

European Scientific Journal, *ESJ*

August 2022

European Scientific Institute, ESI

The content is peer reviewed

ESJ Natural/Life/Medical Sciences

August 2022 edition vol. 18, No. 27

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 Homberger Erikson (1902–1994). *American Psychologist*, 50(9), 796-797. doi:<http://dx.doi.org/10.1037/0003-066X.50.9.796>

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

Sincerely,

Daniel B. Hier, MD

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

Editor in Chief

International Editorial Board

Jose Noronha Rodrigues,
University of the Azores, Portugal

Nino Kemertelidze,
Grigol Robakidze University, Georgia

Jacques de Vos Malan,
University of Melbourne, Australia

Franz-Rudolf Herber,
University of Saarland, Germany

Annalisa Zanola,
University of Brescia, Italy

Robert Szucs,
Szolnok University College, Hungary

Dragica Vujadinovic,
University of Belgrade, Serbia

Pawel Rozga,
Technical University of Lodz, Poland

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

Rashmirekha Sahoo,
Melaka-Manipal Medical College, Malaysia

Georgios Voussinas,
University of Athens, Greece

Asif Jamil,
Gomal University DIKhan, KPK, Pakistan

Faranak Seyyedi,
Azad University of Arak, Iran

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

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

Dejan Marolov,
European Scientific Institute, ESI

Noor Alam,
Universiti Sains Malaysia, Malaysia

Rashad A. Al-Jawfi,
Ibb University, Yemen

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

Hans W. Giessen,
Saarland University, Saarbrucken, Germany

Frank Bezzina,
University of Malta, Malta

Monika Bolek,
University of Lodz, Poland

Robert N. Diotalevi,
Florida Gulf Coast University, USA

Daiva Jureviciene,
Vilnius Gediminas Technical University, Lithuania

Anita Lidaka,
Liepaja University, Latvia

Rania Zayed,
Cairo University, Egypt

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

Lydia Ferrara,
University of Naples, Italy

Byron A Brown,
Botswana Accountancy College, Botswana

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

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

Cinaria Tarik Albadri,
Trinity College Dublin University, Ireland

Mahammad A. Nurmamedov,
State Pedagogical University, Azerbaijan

Henryk J. Barton,
Jagiellonian University, Poland

Assem El-Shazly,
Zagazig University, Egypt

Saltanat Meiramova,
S.Seifullin AgroTechnical University, Kazakhstan

Rajasekhar Kali Venkata,
University of Hyderabad, India

Ruzica Loncaric,
Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Croatia

Stefan Vladutescu,
University of Craiova, Romania

Anna Zelenkova,
Matej Bel University, Slovakia

Billy Adamsen,
University of Southern Denmark, Denmark

Marinella 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 Olavegogeascoecchea,
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 Gentzoglannis,
University of Sherbrooke, Canada

Awoniyi Samuel Adebayo,
Solusi University, Zimbabwe

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

Berenyi Laszlo,
University of Miskolc, Hungary

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

Omar Arturo Dominguez Ramirez,
Hidalgo State University, Mexico

Bupinder Zutshi,
Jawaharlal Nehru University, India

Pavel Krpalek,
University of Economics in Prague, Czech Republic

Mondira Dutta,
Jawaharlal Nehru University, India

Evelio Velis,
Barry University, USA

Mahbubul Haque,
Daffodil International University, Bangladesh

Diego Enrique Baez Zarabanda,
Autonomous University of Bucaramanga, Colombia

Juan Antonio Lopez Nunez,
University of Granada, Spain

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

Ashgar Ali Ali Mohamed,
International Islamic University, Malaysia

A. Zahoor Khan,
International Islamic University Islamabad, Pakistan

Valentina Manoiu,
University of Bucharest, Romania

Andrzej Palinski,
AGH University of Science and Technology, Poland

Jose Carlos Teixeira,
University of British Columbia Okanagan, Canada

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

Anita Auzina,
Latvia University of Agriculture, Latvia

Martin Gomez-Ullate,
University of Extremadura, Spain

Nicholas Samaras,
Technological Educational Institute of Larissa, Greece

Emrah Cengiz,
Istanbul University, Turkey

Francisco Raso Sanchez,
University of Granada, Spain

Simone T. Hashiguti,
Federal University of Uberlandia, Brazil

Tayeb Boutbouqalt,
University, Abdelmalek Essaadi, Morocco

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

Ismail Ipek,
Istanbul Aydin University, Turkey

Olena Kovalchuk,
National Technical University of Ukraine, Ukraine

Oscar Garcia Gaitero,
University of La Rioha, Spain

Alfonso Conde,
University of Granada, Spain

Jose Antonio Pineda-Alfonso,
University of Sevilla, Spain

Jingshun Zhang,
Florida Gulf Coast University, USA

Rodrigue V. Cao Diogo,
University of Parakou, Benin

Olena Ivanova,
Kharkiv National University, Ukraine

Marco Mele,
Unint University, Italy

Okyay Ucan,
Omer Halisdemir University, Turkey

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

Matti Raudjärvi,
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'ah University, Jordan

Stephane Zingue,
University of Maroua, Cameroon

Pierluigi Passaro,
University of Bari Aldo Moro, Italy

Georges Kpazai,
Laurentian University, Canada

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

Natalia Sizachenko,
Dartmouth College, USA

Michele Russo,
University of Catanzaro, Italy

Nikolett Deutsch,
Corvinus University of Budapest, Hungary

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

Brian Sloboda,
University of Maryland, USA

Murtaz Kvirkvaia,
Grigol Robakidze University, Georgia

Yassen Al Foteih,
Canadian University Dubai, UAE

Marisa Cecilia Tumino,
Adventista del Plata University, Argentina

Luca Scaini,
Al Akhawayn University, Morocco

Aelita Skarbaliene,
Klaipeda University, Lithuania

Oxana Bayer,
Dnipropetrovsk Oles Honchar University, Ukraine

Onyeka Uche Ofili,
International School of Management, France

Aurela Salaj,
University of Vlora, Albania

Maria Garbelli,
Milano Bicocca University, Italy

Josephus van der Maesen,
Wageningen University, Netherlands

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

Francisco Gonzalez Garcia,
University of Granada, Spain

Mahgoub El-Tigani Mahmoud,
Tennessee State University, USA

Miriam Agreda Montoro,
University of La Rioja, Spain

Daniel Federico Morla,
National University of Rio Cuarto, Argentina

Valeria Autran,
National University of Rio Cuarto, Argentina

Muhammad Hasmi Abu Hassan Asaari,
Universiti Sains, Malaysia

Angelo Viglianisi Ferraro,
Mediterranean University of Reggio Calabria, Italy

Roberto Di Maria,
University of Palermo, Italy

Delia Magherescu,
State University of Moldova, Moldova

Paul Waithaka Mahinge,
Kenyatta University, Kenya

Aicha El Alaoui,
Sultan My Slimane University, Morocco

Marija Brajcic,
University of Split, Croatia

Monica Monea,
University of Medicine and Pharmacy of Tîrgu Mureş, Romania

Belen Martinez-Ferrer,
University 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 Borras Pentinat,
Rovira i Virgili University, Spain

