabbits. *Journal of Applied Pharmaceutical Science*, 5(06), 115-119.
4. Bertrand, G., Toullec, R., & Veissier, I. (2003). Le veau de boucherie : concilier bien-être animal et production. *Paris (France), Edition Inra*, (7), 55-92.
5. Besson, C., Verwaerde, P., Bret-Bennis, L., & Priymenko, N. (2005). Evaluation clinique de l'état nutritionnel chez les carnivores domestiques. *Revue Médicale Vétérinaire*, 156(5), 269-274.
6. Diarassouba, N., Koffi K. E., N'Guessan, K. A., Van Dame P., & Sangaré, A. (2008). Connaissances locales et leur utilisation dans la gestion des parcs à karité en Côte d'Ivoire. *Afrika Focus*, 1(21), 77-96.
7. Ellias, M., & Carney, J. (2004). La filière féminine du karité : productrice burkinabé, « éco-consommatrices » occidentales et commerce équitable. *Cahier de Géographie du Québec*, 48, 1-26.
8. FAO (2008). Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture : Graisses et acides gras dans la nutrition humaine. *Rapport d'une consultation d'experts, Genève*, pp10-14.
9. Hirsch, R. (2002). Les filières oléagineuses d'Afrique de l'Ouest : quelles perspectives face à la mondialisation ? *Oilseeds and fats, Crops and Lipids*, 6, 426-432.
10. Holst, B., & Williamson, G. (2008). Nutrients and phytochemicals: from bioavailability to bioefficacy beyond antioxidants. *Current Opinion in Biotechnology*, 19(2), 73-82.

11. Hurrell, R., & Egli, I. (2010). Iron bioavailability and dietary reference values. *American Journal of Clinical Nutrition*, 95(5), 1461S-1467S.
12. Kouakou, A. Y. F., Oussou, N. J-B., Atto, V., & Yapo A. P. (2019). Profil des paramètres anthropométriques et hématologiques chez le rat *Wistar* soumis à une alimentation enrichie en huile de palme. *Afrique Science*, 15(3), 128-141.
13. Lecerf, J. M. (2013). L'huile de palme : aspects nutritionnels et métaboliques. Rôle sur le risque cardiovasculaire. *Oilseeds and fats, crops and lipids*, 20(3), 147-159.
14. Mattea, B. (2010). « Noyé dans l'huile de palme. L'exploitation de la demande mondiale ». *Le Monde Magazine*, 39, 14.
15. Mu, H., & Hoy, C. E. (2004). The digestion of dietary triacylglycerols. *Progress in Lipid Research Journal*, 43, 105-133.
16. OCDE (1998). Ligne directive de l'OCDE pour les essais des produits chimiques études de toxicité orale à doses répétées pendant 90 jours sur les rongeurs. *OCDE 408*, 16p.
17. OMS (1995). Utilisation et interprétation de l'anthropométrie. Rapport d'un comité OMS d'experts. *OMS, Série de Rapports techniques*, (854), 508p.
18. Onyeali, E. U., Onwuchekwa, A. C., Monago, C. C., & Monanu, M. O. (2010). « Plasma lipid profil of the wistar albino rats fed palm oil supplemented diets ». *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 4(4), 1163-1169.
19. Ouattara, H., Amonkan, A. K., Meite, A., & Kati-Coulibaly, S. (2014). Comparaison de la biotolérance de l'huile extraite de l'huile de *Blighia sapida* (K. Koenig), des huiles de palme et d'olive chez le rat. *Afrique Science*, 10(1), 226-235.
20. Reboul, E. (2014). Absorption lipidique et vitamines liposolubles : interactions lors de la digestion et du transport membranaire dans l'entérocyte. *Cahiers de Nutrition et de Diététique*, 49(5), 218-224.
21. Spalding, K. L., Arner, E., & Westermark, P. O. (2008). Dynamics of fat cell turnover in humans. *Nature*, 453(7196), 783-787.
22. Yaguiyan-Colliard, L. (2013). Nourrir un animal cardiopathe. *Le Nouveau Praticien Vétérinaire*, 12(54), 56-59.

Cartographie et caractéristiques écologiques des forêts urbaines : Cas des sites de plantations de la Fête Nationale de l'Arbre (FNA) à Niamey, Niger

Abdou-Rachid A. Maïnassara, Doctorant, Agronome-Forestier

Université Abdou Moumouni de Niamey, Faculté d'Agronomie,
Département de Génie Rural et Eaux & Forêts, Niamey, Niger

Abdou Amani, Maître de recherche, Biologiste-Ecologue

Institut National de la Recherche Agronomique du Niger, Niamey,
Département de Gestion des Ressources Naturelles, Niamey, Niger

Yaye Aissetou Dramé, Professeur Titulaire, Entomologiste-Forestière

Université Abdou Moumouni de Niamey, Faculté d'Agronomie,
Département de Génie Rural et Eaux & Forêts, Niamey, Niger

[Doi:10.19044/esj.2025.v21n33p202](https://doi.org/10.19044/esj.2025.v21n33p202)

Submitted: 30 April 2025

Accepted: 11 November 2025

Published: 30 November 2025

Copyright 2025 Author(s)

Under Creative Commons CC-BY 4.0

OPEN ACCESS

Cite As:

Maïnassara, A.R.A., Amani, A. & Yaye Aissetou, D. (2025). *Cartographie et caractéristiques écologiques des forêts urbaines : Cas des sites de plantations de la Fête Nationale de l'Arbre (FNA) à Niamey, Niger*. European Scientific Journal, ESJ, 21 (33), 202.

<https://doi.org/10.19044/esj.2025.v21n33p202>

Résumé

Les forêts urbaines étaient traditionnellement considérées comme de simples aménités paysagères dédiées aux fonctions récréatives de l'urbanisme opérationnel. Cette étude réalisée dans la ville de Niamey au Niger vise à évaluer à l'aide de l'indice de végétation par différence normalisée (NDVI) l'évolution temporelle d'occupation du sol de la ville entre 2007 et 2024, tout en caractérisant à partir des relevés dendrométriques, la diversité et la structure des espèces ligneuse des sites reboisés lors de la Fête Nationale de l'Arbre (FNA). Des images Landsat ont été utilisées pour déterminer les changements d'état du couvert végétal entre ces deux années. À cet effet, nous avons collecté deux catégories de données. Il s'agit des données planimétriques et celles d'inventaire forestier. Ce dernier a été réalisé dans 71 placettes rectangulaires (50 m x 10 m). Nous avons aussi utilisé les images Landsat 7 de janvier 2007 et Landsat 8 de janvier 2024, de 30 m de résolution pour déterminer l'état du couvert végétal et l'extraction de NDVI. Ce dernier est

calculé sous ENVI 5 et cartographié sous ArcGIS 10. Les résultats obtenus montrent une diminution de 12,61 % des superficies non couvertes par la végétation, du fait des travaux de reboisement dont la ville bénéficie chaque année grâce à la FNA et aux autres circonstances. Les sites créés sont dans l'ensemble caractérisés par une diversité spécifique moyenne avec un indice de Shannon moyen de 3,86 bits, une régularité de Pielou moyenne de 0,74, un indice de Simpson moyen de 0,14, un indice de Margalef moyen de 3,17 et une densité moyenne de $41,60 \pm 16,24$ pieds/ha. La distribution des individus par classes de diamètre et de hauteur diffère d'un site à l'autre. Dans l'ensemble, les résultats obtenus de cette étude permettront d'apporter des informations actualisées sur les sites afin que ces derniers contribuent à assurer le double rôle de conservation des espèces ligneuses et de fourniture de services écosystémiques aux citoyens et riverains.

Mots-clés: Cartographie, Caractéristiques structurales, Peuplements ligneux, Images Landsat, Fête de l'Arbre, Niamey

Mapping and Ecological Characteristics of Urban Forests: Case Study of Tree-Planting Sites from the National Tree Day (FNA) in Niamey, Niger

Abdou-Rachid A. Maïnassara, Doctorant, Agronome-Forestier

Université Abdou Moumouni de Niamey, Faculté d'Agronomie,
Département de Génie Rural et Eaux & Forêts, Niamey, Niger

Abdou Amani, Maître de recherche, Biologiste-Ecologue

Institut National de la Recherche Agronomique du Niger, Niamey,
Département de Gestion des Ressources Naturelles, Niamey, Niger

Yaye Aissetou Dramé, Professeur Titulaire, Entomologiste-Forestière

Université Abdou Moumouni de Niamey, Faculté d'Agronomie,
Département de Génie Rural et Eaux & Forêts, Niamey, Niger

Abstract

Urban forests were traditionally regarded as mere landscape amenities dedicated to the recreational functions of operational urban planning. This study, conducted in Niamey, Niger, aims to assess the temporal evolution of land use in city between 2007 and 2024 using the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI), as well as to characterize the diversity and structure of woody species in sites reforested during the National Tree Day (FNA) using dendrometric surveys. Landsat images were used to determine changes in vegetation cover between these two years. To this end, two categories of data

were collected: planimetric data and forest inventory data. The latter was conducted in 71 rectangular plots (50 m x 10 m). With a radius of 12.62 m. We used Landsat 7 images from January 2007 and Landsat 8 images from January 2024, both with a resolution of 30 m, to determine the state of vegetation cover and extract the extract NDVI. The index was calculated using ENVI 5 and mapped with ArcGIS 10. The results show a 12.61 % reduction in non-vegetated areas, attributed to annual reforestation efforts benefiting the city through the FNA and other circumstances. The established sites generally exhibit moderate species diversity, with an average Shannon index of 3.86 bits, a Pielou evenness index of 0.74, a Simpson index of 0.14, a Margalef index of 3.17, and an average density of 41.60 ± 16.24 stems/ha. The distribution of individuals by diameter and height classes differs from one site to another Overall, the findings of this study provide updated information on these sites, ensuring their dual role in conserving woody species and delivering ecosystem services to urban residents and neighboring communities.

Keywords: Mapping, Structural characteristics, Woody stands, Landsat imagery, Tree Day, Niamey

Introduction

Les espaces urbains des pays ouest-africains abritent de nos jours une grande diversité d'espèces ligneuses qui sont plantées par l'Homme. Malheureusement, ces centres urbains se transforment de façon de plus en plus radicale. Ils doivent accueillir davantage de populations, ce qui est une conséquence de la croissance urbaine. Ces transformations s'opèrent de plus dans un contexte de conditions climatiques changeantes (Zerbo *et al.*, 2016). Face à cette situation, le Niger a consenti des efforts louables. Ces efforts s'inscrivent dans le cadre de la politique nationale de promotion des projets de boisement urbain. L'initiative la plus notable est la FNA, célébrée chaque 3 août depuis 1975. Cette démarche vise l'amélioration du couvert végétal par la création de sites de plantations dans les villes, comme Niamey. Il s'agit d'un besoin fondamental, puisque la végétation améliore sensiblement le confort du citadin. La FNA a permis d'augmenter les espèces ligneuses (Moussa *et al.*, 2019). Cette dernière est reconnue comme un enjeu environnemental majeur. Par conséquent, son importance est avérée. Sa protection est devenue une nécessité environnementale de grande ampleur, s'appliquant à la fois à l'échelle locale et internationale (Aronson *et al.*, 2014).

Mais ces efforts se focalisent uniquement sur le reboisement et la réalisation des sites de plantation. Ils ne prennent pas suffisamment en compte les effets négatifs de l'urbanisation incontrôlée. De même, ils négligent les pressions sociales exercées sur les arbres (Jack-Scott *et al.*, 2013). Ces facteurs menacent la pérennité des arbres présents sur les sites institutionnels urbains

reboisés. Cette situation constitue une source de compétition pour l'occupation de l'espace (Buissières et *al.*, 2009). Cette compétition oppose le citadin et les espèces ligneuses. Ceci est également une menace pour l'équilibre naturel (Arnould et *al.*, 2011), dont le résultat direct est la perte des forêts urbaines.

Les méthodes de télédétection sont bien adaptées pour détecter les changements du couvert des plantations dans l'espace et le temps (Abib et *al.*, 2017). Ces derniers temps, le NDVI est devenu l'indicateur principal. Il est le plus fréquemment utilisé pour le suivi de l'évolution de la végétation. Cet indice est parfois combiné avec d'autres types de données, mais la combinaison exacte varie selon les chercheurs (Symeonakis et *al.*, 2004). Les forêts urbaines jouent un rôle important. Elles assurent d'abord la fourniture des biens et services écosystémiques aux populations qui résident dans les villes (Mainassara, 2019). De plus, les forêts urbaines sont essentielles dans la définition de microclimats des habitats en milieu urbain (Nowak et *al.*, 2016b). Il est donc nécessaire d'étudier la composition floristique des espèces ligneuses. Il faut également d'identifier la dynamique des espèces ligneuses présentes sur les sites de la FNA. Comprendre cette dynamique permettra d'améliorer la connaissance des caractéristiques de ces peuplements afin de les décrire dans leurs aspects les plus divers. Pour cela, plusieurs interrogations méritent d'être posées : (i) quelle est la tendance évolutive d'occupation du sol dans la ville de Niamey ? (ii) quelles sont les principales espèces ligneuses présentes sur les sites ? (iii) quelle est la diversité floristique issue de la végétation des sites reboisés ?

C'est dans cette perspective que s'inscrit la présente étude. Elle vise à évaluer la tendance évolutive d'occupation du sol de la ville. Pour cela, elle utilise le NDVI. De façon spécifique, il s'agit de : (1) cartographier la dynamique d'occupation du sol de la ville à l'aide du NDVI ; (2) inventorier les espèces ligneuses des sites de la FNA et (3) déterminer la diversité floristique des espèces inventoriées des sites. Pour atteindre ces objectifs, les hypothèses suivantes ont été formulées : (i) la tendance évolutive d'occupation du sol est essentiellement progressive dans la ville de Niamey ; (ii) les sites de la FNA de la ville de Niamey sont composés d'espèces indigènes et exotiques et (iii) les sites plantés dans la ville sont peu diversifiés en espèces.

Matériel et méthodes

Présentation de la zone d'étude

Cette étude est réalisée dans la ville de Niamey (figure 1), capitale de la République du Niger (13°24' et 13°35'N de latitude Sud, 2°00' et 2°15'E de longitude). Elle couvre une superficie de 552,27 km², soit 0,043 % du territoire national (Institut National de la Statistique (INS), 2024). Le climat de la ville est de type sahélien. Il est caractérisé par la succession de deux saisons dont une saison des pluies (4 à 5 mois), avec une pluviosité annuelle moyenne

d'environ 500 mm. Cette pluvieuse est suivie d'une saison sèche beaucoup plus longue s'étalant sur 7 à 8 mois. La température moyenne était de 37°C (INS), 2024).

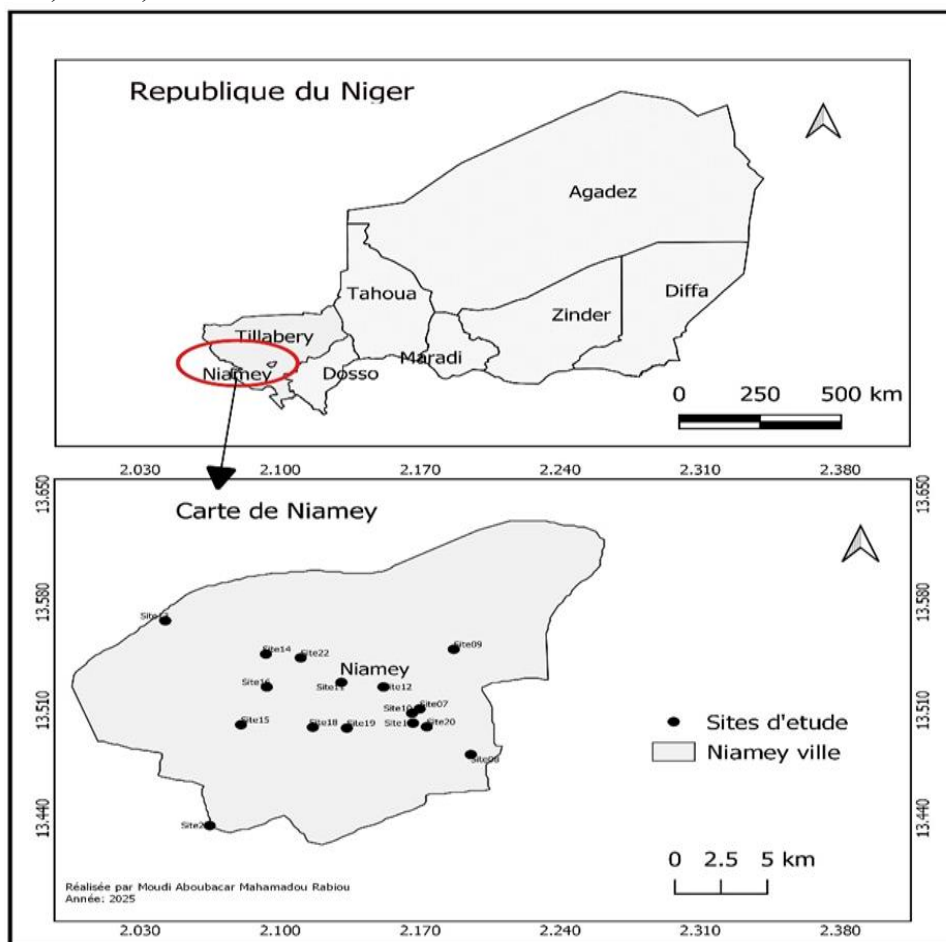


Figure 1 : Carte de la zone d'étude

Choix des sites étudiés et échantillonnage

Nous avons mené l'étude dans seize (16) sites de la ville de Niamey (Sud-Ouest du Niger). Le choix des sites est fait sur la base de ceux ayant fait l'objet de reboisement lors de la FNA et leur identification sur le terrain (figure 1). Les 16 sites reboisés (2007 à 2022) sont retenus pour la présente étude. Leurs caractéristiques (catégories de plantations, année de mise en terre des plants, superficie de la plantation et écartement entre deux plants consécutifs) détaillées sont consignées dans le tableau 1. La classification de ces plantations en 3 catégories est faite selon Ministère de l'Environnement du Niger (2010).

Afin de déterminer la taille de l'échantillon d'inventaire, un inventaire exploratoire est mené sur les douze (12) sites. Cet inventaire consistait à placer une placette rectangulaire de 500 m² par site, ceux-ci étant issus d'un échantillonnage systématique et stratifié. Le nombre de placettes est déterminé suivant la formule de Dagnelie (2012) :

$$n = (CV^2 \times T^2) / E^2, \text{ avec,}$$

n : taille de l'échantillon ; *CV* : coefficient de variation de la surface terrière des ligneux inventoriés dans les 12 placettes (0,43) ; *T* : valeur de la statistique *t* de la distribution de Student pour un risque alpha de 5 % est de 1,96 ; *E* : marge d'erreur de l'estimation de la surface terrière fixée à une valeur de 10 %.

Ainsi le nombre total des placettes à inventorier sur les 12 sites concernés est *n* = 71. Ce nombre est réparti sur les différents sites proportionnellement à leur superficie (tableau 1).

Tableau 1 : Nombre de placettes soumises à un inventaire systématique sur les sites

Sites de plantations	Nombre d'individus initialement plantés	Caractéristiques des plantations				Nombre de placettes inventoriées
		Année de mise en place	Catégorie	Superficie (en ha)	Ecartement entre deux plants	
Champ de tirs de la police secours	250	2007	PL	2,5	10 m x 10 m	5
Ecole Médersa de l'aéroport I	270	2008	PRN	2,7	10 m x 10 m	6
Ceinture verte vers le Camp de la Garde	305	2009	PL	3,05	10 m x 10 m	7
Police secours	110	2010	PRN	1,1	10 m x 10 m	2
Ceinture verte vers école Nigéro-Turque	380	2011	PL	3,8	10 m x 10 m	8
Parc Nigéro-Turque	220	2012	PL	2,2	10 m x 10 m	5
Boulevard de la Cité de la renaissance	310	2013	PA	3,1	10 m x 10 m	Inventaire exhaustif
Parc de la gendarmerie Nationale	800	2014	PRN	8	10 m x 10 m	17
Jardin botanique de la FSS (UAM)	231	2015	PRN	2,31	10 m x 10 m	5
Boulevard Tanimoune	1300	2016	PA	13	10 m x 10 m	Inventaire exhaustif
Ceinture verte en face de l'Ecole de la Santé Publique et de l'Action Sociale	150	2017	PL	1,5	10 m x 10 m	3
CEG 9 et Hôpital Gaweye	120	2018	PRN	1,2	10 m x 10 m	3
Espace public de la cour d'Etat	250	2019	PL	2,5	10 m x 10 m	6
Escadrille Militaire	190	2020	PL	1,9	10 m x 10 m	4
Ecole Seno de Harobanda	50	2021	PRN	0,5	10 m x 10 m	Inventaire exhaustif
CES de Koira Tegui	84	2022	PRN	0,84	10 m x 10 m	Inventaire exhaustif

PL : plantation en régie, PA : plantation d'alignement, PRN : plantation de regarnis

Collecte des données

La collecte des données a pris en compte les données d'inventaire et celles matricielles. Ces dernières concernèrent les images satellites Landsat 7 de l'année 2007 et Landsat 8 pour l'année 2024 prises en Janvier 2024 (afin de s'assurer uniquement de la présence de la végétation ligneuse). Les images eurent une résolution de 30 mètres et sont utilisées pour apprécier l'évolution du NDVI qui renseigne sur l'état de la végétation. Ces images ont été obtenues au format GEOTIFF à travers le lien www.earthexplorer.usgs.gov après avoir fait l'objet de corrections géométriques et radiométriques (géoréférencement, corrections des distorsions). L'objectif principal de l'obtention de ces images était de pouvoir réaliser des cartes de biomasse végétale pour l'ensemble de la ville.

Le schéma du dispositif mis en place est représenté par la figure 2. L'équidistance (flèches bleues) entre les placettes (Est, ouest, nord, sud) et le centre du site est de 20 mètres. L'équidistance (flèches rouges) entre deux (2) placettes horizontales successives et verticales successives est de 10 mètres.

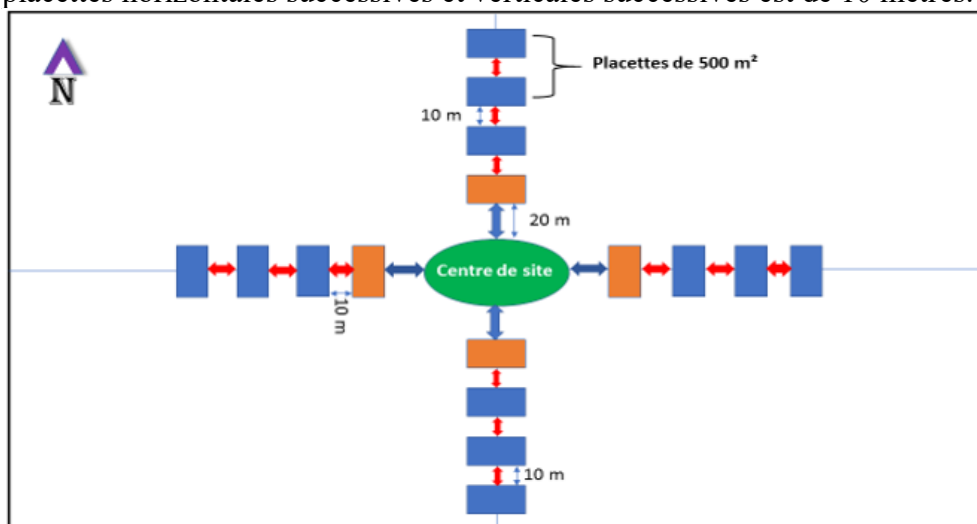


Figure 2 : Dispositif des placettes d'inventaire des sites

Nous avons collecté les données dans des placettes de forme rectangulaire de taille 500 m² (50 m x 10 m) comme recommandée pour les systèmes agroforestiers en Afrique de l'Ouest Sahel par Thiombiano *et al.* (2016). Cependant, au niveau des sites de plantations d'alignements (2013 et 2016) et des sites de regarnis de moins d'un (1) ha de superficie (2021 et 2022), les inventaires ont été exhaustifs. Tandis qu'au niveau des douze (12) sites de plantations restants, nous avons utilisé la méthode d'échantillonnage systématique et stratifié (tableau 1).

Les piquets ont été utilisés pour l'installation de placettes. Toutes les espèces ligneuses sont enregistrées, avec leur nom scientifique, leurs noms

vernaculaires et leurs paramètres dendrométriques (hauteur et diamètre) individu par individu. La hauteur des individus est mesurée à l'aide des jalons gradués. Le diamètre a été mesuré à 1,3 m pour les arbres et à 0,2 m pour les arbustes à l'aide d'un dendromètre (Felix et *al.*, 2019). Les coordonnées géographiques de chaque site de plantation sont relevées au centre de celui-ci à l'aide d'un GPS.

Evaluation des paramètres floristiques et dendrométriques

Après la collecte des données, les paramètres floristiques et dendrométriques de chaque site ont été calculés par les formules ci-dessous :

La richesse spécifique (S) est calculée comme le nombre total d'espèces que comporte le peuplement considéré dans un écosystème donné (Long, 1974). Ne tenant pas compte de l'abondance relative de chaque espèce, elle est souvent limitée pour comparer la diversité de deux communautés (Krebs, 1999). Pour y remédier, une série de quatre indices de diversité (Indice de diversité de Shannon, Indice de régularité de Pielou, Indice de diversité de Simpson et Indice de Margalef) a été calculée. Ces indices ont été choisis car ils prennent en compte à la fois la richesse spécifique et l'abondance relative des espèces (Zerbo et *al.*, 2016).

L'indice de diversité de Shannon & Weaver est calculé pour permettre de quantifier l'hétérogénéité de la diversité spécifique d'un site. Il combine le nombre d'espèces et leur abondance relative. Cet indice noté (H') est calculé en utilisant la formule de Shannon (1948) :

$$H' = -\sum [(n_i / N) * \log_2 (n_i / N)], \text{ avec,}$$

n_i : nombre des individus des espèces i ; N : nombre total d'individus par site ; $\ln$: logarithme naturel.

L'indice de régularité de Pielou (E) est utilisé comme la répartition des individus entre les espèces dans les sites en utilisant la formule de Pielou (1966) :

$$E = H' / \log_2 S, \text{ avec,}$$

H' : indice de diversité Shannon ; S : nombre total d'espèce.

L'indice de Simpson (I_s) mesure la dominance et l'uniformité des espèces, donnant plus de poids aux espèces abondantes est déterminé en utilisant la formule de Maguran (2004) :

$$I_s = \sum n_i (n_i - 1) / N(N - 1), \text{ avec,}$$

n_i : nombre des individus de l'espèce i ; N : nombre total d'individus par site.

L'indice de Margalef (D_{Mg}), qui mesure la richesse spécifique en tenant compte de la taille de l'échantillon, se calcule à l'aide de la formule de Maguran (2004) :

$$D_{Mg} = (S-1) / \ln(N), \text{ avec,}$$

N : nombre total d'individus recensés ; S : nombre total des espèces dans la population (richesse spécifique).

L'indice de similarité de Jaccard (I_j) est calculé pour évaluer la diversité β (similarité entre deux sites différents). Il est calculé sur la base de la présence/absence des espèces en utilisant la formule de Ramade (1990) :

$$I_j = (J / A + B - J) * 100, \text{ avec,}$$

A : nombre d'espèces dans le site A ; B : nombre d'espèces dans un autre site B ; J : nombre d'espèces communes aux deux (2) sites.

Concernant la structure, plusieurs variables ont été déterminées, incluant la densité réelle et linéaire, le taux de recouvrement, et la surface terrière. Ces variables structurelles comprennent également le volume de bois fort tige, la hauteur moyenne et l'indice de Valeur d'Importance (IVI).

La densité réelle (Dr) est calculée pour les sites de regarnis et de plantations en régie. Elle correspond au nombre total d'individus de toutes les espèces recensées par hectare, en utilisant la formule (Reineke, 1933 ; Roberts-Pichette et al., 2002) :

$$Dr = Fa / S, \text{ avec,}$$

Fa : somme d'individus d'une espèce i ; S : surface unitaire (en hectare).

Ensuite la densité linéaire (DI) est calculée pour les sites de plantations d'alignements. Elle correspond au nombre d'individus mesuré sur une distance de 100 mètres en utilisant la formule (Osseni, 2011) :

$$DI = (ni \times 100) / dt, \text{ avec,}$$

ni : nombre d'individus sur une longueur de 100 mètres ; dt : distance de l'axe du boulevard.

Le taux de recouvrement moyen des couronnes des arbres, exprimé en pourcentage (%), est calculé. Il représente la surface occupée par le houppier au niveau du sol, selon la formule (Ngom et al., 2013) :

$$R = \sum (\pi d_{mh}^2 / 4 S_E) * 100, \text{ avec,}$$

d_{mh} : diamètre moyen du houppier de l'individu i en mètre (m) ; S_E : surface de l'échantillon considérée en ha.

La surface terrière (G) est calculée en faisant la somme des surfaces occupées par les troncs de tous les arbres d'un relevé. Ce calcul repose sur

l'hypothèse que la coupe est effectuée à la hauteur de la poitrine (1,30 m), à l'intérieur de la plantation. Pour cela, nous avons eu recours à la formule de Rondeux (1993) :

$$G = \sum (\pi d_i^2) / 4 S_E, \text{ avec,}$$

d_i : diamètre de 1, 30 m des arbres et 0,2 m pour les arbustes ; S_E : Surface de l'échantillon considéré en ha.

Le volume (V) de bois fort tige (en m³/ha) sur pied se calcule suivant la formule (Baggnian et al., 2019) :

$$V = \sum (\pi d^2 / 4) \times H \times 0,555, \text{ avec,}$$

d : diamètre de 1, 30 m des arbres et 0,2 m pour les arbustes ; H : hauteur totale (en m).

La hauteur moyenne de Lorey (H_m) qui est la hauteur moyenne des individus pondérés à leur surface terrière (Assogbadjo, 2006) calculée avec la formule suivante :

$$H_m = \sum g_i \cdot h_i / \sum g_i$$

$$g_i = \pi/4 \cdot d_i^2, \text{ avec,}$$

g_i et h_i étant respectivement la surface terrière et la hauteur totale de l'arbre i.

L'indice de Valeur d'Importance (IVI) a permis d'apprécier l'importance écologique des espèces dans une communauté végétale des sites étudiés (Traoré et al., 2012). Il permet aussi d'évaluer la prépondérance spécifique d'une espèce dans le peuplement. Cet indice est mis au point par Curtis et Macintosh (1950) comme étant la somme de la fréquence relative, la densité relative et la dominance relative. Pour faciliter l'interprétation de l'IVI, Lindsey (1956), cité par Labat (1995), a choisi de l'exprimer en pourcentage. Il a défini cet indice comme la moyenne arithmétique de la densité relative (DR), de la dominance relative (DoR) et de la fréquence relative (FR) pour l'espèce *i* donnée. Ce calcul s'effectue à l'aide de la formule :

$$IVI = [(N_i / \sum N_i) \cdot 100 + (G_i / \sum G_i) \cdot 100 + (F_i / \sum F_i) \cdot 100] / 3$$

$$F_i = r_i / R, \text{ avec,}$$

N_i : nombre d'individu de l'espèce i ; G_i : surface terrière de l'ensemble des individus de l'espèce i ; r_i : nombre de relevé dans lequel l'espèce i est présenté ; R : nombre de relevé total.

Enfin la distribution de Weibull est utilisée pour représenter les deux structures théoriques (diamètre et hauteur). Les individus sont repartis en classes de diamètre et de hauteur d'amplitude respectivement de 10 cm et 1 m.

Traitement et analyse des données

NDVI a été extrait à l'aide du logiciel Idrisi Selva 17.0. Cette extraction s'est faite en utilisant le canal du proche infrarouge, où la couverture végétale présente une forte réflectance. Le canal a également intégré le canal rouge, qui est caractérisé par la forte réflectance des surfaces minérales. Le résultat de cette opération est un « néo-canal » qui représente un gradient d'activité végétale. Ce gradient s'étend de la valeur -1 (absence d'activité chlorophyllienne due au sol nu) à la valeur +1 (forte activité chlorophyllienne due au couvert végétal maximal). L'analyse des nuances comprise entre ces deux extrêmes (-1 et +1) renseigne l'observateur sur la densité du couvert végétal (Bouiadjra *et al.*, 2011). L'utilisation de cet indice est très fréquente en raison de sa facilité de mise en œuvre et de sa forte corrélation avec la biomasse (Layelmam, 2015). Le traitement des images a été effectué sous le logiciel Idrisi Selva 17.0, et la mise en page cartographique a été faite dans ArcGIS 10.3.

Le traitement statistique des données d'inventaire a été réalisé à l'aide d'Excel 2013 et de XLstat® pour le classement des données numériques et l'élaboration des graphiques. Le logiciel R- 4.4.1® a été utilisé pour effectuer des tests statistiques spécifiques sur les paramètres dendrométriques des espèces étudiées (hauteur, densité et diamètre). Ces tests incluaient les tests de Turkey, de Shapiro-Wilk et de Levene, réalisés pour vérifier respectivement la comparaison des moyennes, la normalité et l'égalité des variances au sein des sites. Par ailleurs, le logiciel Minitab 19 a servi à la réalisation de la structure démographique des ligneux. Enfin, le logiciel QGIS a été employé pour la conception de la carte.

Résultats

Variation de l'indice de végétation normalisé entre 2007 et 2024

Le NDVI qui varie entre 0 et 1 (figure 3) correspond à un indicateur de présence de végétation dans les milieux. La distribution spatiale montre de fortes quantités de biomasse dans les endroits reboisés qui expriment l'état normal avec des valeurs comprises entre 0,11 et 0,46. Ces dernières sont associées à une forte activité chlorophyllienne. Le NDVI compris entre 0,07 et 0,13 indique une diminution de l'activité chlorophyllienne. Les ligneux présents dans ces milieux sont en état modéré ou de stress, ce qui indique une dégradation des conditions du milieu. Les valeurs comprises entre -0,09 et 0,02 obtenues dans les zones nues indiquent que ces dernières sont caractérisées par une absence d'activité chlorophyllienne qui exprime l'absence de végétation.