Jelena Kasap,
Josip J. Strossmayer University, Croatia

Massimo Mariani,
Libera Universita Mediterranea, Italy

Rachid Sani,
University of Niamey, Niger

Luis Aliaga,
University of Granada, Spain

Robert McGee,
Fayetteville State University, USA

Angel Urbina-Garcia,
University of Hull, United Kingdom

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

Marko Andonov,
American College, Republic of Macedonia

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

Leyla Yilmaz Findik,
Hacettepe University. Turkey

Vlad Monescu,
Transilvania University of Brasov, Romania

Stefano Amelio,
University of Unsubria, Italy

Enida Pulaj,
University of Vlora, Albania

Christian Cave,
University of Paris XI, France

Julius Gathogo,
University of South Africa, South Africa

Claudia Pisoschi,
University of Craiova, Romania

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

Joseph Ntale,
Catholic University of Eastern Africa, Kenya

Kate Litondo,
University of Nairobi, Kenya

Maurice Gning,
Gaston Berger University, Senegal

Katarina Marosevic,
J.J. Strossmayer University, Croatia

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

Syed Shadab,
Jazan University, Saudi Arabia

Koffi Yao Blaise,
University Felix Houphouet Boigny, Ivory Coast

Mario Adelfo Batista Zaldivar,
Technical University of Manabi, Ecuador

Kalidou Seydou,
Gaston Berger University, Senegal

Patrick Chanda,
The University of Zambia, Zambia

Meryem Ait Ouali,
University IBN Tofail, Morocco

Laid Benderradji,
Mohamed Boudiaf University of Msila, Algeria

Amine Daoudi,
University Moulay Ismail, Morocco

Oruam Cadex Marichal Guevara,
University Maximo Gomes Baez, Cuba

Vanya Katarska,
National Military University, Bulgaria

Carmen Maria Zavala Arnal,
University of Zaragoza, Spain

Francisco Gavi Reyes,
Postgraduate College, Mexico

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

Patricia Randrianavony,
University of Antananarivo, Madagascar

Roque V. Mendez,
Texas State University, USA

Kesbi Abdelaziz,
University Hassan II Mohammedia, Morocco

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

Ilknur Bayram,
Ankara University, Turkey

Elenica Pjero,
University Ismail Qemali, Albania

Gokhan Ozer,
Fatih Sultan Mehmet Vakif University, Turkey

Veronica Flores Sanchez,
Technological University of Veracruz, Mexico

Camille Habib,
Lebanese University, Lebanon

Larisa Topka,
Irkutsk State University, Russia

Paul M. Lipowski,
Creighton University, USA

Marie Line Karam,
Lebanese University, Lebanon

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

Mohamed Berradi,
Ibn Tofail University, Morocco

Visnja Lachner,
Josip J. Strossmayer University, Croatia

Sangne Yao Charles,
University Jean Lorougnon Guede, Ivory Coast

Omar Boubker,
University Ibn Zohr, Morocco

Kouame Atta,
University Felix Houphouet Boigny, Ivory Coast

Patience Mpanza,
University of Kinshasa, Congo

Devang Upadhyay,
University of North Carolina at Pembroke, USA

Nyamador Wolali Seth,
University of Lome, Togo

Akmel Meless Simeon,
Ouattara University, Ivory Coast

Mohamed Sadiki,
IBN Tofail University, Morocco

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

Gamal Elgezeery,
Suez University, Egypt

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

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

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

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

Alla Manga,
Universitey 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 Superieure d'Abidjan, Ivory Coast

Sophia Barinova,
University of Haifa, Israel

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

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

Aderewa Amontcha,
Universite d'Abomey-Calavi, Benin

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

Rene Mesias Villacres Borja,
Universidad Estatal De Bolivar, Ecuador

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

Qamil Dika,
Tirana Medical University, Albania

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

Hariti Hakim,
University Alger 3, Algeria

Emel Ceyhun Sabir,
University of Cukurova, Turkey

Salomon Barrezueta Unda,
Universidad Tecnica de Machala, Ecuador

Belkis Zervent Unal,
Cukurova University, Turkey

Elena Krupa,
Kazakh Agency of Applied Ecology, Kazakhstan

Carlos Angel Mendez Peon,
Universidad de Sonora, Mexico

Antonio Solis Lima,
Apizaco Institute Technological, Mexico

Roxana Matefi,
Transilvania University of Brasov, Romania

Bouharati Saddek,
UFAS Setif1 University, Algeria

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

Serigne Modou Sarr,
Universite Alioune DIOP de Bambe, Senegal

Nina Stankous,
National University, USA

Lovergine Saverio,
Tor Vergata University of Rome, Italy

Fekadu Yehuwalashet Maru,
Jigjiga University, Ethiopia

Karima Laamiri,
University of Moulay Ismail, Morocco

Elena Hunt,
Laurentian University, Canada

Sharad K. Soni,
Jawaharlal Nehru University, India

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

Florence Kagendo Muindi,
University of Nairobi, Kenya

Maximo Rossi Malan,
Universidad de la Republica, Uruguay

Haggag Mohamed Haggag,
South Valley University, Egypt

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

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

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

Fernando Paulo Oliveira Magalhaes,
Polytechnic Institute of Leiria, Portugal

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

Stefan Cristian Gherghina,
Bucharest University of Economic Studies, Romania

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

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

Aristide Yemmafouo,
University of Dschang, Cameroon

Gabriel Anibal Monzón,
University of Moron, Argentina

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

Arburim Iseni,
State University of Tetovo, Republic of Macedonia

Raoufou Pierre Radji,
University of Lome, Togo

Juan Carlos Rodriguez Rodriguez,
Universidad de Almeria, Spain

Satoru Suzuki,
Panasonic Corporation, Japan

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

Russell Kabir,
Anglia Ruskin University, UK

Nasreen Khan,
SZABIST, Dubai

Luisa Morales Maure,
University of Panama, Panama

Lipeng Xin,
Xi'an Jiaotong University, China

Harja Maria,
Gheorghe Asachi Technical University of Iasi, Romania

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

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

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

Bertin Desire Soh Fotsing,
University of Dschang, Cameroon

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

Ackoundoun-Nguessan Kouame Sharll,
Ecole Normale Supérieure (ENS), Côte d'Ivoire

Abdelfettah Maouni,
Abdelmalek Essaadi University, Morocco

Alina Stela Resceanu,
University of Craiova, Romania

Alilouch Redouan,
University Abdelmalek Saadi, Morocco

Gnamien Konan Bah Modeste,
Jean Lorougnon Guede University, Côte 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,
Federal University of Rio de Janeiro, Brazil

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

Tabou Talahatou,
University of Abomey-Calavi, Benin

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

Hamidreza Izadi,
Chabahar Maritime University, Iran

Hanaa Ouda Khadri Ahmed Ouda,
Ain Shams University, Egypt

Rachid Ismaili,
Hassan 1 University, Morocco

Tamar Ghutidze,
Ivane Javakhishvili Tbilisi State University, Georgia

Emine Koca,
Ankara Haci Bayram Veli University, Turkey

David Perez Jorge,
University of La Laguna, Spain

Irma Guga,
European University of Tirana, Albania

Jesus Gerardo Martínez del Castillo,
University of Almeria, Spain

Mohammed Mouradi,
Sultan Moulay Slimane University, Morocco

Marco Tilio Ceron Lopez,
Institute of University Studies, Mexico

Mangambu Mokoso Jean De Dieu,
University of Bukavu, Congo

Hadi Sutopo,
Kalbis Institute, Indonesia

Priyantha W. Mudalige,
University of Kelaniya, Sri Lanka

Emmanouil N. Choustoulakis,
University of Peloponnese, Greece

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

Pinnawala Sangasumana,
University of Sri Jayewardenepura, Sri Lanka

Abdelali Kaaouachi,
Mohammed I University, Morocco

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

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

Amaya Epelde Larranaga,
University of Granada, Spain

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

Saly Sambou,
Cheikh Anta Diop University, Senegal

Daniela Di Berardino,
University of Chieti-Pescara, Italy

Dorjana Klosi,
University of Vlore “Ismail Qemali, Albania

Abu Hamja,
Aalborg University, Denmark

Stankovska Gordana,
University of Tetova, Republic of Macedonia

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

Maria Leticia Bautista Diaz,
National Autonomous University, Mexico

Bruno Augusto Sampaio Fuga,
North Parana University, Brazil

Anouar Alami,
Sidi Mohammed Ben Abdellah University, Morocco

Vincenzo Riso,
University of Ferrara, Italy

Janhavi Nagwekar,
St. Michael’s Hospital, Canada

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

Xi Chen,
University of Kentucky, USA

Fateh Mebarek-Oudina,
Skikda University, Algeria

Nadia Mansour,
University of Sousse, Tunisia

Jestoni Dulva Maniago,
Majmaah University, Saudi Arabia

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

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

Enriko Ceko,
Wisdom University, Albania

Laura Fischer,
National Autonomous University of Mexico, Mexico

Mauro Berumen,
Caribbean University, Mexico

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

Maria Carlota,
Autonomous University of Queretaro, Mexico

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

Bhupendra Karki,
University of Louisville, Louisville, USA

Evens Emmanuel,
University of Quisqueya, Haiti

Iresha Madhavi Lakshman,
University of Colombo, Sri Lanka

Francesco Scotognella,
Polytechnic University of Milan, Italy

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

Rawaa Qasha,
University of Mosul, Iraq

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

Hani Nasser Abdelhamid,
Assiut University, Egypt

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

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

Ilenia Farina,
University of Naples "Parthenope", Italy

Luisa Zanolla,
Azienda Ospedaliera Universitaria Verona, Italy

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

Adriana Burlea-Schiopoiu,
University of Craiova, Romania

Alejandro Palafox-Munoz,
University of Quintana Roo, Mexico

Fernando Espinoza Lopez,
Hofstra University, USA

Ammar B. Altemimi,
University of Basrah, Iraq

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

Davide Calandra,
University of Turin, Italy

Nicola Varrone,
University of Campania Luigi Vanvitelli, Italy

Luis Angel Medina Juarez,
University of Sonora, Mexico

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

Sameer Algburi,
Al-Kitab University, Iraq

Braione Pietro,
University of Milano-Bicocca, Italy

Mounia Bendari,
Mohammed VI University, Morocco

Stamatis Papadakis,
University of Crete, Greece

Aleksey Khlopotksiy,
Ukrainian State University of Chemical Technology, Ukraine

Sung-Kun Kim,
Northeastern State University, USA

Nemanja Berber,
University of Novi Sad, Serbia

Krejsa Martin,
Technical University of Ostrava, Czech Republic

Magdalena Vaverkova,
Mendel University in Brno, Czech Republic

Jeewaka Kumara,
University of Peradeniya, Sri Lanka

Antonella Giacosa,
University of Torino, Italy

Paola Clara Leotta,
University of Catania, Italy

Francesco G. Patania,
University of Catania, Italy

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

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

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

Usama Konbr,
Tanta University, Egypt

Branislav Radeljic,
Necmettin Erbakan University, Turkey

Anita Mandaric Vukusic,
University of Split, Croatia

Barbara Cappuzzo,
University of Palermo, Italy

Roman Jimenez Vera,
Juarez Autonomous University of Tabasco, Mexico

Lucia P. Romero Mariscal,
University of Almeria, Spain

Pedro Antonio Martin-Cervantes,
University of Almeria, Spain

Hasan Abd Ali Khudhair,
Southern Technical University, Iraq

Qanqom Amira,
Ibn Zohr University, Morroco

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,
Dnipro Petrovsk State University of Internal Affairs, Ukraine