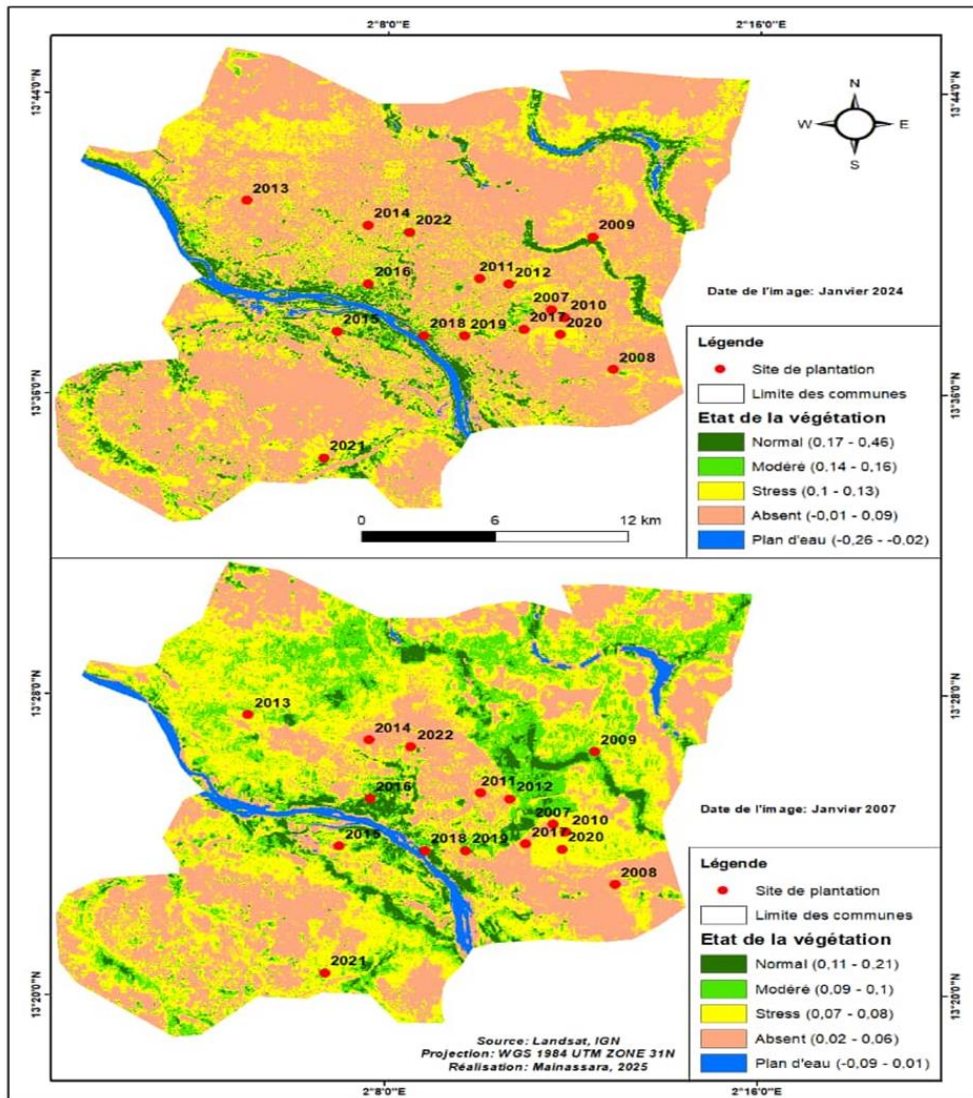


Figure 3 : Variation de l'indice de végétation normalisé entre 2007 et 2024 à Niamey

De 2007 à 2024, l'état normal de la végétation a légèrement progressé de 0,3 %, tandis que l'état de stress a diminué de 14,64 % (tableau 2). Parallèlement, la végétation en état modéré a progressé de manière significative, affichant une augmentation de 27,38 %. L'état d'absence de la végétation a également connu une diminution de 12,61 % des superficies non couvertes. Cette tendance positive résulte principalement des travaux de reboisement entrepris chaque année dans la ville, notamment lors de la FNA et d'autres circonstances. Cette tendance progressive indique un effort des autorités et populations civiles au cours des années.

Tableau 2 : Situation de la couverture végétale entre 2007 et 2024

Classes	2007		2024		2007 à 2024	
	Superficie (ha)	%	Superficie (ha)	%	Superficie (ha)	%
Normal	1374,48	2,47%	1205,91	2,17%	-168,57	-0,30%
Modéré	17985,42	32,32%	33223,68	59,70%	15238,26	27,38%
Stress	22950,54	41,24%	14800,95	26,59%	-8149,59	-14,64%
Absent	10209,96	18,35%	3192,03	5,74%	-7017,93	-12,61%

Caractérisation floristique et dendrométrie

Diversité floristique et similarité

La richesse floristique est considérée comme une caractéristique majeure d'un peuplement végétal, permettant d'apprécier sa diversité spécifique. Elle est apparue très variable selon les sites étudiés (tableau 3), aussi bien en termes d'espèces que de familles. Au total, la richesse spécifique pour l'ensemble des sites atteint 36 espèces, réparties en 31 genres et 18 familles. Il est à noter que le site de 2015 est le plus riche avec 24 espèces et 14 familles, alors que ceux de 2008, 2010 et 2011 ne comptent chacun qu'une (1) seule espèce.

L'indice de diversité de Shannon-Weaver a été estimé pour chaque site et affiche une valeur moyenne de 3,86 bits pour l'ensemble des sites étudiés. L'indice est plus élevé sur les sites de 2015 ($H' = 4,3$ bits) et de 2014 ($H' = 3,36$ bits), ce qui confirme leur plus grande richesse spécifique et leur nombre d'individus important. L'indice de régularité de Pielou présente une forte valeur globale de 0,74, traduisant une équipartition élevée de la diversité de la végétation des sites, à l'exception des sites de 2008, 2010 et 2011. L'indice de Simpson, qui pondère davantage les espèces abondantes, a révélé que les sites les plus diversifiés sont ceux de 2015 (0,05) et de 2012 (0,08), pour une valeur globale de 0,14. Quant à l'indice de Margalef, qui évalue la richesse spécifique en fonction de la taille de l'échantillon, indique une moyenne de 3,17 pour l'ensemble des sites. Cet indice révèle que les sites les plus diversifiés sont ceux de 2015 (3,3) et de 2018 (2,67) (tableau 3).

Tableau 3 : Diversité floristique par site

Sites	Richesse spécifique	Nombre de familles	Indice de diversité de Shannon	Indice de régularité de Pielou	Indice de Simpson	Indice de Margalef
2007	2	2	0,93	0,93	0,54	0,14
2008	1	1	0	0	1	0
2009	2	2	0,98	0,98	0,5	0,15
2010	1	1	0	0	1	0
2011	1	1	0	0	1	0
2012	12	9	2,99	0,83	0,08	1,64
2013	7	5	2,39	0,85	0,22	0,89
2014	11	8	3,36	0,97	0,1	1,12
2015	24	14	4,30	0,93	0,05	3,3

Sites	Richesse spécifique	Nombre de familles	Indice de diversité de Shannon	Indice de régularité de Pielou	Indice de Simpson	Indice de Margalef
2016	6	6	2,19	0,84	0,26	0,57
2017	3	3	1,01	0,64	0,14	0,38
2018	18	13	3,58	0,85	0,1	2,67
2019	15	10	3,09	0,79	0,16	1,87
2020	8	6	2,93	0,97	0,12	1,04
2021	2	2	0,91	0,91	0,51	0,27
2022	6	6	2,55	0,98	0,14	1,06

L'indice de similarité de Jaccard a été utilisé pour évaluer le degré de dépendance des peuplements ligneux entre les différents sites reboisés (tableaux 4 et 5). Cet indice exprime la ressemblance entre les sites en termes de présence ou d'absence d'espèces communes ou différentes. Le degré de similarité global est très faible, suggérant que les sites étudiés sont majoritairement dissemblables, tout au moins sur le plan floristique. Une exception notable concerne les sites de 2008, 2010 et 2011 qui présentent une similarité totale car ils partagent la même espèce (*Azadirachta indica*). Les similarités les plus fortes ont été observées entre les paires de sites 2007 – 2017 (66 %), 2018 – 2019 (57 %) et 2019 – 2020 (53 %). Cependant, entre la majorité des autres sites, l'indice de Jaccard est faible, voire nul.

Tableau 4 : Similarité de la composition des espèces entre les sites

Sites	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
2007	1							
2008	0,5	1						
2009	0,33	0	1					
2010	0,5	1	0	1				
2011	0,5	1	0	1	1			
2012	0,16	0,08	0,07	0,08	0,08	1		
2013	0,28	0,14	0,12	0,14	0,14	0,35	1	
2014	0,18	0,09	0,08	0,09	0,09	0,27	0,28	1
2015	0,08	0,04	0,08	0,04	0,04	0,24	0,1	0,2
2016	0,14	0,16	0	0,16	0,16	0,28	0,3	0,21
2017	0,66	0,33	0,25	0,33	0,33	0,15	0,42	0,16
2018	0,11	0,05	0,05	0,05	0,05	0,42	0,31	0,38
2019	0	0	0	0	0	0,17	0,15	0,23
2020	0	0	0	0	0	0,25	0,15	0,18
2021	0,33	0,5	0	0,5	0,5	0,07	0,12	0,08
2022	0,33	0,16	0,14	0,16	0,16	0,38	0,3	0,21

Tableau 5 : Similarité de la composition des espèces entre les sites (suite)

Sites	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
2015	1							
2016	0,15	1						
2017	0,12	0,28	1					
2018	0,31	0,2	0,1	1				
2019	0,25	0,1	0	0,57	1			
2020	0,1	0,16	0	0,44	0,53	1		
2021	0,04	0,14	0,25	0,05	0,06	0	1	
2022	0,15	0,2	0,28	0,2	0,16	0,16	0,33	1

Caractéristiques dendrométriques

Les paramètres dendrométriques étudiés présentent des variations entre les différents sites, mais les valeurs restent globalement faibles (tableau 6). La densité réelle moyenne des ligneux, calculée sur 14 sites (de regarnis et ceux de plantations en régie), est de $41,60 \pm 16,24$ individus/ha. Elle est maximale sur le site de 2019 (70,8 individus/ha) et minimale sur celui 2011 (19,47 individus/ha). Concernant les arbres d'alignement, la densité linéaire sur les deux boulevards (site de 2013 et 2016) est respectivement 3,68 pieds/100 m et 2,67 pieds/100 m. Le taux de recouvrement est le plus élevé sur les sites 2007 et 2008 (34,42 % et 31,64 %) et le plus faible sur ceux de 2021 et 2022 (0,27 % et 0,28 %). Cette disparité s'explique par la présence de grands ligneux aux larges houppiers sur les sites plus âgés, contrairement aux plus récents. La surface terrière moyenne est faible (5,59 m²/ha), mais elle varie fortement, de 16,01 m²/ha (sites de 2014) à 0,03 m²/ha (2021). Les valeurs de volume les plus grandes sont relevées sur les sites les plus anciens ou ceux présentant un nombre important d'individus. Le volume s'étend de 0,05 m³/ha (site de 2021) à 101,12 m³/ha (2008), indiquant sa dépendance à la densité et/ou à la circonférence des pieds. Enfin, la hauteur de Lorey varie également de manière significative ($F = 33.08$; $p < 0,0001$). Les fortes valeurs ($HL > 14$ m) sont observées sur les sites les plus anciens (2008, 2007 et 2010), tandis que les valeurs faibles se trouvent sur ceux les plus récents (2022, 2020 et 2021).

Tableau 6 : Paramètres dendrométriques des ligneux des sites d'étude

Sites	Densité réelle (individus/ha)	Densité linéaire (pieds/100m)	Couvert aérien (%)	Surface terrière (m ² /ha)	Volume (m ³ /ha)	Hauteur moyenne (m)
2007	41,6	-	34,42	10,83	101,09	16,4±2,1
2008	36,66	-	31,64	10,83	101,12	16,8±1,1
2009	22,62	-	16,15	5,24	40,19	12,1±4,5
2010	45,45	-	28,89	3,89	31,53	14,6±1
2011	19,47	-	20,62	5,46	40,52	13,4±1,6
2012	46,36	-	15,06	6,13	34,38	9,4 ± 2,5
2013	-	3,68	10,09	5,86	33,78	9,9± 2,58
2014	60,12	-	14,80	16,01	92,95	8,5± 5,37

Sites	Densité réelle (individus/ha)	Densité linéaire (pieds/100m)	Couvert aérien (%)	Surface terrière (m ² /ha)	Volume (m ³ /ha)	Hauteur moyenne (m)
2015	54,11	-	10,86	4,08	19,15	7,3± 2,39
2016	-	2,67	7,64	15,25	68,32	7 ± 2,4
2017	25,33	-	5,34	1,24	5,37	7,5 ± 0,8
2018	68,33	-	3,25	0,88	1,67	3,5± 1,26
2019	70,8	-	5,25	2,52	3,08	3 ± 1,17
2020	53,68	-	1,84	1,14	1,47	2,8± 0,72
2021	24	-	0,27	0,03	0,05	3,3± 0,29
2022	30,95	-	0,28	0,06	0,08	2,4± 0,58

Caractéristiques écologiques

L'IVI est utilisé pour exprimer l'importance écologique relative de chaque espèce ligneuse au niveau de chaque site donné (tableau 7). Cet indice combine des paramètres structuraux et des données floristiques pour évaluer la dominance et l'importance structurelle des espèces au sein d'un écosystème. De plus, il est essentiel pour l'analyse de la composition floristique, aidant à décrire la structure et l'organisation des communautés végétales.

L'espèce qui détient la plus haute valeur d'importance écologique sur tous les sites étudiés est *Azadirachta indica* avec une valeur de 38,28 %. Elle est suivie par d'autres espèces significatives mais nettement moins dominantes, notamment *Cassia siamea* (5,03 %), *Mangifera indica* (3,93 %), *Adansonia digitata* (3,9 %) et *Ficus platyphylla* (3,84 %).

Tableau 7 : Espèces écologiquement importantes par site

Sites	Espèces	DoR (en %)	DR (en %)	FR (en %)	IVI (%)
2007	<i>Azadirachta indica</i> A. Juss	77,92	65,75	60	67,89
	Autres	22,08	34,25	50	32,11
2008	<i>Azadirachta indica</i> A. Juss	100	100	100	100
	Autres	0	0	0	0
2009	<i>Azadirachta indica</i> A. Juss	76,31	56,48	71,42	68,07
	Autres	24,69	43,52	28,53	31,93
2010	<i>Azadirachta indica</i> A. Juss	100	100	100	100
	Autres	0	0	0	0
2011	<i>Azadirachta indica</i> A. Juss	100	100	100	100
	Autres	0	0	0	0
2012	<i>Azadirachta indica</i> A. Juss	39,08	28,43	40	35,84
	Autres	60,92	71,57	60	64,16
2014	<i>Citrus limon</i> (L.) Burn.f.	3,65	15,59	17,65	12,30
	Autres	96,35	84,41	82,35	87,70
2015	<i>Eucalyptus camaldulensis</i> Dehnh.	23,65	15,2	20	19,62
	Autres	76,35	84,8	80	80,32
2017	<i>Kigelia africana</i> (Lam.) Benth	38,87	44,74	33,33	38,98
	Autres	61,13	55,26	66,66	61,02
2018	<i>Mangifera indica</i> L.	18,5	19,37	33,33	35,6
	Autres	81,5	80,62	66,33	64,4

2019	<i>Mangifera indica</i> L.	17,73	30,51	33,33	27,19
	Autres	82,27	69,49	66,66	72,81
2020	<i>Mangifera indica</i> L.	13,85	18,18	25	19,01
	Autres	86,15	81,82	75	80,99

Structure de la végétation ligneuse des sites

La structure de la végétation ligneuse se définit par l'arrangement spatial, à la fois vertical et horizontal des individus. Elle est généralement caractérisée par l'étude de la distribution des ligneux en classes de diamètre et de hauteur.

Distribution selon le diamètre

L'analyse de la distribution des individus ligneux par classe de diamètre (figure 4) montre une variation significative du paramètre de forme « c » de Weibull selon les sites étudiés. Ce coefficient, dont les valeurs varient de 1,04 à 3,44, révèle une asymétrie positive dans la distribution. Cette asymétrie est directement liée à la prédominance d'individus jeunes et de faible diamètre au sein de ces peuplements. Les sites plus anciens (2007 à 2016) présente une structure en « J renversé », caractérisée par une dominance des jeunes dont le diamètre est compris entre 20 et 40 cm. Les sites plus récents (2017 à 2022) présentent des structures diamétrales similaires, prenant la forme de « L » ou de « J inversé », ce qui confirme également une forte proportion de jeunes individus.

Distribution selon la hauteur

L'analyse de la structure verticale des peuplements a été effectuée en regroupant les individus ligneux par classes de hauteur. Bien que la distribution des hauteurs s'ajuste à un modèle de Weibull asymétrique positive, la structure observée n'est globalement pas naturelle et ne correspond pas à la distribution théorique attendue. Pour les sites plus anciens (2007 à 2011), la population était dominée par des individus de grande taille, dont une forte concentration se situait entre 14 et 16 m. À l'inverse, les sites plus récents (2020 à 2022) montrent une prédominance d'individus de petite taille, la majorité étant concentrée dans la classe de 2 à 3 m de hauteur. Les autres sites (couvrant la période de 2012 à 2019) affichent quant à eux une répartition plus homogène, comprenant des individus de presque toutes les classes de hauteurs.

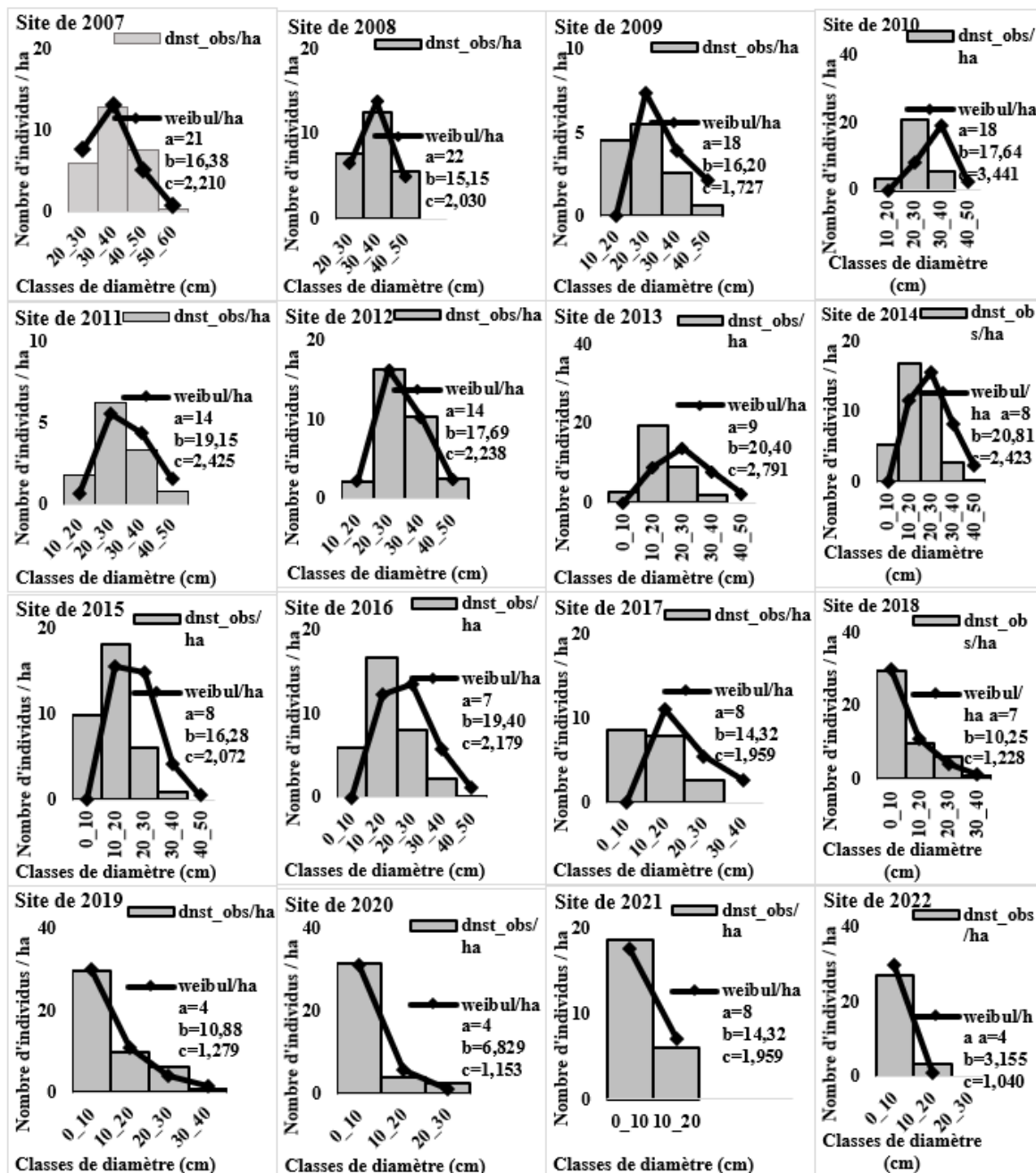


Figure 4 : Distribution des ligneux sur les sites selon les classes de diamètre

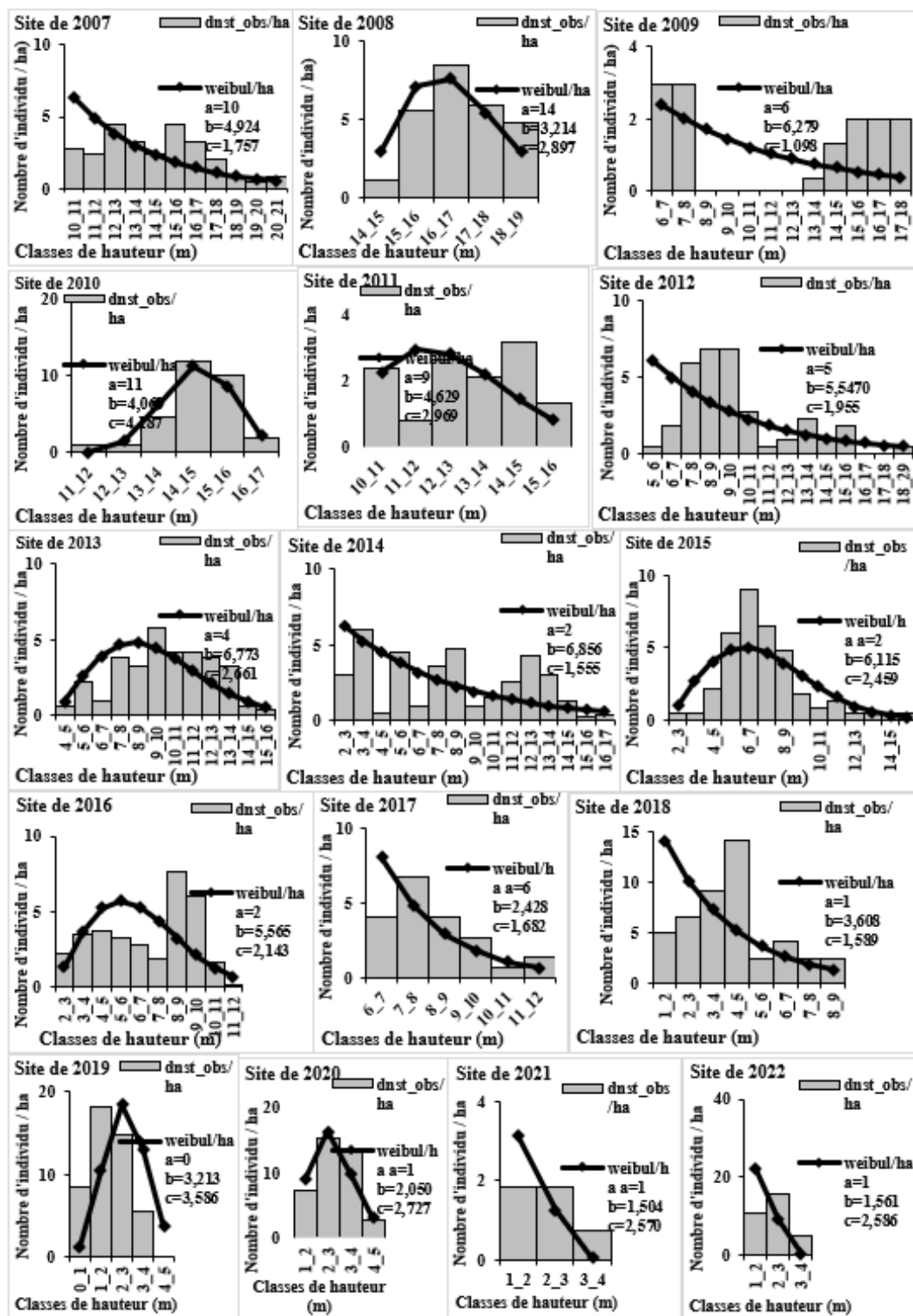


Figure 5 : Distribution des ligneux sur les sites selon les classes de hauteur

Discussion

Cartographie de la biomasse végétale de la ville

Pour cette étude, l'utilisation de la télédétection est complémentaire aux inventaires de terrain, en raison de la répartition inégale des sites. Le système d'utilisation des images satellites est employé pour le suivi rigoureux des ligneux et l'évaluation des sites reboisés. Ce qui aide à identifier où et quand un regarnissage est nécessaire et permet de déterminer les échecs à corriger. Enfin, il est facile la gestion de la composition des peuplements à l'échelle de la ville. Le NDVI a été utilisé dans cette étude, notamment en l'absence d'indicateur de suivi préétabli. Cet indice a permis de constater la tendance évolutive d'occupation du sol dans le temps. Le choix des images Landsat dans cette étude s'explique par leur haute résolution spatiale, qui augmente la précision des estimations de la biomasse (Loubota Panzou et *al.*, 2016).

Les résultats obtenus montrent que les espaces urbains connaissent une variation temporelle. Cette variation est notamment une transformation des surfaces nues en surfaces couvertes par la végétation. Cette transformation est de l'ordre de 12,61 %. Elle est certainement liée aux interventions humaines, notamment au reboisement de plusieurs espèces. Ce reboisement a eu lieu dans le cadre de la FNA (célébrée chaque 3 août) et d'autres plantations individuelles. Ce chiffre (12,61 %) indique un signe positif pour rendre la ville plus verte et durable. Ces reboisements anthropiques augmentent la biomasse (Lindsellet *al.*, 2013). La dynamique d'occupation du sol dans les villes dénote d'une prise de conscience. Cette dernière concerne les autorités et de la population. Elle porte sur l'importance du suivi des arbres plantés. Ce suivi est crucial car les arbres contribuent à plusieurs services écosystémiques. Cette conclusion est la même que celle tirée par Osseni et *al.* (2014) dans la ville de Porto-Novo (Bénin). Ils ont également évoqué que les facteurs anthropiques sont en cause. Ces facteurs entraînent la variation de la biomasse dans le temps. Les valeurs de la biomasse sont très faibles ou nulles dans certains secteurs de la ville de Niamey. Ces zones correspondent aux endroits occupés par des infrastructures de toutes sortes. Les variations spatiales de la biomasse végétale sont expliquées par des différences structurales liées à des perturbations anthropiques et/ou des gradients édaphiques et altitudinaux (Loubota Panzou et *al.*, 2016). Cela autorise Gourlet-Fleury et *al.* (2011) à affirmer que l'interaction de plusieurs facteurs explique les différences spatiales de la biomasse aérienne. Ces facteurs comprennent la composition floristique, la structure forestière et les facteurs de l'environnement. Ce point de vue rejoint celui de Toko (2008) qui affirme aussi que la variation spatiale de la biomasse est liée aux conditions édaphiques. On remarque une dominance de la végétation en état modéré par rapport à celle en état

normal et dégradé (stress). Cette situation diffère de celle décrite par Osseni (2014) dans la ville de Porto-novo. Cet auteur affirmait que les superficies des classes de végétation en état dégradé (stress) dominaient celles en état modéré et normal. Cette différence s'explique par le fait que son étude portait sur des plantations d'alignement non sécurisées. Or, la moitié de nos sites d'étude sont des parcs et des établissements publics qui bénéficient d'une sécurité bien supérieure. Selon Pettorelli et *al.* (2005), l'utilisation de l'indice de végétation (dérivé de la télédétection) pourrait constituer une information de base précieuse pour suivre l'évolutive de l'occupation du sol.

Composition, diversité floristique et similarité

Les ligneux inventoriés sur les 16 sites étudiés comprenaient 36 espèces (31 genres, et 18 familles botanique). Cette richesse floristique est inférieure à celle rapportée par d'autres études menées sur la végétation de la ville de Niamey (Moussa et *al.*, 2019 ; Bagnian et *al.*, 2021). Cette faible valeur s'explique par le fait que notre étude s'est limitée aux sites spécifiques de la FNA. Cela a favorisé un nombre restreint d'espèces forestières et fruitières à croissance rapide tels que *Azadirachta indica*, *Cassia siamea*, *Kigelia africana*, *Mangifera indica*, etc., limitant ainsi la diversité végétale. La faible richesse floristique observée dans les plantations anthropiques urbaines a déjà été documentée. Elle a notamment été signalée par El-Lakany (2001) ; Bekkouch et *al.* (2011) et Dardour et *al.* (2013). Ces derniers ont fait ce même constat dans les villes respectives de Bija au Portugal, d'Oujda et Saïdia au Maroc, et du Caire en Egypte. Le choix de ces espèces peut s'expliquer par plusieurs facteurs. D'une part, elles sont choisies pour leur adaptation aux conditions pédoclimatiques de la ville et/ou pour des raisons paysagères (Dardour et *al.*, 2013). Et d'autre part, leur sélection est motivée par la rapidité de leur croissance (Gnagne et *al.*, 2019). C'est d'ailleurs ce taux d'ombrage qui pourrait expliquer la forte proportion de l'espèce *Azadirachta indica*. Cet arbre est sempervirent, lui permettant de procurer de l'ombrage en toute saison (Leblanc & Malaisse, 1978). De plus, cette espèce est reconnue pour sa forte valeur médicinale (Soumaila et *al.*, 2017). Néanmoins, les sites de 2008, 2010 et 2011 font exception car seule l'espèce *Azadirachta indica* y a été plantée. Sur tous les autres sites, on compte un minimum de deux espèces en association. Cette même remarque a été faite par Justin et *al.* (2018) sur les arbres en alignement de voies de la commune de Daloa (Côte d'Ivoire).

En termes de diversité spécifique, l'indice de Shannon moyen est de 3,86 bits pour tous les sites. Par rapport à la régularité de la distribution des espèces dans ces sites, l'équitabilité de Pielou moyenne est de 0,74. Concernant l'indice de Simpson moyen, sa valeur est de 0,14 tandis que

celle de l'indice de Margalef est de 3,17. Ces valeurs moyennes montrent que les sites de la FNA de Niamey ont une grande diversité d'espèces ligneuses. Cela pourrait s'expliquer par le fait que ces indices prennent en compte l'abondance des espèces étudiées (Felfili *et al.*, 2004). Ces résultats rejoignent ceux de Moussa (2019) dans la même ville.

Les résultats montrent aussi une similarité floristique moyennement faible entre les sites, ce qui indique une hétérogénéité de la composition floristique entre tous les sites. Les valeurs moyennement faibles de cet indice traduisent une différence dans la réponse adaptative des espèces de chaque site comme rapporté par Ndong *et al.* (2015).

Caractéristiques dendrométriques des ligneux

Les densités réelles varient de 70,8 pieds/ha (site de 2019) à 19,47 pieds/ha (site de 2011). De manière générale, on constate que le nombre moyen des ligneux à l'hectare qui est de 41,6 pieds est relativement faible. Cette valeur (41,6 pieds/ha) est largement inférieure à celle trouvée par Moussa *et al.* (2019) dans la même ville et qui est de 81,3 pieds/ha. La différence s'explique dans la prise en compte de toute la végétation de la ville. L'inégalité des valeurs de densité observée sur les différents sites pourrait être liée aux caractéristiques écologiques des milieux (Madjimbe *et al.*, 2021). Par ailleurs, la densité des peuplements boisés des zones urbaines est en étroite corrélation avec les interventions humaines (Bekkouch *et al.*, 2011). Les fortes densités des individus des espèces recensées sur certains sites, trouvent leur explication dans les travaux de reboisement (SODEFOR, 1999). On remarque que la densité linéaire sur les deux boulevards (site de 2013 et 2016) diminue au fur et à mesure qu'on évolue de la périphérie à l'entrée. Mais en moyenne on note que trois pieds d'arbres sont retrouvés à tous les 100 mètres de rue. Cette valeur reste nettement inférieure à celle de Porto-novo (Bénin) où Osseni (2011) a trouvé sept (7) pieds d'arbre sur les plantations de l'axe du boulevard extérieur. Cette différence pourrait s'expliquer par le fait que la ville de Niamey n'est pas dans la même région bioclimatique que Porto-novo. Le couvert aérien présente une variabilité significative entre les différents sites étudiés. Cependant, en moyenne, il est noté qu'environ 13,90 % de la surface totale de ces sites reçoit l'ombrage des ligneux présents. Cette valeur reste supérieure à la norme de 10 % retenue pour les pays en voie de développement. Cette norme a été établie par la FAO (2005) et est citée par Osseni (2011). Pherson *et al.* (2002) ont précisé que dans certaines villes de l'État de la Californie (Etats-Unis), une mesure a été imposée par décret. Ce dernier exige que 50 % des aires pavées soient ombragées à l'aide d'arbres afin de diminuer la température ambiante de l'air. Cette norme est nettement supérieure à celle proposée par la FAO. De ce fait, elle serait

difficile à atteindre dans les villes sahéliennes, et particulièrement à Niamey où des contraintes d'espace se posent. La présence des espaces verts en milieu urbain permet aux citoyens de bénéficier d'aires ombragées propices au repos et à l'observation des passants. Ces lieux offrent également la possibilité d'exercer de petits métiers ou d'établir de petits commerces. Ces aspects ont été également évoqués par Barbosa et *al.* (2007). Selon lui, le nombre, la répartition et la facilité d'accès aux espaces verts sont des éléments clés pour leurs fonctions écologiques et sociales en milieu urbain.

La surface terrière des ligneux enregistrée au cours de cette étude indique que celle-ci varie selon les sites. En effet, elle est plus élevée dans le site de 2014 (16,01 m²/ha) que dans les autres. Cet état de fait serait dû, d'une part, au plus grand nombre d'individus présents sur ce site. D'autre part, il s'expliquerait par l'abondance des arbres à grands troncs (*Azadirachta indica*, *Sclerocarya birrea*, et *Adansonia digitata*). La variation observée dans la structure et les caractéristiques dendrométriques est un facteur clé. Elle permet d'expliquer l'écart des densités des ligneux et de leurs surfaces terrières mesurées entre les différents sites reboisés (Guihini et *al.*, 2021). Plusieurs autres facteurs jouent également un rôle crucial dans l'accroissement de la surface terrière. Il s'agit notamment de la répartition des précipitations et de la teneur en eau du sol (Baggnian et *al.*, 2019). Le volume de bois sur pieds est très variable d'un site à l'autre. Les sites les plus anciens (2008 et 2007) présentent les volumes les plus élevés, atteignant respectivement 101,12 m³/ha et 101,09 m³/ha, car ils hébergent une population d'arbres âgés. Inversement, les volumes les plus faibles sont notés dans les sites récents (2022 et 2021). Ces derniers affichent des valeurs beaucoup plus basses, soit 0,08 m³/ha et 0,05 m³/ha respectivement. En définitive, la valeur du volume de bois dépend principalement de l'âge et surtout de la circonférence des pieds (Roberts-Pichette et Gillespie, 2002). La hauteur de Lorey moyenne dans les sites présente une grande variation, allant de $2,38 \pm 0,58$ (site de 2022) à $16,83 \pm 1,1$ m (site de 2008). Cette variabilité suggère que les sites possèdent un potentiel ligneux significatif, ce qui contribue à leur stabilité et offre une possibilité de conservation durable (Ngom et *al.*, 2013).