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

Manotar Tampubolon,
Universitas Kristen, Indonesia

Giacomo Buoncompagni,
LUMSA University of Rome, Italy

Elza Nikoleishvili,
University of Georgia, Georgia

Mohammed Mahmood Mohammed,
University of Baghdad, Iraq

Oudgou Mohamed,
University Sultan Moulay Slimane, Morocco

Arlinda Ymeraj,
European University of Tirana, Albania

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 Esoh 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

Table of Contents:

Negative Effect of Lambda-cyhalothrin (Insecticide) on Alazani River Fish, <i>Luciobarbus Mursa</i>.....	1
<i>Marine Nikolaishvili</i>	
<i>Gogi Jikia</i>	
<i>Magda Davitashvili</i>	
<i>Darejan Margalitashvili</i>	
<i>Tamar Nadiradze</i>	
<i>Lamara Zuroshvili</i>	
 Comportement de Butinage de Trois Abeilles Sauvages (Amegilla sp., Sphecodes albilabris et Lasioglossum albipes) sur les Fleurs Mâles de Zea mays (Poaceae) à Maroua, Cameroun.....	12
<i>Olivier Balti Moudelsia</i>	
<i>Nadine Esther Otiobo Atibita</i>	
<i>Cyril Roméo Heumou</i>	
<i>Joseph Blaise Pando</i>	
<i>Denis Djonwangwe</i>	

Sensibilité des Populations D'Aedes Aegypti des Zones Héveicoles de Dabou (Sud de la Côte d'Ivoire) aux Organophosphorés, aux Pyréthrinoïdes et au Bacillus Thuringiensis Israélensis.....	31
<i>Traore Issouf</i>	
<i>Coulibaly Zanakoungu Ibrahima</i>	
<i>Konan Yao Lucien</i>	
<i>Allali Kouadio Bernard</i>	
<i>Yapi Ahoua</i>	
<i>Mireille Dosso</i>	
Niveaux, Tendances et Déterminants de la Morbidité Palustre des Enfants de Moins de Cinq ans au Burkina Faso de 2010 à 2018.....	49
<i>Tou Gnigassilaga Gildas</i>	
<i>Bouba Djourdebbé Franklin</i>	
<i>Bougma Moussa</i>	
Los Disruptores Endocrinos Como Obesógenos Ambientales: Efectos en Proteínas Adipogénicas Clave.....	77
<i>Fernando Guerrero-Meza</i>	
<i>Paulina Vega-Morales</i>	
<i>Vianey Rubio</i>	
<i>Haydé Vergara-Castañeda</i>	
<i>Ana Sánchez-Tusie</i>	
<i>Marisela Ahumada-Solórzano</i>	
<i>Juan Carlos Solis-Sáinz</i>	
<i>Gabriela Hernández-Puga</i>	

**Diversité et Occurrence des Ravageurs dans les Agroécosystèmes
Maraîchers en Basse Casamance, Sénégal.....104**

Etienne Tendeng

Babacar Labou

El Hadji Serigne Sylla

Amadou Baldé

Mamadou Diatte

Oumar Seydi

Issa Alé Ndiaye

Pape Diop

Serigne Omar Sène

Karamoko Diarra

Saliou Djiba

**Perception Paysanne des Techniques de Conservation des Eaux et des
Sols et de Défense et Restauration des sols (CES/DRS) en Afrique de
l'Ouest : cas du Burkina Faso et du Niger.....121**

Kalifa Coulibaly

Issoufou Baggian

Amadou Zakou

Hassan Bismarck Nacro

**Valorisation Energetique des Dechets Agricoles : cas de la Pomme de
Cajou dans le Département de Tanda (Côte d'Ivoire).....142**

Mangoua-Allali Amenan Lydie Clarisse

Kone Tiangoua

Messou Aman

Nikebie Koffi Olivier Fabrice

Coulibaly Lacina

**Estimates of Genetic Variability in a Collection of Amaranths
(Amaranthus ssp) Cultivated in Burkina Faso.....165**

Ouedraogo Jacques

Kiébré Zakaria

Sawadogo Pingawindé

Kabré Vonogo Nikodème

Kiébré Mariam

Bationo Kando Pauline

**Agromorphological Characterization of Hibiscus sabdariffa L. Collection
from Burkina Faso.....184**

Wendpingrenoma Jocelyne Ouangraoua

Renan Ernest Traore

Boukaré Kabore

Pingawindé Sawadogo

Mahamadou Sawadogo

**Formulation et Fabrication des Suppositoires à Visée Antipaludique à
Base du Beurre de Karité Contenant Artémisia annua Cultivé à L'ouest
Cameroun.....204**

Lionel Tematio Nague

Emmanuel Mpondio

Emmanuel Nnanga Nga

Clautaire Mwebi Ekengoue

Richard Vivien Youagam

Importance Socioéconomique et Ethnomédicinale de <i>Haematostaphis barteri</i> Hook F. dans les Localités de Bidzar, Figuil, Boula-ibbi et Lagam, Nord-Cameroun.....	227
<i>Tsobou Roger</i>	
<i>Fawa Guidawa</i>	
<i>Tiokeng Bertine</i>	
<i>Anouma'a Mariette</i>	
<i>Dawai Richard</i>	
<i>Sonkoué Njiméli Patrick</i>	
<i>Mapongmetsem Pierre-Marie</i>	
Impact de la Variabililité Climatique sur les Calendriers Agricoles dans la Sous-prefecture de Vavoua (Centre-Ouest Ivoirien).....	255
<i>Adou Aka Giscard</i>	
<i>N'da Kouadio Christophe</i>	
<i>Attah Abinan Romaric Rodolphe</i>	
Les Amandes Nues des Graines de <i>Detarium microcarpum</i> Guill. et Perr. (Fabaceae) Récoltées en Zone Soudanienne Assurent une Bonne Germination en Pépinière au Bénin, Afrique de l'Ouest.....	275
<i>Théophile Abaro Sinadouwirou</i>	
<i>Pélagie Eméline Assede</i>	
<i>Orou Hidirou</i>	
<i>Kouagou M'mouyoum</i>	
<i>Dicko Aliou</i>	
<i>Biaou Samadori Honoré</i>	
<i>Natta Kuyéma Armand</i>	

**Analyse de Quelques Caractéristiques de la Filière Maraichage dans
Trois Provinces du Gabon.....296**

Claude Gnacadja

Armel Mouketou

Ephrem Nzangue

Chamfort Biroungou

Jacques François Mavoungou

**Effet de la Profondeur de Semis des Semences sur la Qualité Germinative
des Graines de *Pterocarpus Erinaceus* Poir., 1804 (Fabaceae).....330**

Houphouet Yao Patrice

Kouassi Kouadio Henri

Adji Beda Innocent

Akaffou Doffou Sélastique

Duminil Jérôme

Sabatier Sylvie Annabel

**Perfil Epidemiológico del Personal de Enfermería del Hospital General
de Querétaro Positivo a Covid-19.....343**

Karla Guadalupe Gudiño Villalobos

Nephthys López Sánchez

Alberto Juárez-Lira

**Dynamique Saisonnière de Nedotepa curta (Homoptera, Cicadellidae) et
Proutista fritillaris (Homoptera, Derbidae), Potentiels Vecteurs du
Phytoplasme de la Maladie du Jaunissement Mortel du Cocotier de
Grand-Lahou (Côte d'Ivoire).....351**

N'Djiha Isabelle Beugré

Franceline Doh

Aubin Silvère Djiwha Danon

Kouassi Allou

Mamadou Dagnogo

**Efficacité et Rentabilité de L'utilisation du Compost à Base de Fiente de
Poulet dans la Production de Plants d'hévéa de Pépinière en
Sac.....366**

Essehi Jean Lopez

Adolphe Mahyao Germain

Adou Bini Yao Christophe

Obouayeba Samuel

**Violence Obstétricale dans la Ville de Tanguiéta au Bénin en
2019.....387**

Atade Sèdjro Raoul

Obossou Achille Awadé Afoukou

Sidi Rachidi Imorou

Vodouhe Mahublo Vinadou

Soule Garia Fassia

Gbaguidi Houéfa Gloria

Hounkponou Ahouingnan Fanny Maryline Nouessèwa

Salifou Badariyatou

Salifou Kabibou

Negative Effect of Lambda-cyhalothrin (Insecticide) on Alazani River Fish, *Luciobarbus Mursa*

Marine Nikolaishvili, Full Professor

Gogi Jikia, Assistant Professor

Ivane Beritashvili Center of Experimental Biomedicine, Georgia

Magda Davitashvili, Full Professor

Darejan Margalitashvili, Assistant Professor

Tamar Nadiradze, Full Professor

Lamara Zuroshvili, Associate Professor

Iakob Gogebashvili Telavi State University, Georgia

[Doi:10.19044/esj.2022.v18n27p1](https://doi.org/10.19044/esj.2022.v18n27p1)

Submitted: 01 March 2022

Copyright 2022 Author(s)

Accepted: 29 July 2022

Under Creative Commons BY-NC-ND

Published: 31 August 2022

4.0 OPEN ACCESS

Cite As:

Nikolaishvili M., Jikia G., Davitashvili M., Margalitashvili D., Nadiradze T. & Zuroshvili L. (2022). *Negative Effect of Lambda-cyhalothrin (Insecticide) on Alazani River Fish, *Luciobarbus Mursa**. European Scientific Journal, ESJ, 18 (27), 1.