Caractéristiques écologiques

Globalement sur les sites étudiés, trois espèces se dégagent de par leur importance écologique. Il s'agit de : *Azadirachta indica* (38,28 %), *Cassia siamea* (5,03 %), *Mangifera indica* (3,93 %). L'importance d'*Azadirachta indica* s'explique par son adaptabilité aux conditions climatiques dures (Raj et *al.*, 2013) comme le Sahel et son usage multiple comme ombrage. Le choix des espèces ligneuses reboisées repose, d'une

part, sur le respect des souhaits de la population riveraine concernant des usages tels que l'alimentation, la médecine traditionnelle ou l'ombrage. Cette approche est fondamentale pour obtenir une plus grande adhésion des populations, ce qui est crucial pour le suivi et l'entretien durable des plantations. D'autre part, ces espèces doivent impérativement répondre aux conditions morphopédologiques du milieu (Sinsin et *al.*, 2000). Ceci est nécessaire afin de garantir simultanément les besoins d'harmonisation, d'esthétique et de protection de l'environnement.

Etat et dynamique des sites

L'analyse des classes de diamètre sur les sites reboisés de la ville de Niamey révèle deux types de distributions. Les sites les plus anciens (2007 à 2016) présentent une allure en « J renversé ». Inversement, les sites plus récents (2017 à 2022) affichent une forme en « L » ou « J inversé ». Dans l'ensemble, les paramètres de forme « c » de la distribution de Weibull sont compris entre 1 et 3,6 indiquant une forte prédominance des individus jeunes et de faible diamètre. Ces formes s'expliquent par la constance des efforts de reboisement, notamment la mise en terre de nouveaux plants, ainsi que le regarni ou l'enrichissement du potentiel existant. Cette dynamique de renouvellement des populations végétales est un indicateur fort de la stabilité du milieu. Ce constat a été fait par Bagnian et *al.* (2021) sur la biodiversité des espèces ligneuses du parc forestier de la Faculté d'Agronomie de l'Université Abdou Moumouni de Niamey. Les structures en classes de hauteurs de la plupart des sites ne s'ajustent pas parfaitement aux distributions théoriques de Weibull. Ce manque d'ajustement est le signe que ces peuplements ligneux sont dégradés, en raison des pressions anthropiques exercées par les citoyens, combinées à des conditions climatiques difficiles. Cette conclusion est la même que celle tirée par Ali et *al.* (2018) sur les peuplements ligneux des pâturages naturels de la région de Maradi au Niger.

Conclusion

L'évolution du peuplement ligneux des plantations de la FNA diffère selon le site. L'étude a permis d'évaluer la variabilité spatio-temporelle à Niamey entre 2007 et 2024 en utilisant le NDVI. Elle a également conduit à une meilleure connaissance de la composition floristique et des caractéristiques structurales des peuplements ligneux sur les sites de la FNA. La cartographie à travers l'imagerie satellitaire a permis d'élaborer des cartes afin de voir la dynamique du couvert végétal de la ville. Les résultats montrent une composition spécifique riche de 36 espèces ligneuses, réparties en 31 genres et 18 familles. La structure de peuplement met en évidence la prédominance d'individus moyennement jeunes pour

toutes les classes de hauteur et de diamètre, sur l'ensemble des sites. Ces derniers sont caractérisés par des densités faibles, et présentent des taux de recouvrement et des diversités spécifiques variables. Du point de vue de l'importance écologique, cinq espèces se distinguent particulièrement. Ces espèces sont l'*Azadirachta indica* (38,28 %), le *Cassia siamea* (5,03 %), le *Mangifera indica* (3,93 %), l'*Adansonia digitata* (3,9 %) et le *Ficus platyphylla* (3,84 %).

Remerciements

Nous tenons à exprimer notre vive gratitude et notre profonde reconnaissance au Colonel Hassan DJIBO, ancien Directeur Régional de l'environnement de Niamey, pour son soutien constant et précieux lors de la phase cruciale de la collecte des données sur le terrain. Nous tenons à exprimer aussi notre sincère gratitude aux relecteurs dont les précieuses contributions ont grandement contribué à l'amélioration de ce manuscrit.

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

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

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

References:

1. Abib G.S., Ousséni A., Ismaïla T.I., Joseph O. & Omer T. (2017). Cartographie de la variabilité spatio-temporelle de la biomasse végétale dans la commune de Banikoara au Bénin. *Revue de Géographie Tropicale et d'Environnement*, n°2, 2017.
2. Ali A., Issa C., Saley K., Idrissa S., Ali M. & Mahamane S. (2018). Flore et structure des peuplements ligneux des pâturages naturels de la région de Maradi, Niger. *Revue Afrique SCIENCE*, 14(5) (2018) 171 – 189. ISSN 1813-548X, <http://www.afriquescience.net>.
3. Aronson M.F.J., Lasorte F.A., Nilon C.H.H., Katti M., Goddard M.A., Lepczyk C.H.A., Warren P.S., Williams N.S.G., Cilliers S., Clarkson B., Dobbs C., Dolan R., Hedblom M., Klotz S., Kooijmans J.L., Kühn I., Gregor-fors I.M., McDonnell, Mörberg U., Pysek P., Siebert S., Sushinsky J., Werner P. & Winter M. (2014). A global analysis of the impacts of urbanization on bird and plant diversity reveals key anthropogenic drivers ». *Proceedings of the Royal Society, B : Biological Sciences*, 281 (1780), doi : <http://dx.doi.org/10.1098/rspb/2013.3330>.

4. Arnould P., Le Lay Y.F., Dodane C. & Méliani I. (2011). La nature en ville : l'improbable biodiversité. *Géographie, économie et société*, 13(1), 45-68 pp.
5. Bagnian I., Yameogo J., Abdou L., Adam T. & Mahamane A. (2019). Caractéristiques écologiques du peuplement ligneux issu de la régénération naturelle assistée (RNA) dans les régions de Maradi et Zinder, Niger. *Journal of Animal & Plant Sciences (J.Anim.Plant Sci.)*, 2019. Vol.39, Issue 2: 6454-6467 : <http://www.m.elewa.org/JAPS> ; ISSN 2071-7024
6. Bagnian I. & Bako O.Y. (2021). Biodiversité des espèces ligneuses du parc forestier de la Faculté d'Agronomie de l'Université Abdou Moumouni de Niamey, Niger. *EWASH & TI Journal, 2021 Volume 5 Issue 3*, Page 665-677 Environmental and Water Sciences, Public Health & Territorial Intelligence Env.Wat. Sci. pub. H. Ter. Int. J. : <https://www.researchgate.net/publication/364129228>
7. Barbosa O. & Tratalos J.A. (2007). Who benefits from access to green space ? A case study from Sheffield, UK. *Landscape and urban planning*, vol. 83 : 187- 195.
8. Bekkouch I., Kouddanea N., Darouia E., Boukroutea A. & Berrichi A. (2011). Inventaire des arbres d'alignement de la ville d'Oujda. *Nature et Technologie*, n° 5 : 87 - 91.
9. Bouiadjra S.E.B., El Zerey W. & Benabdeli K. (2011). Etude diachronique des changements du couvert végétal dans un écosystème montagneux par télédétection spatiale : cas des monts du Tessala (Algérie occidentale). *Géographie Physique et Environnement*, vol 5, pp 211-225.
10. Buisseres G., Brochu P., Coupal M.J., Fradette J., Francoeur P., Larivière J., Paquet B., Rey-Lescure E., Robert M.C., Rocray P.E & Sommelier C. (2009). « *Foresterie urbaine* » In *Ordre des Ingénieurs Forestiers du Québec* (éd). Manuel de foresterie. 2è édition. Ouvrage collectif. Edition multimondes, Québec, pp 721-769.
11. Dagnelie P. (2012). *Statistique Théorique et Appliquée* (vol. 2). De Boeck et Larcier : Belgique.
12. Dardour M., Daroui E.A., Boukroute A., Kouddane N.E. & Abdelbasset B. (2013). Inventaire et état sanitaire des arbres d'alignement de la ville de Saïdia (Maroc oriental), *Nature & Technologie* 10 : 02-09.
13. El-Lakany M.H. (2001). *La foresterie urbaine et périurbaine au Proche Orient*. Une étude de cas sur le Caire. Archives documents de la FAO. La foresterie urbaine et périurbaine, 5pp.

14. Felfili J.M., Silva J.M.C., Sevilha A.C., Fagg C.W., Walter B.M.T., Nogueira P.E. & Rezende A.V. (2004). Diversity floristic and structural patterns of cerrado vegetation in Central Brazil. *Plant Ecology*, 175 : 37- 46.
15. Félix Z.C.S., Tougiani A. & Moussa M. (2019). Diversité et structure des peuplements ligneux issus de la Régénération Naturelle Assistée (RNA) suivant un gradient Agro-écologique au centre sud du Niger. *J. Agric. Vet. Sci*, 12(1), 52-62.
16. Fousseni F., Hodabalo P., Wouyo A. & Akpagana K. (2019). Foresterie urbaine et potentiel de séquestration du carbone atmosphérique dans la zone urbaine et péri-urbaine de Kpalime (Togo). *Rev. Sc. Env. Univ.*, Lomé (Togo), 2017, n°14, vol. 1 ISSN 1812-1403. : <https://www.researchgate.net/publication/321824844>
17. Ganaba S. (2008). *Caractérisation, utilisations, tests de restauration et gestion de la végétation ligneuse au Sahel, Burkina Faso*. Thèse de Doctorat d'Etat ès Sciences Naturelles, Université Cheikh Anta Diop, Dakar, Sénégal, 316 p.
18. Gurllet-fleury S. (2011). Environmental filtering of dense-wooded species controls above-ground biomass stored in African moist forests, in *J. Ecol.*, vol. 99, pp. 981-990.
19. Guihini M.A., Minda M.S., Aly D., Mbaikoubou M. & Aliou G. (2021). Composition floristique et structure des peuplements ligneux de deux sites du tracé de la grande muraille verte du Tchad. *Journal of Animal & Plant Sciences.*, Vol.49 (1): 8774-8784. <https://doi.org/10.35759/JAnmPlSci.v49-1.2>
20. INS (2024). Annuaire Statistique Regional 2018 - 2022. Niamey.
21. Jack-Scott E., Piana M., Troxel B., Murphy-Dunning C. & Ashton M.S. (2013). Stewardships success: How community group dynamics affect urban street trees survival and growth. *Arboriculture and urban forestry*, 39 (4) : 189-196 pp.
22. Justin K.K., Henri K.K. & Hervé R.K. (2018). Evaluation de la diversité floristique et estimation du taux de séquestration de carbone des arbres en alignement de voies de la commune de Daloa (Côte d'Ivoire). *J. Biol. Chem. Sci.* 12(4): 1876-1886.
23. Krebs J.C. (1999). *Ecological Methodology*. Addison-Wesley Educational Publishers In Corporation. New York, USA.
24. Labat J.N. (1995). *Végétation du nord-ouest du Michoacan Mexique*. Instituto de Ecologia A. C., 401p.
25. Layelmam M. (2015). Calcul des indicateurs de sécheresse à partir des images NOAA/AVHRR. [Rapport de recherche] IAV ; CRTS ; CRASTE-LF. <hal-00915461>, 37 p.

26. Leblanc M. & Malaisse F. (1978). *Lubumbashi, un écosystème urbain tropical*, Centre International de Semiologie, Université National du Zaïre. 178 pp.
27. Lindsellet J.A. & Klop E. (2013). Spatial and temporal variation of carbon stocks in a lowland tropical forest in West Africa, in *For. Ecol. Manage.*, vol. 289, pp. 10-17.
28. Long G. (1974). *Diagnostic phytoécologique et aménagement du territoire. I : Principes généraux et méthodes*. Masson, Paris.
29. Loubota Panzou J.G., Doucet J.L., Loumeto J.J., Biwolé A., Bauwens S. & Fayolle A. (2016). Biomasse et stocks de carbone des forêts tropicales africaines (synthèse bibliographique), in *Biotechnol. Agron. Soc. Environ*, vol. 20, n°4, PP. 508-522.
30. Madjimbe G., Goy S., Touroumgaye G., Esaïe W. & Jonathan P. (2021). Dynamique des peuplements ligneux dans le Parc National de Manda, au sud du Tchad. *Journal of Animal & Plant Sciences.*, Vol.42 (1): 7139-7152. <https://doi.org/10.35759/JAnmPLSci.v42-1.5>
31. Mainassara A.R.A. (2019). *Foresterie Urbaine de Maradi (Niger)*, Mémoire de Master en Gestion des ressources naturelles, Université Catholique de l'Afrique de l'Ouest, Unité universitaire de Cotonou (Bénin), 73 p.
32. Magurran A.E. (2004). *Measuring biological diversity*. Blackwell Publishing, Malden, Oxford and Victoria. 256 p.
33. Ministère de l'Environnement du Niger (2010). *Foresterie Urbaine*, version revue Niger. Niamey, 12 p.
34. Moussa S., Kyereh B., Kuyah S., Tougiani A. & Saadou M. (2019). Composition Floristique et Structure des Forêts Urbaines des Villes Sahéliennes : Cas de Niamey et Maradi, Niger. *Science de la vie, de la terre et agronomie. REV. RAMRES - VOL.07 NUM.00. 2019 ** ISSN 2424-7235*.
35. Ndong A.T., Ndiaye O., Sagna M.B., Diallo A., Galop D. & Guisse A. (2015). Caractérisation de la végétation ligneuse sahélienne du Sénégal : Cas du Ferlo. *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, 9(6) : 2582-2594. DOI: <http://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v9i6.6>.
36. Ngom D., Fall T., Sarr O., Diatta S. & Akpo L.E. (2013). Caractéristiques écologiques du peuplement ligneux de la réserve de biosphère du Ferlo (Nord Sénégal). *Journal of Applied Biosciences*, 65 : 5008 – 5023.
37. Nowak D.J., Hoehn R.E., Bodine A.R., Greenfield E.J. & Neil- dunne J.O. 2016b. Urban forest structure, ecosystem services and change in Syracuse, NY. *Urban Ecosyst.* 19, 1455–1477. <https://doi.org/10.1007/s11252-013-0326-z>

38. Osseni A.A. (2011). *Diversité et viabilité des plantations urbaines dans la ville de Porto-Novo, Bénin*. DEA en Géosciences de l'Environnement et Aménagement du Territoire, Université d'Abomey-Calavi, 86 p.
39. Osseni A.A., Brice S. & Toko I. (2014). Analyse des contraintes de viabilité de la végétation urbaine : cas des arbres d'alignement dans la ville de Porto-Novo au Bénin. *European Scientific Journal*, (10)32.
40. Pettorelli N., Vik J.O., Mysterud A., Gaillard J.M, Tucker C.J. & Stenseth N.C. (2005). Using the satellite derived NDVI to assess ecological responses to environmental change. *Trends Ecol Evol* 20, pp : 503 - 510.
41. Pherson G., simpson J. & Scott k. (2002). Actualizing microclimate and air quality benefits with parking lots shade ordinances. *Arboriculture and Urban*, n°01383 :14-16.
42. Pielou E.C. (1966). Species diversity and pattern diversity in the study of ecological succession. *J Theor Biol*, 10 : 370-383.
43. Raj A., Agriculture C., & Sahu K.P. (2013). Neem- A Tree for Solving Global Problem Manoj Kumar Jhariya. *Indian J. Appl. Res.* 3, 1–3.
44. Ramade F. (1990). *Eléments d'écologie. Ecologie fondamentale* ; Mc Graw-Hill, Paris 403 p.
45. Roberts-Pichette P., & Gillespie L. (2002). *Protocoles de suivi de la biodiversité végétale terrestre*. Collection des publications hors-série du RESE, rapport 9. Centre canadien des eaux intérieures, Ontario, Canada, 138 p.
46. Shannon C.E. (1948). A mathematical theory of communication. *Bell System Technical Journal* 379-423 p.
47. Sinsin B. & Oumorou M. (2000). Etude de la diversité spécifique du groupement à cochlospermum, tinctorium A. Richesse des savanes arbustives du Nord Bénin. *Acta Bot. Gallica*, (147-4) : 345-360 pp.
48. SODEFOR (1999). *Plan d'aménagement de la forêt classée de Yapo et Abbé* : 1999 - 2023, SODEFOR, Edition, 141 p.
49. Soumaila M., Barmo S., Boube M., Karim S., Hassane B.I., Ali M., Kalid I. & Mahamane S. (2017). Inventaire et gestion des plantes médicinales dans quatre localités du Niger. *European Scientific Journal*, (13)24.
50. Symeonakis E. & Drake N. (2004). Monitoring desertification and land degradation over sub-Saharan Africa, in *International Journal of Remote Sensing*, vol. 25, pp. 573-592.
51. Thiombiano A.R., Glele-Kakai P., Bayen J.I.B.A. & Mahamane A. (2016). Méthodes de collecte et d'analyse des données de terrain pour l'évaluation et le suivi de la végétation en Afrique. *Annales des*

- sciences agronomiques*, Faculté des Sciences Agronomiques, Université d'Abomey-Calavi.
52. Toko I. (2008). *Etude de la variabilité spatiale de la biomasse herbacée, de la phénologie et de la structure de la végétation le long des toposéquences du bassin supérieur du fleuve Ouémé au Bénin*. Thèse de Doctorat, Université d'Abomey-Calavi, Bénin, 241 p.
53. Traoré M., Belo H., Barry O., Tamani S. & Ouattara T.G. (2012). Community soil resources management for Sub-Saharan West Africa: case study of the Gourma région in Burkina Faso. *Journal of Agricultural Science and Technology*, 2: 24- 39.
54. Zerbo I., Bernhardt R.M., Ouédraogo O., Hahn K. & Thiombiano A. (2016). Effects of climate and land use on herbaceous species richness and vegetation composition in west african savanna ecosystems. *Journal of botany*, 1-11. <https://doi.org/10.1155/2016/9523685>.

Effects of Two Palms (*Borassus aethiopum* Mart and *Hyphaene thebaica* (L.) Mart) on Soil Physicochemical Properties in the Agroforestry Parklands of Gaya, Niger

Abdoulaye Garba Seyni, Engineer, Doctoral student

Dr. Hama Oumarou, MC

Faculty of Agricultural Sciences,
Djibo Hamani University of Tahoua, Niger

Pr. Vidal Barron

Edaphology Laboratory, Department of Agronomy, University of Córdoba,
Celestino Mutis Bulding, Campus of Rabanales, Spain

Dr. Hamissou Amadou Mounkaïla

Faculty of Agronomy,
Abdou Moumouni University of Niamey, Niger

Antonio Navajas, Laboratory technician

Edaphology Laboratory, Department of Agronomy, University of Córdoba,
Celestino Mutis Bulding, Campus of Rabanales, Spain

Pr. Rafael Villar

Area of Ecology, Department of Botany, Ecology and Plant physiology,
University of Córdoba, Campus of Rabanales, Spain

[Doi:10.19044/esj.2025.v21n33p232](https://doi.org/10.19044/esj.2025.v21n33p232)

Submitted: 20 October 2025

Accepted: 27 November 2025

Published: 30 November 2025

Copyright 2025 Author(s)

Under Creative Commons CC-BY 4.0

OPEN ACCESS

Cite As:

Garba Seyni, A., Oumarou, H., Barron, V., Mounkaïla, H.A., Navajas, A. & Villar, R. (2025). *Effects of Two Palms (Borassus aethiopum Mart and Hyphaene thebaica (L.) Mart) on Soil Physicochemical Properties in the Agroforestry Parklands of Gaya, Niger*. European Scientific Journal, ESJ, 21 (33), 232. <https://doi.org/10.19044/esj.2025.v21n33p232>

Abstract

This study aims to determine the contribution of *B. aethiopum* and *H. thebaica* for improving soil fertility in south-west Niger. For this purpose, a complete randomized experimental design with three replicates was used. A total of 45 composite samples of 100 g of soil (36 below canopy and 9 outside) were collected between 0 and 20 cm depth. The data were used to determine organic matter, total carbon, total nitrogen, total sulfur, macronutrients (Mg, Ca, Na and K), phosphorus and micronutrients (Fe, Zn, Cu and Mn) contents,

pH, hygroscopic moisture, electrical conductivity and texture. The results revealed that levels of OM, C, N, Mn, Mg, Zn, HM, P, and Fe are higher beneath the canopies of both palm species, with a more pronounced enrichment observed under *B. aethiopum*. Except for phosphorus (P), variations in nutrient levels were largely explained by the soil's organic matter, with which they showed strong and significant correlations. The study demonstrated that *B. aethiopum* and *H. thebaica* significantly enhance soil fertility and contribute to its structural stability. In light of these findings, it is crucial to develop policies that promote the rational management of forest resources as a sustainable strategy for preserving agricultural soil fertility.

Keywords: Agroforestry system, soil fertility, stability index, palm, sustainable land management

Introduction

Agricultural soils result from man's transformation of virgin soils for plant production. Agricultural practices can modify or even deplete the physico-chemical properties (Dabin & Segalen, 1977; Vairelles *et al.*, 1981). These properties represent the indicators of soil health and fertility, and determine the sustainability of ecosystems (Dollinger & Jose, 2018). However, there are reciprocal interactions between soil and plant (Liu *et al.*, 2021; Zhao *et al.*, 2022). Soil is a support and nutrient reservoir for the plant (Moral & Rebollo, 2017). It influences plant growth and development (Mureva & Ward, 2017; Ma *et al.*, 2020). Similarly, plants can contribute to improve the physicochemical qualities of soils (Wu *et al.*, 2018; Wu *et al.*, 2019; Hou *et al.*, 2021).

Indeed, numerous authors have illustrated the role of trees in the conservation of physico-chemical parameters of soils. This is the case of Gonçalves *et al.* (2023), who compared carbon and nitrogen quantities stored at different soil depths in an intercropped agricultural area with those in an agroforestry system with 10-year-old and 20-year-old trees. They revealed that the agroforestry system produced a higher soil organic carbon level (114.97 Mg/ha) up to a depth of 1 m and a high nitrogen level (7.91 Mg/ha) with the intercropping system. Ramos *et al.* (2017) compared the carbon quantities stored on the surface and in the soil of an agroforestry system based on palm oil and cocoa with those of another based on palm oil and grasses in Brazil. Results showed a higher level of organic carbon on the soil surface of the palm oil and cocoa agroforestry system (116.7 ± 1.5 Mg C/ha against 99.1 ± 3.1 Mg C/ha). Also, Hoosbeek *et al.* (2018) studied the distribution of soil organic carbon, total nitrogen and phosphorus levels as a function of distance from tree trunks in a silvopastoral system consisting of open-grazed grassland and

isolated trees in Nicaragua. Results showed a higher level of carbon and nitrogen in soils near trees and in areas receiving litter than in open grassland. Alvarez et al. (2021) studied the influence of dispersed trees of five species in a grazing area on the physical and chemical properties of soil in Colombia. They reported that the rate of exchangeable potassium is higher under the crown (0.71 cmol/kg against 0.54 cmol/kg) for some species. Salazar et al. (2019) evaluated the *Prosopis pallida* fertility island and its relationship with tree size and leaf traits in the dry forest in northern Peru. Results revealed that most nutrient quantities of soil are higher under the canopy. Soil carbon, nitrogen and phosphorus contents were positively correlated with tree size and negatively correlated with leaf structural traits. Abdourahamane et al. (2015a) studied the influence of *Guiera senegalensis* clumps on the physicochemical properties of soils in the Guidan Bakoye terroir (Niger). They reported that organic matter, magnesium and potassium levels are higher near than at points far from the clumps. Zoubeirou et al. (2013) assessed the effect of *Acacia senegalensis* trees on the physicochemical parameters of soils under and outside the canopy in gum groves in Niger. Results indicated that pH, organic carbon, nitrogen, cation exchange capacity, assimilable phosphorus and the sum of exchangeable bases are higher under the canopy than outside. Abdourahamane et al. (2015b) studied the influence of *H. thebaica* clumps on texture and chemical parameters of soil in the El Guéza terroir of Maradi region (Niger). They found that organic matter, exchangeable bases, phosphorus, pH and cation exchange capacity (CEC) are higher near than far from the clumps. They are also higher at eastern and western positions of the clumps. Moussa (1997) carried out a comparative study of the influence of *H. thebaica* and *Faidherbia albida* species on physico-chemical characteristics of soil and the productivity of *Pennisetum glaucum* in the semi-arid zone of Niger. He reported that nitrogen, phosphorus, potassium, magnesium, calcium, organic matter and pH levels are higher under the crowns of each species. He showed that the effect depends on the canopy species, as he indicated higher levels in *H. thebaica* than *F. albida*.

In Niger, the forest area is estimated at nearly 1142000 ha in 2015 (FAO, 2015). It's made up of several physiognomic types of woody field stands or agroforestry parklands that are essentially distributed in the southern strip of the country with densities of 10 to 100 trees/ha (Niger, 2012). These include parklands with *F. albida*, *Butyrospermum paradoxum*, *Parkia biglobosa*, *Parinari macrophylla*, *B. aethiopum*, *H. thebaica* and *Balanites aegyptiaca*. Stands of *B. aethiopum*, the predominant species in the forest resources of Gaya department, and *H. thebaica* are very often scattered (Niger, 2012). However, due to energy production, urbanization and the rapid expansion of agricultural land, almost half (50%) of the forest area was lost between 1958 and 1997 (Niger, 2020). Between 1975 and 2013, the

agricultural land area increased by 94.2% (CILSS, 2016). This has led to rapid deforestation and soil degradation, as well as a reduction in cropland (Stone, 1993). Soil erosion and fertility decline are steadily increasing, and nearly 100 t/ha of agricultural soil disappears every year (Stone, 1993; Potts et al., 2011). In Tounouga (Gaya), from 1896 to 2019, the surface area of crops grown under roast plantations fell from 2215 ha to 976 ha (SONED-Afrique/MSA, 2020). This situation calls for the identification of management techniques that would enable sustainable land management by restoring and safeguarding the productivity of agricultural soils. Hence, the interest of this study. It aims to determine the agroforestry potential of *B. aethiopum* and *H. thebaica* in south-west Niger in improving soil fertility. It specifically aims to encourage the maintenance and expansion of *B. aethiopum* and *H. thebaica* stands through their use in combating the decline in soil fertility in the agroforestry systems of Gaya department.

Material and method

Study area

The study was carried out at two sites in Gaya department (south-western of Niger). These were the village of Nadewa, which belongs to one of the three agro-ecological zones of Bengou rural commune, and the village of Sabon Birni in Tounouga rural commune. Bengou commune is located at 187 km from Niamey (capital of Niger) (3°35'30" E, 11°59'30" N). Its relief is characterized by clayey-sandy soils in the valleys and lowlands, clayey soils in the Dallols, lateritic soils on the layers and sandy soils on the dunes (SONED-Afrique/MSA, 2023). The commune of Tounouga is located at 299 km from Niamey (3°37'25" E, 11°48'20" N). It's characterized by clay and clay-loam soils in the river and Dallol valleys, sandy soils on the dunes and stony soils in places on the layer in the east of the commune. Its landscape is characterized by plains, lowlands and a few dune complexes (SONED-Afrique/MSA, 2020).

Sampling and data collection

At each site, a complete randomized block design with three replications was used to determine physico-chemical parameters of soil (Dagnelie, 1988). The choice of blocks (fields) was based on the distribution of stands of two species in relation to the position of the village in each case. Thus, in the case of *B. aethiopum*, which is widespread in the locality, three blocks were chosen at random within a radius of nearly 400 m around the village for the site of Nadewa (Figure 1a) and within the stand located southeast of the village for the site of Sabon Birni (Figure 1b). However, in the case of *H. thebaica*, due to its low density in the agroforestry parklands, only the site of Sabon Birni enabled to collection of data in three blocks,

including the agroforestry parkland of the environmental protection department located in the village and two others located outside the village (Figure 1c). In each block, three trees were selected at random. Then, around each one, within a radius of 0.5 m (under the crown), and between 0 and 20 cm depth, four soil samples were taken in east, west, north and south directions and a control sample (outside the crown) in a bare area of the block (Camara, 2018). A total of 13 soil samples were collected per block, 12 under the canopy (around 3 trees) and 1 (one) outside the canopy (control). For a total of 117 samples, 78 from *B. aethiopum* and 39 from *H. thebaica*. For each block, the samples collected are then mixed according to the direction around the trees into 4 composite samples. This reduces the number of samples to 5, including 4 from under the canopy and 1 control sample per block. Finally, 100 g of soil is taken per sample to determine the physico-chemical characteristics in the laboratory. For *B. aethiopum*, a total of 30 samples of 100 g each, i.e. 24 below canopies and 6 controls, have been constituted for the 6 blocks. Against 15 samples, i.e. 12 under-trees and 3 controls, from the three blocks of *H. thebaica* for laboratory analysis.

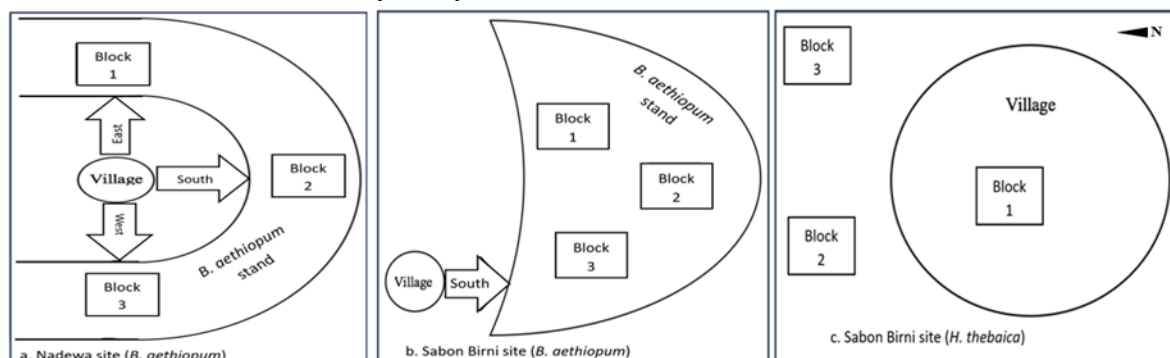


Figure 1: Data collection system

Determination of soil's physico-chemical parameters

To determine physico-chemical parameters, soil samples were air-dried at room temperature in the laboratory. Then, those containing a few aggregates were lightly crushed before analysis. Soil samples were sieved using a 2 mm sieve. The parameters determined were hygroscopic moisture by oven drying at 105 °C, Hydrogen potential (pH) measured in aqueous suspensions at a dilution of 1/2.5 using a basic 20 pH meter, Electrical Conductivity (EC) measured in aqueous suspensions at a ratio of 1:5 using a GLP 31 conductivity meter, total organic matter from organic carbon determined by Walkley and Black method (1934), micronutrients (Fe, Cu, Zn and Mn) by atomic flame absorption using Lindsay and Norvell (1978) method, available phosphorus in 0.5 M NaHCO₃ solution adjusted at a pH of 8.5 using Olsen et al. (1954) method, assimilable potassium, magnesium and

sodium with ammonium acetate by atomic flame absorption, soil texture using Robinson pipette method, and total nitrogen, sulfur and total carbon were determined using a combustion elemental macroanalyzer (Leco Series 928, LECO Corporation, St Joseph, Michigan, USA).

Determining the stability index

The soil stability index (St) is used to determine the soil's degree of vulnerability to degradation agents. It ranges from 9.1 to 14.0 % for stable soils. It is calculated using the following formula (Soro *et al.*, 2011):

$$St = \frac{OM}{clay + silt} \times 100$$

where St is the stability index (%); OM, clay and silt are respectively the percentages (%) of organic matter, clay and silt in the soil.

Data analysis

The experimental data found were subjected to statistical analysis to determine the influence of *B. aethiopum* and *H. thebaica* on the physicochemical characteristics of the soil in the area of study. But first, a logarithmic transformation with log10 function was applied to variables whose distribution did not follow the normal distribution previously checked using the Shapiro-wilk test recommended for small sample sizes. Transformed variables (with a normal distribution), for which the influence of the site factor was not significant at 0.05 threshold with the Mann-Whitney test were subjected to two-factor ANOVA test (species and position) at the same threshold and three-factor ANOVA test (species, position and site), those (pH and P) for which the Mann-Whitney test was significant (Appendix). In the event of a significant difference, in Post Hoc, Bonferroni's test was used to compare group average with each other when equality of variances was confirmed by Levene's test at 5 % threshold, otherwise Dunnett's T3 test was applied to this effect. Variables (CE, Mg and Ca) that did not show a normal distribution after logarithmic transformation were subjected to Friedman's non-parametric test to detect significant differences between the medians of the different groups at 5 % threshold. In addition, a Spearman correlation test and a principal component analysis (PCA) were performed to determine the various interactions between physical and chemical parameters of soil and the forest species (*B. aethiopum* and *H. thebaica*) under study. SPSS software version 29.0.2.0 was used for descriptive statistics, logarithmic transformation of variables and application of the variance analysis. R software version 4.4.2 was also used to perform the Friedman test, Spearman correlation test and principal component analysis on untransformed variables (origins). Results reported in the tables are averages for normally distributed variables, and medians for those whose distribution does not follow the normal distribution,

even with transformation.

Results

Soil stability index

Table 1 shows the results of the soil stability index according to site, position (under and outside the crown) and species.

Table 1. Descriptive statistics for soil stability index.

Factors	Modalities	Averages	CV (%)	SE	Min	Max	P-value
Site	Sabon Birni	6.0a	54.6	0.6	1.6	15.5	0.074
	Nadewa	7.8a	44.1	0.9	2.8	15.3	
Position	Below	7.3b	46.1	0.6	2.1	15.1	0.001
	Outside	3.8a	43.1	0.5	1.6	6.8	
Species	<i>B. aethiopum</i>	8.1b	39.3	0.6	2.8	15.5	0.000
	<i>H. thebaica</i>	3.7a	35.7	0.3	1.6	6.1	
Means		6.6	51.5	0.5	1.6	15.5	

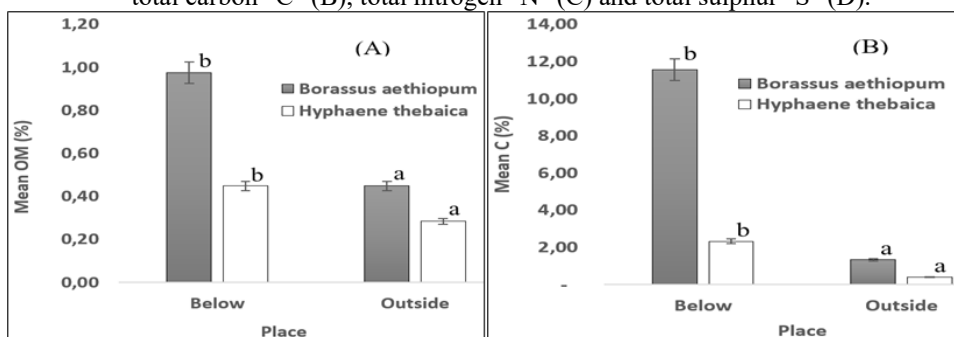
CV (%): coefficient of variation, SE: standard error, the averages of factors in the same box that have different letters are significantly different

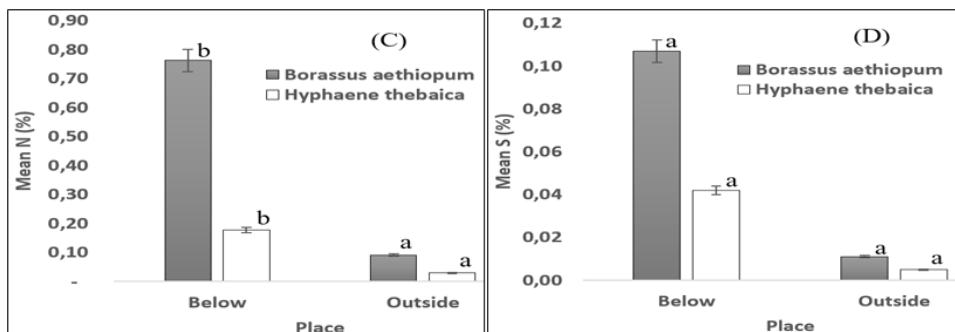
The results in Table 1 show a low stability index (6.59 %) for the soil in the area of study. In fact, at the 0.05 threshold, it's higher than average under the crowns (7.29 %) and low for controls. It's more pronounced (8.05 %) under *B. aethiopum* than *H. thebaica* (3.77 %).