<https://doi.org/10.19044/esj.2022.v18n27p1>

Abstract

Pesticides are complex organic substances that are an important source of water pollution. Using pesticides is one of the important actions for harvest protection. This, however, does not negate the fact that its usage can result to negative consequences as well. The study of toxic action of lambda-cigalotrin (the piretroid of the insecticides which is included in icons, karate, commodore, samurai) on quantitative contents of fatty acids and structural lipids in muscle, gills, liver, and in the brain of fishes in river Alazani was carried out. Based on the actual material, one can conclude that intoxication of the fish tissues with lambda-cyhalotrin processes appear, which stimulates oxidation of free radicals of structural lipids. The peroxides of the initiators of free radicals are formed, which stimulate lipid per oxidation. Exposure to insecticides caused an induction of antioxidant enzyme activities indicating the activation of the insecticides detoxification pathways and the antioxidant defenses. The non-protein sulphydryl groups increased to $1,75 \pm 0,109$ compared to the control ($1,04 \pm 0,123$), while the total sulphydryl groups statistically increased to $39,16 \pm 1,44$ compared to the control ($34,00 \pm 1,22$).

This indicates an increase in the concentration of protein and total sulphydryl groups compared to controls. The study also identified that excess amounts of insecticides in the tissues disrupts the biochemical parameters. These changes may be potentially disruptive for the survivability of fish in natural resources. This fact should thus be taken into consideration when this insecticide is used for pest control in agriculture fields surrounding surface water and ground water resources.

Keywords: Pesticides, fatty acids, sulphydryl groups, oxidative stress, fish

Introduction

Water pollution is an important environmental, ecological, and microbiological problem. As a result of anthropogenic influence, various biogenic or toxic compounds that are discharged into reservoirs destroy the balance in ecosystem which reduces their self-cleaning ability (Sabinova, 2003). Pesticides are complex organic substances that are an important source of water pollution. Most modern pesticides are highly toxic compounds for the components of ecological systems (Chantladze, 1997). Due to environmental pollution, water consumed by humans can contain both a large amount of toxic chemicals (pesticides) and organic compounds used as fertilizers. The river Alazani is the largest river in eastern Georgia. It partially flows through Azerbaijan, along the border of this country. The length of it is 390 km, basin area is 11, 800 m, and average water consumption is 98 cubic/sec (Supatashvili, 2003; Beruchashvili, 2000). The river Alazani possesses a rich diversity of fish species such as catfish, gobi, trout, chanari, carp, river goby, and Barbus mursa.

While monitoring waters of Alazani River in eastern Georgia, it was found that some pesticide products used in the fields to protect agricultural crops and grapes from pests get into the water (Finenko et al., 2001; Zhou, 2007). Furthermore, the effect of the combined pesticide Lambda –cyhalothrin on quantitative distribution of lipids in tissues, gills, brain, and liver of fish was studied. The study was carried out using fish mursa (Barbus mursa), which is easily found in Alazani river and is characterized by slow zonal movement (Buchgraber et al., 2004). Biochemical processes occurring in fish due to water contamination with mineral fertilizers and pesticides were also investigated. Some uncharacteristic processes in fish organism and changes in lipid concentration caused by pesticide effect were revealed (Anudurga, Gajendiran & Jayanthi, 2018; Amit Kumar et al., 2008). The level of changes in lipid components and fatty acids in the fish organs were determined also (Ralf et al., 2011). Therefore, it is established that toxins lead to oxidative processes and the formation of free radicals in various tissues, resulting in oxidative stress (Sameeh et al., 2009).

The knowledge of oxidative stress in fish has a great importance for environmental and aquatic toxicology (Konstantinou et al., 2006). This is because oxidative stress is evoked by many chemicals, including some pesticides. More so, the action of pro-oxidant factors in fish organism can be used to assess specific area pollution (Köprücü et al., 2004). Since the fish brain contains a large amount of lipids, lipid oxidation often proceeds through oxidative mechanisms. In addition, oxidative stress damages cellular components and acts at the molecular level, thereby changing the structure of nucleic acids, lipids, proteins, and carbohydrates.

It is known from the literature that protein cysteine thiols respond to the cellular redox state. They can oxidize and inhibit thiol-proteins and enzymes and therefore have antioxidant action. Since the brain contains a large amount of lipid content, lipid oxidation is more common in oxidative mechanisms (Jin et al., 2013).

The use of insecticides blocks the action of enzyme acetylcholinesterase, which results in signs and symptoms of intensive cholinergic stimulation (Orlov, 2002; Schulz, 2004). Organochlorines are neurotoxins which have an effect on sodium and potassium channels in neurons. Decrease of potassium permeability and inhibition of cadmodulin, as well as Na/K and Ca-ATPase activity occur by organochlorine insecticides. Toxicity of insecticides results in alterations of the metabolic and vital functions of the cells.

Materials and Methods

Fishing was performed at Khaxeti region in summer River alazani. Fish catching was done with a fyke net (double 3-m wings, funnel 3.04 m, height 0.69 m, 4-mm nylon mesh), and it was set during daytime (length 40 cm, height 25 cm, width 25 cm, 4-mm nylon mesh, mouths on both sides with 6-cm diameter, fish sausages for bait). The fishes were about 200 to 250 g in weight and 24 to 30 cm in total length (Elanidze, 1983; Shankar et al., 2013). They were collected seasonally during a period extending from August 2017 - 2018. This is as a result of the possible levels of pollution and water use in the selected control areas when there was an accumulation of toxicants in the liver, brain, and gills of fish tissues.

The chemical reagents which used antioxidative activity, structural lipids, and fatty acids in the current study were purchased from Sigma aldrich St. Louis, MO, USA. These include lipid standards [dodecanoic (lauric, C12:0), hexadecanoic (palmitic, C16:0), octadecanoic (stearic, C18:0), 9(Z)-octadecenoic (oleic, C18:1), 9(Z),12(Z)-octadecadienoic (linoleic, C18:2), 9(Z),12(Z),15(Z)-octadecatrienoic (linolenic, C18:3) and 4(Z),7(Z),10(Z),13(Z),16(Z),19(Z)-docosahexaenoic (cervonic, C22:6) acids], monoacylglycerols (MAGs; monoolein), diacylglycerols (DAGs; 1,3-

dilinolein), and TAGs (tripalmitin and trilinolein). All lipid standards were stored at -80°C . Normal-phase high-performance liquid chromatography (NP-HPLC) method is introduced for the identification and quantitative estimation of lipid classes, including free fatty acids and cholesterol (Schaefer et al., 2003; Nikolova et al., 2001). The HPLC separation is carried out on a LiChrospher Diol (100 A, 5 microm, 125 mm x 3 mm) column with gradient elution (isoctane/0.1% acetic acid in tert-butyl methyl ether) and evaporative light scattering detection (ELSD). The method has been calibrated with representatives of each class in working ranges of about 5-150 mg/l, depending on the lipid class (Fuchs, 2011; Lin, 2007).

According to the method of Sedlak and Lindsay (1968), fish brain nonprotein sulfhydryl (NP-SH) groups were measured after homogenization in ice- cold ethylenediaminetetraacetic acid (EDTA, 0.02 M). The homogenate (5 mL) was mixed with distilled water (4 mL) and TCA (50%, 1 mL), which was shaken for 10 minutes and then centrifuged. A supernatant (2 mL) was mixed with Tris buffer (4 mL, 0.4 mol/L, pH 8.9) and 5, 5'-dithiobis-(2-nitrobenzoic acid) (DTNB, 0.1 mL) was then added and shaken. The assay is based on a colorimetric method with a tetrazolium salt that is reduced by superoxide anions (O_2^-) to form a formazan dye.

Data Processing and Analysis

The significance between control and results of the biochemical analysis was statistically analyzed by Student's "t" Test. The data values were expressed as mean \pm standard error (M \pm SE) (Catherine, 2001).