Effect of *B. aethiopum* and *H. thebaica* on soil nutrient levels

Figure 2 (A, B, C and D) shows the means and standard error of some essential soil nutrients by species, depending on the position (under and outside the crown) of the samples in relation to the tree.

Figure 2: Distribution of concentrations of organic matter "OM" (A), total carbon "C" (B), total nitrogen "N" (C) and total sulphur "S" (D).





The graphs for each species in relation to the position bearing different letters are significantly different.

Figure 2 shows a significant variation in the concentrations essential soil nutrient according to position and species. Nutrient concentrations are higher in soils under palm tree crowns than in control soils for organic matter (P-value 0.000), total carbon (P-value 0.006) and total nitrogen (P-value 0.002), in contrast to sulphur levels (P-value 0.323), which is not different according to position. They are also higher for *B. Aethiopum* than for *H. Thebaica*, with P-values below the 5 % threshold. With P-values greater than 0.20 at 5 % threshold, no significant interaction was revealed between position and species for any of these nutrients.

Table 2 shows the results of the chemical analysis of exchangeable bases such as magnesium (Mg), calcium (Ca), sodium (Na) and potassium (K) in the soil, according to species and sample position at each study site.

Table 2. Results of soil exchangeable base analysis.

Site	Species	Mg (cmol/kg)		Ca (cmol/kg)		Na (cmol/kg)		K (cmol/kg)	
		<i>Below</i>	<i>Outside</i>	<i>Below</i>	<i>Outside</i>	<i>Below</i>	<i>Outside</i>	<i>Below</i>	<i>Outside</i>
Sabon	<i>BA</i>	0.019b	0.010a	3.22a	2.81a	0.09a	0.82a	0.48a	0.37a
Birni	<i>HT</i>	0.018b	0.010a	3.01a	2.91a	0.09a	0.60a	0.39a	0.06a
Nadewa	<i>BA</i>	0.026b	0.010a	3.15a	3.33a	3.45a	0.001a	2.41a	0.75a
Means		0.019b	0.012a	3.07a	3.03a	1.21a	0.47a	1.09a	0.39a
CV (%)		-	-	-	-	222.5	201.4	157.6	114.2

BA: Borassus aethiopum; HT: Hyphaene thebaica; CV (%): coefficient of variation; on the rows, the under-tree and out-of-tree averages for each soil element bearing the letter are not significantly different

Overall, the results in Table 2 show that exchangeable soil base (Mg, Ca, Na and K) rates are higher below the canopy. It can also be seen that, with the exception of Na at the site of Sabon Birni and Ca at the site of Nadewa, which are higher outside the tree crowns, soil nutrients are at higher levels below the palm's crowns. They also reveal that the highest rates under tree crowns are observed with *B. aethiopum*, especially at the site of Nadewa. The differences observed were only statistically significant for magnesium at 5 %

threshold, in relation to position. Also, no significant interaction between position and species was found to be positive for these different exchangeable base rates, with P-values greater than 0.60.

The results in Table 3 show the distribution of (total) mineral elements such as iron (Fe), copper (Cu), manganese (Mn), zinc (Zn) and Olsen phosphorus (P) in the soil, according to species and soil position in relation to trees of both species at each site.

Table 3. Results of soil nutrient analysis.

Site	Species	Fe (mg/kg)		Cu (mg/kg)		Mn (mg/kg)		Zn (mg/kg)		P (mg/kg)	
		Below	Outside	Below	Outside	Below	Outside	Below	Outside	Below	Outside
Sabon	BA	37.7b	29.92a	0.35a	0.36a	18.5b	11.46a	0.89b	0.49a	1.81b	1.30a
Birni	HT	7.68b	4.90a	0.38a	0.37a	5.50a	6.08b	1.10b	0.60a	2.23b	0.66a
Nadewa	BA	34.8b	27.90a	0.49a	0.33a	9.59b	3.03a	0.96b	0.78a	7.14b	2.70a
Means		26.7b	20.91a	0.41a	0.36a	11.22b	6.86a	0.99b	0.62a	3.73b	1.55a
CV (%)		57.73	98.08	30.30	21.38	64.08	85.39	64.76	49.04	106.3	69.78

BA: *Borassus aethiopum*; HT: *Hyphaene thebaica*; CV (%): coefficient of variation; on the rows, the below-tree and outside-tree averages for each soil element bearing the letter are not significantly different

The analysis of the results in Table 3 shows that for all soil nutrients, the proportions are high below the palm crowns for each species. It can also be seen that at each site, Fe, Zn and P contents are higher below the crowns for both species. For manganese, the proportions are low under the canopy (5.50 mg/kg) for *H. thebaica* and high for *B. aethiopum*. As for Cu, the proportions are similar between positions (below and outside the canopy) for two species at Sabon Birni's site. With p-values below 0.05 threshold, the results of the statistical analysis showed that these differences are significant between species and position for Fe, between sites and position for P and only in relation to position for Zn and Mn. Statistical analyses at 5 % threshold revealed no significant interaction between factors, with P-values greater than 0.08.

Effect of *B. aethiopum* and *H. thebaica* on physical properties

Table 4 shows soil particle size composition by species and position in relation to trees at both sites.

Table 4. Soil physical parameters

Site	Specie	Clay (%)		Silt (%)		Sand (%)	
		Below	Outside	Below	Outside	Below	Outside
Sabon Birni	BA	2.7a	3.5a	6.9a	6.7a	90.4a	89.8a
	HT	5.0a	7.2a	6.3a	6.4a	88.7a	86.4a
Nadewa	BA	6.3a	2.9a	12.1a	6.9a	81.7a	90.1a
Means		4.6a	4.6a	8.4a	6.7a	86.9a	88.8a
CV (%)		66.1	50.0	60.8	23.2	8.6	3.4

BA: Borassus aethiopum; HT: Hyphaene thebaica; CV (%): coefficient of variation; on the rows, the below-tree and outside-tree averages for each soil nutrient bearing the letter are not significantly different

The results in Table 4 show that, overall, the texture of the soil in the area of study is predominantly sandy. Statistical results also indicate that the average percentages of physical soil elements are not significantly different between positions (under and outside crowns) and species, with P-values above 5 % threshold. At the same threshold, statistical analyses showed that there was no positive interaction between the species and position factors for all the parameters studied, with P-values greater than 0.20.

Table 5 shows the distribution of hygroscopic moisture (HM), pH and electrical conductivity (EC) as a function of species and soil position at both sites.

Table 5. pH, hygroscopic moisture and electrical conductivity

Site	Species	HM (%)		pH		EC (dS/m)	
		<i>Below</i>	<i>Outside</i>	<i>Below</i>	<i>Outside</i>	<i>Below</i>	<i>Outside</i>
Sabon Birni	<i>BA</i>	0.44a	0.54a	5.6a	5.5a	0.07a	0.06a
	<i>HT</i>	0.28a	0.28a	5.3a	5.5a	0.06a	0.04a
Nadewa	<i>BA</i>	0.98a	0.28a	6.8a	6.4a	0.10a	0.09a
Means		0.57a	0.37a	5.9a	5.8a	0.07a	0.06a
CV (%)		87.83	70.96	16.8	11.7	-	-

BA: Borassus aethiopum; HT: Hyphaene thebaica; CV (%): coefficient of variation; on the rows, the below-tree and outside-tree averages for each soil element bearing the letter are not significantly different

The results in Table 5 show that, overall, hygroscopic moisture, pH and electrical conductivity are a bit higher below palms crowns, at 0.57 %, 5.91 and 0.07 dS/m, respectively. They are higher under *B. aethiopum* trees, especially at the site of Nadewa. Nevertheless, these differences were only found to be significant at 5 % level by statistical tests for HH for the position factor with a P-value of 0.03. Also, they indicate that these differences are significant between species and sites, with p-values below 0.001 for EC and only between sites for pH, with a p-value of 0.00. No positive interaction was revealed for any of the parameters studied, with P-values greater than 0.20.

Relationships between physical and chemical parameters of soil

Table 6 shows the correlation coefficients (Spearman correlations) between the parameters of the soil.

Table 6. Correlation matrix between soil physical and chemical parameters

	C	Ca	CE	Clay	Cu	Fe	HM	K	Mg	Mn	OM	N	Na	P	pH	S	Sand	Silt	Zn
C	1.00																		
Ca	0.05	1.00																	
CE	0.44	-0.22	1.00																
Clay	0.04	0.05	-0.21	1.00															
Cu	0.45	0.26	0.11	0.42	1.00														
Fe	0.69	0.24	0.29	-0.32	0.05	1.00													
HM	0.70	0.15	0.28	0.11	0.33	0.60	1.00												
K	0.52	-0.37	0.71	0.05	0.12	0.25	0.36	1.00											
Mg	0.52	-0.17	0.52	0.09	0.28	0.13	0.27	0.57	1.00										
Mn	0.67	0.11	0.16	-0.01	0.23	0.56	0.48	0.22	0.25	1.00									
OM	0.82 ***	0.02	0.42	-0.06	0.22	0.70 ***	0.68 ***	0.43	0.52 *	0.61 **	1.00								
N	0.93	-0.01	0.45	0.06	0.38	0.62	0.61	0.55	0.55	0.69	0.78 ***	1.00							
Na	0.41	-0.40	0.54	0.17	0.23	0.09	0.45	0.52	0.52	0.11	0.38	0.39	1.00						
P	0.51	-0.09	0.52	0.10	0.15	0.28	0.49	0.60	0.41	0.25	0.39 _{ns}	0.56	0.48	1.00					
pH	0.37	0.06	0.62	0.09	0.13	0.16	0.19	0.50	0.53	-0.07	0.33	0.34	0.36	0.47	1.00				
S	0.25	-0.08	0.15	0.42	0.27	-0.12	0.25	0.30	0.34	-0.03	0.14	0.30	0.33	0.41	0.26	1.00			
Sand	-0.17	-0.14	0.05	-0.79	-0.60	0.13	-0.27	-0.10	-0.08	-0.14	0.01	-0.16	-0.23	-0.17	0.01	-0.32	1.00		
Silt	0.41	0.04	0.45	0.01	0.39	0.28	0.42	0.40	0.18	0.30	0.24	0.34	0.32	0.32	0.16	0.05	-0.52	1.00	
Zn	0.45	-0.10	0.25	0.21	0.31	0.22	0.30	0.51	0.25	0.31	0.41 _{ns}	0.50	0.31	0.48	0.27	0.32	-0.16	0.10	1.00

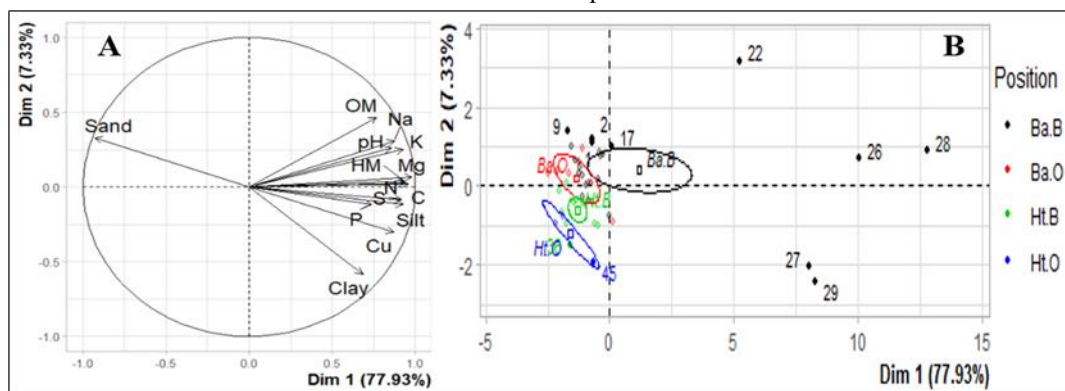
*Boldface indicates soil parameters with significantly elevated levels below palm crowns; *indicates a significant correlation at 0.05; ** indicates a highly significant correlation at 0.01; *** indicates a big highly significant correlation at 0.001 and ns: indicates non-significant correlation.*

The results in Table 6 show that the dependency relationships between the physicochemical parameters of soil are characterized by positive correlations for some and negative correlations for others. However, in the particular case of organic matter content, it is positively correlated with all parameters of soil and negatively correlated with sands. Correlations are highly significant with total carbon ($r=0.82$; $p<0.001$), total nitrogen ($r=0.78$; $p<0.001$), iron ($r=0.70$; $p<0.001$) and hygroscopic moisture ($r=0.68$; $p<0.001$), highly significant with manganese content ($r=0.61$; $p<0.01$) and significant with magnesium content ($r=0.52$; $p=0.0375$). However, the results of the test revealed that the correlations were not significant with phosphorus ($r=0.39$) and zinc ($r=0.41$), with p-values of 0.81 and 0.63, respectively.

Relationships between parameters soil and both species of palms

Figure 3 shows the results of the distribution of physical and chemical parameters (A) and that of individuals (position of soil samples under and outside the crown for each species) with multivariate analyses (PCA) in the two-dimensional plane (B). This model showed a good fit to the data, as evidenced by the KMO value of 88 %, suggesting the existence of a good factorial solution. Also, it showed a determinant of $5.971.10^{-16}$ and a P-value of 0.00 for Bartlett's test, indicating that the model is well-suited to present the interactions between the different variables in the model.

Figure 3: Distribution of soil parameters (A) and positions according to species (B) in the PCA factorial plane



Ba.B : below the crown of *B. aethiopum*, *Ba.O* : outside the crown of *B. aethiopum*, *Ht.B* : below the crown of *H. thebaica* et *Ht.O* : outside the crown of *H. thebaica*

The first two factorial axes of the PCA for physical and chemical parameters of soil express 85.26 % of the total inertia of the dataset. This suggests that 85.26 % of the total variability in the distribution of physico-chemical parameters is explained by these two dimensions. The first component (PC1) presents the impact of palm species crown on the distribution of physicochemical parameters of soil groups. Soils under the crown of *B. aethiopum* species are characterized by high levels of Mg, C, N, HM, K, silt, S, Na, Cu, pH, OM, P and clay in the positive part of the axis, compared to high levels of sand in the negative part of the axis associated with soils outside the *B. aethiopum* crown and under the crown of *H. thebaica* species. The separation of positions for the two palm species according to groups of physical and chemical characteristics is significant with the Wilks test, indicating the impact of crowns on edaphic parameters (P-value 0.0012).

Discussion

Results on particle size composition showed that soils in the area of study have a sandy texture, with 88.8 % sand, 6.9 % clay and only 4.3 % silt. Although these physical parameters were slightly elevated under tree crowns,

and especially with *B. aethiopum*, statistical analysis showed that these differences were not statistically significant at 5 % threshold. According to Camille et al. (2021), in a study on the contribution of plants in agroforestry systems to the fertility of soil in France, the increasing rates of sand, clay and silt from the soil to the trees were not statistically significant. Similar results are reported by Samba (1997) in a study carried out in a traditional *Cordyla pinnata* agroforestry system in Senegal. He reported that the trees of this species were not linked to any variation in the physical properties of soil studied, such as texture, bulk density and moisture.

Trees with two palms improve soil stability by increasing cohesion between solid particles of soil. According to Soro et al. (2011), a soil is all the more vulnerable to erosion and degradation if its destructure index is below the standard range of 9.1 to 14.0 %. Thus, the soil in our area of study is relatively more stable under the canopy of *B. aethiopum* and *H. thebaica* trees, with an index of 7.3 % compared to 3.8 % outside the canopy, but with a significantly higher incidence of *B. aethiopum* plants (8.1 %) than *H. thebaica* species (3.7 %). These results show that stands of *B. aethiopum* and *H. thebaica* contribute well to improving the structure of agroforestry parklands' soils and reducing their vulnerability to degradation and erosion. This is linked in particular to the accumulation around palm trunks of organic matter from organ residues (leaves, fruit and flowers), or from plant micro-biodiversity developed in the vicinity of the trees. It could also be linked to the level of organic matter from animal droppings attracted by palm organ residues, or plant micro-biodiversity developed around trunks. The high contribution of *B. aethiopum* to soil stability is linked to compliance with the conservation and protection policies developed for this species, unlike *H. thebaica*. This would explain an increase in human pressure to exploit *H. thebaica* organs, such as the leaves, which are especially prized for handicrafts, and the fruits, which are sold commercially. Hence, the a reduction in the contribution of this species to the supply of organic matter in the soil. They are also linked to the high density of the *B. aethiopum* specie in the area that is its distribution zone in Niger. According to the results of a study by Feller (1995) carried out in West Africa, the level of organic matter is closely linked to the physical parameters of the soil, such as texture and structural instability in the surface horizons (0 to 20 cm).