Results and Discussion

The following components reveal different sensitiveness in the intoxication process: phosphatidylcholine, lysophosphatidylcholine, stearins, sphingomyelin, phosphatidylethanolamines, glycerides in the gills and fatty acids, glycerides, stearins, sphingomyelin, and phosphatidylcholine in the liver (Buchgraber et al., 2004). As shown in Table 1, Figure 1, and Figure 2, lipid components are characteristic of all organs. Nonetheless, ceratin regularity for Lambda-cyhalotrin is seen in certain amounts of fatty acids, stearins, phosphatidylethanolamine, and lysophosphatidylcholine.

Table 1. Quantitative changes of lipid components in the gills and liver $p<0.001$

organs of fishes	phosphatidylcholine		Lysophosphatidylcholine		stearins		phosphatidylethanolamines		Glycerides	
	Contr.	Exp.	Contr.	Exp.	Contr.	Exp.	Contr.	Exp.	Contr.	Exp.
Gills	20±0.001	23±0.001	15±0.003	18±0.001	20±0.001	25±0.001	22±0.001	27±0.003	16±0.001	20±0.002
Liver	26±0.001	30±0.002	20±0.002	25±0.002	27±0.001	35±0.004	25±0.003	37,5±0.005	23±0.001	33±0.002

Note: ** $p<0.001$. $n=28$ (14 in each group)

On the basis of the obtained data, it can be noted that in the case of lambda-cigalitrin intoxication, the lipid modification process was not limited to the target of any particular organ. However, an adaptive reaction of the organism was represented. It is also known from the literature that saturated and unsaturated fatty acids take part in free radical oxidation processes. Therefore, the study of changes in the ratio of unsaturated and saturated fatty acids during fish intoxication with phenol was significantly important. The amount of unsaturated fatty acids increases, and the amount of saturated fatty acids decreases. In addition, unsaturated fatty acids are devoid of structural stabilization and are easily subjected to free radical oxidation, resulting in products such as lipid residues that cause periodic convulsions in fish and partial loss of orientation reflexes. This is because the gills increase 1.8 times and 2 times in the liver. Thus, it can be stated that during the intoxication by lambda-cyhalotrin, initiators of phospholipid peroxidation become more active. Also, it is quite possible for superoxide forms of oxygen to be initiators of cytomembrane lipid peroxidation.

Table 2. Conversion of unsaturated and saturated fatty acids in fish liver $p<0.05$

Fish liver	Control	Experiment
Lauric acid	1,9± 1.01	5,5 ± 1.01
Myristic acid	4,4 ± 1.3	6,6 ± 2.01
Palmitic acid	6,4 ± 2.1	8,1 ± 2.02
Stearic acid	3,1 ± 1.01	4,7 ± 1.01
Oleic acid	18,2 ± 3.01	21,2 ± 3.02
Linoleic acid	42,6 ± 4.03	51,4 ± 4.01
Araachic acid	2,5 ± 1.01	3,1 ± 1.01

Note: ** $p<0.05$. $n=28$ (14 in each group)

Based on the actual material, one can conclude that intoxication of the fish tissues with lambda-cyhalotrin processes appear, which stimulate the oxidation of free radicals of structural lipids. Hence, peroxides of the initiators of free radicals are formed, which also stimulate lipid peroxidation (Christopher et al., 2010). Activation of free radical oxidation takes place and as a result of decrease of the regulation system activity, the lipoperoxidants are formed. They are uncharacteristic of normal vital functions, which

negatively affect hydrobiontmetabolic processes and results in cell lysis of fish.

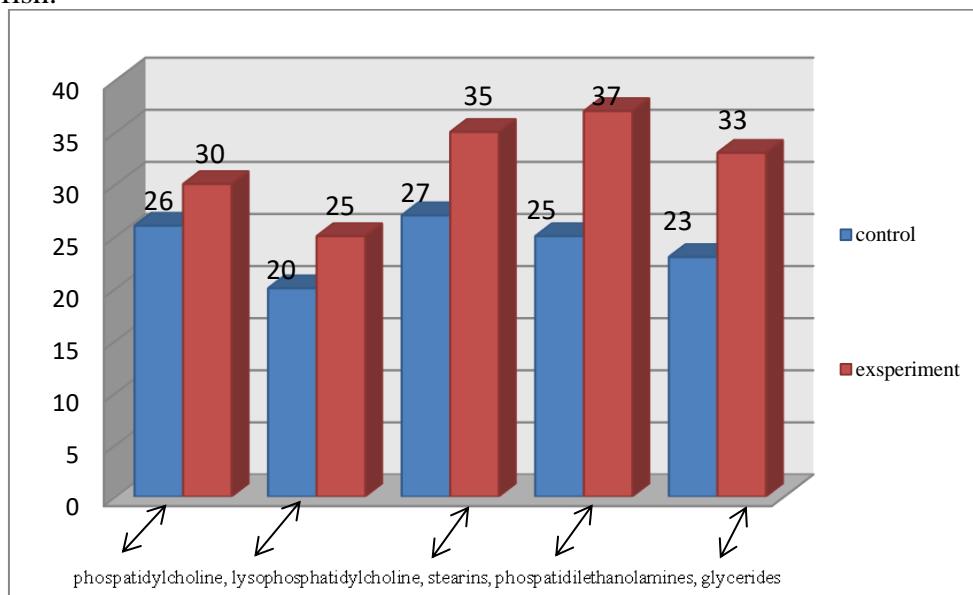


Figure 1. Quantitative change of lipid components fish liver (M±SE)

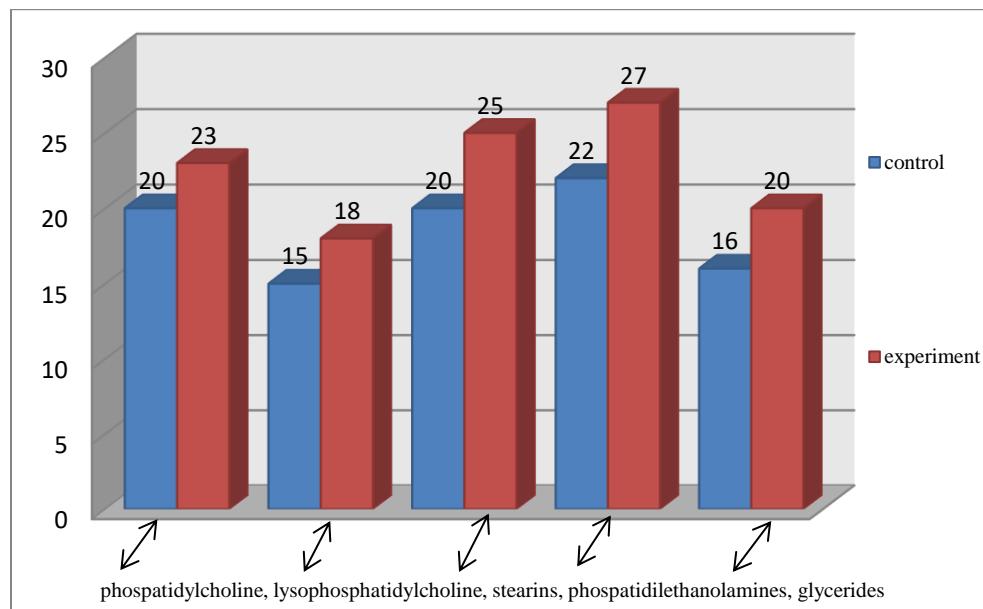


Figure 2. Quantitative change of lipid components fish gills (M±SE)

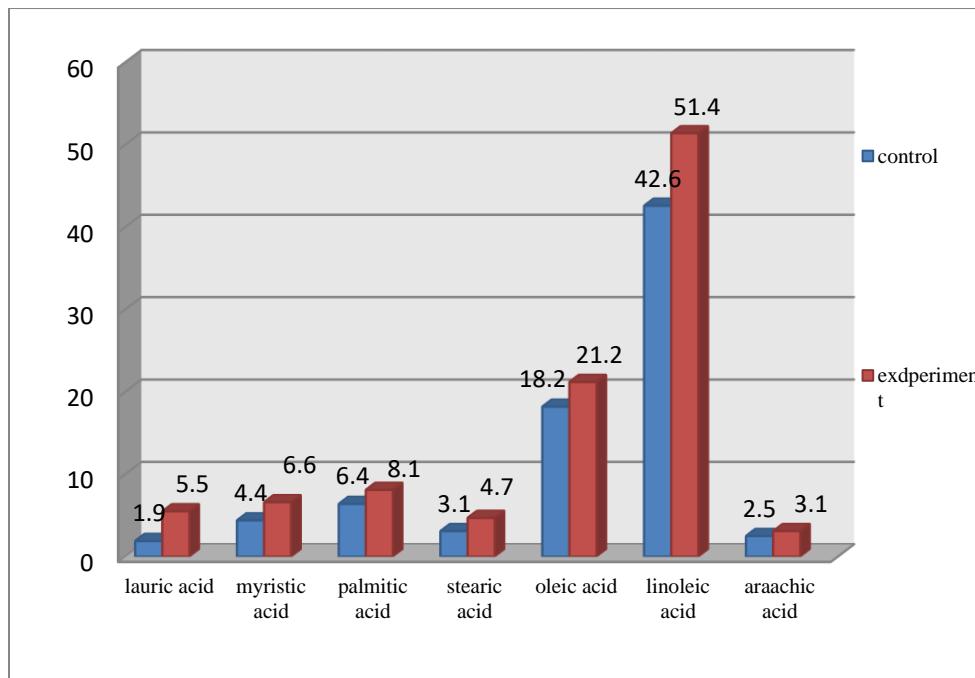


Figure 3. Quantitative change of saturated and unsaturated fatty acids in liver (M±SE)

Consequently, when oxidants increase in the cell, thiol-disulfide is involved in redox regulation. These redox-sensitive mechanisms are involved in redox various changes, including cell hypoxia. Under hypoxic conditions, the concentration of thiols decreases. This is due to the association of metabolites produced during the recovery of hypoxia with glutathione (GSH), a cellular nonprotein thiols (NPSH). Thus, the metabolites react with GSH instead of oxygen. When cellular thiols are depleted, peroxide is produced and excessive oxidative stress leads to cell death (Yang et al., 2020; Winston, 1991).

This study focused on identifying the quantitative changes in non-protein and total (protein) sulfhydryl groups. The concentration of SH-groups in the fish brain was also determined, which is shown in Table 3 below.

Table 3. Non-protein and Common sulfhydryl groups

Fish brain	Control	Study lambda-cyhalothrin
Non-protein sulfhydryl groups	$1,04 \pm 0,123$	$1,75 \pm 0,109$
Common sulfhydryl groups	$34,00 \pm 1,22$	$39,16 \pm 1,44$

Note: ** $p < 0.05$. $n=28$ (14 in each group)

Consequently, non-protein sulfhydryl groups increased to $1,75 \pm 0,109$ compared to the control ($1,04 \pm 0,123$). On the other hand, the total sulfhydryl groups increased statistically to $39,16 \pm 1,44$ compared to the control ($34,00$

± 1,22). This indicates an increase in the concentration of protein and total sulphydryl groups compared to controls.

The use of insecticides blocks the actions of enzyme acetylcholinesterase, which results in signs and symptoms of intensive cholinergic stimulation (Niamul et al., 2019). Organochlorines are neurotoxins which have an effect on sodium and potassium channels in neurons. Decrease of potassium permeability and inhibition of cadmodulin, as well as Na/K and Ca-ATPase activity occur by organochlorine insecticides. Pyrethroids can block Na channel and affect the function of GABA-receptors in nerve fiber. Oxidative stress is another mechanism for toxicity of insecticides resulting in cell death, cellular necrosis and apoptosis, and dysfunction in cellular physiology. Alterations can further develop in metabolic and vital functions of the cells.

Conclusion

Pesticides were introduced by the population under the violation of standardization. Accumulate in the soil and bottom sediment negatively affects the food cycle of living systems existing in the river. Pesticides also affect the hydrobiont, which causes intoxication and oxidative stress. This damages the cellular components and acts at the molecular level, thereby changing the structure of nucleic acids, lipids, proteins, and carbohydrates. Intoxication of the fish barrel with lambda-cyhalothrin forms the conditions that stimulate free radical oxidation of structural lipids, which leads to the development of lipoperoxidates that are not typical for normal vitality. This in turn negatively influences the metabolic processes of hydrobionts and causes cellular lysis that finally leads to death. Also the number of non-protein and total sulphydryl groups (SH group) increased significantly in experimental group compared to control group.

Exposure to insecticides, firstly, caused an induction of antioxidant enzyme activities indicating the activation of the insecticides detoxification pathways and the antioxidant defenses. However, excess amount of insecticides in the tissues disrupts the biochemical parameters. These changes may be potentially disruptive for the survivability of fish in natural resources. Therefore, this fact should be taken into consideration when this insecticide is used for pest control in agriculture fields surrounding surface water and ground water resources.

References:

1. Amit, K., Bechan, S., & Shankar, R. (2008). Pandey Cypermethrin and λ -cyhalothrin induced alterations in nucleic acids and protein contents in a freshwater fish, *Channa punctatus*. Fish Physiology and Biochemistry volume 34, pages 331–338.

2. Anudurga, G. & Jayanthi, A. (2018). An overview of pyrethroid insecticides. *Frontiers in Biology* volume 13, pages79–90.
3. Beruchashvili, N. L. (2000). Georgia's biodiversity against a global background. In: *Biological and landscape diversity of Georgia*. WWF, Tbilisi, pp 7–20.
4. Buchgraber, M., Ulberth, F., Emons, H., & Anklam, E. (2004). Triacylglycerol profiling by using chromatographic techniques. *Eur. J. Lipid Sci. Technol.*, 106, 621-648 (DOI: 10.1002/ejlt.200400986).
5. Chantladze, Z. I. (1997). Hydrochemistry of river waters of the Georgian SSR under conditions of anthropogenic impact. *Hidrometeoizdat*, Leningrad. p p. 56-61.
6. Christopher, D.N., Wazir, S.L., Naresh, S.N., Ravindra, K., Basdeo, K., & Satish, KS. (2010). Toxicity of the Herbicide Atrazine: Effects on Lipid Peroxidation and Activities of Antioxidant Enzymes in the Freshwater Fish *Channa Punctatus* (Bloch). *International Journal of Environmental Research and Public Health*. Vol. 7 Issue 8. Pp. 3298–3312. <https://doi.org/10.3390/ijerph7083298>.
7. Catherine, A. P. (2001). *Statistics for Analysis of Experimental Data*. Department of Civil and Environmental Engineering .Princeton University . Princeton, NJ 0854.
8. Damyanova, B. & Momchilova, S. (2001). Silver ion HPLC for the analysis of positionally isomeric fatty acids .Journl of Liquid Chromatography and Related Technology.– Vol. 24. – P.p 1447-1466
9. Elanidze, R. F. (1983). Ichthyofauna of rivers and lakes of Georgia. Tbilisi: Metsniereba. 318 p.
10. Fuchs, B., Süß, R., Teuber, K., Eibisch, M., & Schiller, J. (2011). “Lipid analysis by thin-layer chromatography—a review of the current state,” *Journal of Chromatography A*, vol. 1218, no. 19, pp. 2754–2774
11. Finenko, G., Anninsky, B., Romanova, Z et al. (2001). Chemical composition, respiration and feeding rates of the new alien ctenophore, *Beroe ovata*, in the Black Sea. *Hydrobiologia*, Vol. 451, 1-3: 177–186.
12. Jin, Y., Wang, J., Pan, X., Wang, L., & Fu, Z. (2013). “*cis*-Bifenthrin enantioselectively induces hepatic oxidative stress in mice,” *Pesticide Biochemistry and Physiology*, vol. 107, no. 1, pp. 61–67.
13. Köprücü, K. & Aydin, R. (2004). The toxic effects of pyrethroid deltamethrin on the common carp (*Cyprinus carpio* L.) embryos and larvae. *Pesticide Biochemistry and Physiology* 80:47–53. doi:10.1016/j.pestbp.2004.05.004
14. Konstantinou, I. K., Hela, D.G., & Albanis, T.A. (2006). The status of pesticide pollution in surface waters (rivers and lakes) of Greece. Part

- I. Review on occurrence and levels. Environmental Pollution 141(3): 555–570.
15. Lin, J.T. (2007). HPLC Separation of Acyl Lipid Classes Journal of Liquid Chromatography & Related Technologies, Volume 30, - Issue 14. doi.org/10.1080/10826070701435020.
16. Md Niamul, H., Hye-Jin, E., Sang-Eun, N., Yun Kyung, S., & Jae-Sung, R., (2019). Chlorothalonil induces oxidative stress and reduces enzymatic activities of Na⁺/K⁺-ATPase and acetylcholinesterase in gill tissues of marine bivalves. PLoS ONE 14(4) DOI: 10.1371/journal.pone.0214236.
17. Orlov, D., Sadovnikov, L., & Lozanovskaya, I. (2002). Ecology and biosphere protection *at* chemical pollution. Higher School, Moscow, pp 116–143.
18. Ralf, B., Schäfer, I., Paul, J., van den Brink, & Matthias L. (2011). Impacts of Pesticides on Freshwater Ecosystems Ecological Impacts of Toxic Chemicals, pp 111-137.
19. Schaefer, A., Küchler, T., Simat, T. J., & Steinhart, H. (2003). Migration of lubricants from food packaging's. Screening for lipid classes and quantitative estimation using normal-phase liquid chromatographic separation with evaporative light scattering detection. Chromatogr. Journal of Chromatography A. Volume 1017, Issues 1–2, 31 Pp. 107-116.
20. Shankar Murthy, K., Kiran, B.R., & Venkateshwarlu, M. (2013). A review on toxicity of pesticides in Fish. International Journal of Open Scientific Research Vol.1, No.1, pp15-36.
21. Sabinova, Z.F., Fattakhova, N.F., Karchava, G.V., & Pinigin, M.A. (2003). Assessment of the potential danger to public health of environmental pollution. Journal of Hygiene and Sanitation.vol 2 .pp 74-76.
22. Sedlak, J. & Lindsay, R. H. (1968). Estimation of total, protein-bound and non-protein sulphydryl groups in tissue with Ellman's reagent. Anal Biochem 25:192–205
23. Supatashvili, G. D. (2003). Hydrochemistry of Georgia. Tbilisi State University press.
24. Sameeh, A.M. & Abdel-Tawab, H.M. (2009). “Lipid peroxidation and oxidative stress in rat erythrocytes induced by chlorpyrifos and the protective effect of zinc,” Pesticide Biochemistry and Physiology, vol. 93, no. 1, pp. 34–39, doi.org/10.1016/j.pestbp.2008.09.004.
25. Schulz, R. F. (2004). studies on exposure, effects, and risk mitigation of aquatic nonpoint-source insecticide pollution: Journal of Environmental Quality 33(2):419-48 DOI:10.2134/jeq2004.0419