Results on chemical characteristics showed that these palms influence soil nutrient concentrations. In fact, soil mineral content is higher overall below the canopies of these two species, and especially in the soils below *B. aethiopum*'s canopy, as also indicated by the results of distribution of physical and chemical soil's elements in the factorial plane associated with that of the positions for the two forest species under study, and statistical analyses at 5% threshold for concentrations of iron, zinc, phosphorus, magnesium,

manganese, total nitrogen, total carbon and organic matter higher under the palm canopy. Similar results are reported in a study by Breman & Kessler (1995) in agroforestry parks with *F. albida*, *Acacia auriculiformis* and *Cassia siamea* in Senegal. According to their results, soil carbon and nitrogen concentrations are higher under the tree crowns of these forest species. However, they were higher under trees of the species *A. auriculiformis* and *C. siamea*. Similarly, the results of Soumaré's (1996) study in Mali revealed that total carbon, nitrogen and phosphorus contents are higher under the canopies of *Acacia seyal* and *Sclerocarya birrea*. However, they are higher under *S. birrea* trees and lower under *A. seyal*. Our results corroborate those of Kater et al. (1992) found in a study carried out in *Vitellaria paradoxa* and *P. biglobosa* agroforestry parklands in southern Mali. They reported that soil carbon and nitrogen levels are higher under tree crowns than outside. The importance of trees in increasing chemical parameters of soil has also been reported by Camille et al, (2021) in France. The results revealed that the organic carbon content of soil is higher near trees. Soil phosphorus and nitrogen levels, although not significantly different, are higher in soils near trees. Also, according to Samba (1997), organic carbon, total nitrogen, assimilable phosphorus, exchangeable calcium and soil cation exchange capacity are higher under the canopy than outside the canopy of trees in a *C. pinnata* agroforestry system. Nevertheless, our results differ from those reported by Kouyaté et al (2007) in a study assessing the fertility of *Detarium microcarpum* soils in different agroforestry environments in Mali. They reported that nitrogen, total organic carbon and phosphorus contents were not significantly different between soils sampled under the crown and outside the crown.

The results found in this study showed that soil organic matter content has a significant influence on nutrient concentrations. This indicates the importance of the contribution of these species in increasing soil nutrient concentrations through the organic matter they return to the soil. Better still, with a positive correlation coefficient (0.68), it is significantly linked to the amount of hygroscopic water in the soil. This indicates that organic matter content also influences the water retention capacity of soil. Similar results have been reported by numerous authors, such as Feller (1995), who indicated that organic matter content correlates very well with chemical parameters such as mineralized nitrogen and the sum of exchangeable bases in soil surface horizons. According to the results of work by Zoubeirou et al. (2014) in Niger, chemical elements such as soil nitrogen and phosphorus are derived from the decomposition of organic matter of plant origin or from soil microflora. The results of the study by Rene et al. (2021) carried out in the Ivory Coast in an agroforestry system at Cocoa reported similar findings, indicating that organic

matter content is significantly correlated with the levels of soil nutrients studied.

Conclusion

The results of this study showed that both palms (*Borassus aethiopum* and *Hyphaene thebaica*) contribute to improving the physicochemical parameters of agricultural soils, but with a strong contribution from *B. aethiopum* species. Specifically, these two forest species increase the quantities of carbon (organic and total), iron, manganese, magnesium, phosphorus and total nitrogen, perfectly correlated with the level of organic matter they bring to the soil. They also improve the soil's hygroscopic water content and electrical conductivity. Thanks to their organic matter content, these palms enhance soil protection against erosive agents. In view of the improved agroforestry potential of *B. aethiopum* and *H. thebaica* revealed by these results, this study would enable the development of inclusive policies on the protection and regeneration of forest resources with a view to their involvement in sustainable land management and the restoration of agricultural soil fertility.

Acknowledgments

The principal correspondent presents his heartfelt thanks to the Kingdom of Spain, which, through the Erasmus+ mobility funding program, has granted this work placement within the framework of this study to the University of Cordoba. He also thanks Rabanales University for its warm welcome and support in carrying out the analyses in the edaphology laboratory of the agronomy department (C5). He also acknowledges the efforts made in collecting data in the field by Mr Ousseini Idi Abdoul Wahab, school principal, Mr Ousseini Idi Abdoul Salam, project manager, and Mr Lamine Sani, environmental protection officer in the village of Sabon Birni.

Declaration of authors' contributions

All co-authors contributed fully to the critical revision and validation of the intellectual content of the draft article. More specifically, A.G.S drew up the data collection protocol, conducted the operations in the laboratory and drew up the first draft of this manuscript. A.N monitored the various physico-chemical analyses of soil samples in the laboratory. V.B checked and validated the experimental results obtained from the laboratory analyses. H.O contributed to the implementation of the field data collection protocol and the physico-chemical soil analyses in the laboratory. R.V monitored the implementation of the analysis protocol in the laboratory, contributed to the statistical analysis and interpretation of the results obtained and to the design

of the draft article and H.A.M contributed fully to the use of R software in the processing of the data collected.

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

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

Funding Statement: This study was supported by an Erasmus+ mobility grant from the European Union (KA171) for physicochemical analysis of soil samples at the Rabanales University of Cordoba.

References:

1. Abdourahamane, T. D. B., Nomaou, D. L., Yadj, G., Adamou Didier, T., Nassirou, A. M., & Karimou, A. J. M. (2015a). Effet des touffes de *Guiera senegalensis* (J.F.Gmel) sur la fertilité des sols dans la région de Maradi (Niger), *Journal of Applied Biosciences*, 94(1):8844-8857, ISSN 1997-5902, <http://dx.doi.org/10.4314/jab.v94i1.8>
2. Abdourahamane, T. D. B., Nomaou, D. L., Yadj, G., Lamar, R., Bationo-Babou, A., Djamen, P., Adamou Didier, T., Nassirou, A. M., & Karimou, A. J. M. (2015b). Variations texturales et chimiques autour des touffes d'*Hyphaene thebaica* (Mart) des sols dans la région de Maradi (Niger), *Algerian Journal of Arid Environment*, 5(1): 40-55, ISSN 2170-1318, <http://doi.org/10.12816/0045906>.
3. Alvarez, F., Casanoves, F., & Suarez, J. C. (2021). Influence of scattered trees in grazing areas on soil properties in the Piedmont region of the Colombian Amazon. *PLOS ONE*, 16 (12):e0261612, <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0261612>
4. Breman, H., & Kessler, J. J. (1995). Woody plants in agro-ecosystems of semi-arid regions with emphasis on the sahelian countries, *Advanced series in agricultural sciences*, vol 23, Paris, Springer-Verlag, Berlin, 340 p.
5. Camara, M. B. (2018). *Caractérisation agroécologique et socio-économique des parcs agroforestiers a Elaeis guineensis jacq et Faidherbia albida (del.) Chev et leurs influences sur la productivité du riz pluvial en basse Casamance (Sénégal)*. Thèse de Doctorat, Université Assane Seck de Ziguinchor, n° d'ordre :13, 152p.
6. Camille, H. (2021). *Impact du linéaire sous arboré sur les organismes et la fertilité du sol en système agroforestier tempéré*, Thèse de doctorat : Ecologie fonctionnelle : Montpellier, SupAgro, Français, NNT: 2021AGRO0006, tel-04031964, <http://viaf.org/viaf/162167863686022740224>.

7. CILSS. (2016). Landscapes of West Africa –A Window on a Changing World, *U.S. Geological Survey EROS*, 47914252nd St, Garretson, SD 57030, United States, <https://eros.usgs.gov/westafrica>
8. Dabin, B., & Segalen, P. (1977). *Chapitre 2, le sol, sa définition, ses constituants, BDPA et ORSTOM*. n°6, OVATY-Paris, 17p.
9. Dagnelie, P. (1988). Quelques notions d'expérimentation agronomique utilisées en recherche biopharmaceutique. *Revue de statistique appliquée*, tome 36-2-23-0, p23-36
10. Dollinger, J., & Jose, S. (2018). Agroforestry for soil health. *Agroforest Syst* 92, 213-219, <https://doi.org/10.1007/s10457-018-0223-9>
11. FAO. (2015). *Évaluation des ressources forestières mondiales, Répertoire de données de FRA*. (Rapport national du Niger), 101 p.
12. Feller, C. (1995). *La matière organique du sol : un indicateur de la fertilité. Application aux zones sahélienne et soudanienne (Afrique de l'Ouest)*. *Agriculture et développement* n° 8 - Décembre 1995, 35-41.
13. Gonçalves, T. R., Vogado, R. F., Silva, R. D., Pompeu, R. C. F. F., Oda-Souza, M., & Souza, H. A. (2023). Agroforestry system improves soil carbon and nitrogen stocks in depth after land-use changes in the Brazilian semi-arid region. *Revista Brasileira de Ciencia Solo*, 47, <https://doi.org/10.36783/18069657rbc20220124>
14. Hoosbeek, M. R., Remme, R. P., & Rusch, G. M. (2018). Trees enhance soil carbon sequestration and nutrient cycling in a silvopastoral system in south-western Nicaragua. *Agrofor Syst*. <https://doi.org/10.1007/s10457-016-0049-2>
15. Hou, L., Zhang, Y., Li, Z., Shao, G., Song, L., & Sun, Q. (2021). Comparison of soil properties, understory vegetation species diversities and soil microbial diversities between Chinese Fir Plantation and Close-to-Natural Forest. *Forests*, 12(5), 632, <http://doi.org/10.3390/f12050632>.
16. Kater, L. J. M., Kante, S., & Budelman, A. (1992). Karité (*Vitellaria paradoxa*) and Néré (*Parkia biglobosa*) associated with crops in South Mali. *Agroforestry Systems*, 18(2), 89-105.
17. Kouyaté, A. M., Van Damme, P., Sarah Goyens De Neve S., & Hofman, G. (2007). Evaluation de la fertilité des sols à *Detarium microcarpum* Guill. & Perr. *Tropicultura*, 25(2), 65-69.
18. Lindsay, W. L., & Norvell, W. A. (1978). Development of a Dtpa soil test for zinc, iron, manganese, and copper, *Soil Science Society of America Journal*. 42, 421-428, <http://doi.org/10.2136/sssaj1978.0361599500420003>.
19. Liu, X., Tan, N., Zhou, G., Zhang, D., Zhang, Q., Liu, S., Chu, G., & Liu, J. (2021). Plant diversity and species turnover co-regulate soil

- nitrogen and phosphorus availability in Dinghushan forests, southern China. *Plant and Soil*, 464(1-2), 257–272, <http://doi.org/10.1007/s11104-021-04940-x>.
20. Ma, T., Deng, X., Chen, L., & Xiang, W. (2020). The soil properties and their effects on plant diversity in different degrees of rocky desertification. *The Science of The Total Environment*, 736: 139667, <http://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.139667>.
 21. Moral, F. J., & Rebollo, F. J. (2017). Characterization of soil fertility using the Rasch model. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, 17 (2), 486-498, <http://doi.org/10.4067/S0718-95162017005000035>.
 22. Moussa, H. (1997). *Germination du palmier doum (Hyphaene thebaica Mart L.) et analyse de son interaction avec le mil (Pennisetum glaucum L.) en zone semi-aride du Niger*. Thèse de Doctorat, Université Laval, Quebec, National library of Canada, 201p. 0-612-25442-9.
 23. Mureva, A., & Ward, D. (2017). Soil microbial biomass and functional diversity in shrub-encroached grasslands along a precipitation gradient. *Pedobiologia*, 63, 37–45, <http://doi.org/10.1016/j.pedobi.2017.06.006>.
 24. Niger. (2012). *Plan Forestier National (PFN - Niger 2012-2021)*, FAO, Bureau d'Etudes en Ingénierie pour l'Environnement. Ministère de l'Hydraulique et de l'Environnement, Niamey, Niger, Rapport de synthèse, 98p
 25. Niger. (2020). *Stratégie et Plan National d'Adaptation face aux changements climatiques dans le secteur Agricole*, SPN2A 2020-2035, Version finale, 85p.
 26. Olsen, S. R., Cole, C. V., Watanare, F. S., & Dean, L. A. (1954). *Estimation of available phosphorus in soils by extraction with sodium bicarbonate*, US Department of Agriculture, circular N°939, US Government Printing office, Washington DC, 8P.
 27. Potts, M., Gidi, V., Campbell, M., & Zureick, S. (2011). Niger: Too Little, Too Late, *International Perspectives on Sexual and Reproductive Health*, 37(2), 95-101, <http://doi.org/10.1363/3709511>.
 28. Ramos, H. M. N., Vasconcelos, S. S., Kato, O. R., & Castellani, D. C. (2017). Above- and belowground carbon stocks of two organic, agroforestry-based oil palm production systems in eastern Amazonia. *Agroforestry Systems*, 92(2):221–237, <https://doi.org/10.1007/s10457-017-0131-4>
 29. Rene, N. K., Guillaume, K. A., Boue, V. B. B. N., & Sidiky, B. (2021). Impact of agroforestry systems on mineral fertility of soils under cocoa trees in Toumodi, Côte d'Ivoire. *International Journal of Plant & Soil*

- Science*, 33(17): 10-22, 70773, ISSN: 2320-7035, <http://doi.org/10.9734/IJPSS/2021/v33i1730545>
30. Salazar, P. C., Navarro-Cerrillo, R. M., Grados, N., Cruz, G., Barrón, V., & Villar, R. (2019). Tree size and leaf traits determine the fertility island effect in *Prosopis pallida* dryland forest in Northern Peru, *Plant and Soil*, 437(1-2), <https://doi.org/10.1007/s11104-019-03965-7>
 31. Samba, S. A. N. (1997). *Influence de Cordyla pinnata sur la fertilité d'un sol ferrugineux tropical et sur le mil et l'arachide dans un système agroforestier traditionnel au Sénégal*, thèse de doctorat à l'Université Laval, 0-612-25455-0, 180p
 32. SONED-Afrique/MSA. (2020). *Plan de développement communal (PDC) 2021-2025 de la Commune rurale de Tounouga*, version provisoire, révision 01, 112p.
 33. SONED-Afrique/MSA. (2023). *Plan de développement communal 2022-2026 de la commune rurale de Bengou*, version finale, 116p.
 34. Soro, D., Bakayoko, S., Dao, D., Bi, T. T., Angui, P., & Girardin, O. (2011). Diagnostic de fertilité du sol au centre-nord de la Côte d'Ivoire, *Agronomie Africaine*, 23 (3) : 205 - 215
 35. Soumaré, A. (1996). *Utilisation des éléments nutritifs par deux arbres du Sahel, Acacia albida et Sclerocarya birrea*, Rapports PSS, 7-31.
 36. Stone. D. (1993). *Environmental Synopsis: Niger*, The World Conservation Union, 44p.
 37. Vairelles D, Lhomme J, Gelhaye D (1981). Modifications des caractéristiques Physico-chimiques d'un sol brun acide des Ardennes primaires par la monoculture d'*Epicea commun*. *Ann. Sci. foret*, 38 (2), 237-258.
 38. Walkley, A., & Black, I. A. (1934). *An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid titration method soil science*, 37, 29-38.
 39. Wu, H., Xiang, W., Ouyang, S., Forrester, D. I., Zhou, B., Chen, L., Ge, T., Lei, P., Chen, L., Zeng, Y. et al. (2019). Linkage between tree species richness and soil microbial diversity improves phosphorus bioavailability. *Functional Ecology*, 33(8): 1549–1560, <http://doi.org/10.1111/1365-2435.13355>.
 40. Wu, S. H., Huang, B. H., Huang, C. L., Li, G., & Liao, P. C. (2018). The aboveground vegetation type and underground soil property mediate the divergence of soil microbiomes and the biological interactions. *Microbial Ecology*, 75(2), 434–446, <http://doi.org/10.1007/s00248-017-1050-7>.
 41. Zhao, Y., Zhao, M., Qi, L., Zhao, C., Zhang, W., Zhang, Y., Wen, W., & Yuan, J. (2022). Coupled relationship between soil physicochemical

- properties and plant diversity in the process of vegetation restoration. *Forests*, 13(5): 648, <http://doi.org/10.3390/f13050648>
42. Zoubeirou, A. M., Abdou, M. M., Kadrir, A., Ambouta, J. M. K., & Dan Lamso, N. (2014). Effet de l'arbre *Acacia senegalensis* sur la fertilité des sols de gommaraies au Niger. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 7(6):2328-2337, ISSN 1997-342X, <http://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v7i6.13>

Appendix

Test for the effect of the site factor on soil parameters

Variables	Rank Sum Site 1	Rank Sum Site 2	U	Z	p- level	Z adjusted	p- level	Valid N Site 1	Valid N Site 2	2*1 Sided exact p
pH	22	23	1.0	-2.06	0.03*	-2.06	0.03*	6	3	0.04*
HM	32	13	7.0	0.51	0.60	0.51	0.60	6	3	0.71
CE	24	21	3.0	-1.54	0.12	-1.54	0.12	6	3	0.16
OM	33	12	6.5	0.64	0.51	0.64	0.51	6	3	0.54
C	32	13	7.0	0.51	0.60	0.51	0.60	6	3	0.71
N	31	15	8.5	0.12	0.89	0.12	0.89	6	3	0.90
S	36	10	3.5	1.42	0.15	1.45	1.45	6	3	0.16
Fe	27	18	6.0	-0.77	0.43	-0.77	0.43	6	3	0.54
Cu	31	14	8.0	0.25	0.79	0.25	0.79	6	3	0.90
Mn	37	8	2.0	1.80	0.07	1.80	0.07	6	3	0.09
Zn	24	21	3.0	-1.54	0.12	-1.54	0.12	6	3	0.16
P	22	23	1.0	-2.06	0.03*	-2.06	0.03*	6	3	0.04*
Clay	35	10	4.0	1.29	0.19	1.29	0.19	6	3	0.26
Silt	27	18	6.0	-0.77	0.43	-0.77	0.43	6	3	0.54
Sand	26	19	5.0	-1.03	0.30	-1.03	0.30	6	3	0.38
Mg	24	21	3.0	-1.54	0.12	-1.57	0.11	6	3	0.16
Ca	25	20	4.0	-1.29	0.19	-1.29	0.19	6	3	0.26
Na	33	12	6.0	0.77	0.43	1.06	0.28	6	3	0.54
K	24	21	3.0	-1.54	0.12	-1.57	0.11	6	3	0.16

** Indicates significant effect of site factor on soil parameters at 5 %.*