26. Winston, G., Richard, W., & Di Giulio, T. (1991). Prooxidant and antioxidant mechanisms in aquatic organisms. *Aquatic Toxicology*. Volume 19, Issue 2 Pages 137-161.
27. Yang, C., Lim, W., & Song, G. (2020). Mediation of oxidative stress toxicity induced by pyrethroid pesticides in fish. *Comparative Biochemistry and Physiology Part - C: Toxicology and Pharmacology*, 234,[108758]. <https://doi.org/10.1016/j.cbpc.2020.108758>.
28. Zhou, R., Zhu, L., & Kong, Q. (2007). Persistent chlorinated pesticides in fish species from Qiantang River in East China. *Chemosphere*. Vol 68(5): pp. 838-847. DOI: 10.1016/j.chemosphere.2007.02.021.

Comportement de Butinage de Trois Abeilles Sauvages (*Amegilla* sp., *Sphecodes albilabris* et *Lasioglossum albipes*) sur les Fleurs Mâles de *Zea mays* (Poaceae) à Maroua, Cameroun

Olivier Balti Moudelsia, Doctorant

Département des Sciences Biologiques, Faculté des Sciences,
Université de Maroua, Cameroun

Nadine Esther Otiobo Atibita, Chargé de Cours

Département de Sciences biologiques, Faculté des Sciences,
Université de Bamenda, Cameroun

Cyril Roméo Heumou, Chargé de Cours

Département de Biologie, Ecole Normale Supérieure,
Université de Bamenda, Cameroun

Joseph Blaise Pando, Maître de Conférences

Denis Djonwangwe, Maître de Conférences

Département des Sciences de la Vie et de la Terre,
Ecole Normale Supérieure, Université de Maroua, Cameroun

[Doi:10.19044/esj.2022.v18n27p12](https://doi.org/10.19044/esj.2022.v18n27p12)

Submitted: 10 March 2022

Copyright 2022 Author(s)

Accepted: 05 August 2022

Under Creative Commons BY-NC-ND

Published: 31 August 2022

4.0 OPEN ACCESS

Cite As:

Moudelsia O. B., Atibita N.E.O., Heumou C.R., Pando J.B. & Djonwangwe D. (2022). *Comportement de Butinage de Trois Abeilles Sauvages (Amegilla sp., Sphecodes albilabris et Lasioglossum albipes) sur les Fleurs Mâles de Zea mays (Poaceae) à Maroua, Cameroun*. European Scientific Journal, ESJ, 18 (27), 12. <https://doi.org/10.19044/esj.2022.v18n27p12>

Résumé

A Maroua-Cameroun, la fréquence, les activités de butinage de *Amegilla* sp., *Sphecodes albilabris* et *Lasioglossum albipes* et l'impact de facteurs climatiques sur les activités de ces abeilles sauvages ont été fait sur les panicules de 160 plantes de *Zea mays*. 10425 visites de ces abeilles ont été recensées dans l'ensemble. *Amegilla* sp. a été l'abeille la plus fréquente avec 97,76 % de visites, suivi de *L. albipes* avec 1,37 % et *S. albilabris* avec 0,87 %. Ces abeilles ont récolté exclusivement le pollen de 6 heures à 11heures avec un pic d'activité de visites situé entre 6h et 7h. La durée moyenne de visites a été de 11,72 sec, 5,88 sec et 7,28 sec pour *Amegilla* sp., *S. albilabris* et *L. albipes* respectivement. La vitesse moyenne a été de 12,55 épillets/min,

20,30 épillets/min et 23,03 épillets/min respectivement pour *Amegilla* sp., *S. albilabris* et *L. albipes*. L'abondance/épillet a été d'un individu pour chaque abeille étudiée ; 3,64 individus/panicule pour *Amegilla* sp., 1,68 individus/panicule pour *S. albilabris* et 1,82 individus/panicule pour *L. albipes*. Les résultats correspondants par 1000 épillets sont de 9,79, 5,57 et 6,63 pour *Amegilla* sp., *S. albilabris* et *L. albipes* respectivement. Durant l'investigation, 132 visites (1,29%) de ces abeilles ont été interrompues soit par des prédateurs comme *Trichinothorax* sp. et (Eumeninae) sp. et/ou de congénères par approche de la fleur préalablement occupée. Les pluies, les vents violents et la température élevée ont eu un impact négatif sur l'activité de ces abeilles au niveau des panicules de cette Poaceae.

Mots clés : *Zea mays*, panicules, activités, abeilles sauvages, Maroua

Foraging behavior of three wild bees (*Amegilla* sp., *Sphecodes albilabris* and *Lasioglossum albipes*) on male flowers of *Zea mays* (Poaceae) at Maroua, Cameroon

Olivier Balti Moudelsia, Doctorant

Département des Sciences Biologiques, Faculté des Sciences,
Université de Maroua, Cameroun

Nadine Esther Otiobo Atibita, Chargé de Cours

Département de Sciences biologiques, Faculté des Sciences,
Université de Bamenda, Cameroun

Cyril Roméo Heumou, Chargé de Cours

Département de Biologie, Ecole Normale Supérieure,
Université de Bamenda, Cameroun

Joseph Blaise Pando, Maître de Conférences

Denis Djonwangwe, Maître de Conférences

Département des Sciences de la Vie et de la Terre,
Ecole Normale Supérieure, Université de Maroua, Cameroun

Abstract

At Maroua-Cameroun, the frequency, foraging activities of *Amegilla* sp., *Sphecodes albilabris* and *Lasioglossum albipes* and the impact of climatic factors on the activity of these wild bees were made on the panicles of 160 plants of *Zea mays*. 10425 visits of these bees were recorded overall. *Amegilla* sp. is been the most frequent bee with 97.76% visits, followed by *L. albipes* with 1.37% and *S. albilabris* with 0.87%. These bees are collected pollen exclusively from 6 a.m. to 11 a.m. with a peak of activity visits between 6 a.m.

and 7 a.m. The mean duration visits were 11.72 sec, 5.88 sec and 7.28 sec of *Amegilla* sp., *S. albilabris* and *L. albipes* respectively. The mean foraging speed has been 12.55 spikelets/min, 20.30 spikelets/min and 23.03 spikelets/min respectively for *Amegilla* sp., *S. albilabris* and *L. albipes*. The abundance/spikelet has been of one individual for each bee studied; 3.64 individuals/panicle for *Amegilla* sp., 1.68 individuals/panicle for *S. albilabris* and 1.82 individuals/panicle for *L. albipes*. The corresponding results per 1000 spikelets are 9.79, 5.57 and 6.63 for *Amegilla* sp., *S. albilabris* and *L. albipes* respectively. During the investigation, 132 visits (1.29%) of these bees were interrupted by either predator such as *Trichinothorax* sp. and (Eumeninae) sp. and/or congeners by approaching the previously occupied flower. The rains, strong winds and high temperature had a negative impact on the activity of these bees in the panicles of this Poaceae.

Keywords: *Zea mays*, panicles, activity, wild bees, Maroua

Introduction

Le maïs encore appelé « blé de Turquie » est une plante tropicale herbacée annuelle de la famille des Poaceae, d'origine Mexicaine dont le cycle de développement varie de 90 à 150 jours selon la variété (Iltis & Doebley, 1980 ; Valdeyron, 1984 ; Westphal, 1985). Il s'est peu à peu répandu à travers toute l'Amérique puis, après la découverte de l'Amérique, à travers l'Europe et les autres continents (Galinat, 1992). C'est la première céréale cultivée dans le monde en termes de quantité et de surface, devant le blé et le riz (Marceau, 2010).

Les utilisations du maïs sont nettement différenciées en fonction du niveau économique des pays (FAO, 2014). Dans les pays sous-développés, le maïs est surtout destiné directement à la consommation humaine sous forme d'épis immatures, de farine ou de semoules selon Sauvaire (1987). En revanche, dans les pays développés, il constitue une matière primordiale pour la production d'aliments pour bétail, l'industrie de la semoule et celle de l'amidon (Hamel and Dorff 2014). Ses débouchés sont très diversifiés: produits alimentaires, chimiques, pharmaceutiques, textiles et papetiers (Hamel & Dorff, 2014).

D'après la FAO (2014), la production mondiale de grains de maïs est évaluée à 885,3 millions de tonnes. Celle du Cameroun est estimée à 1647767 tonnes selon MINADER (2012). Cette production est insuffisante pour satisfaire la demande de ce pays qui est estimée à 3143116 tonnes (DSCE, 2009). Pour combler ce déficit afin de faire fonctionner ses agro-industries de façon optimale, le Cameroun est contraint d'importer du maïs (FAO, 2014).

Le maïs est une espèce largement allogame du fait de la séparation verticale des organes mâles et femelles et de la précocité de la floraison mâle

par rapport à la floraison femelle 95 % des grains sont le fruit d'une fécondation croisée (Poehlman, 1959). De par le monde, les productions scientifiques concernant les relations entre *Z. mays* et les insectes sur la panicule de cette Poaceae existent (Vallardir, 1964, McGregor 1976, Zandonella 1984). Pauly (1984) au Burkina-Faso, Phaya (1985) en Thaïlande et Fichtl & Adi (1994) en Ethiopie ont montré que les fleurs mâles de cette plante sont visités par *Lipotriches rubella* et *Apis mellifera* pour récolter exclusivement le pollen.

Au Cameroun, avant cette étude, des travaux menés par le passé par Michener (1969) à Bamenda, Tchuenguem *et al.* (2002) et Dounia *et al.* (2018) à Yaoundé et Pando *et al.* (2019) à Maroua ont montrés que *Lipotriches andrei*, *Lipotriches notabilis*, *Lipotriches langi*, *Lipotriches collaris* et *Apis mellifera* sont mieux adaptées à la collecte du pollen de cette Poaceae que les autres genres d'Apoidés. De plus, à notre connaissance, aucune production scientifique n'est disponible concernant les activités de butinage de *Amegilla* sp., *Sphecodes albilabris* et *Lasioglossum albipes* sur les panicules de cette Poaceae. Il serait important et judicieux de mener ces investigations à Maroua sur *Z. mays* pour compléter les données déjà existantes sur d'autres abeilles visitant les épillets de cette Poacée au Cameroun. Le présent travail est une contribution à la maîtrise des relations entre *Z. mays* et *Amegilla* sp., *Sphecodes albilabris* et *Lasioglossum albipes* en vue de la gestion optimale de rendements à Maroua. Il s'agit spécifiquement de : (a) déterminer la fréquence de visites de ces abeilles sur les fleurs mâles du maïs ; (b) étudier l'activité de ces abeilles sur les panicules ; (c) analyser les facteurs de variations de butinage de ces abeilles.

Matériel et méthodes

Site d'étude et matériel biologique

Les travaux ont été menés dans deux quartiers de la ville de Maroua à savoir Palar ($10^{\circ}36'16.7''$ N, $14^{\circ}16'36.5''$ E et 416 m) et à Wourndé ($10^{\circ}38'15.7''$ N, $14^{\circ}18'40.4''$ E et 437 m), (Extrême-Nord ; Cameroun : Figure 1). Le GPS de marque GAR MIN etrex 10 a été utilisé pour relever les coordonnées de ces sites d'investigation.

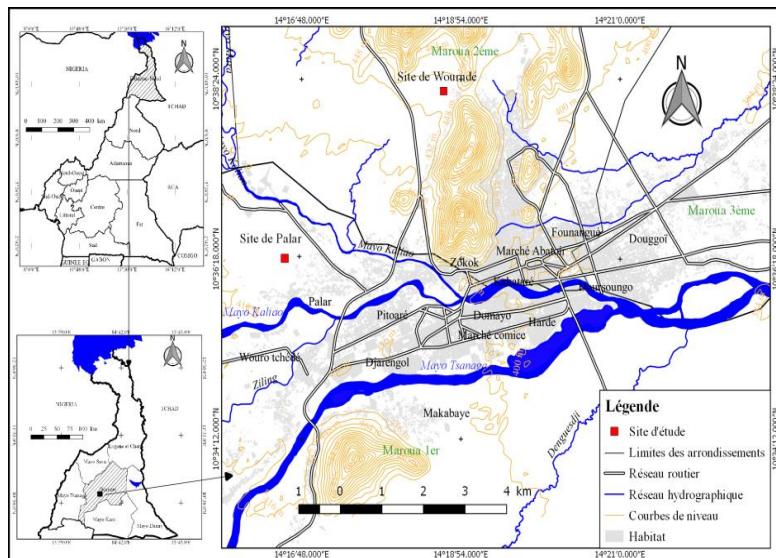


Figure 1. Carte de la ville de Maroua localisant les sites de Wourndé et de Palar.

Le matériel végétal est représenté par des pieds de *Z. mays* de la variété blanche issus de la germination des graines fournies par l'IRAD de Maroua. Le matériel animal est représenté par trois abeilles sauvages sous investigations (*Amegilla* sp., *S. albilabris*, *L. albipes*) présentes dans les sites d'investigation et qui visitaient les fleurs mâles de *Z. mays*.

Méthode

Labour, semis et entretien du champ expérimental

Le champ expérimental est une surface rectangulaire de 21 m de long sur 13 m de large. Ce champ est subdivisée en quatre sous-blocs de 9 m de longueur et 5 m de largeur chacun et séparés les uns des autres et tout autour par des allées de 1 m. Pour la préparation du champ expérimental, succinctement ont été effectués sur le champ expérimental : défrichement, labour à la charrue et formation de sous-blocs. Les semis ont été effectués, en ligne sur les sous-blocs, à raison de 10 lignes par bloc. Les graines sont semées à raison de trois par poquet, l'espacement était de 80 cm entre les poquets et 50 cm entre les lignes et la profondeur d'enfouissement était de 4 cm environ. Le démarlage a été réalisé à raison de deux plants par poquet lorsque les plantes portaient quatre feuilles. De la germination à l'apparition des premières fleurs, le sarclage a été fait régulièrement tous les deux semaines à la houe. Pendant la période de floraison, le désherbage manuel était fait régulièrement à la main.

Evaluation de la fréquence de visites de *Amegilla* sp., *Sphecodes albilabris* et *Lasioglossum albipes* sur la panicule de *Zea mays*

Quatre-vingt plants au stade préfloraison ont été étiquetés durant chaque période floraison. Pour évaluer la fréquence de visites de chacune des trois abeilles sous investigations, celles-ci ont été observées sur les fleurs mâles de chacun des plants étiquetés (Figure 2), pendant dix-huit jours durant les périodes de floraison des plants étiquetés, selon trois périodes journalières: 6h-7h, 8h-9h, 10h-11h. Au cours de chaque journée d'observation, l'investigateur passait une fois sur chaque fleur mâle étiquetée, pour chacune des périodes journalières ci-dessus.



Figure 2. Vue partielle du champ expérimental de *Zea mays* avec fleurs mâles épanouies.

A chaque passage, les abeilles sous investigations étaient comptées sur les panicules épanouies (c'est-à-dire celles pouvant offrir du pollen aux abeilles). Les abeilles n'étant pas marquées, les résultats sommés ont été exprimés par le nombre de visites (Pando *et al.*, 2011). Les données obtenues ont permis d'évaluer la fréquence de chaque espèce d'abeille étudiée (Fi) sur les panicules de *Z. mays* selon la formule ci-après: $Fi = \{[(Vi)/VI] \times 100\}$ (Tchuenguem *et al.*, 2001), avec Vi le nombre de visite de l'abeille i sur les panicules du lot libre et VI le nombre de visites de trois abeilles sur ces mêmes panicules.

Détermination des produits floraux récoltés par *Amegilla* sp., *Sphecodes albilabris* et *Lasioglossum albipes*

Ce paramètre consistait à noter si sur une panicule donnée les abeilles sous investigations récoltent le pollen. Le pollen prélevé par ces abeilles a été noté durant les mêmes dates et tranches horaires que le comptage des abeilles (Pando *et al.*, 2011). Pour butiner ce pollen, l'abeille utilisait ses mandibules et/ou de ses pattes pour gratter les anthères (Tchuenguem *et al.*, 2002). Ce pollen récolté peut être observé sur les organes de transport, notamment dans

les corbeilles des pattes postérieures chez *Amegilla* sp. (Jean-Prost, 1987) et les poils collecteurs des pattes chez *S. albilabris* et *L. albipes* (Borror & White, 1991).

Détermination de l'abondance de *Amegilla* sp., *Sphecodes albilabris* et *Lasioglossum albipes* par épillet, panicule et 1000 épillets

Il était question de noter le plus grand nombre de ces abeilles étudiées simultanément en activité sur l'épillet et sur une panicule par observation directe selon Tchuenguem *et al.* (2009). Pour l'abondance par 1000 épillets (A_{1000}), les individus de chaque abeille sous investigation ont été dénombrés sur un nombre connu d'épillets épanouis ; l'abondance par 1000 épillets (A_{1000}) est ensuite déterminée en utilisant la formule : $A_{1000} = [(A_x / F_x) \times 1000]$, où F_x et A_x sont respectivement le nombre d'épillets et le nombre d'insectes butineurs effectivement évalués sur les épillets des panicules laissées en libre pollinisation à l'instant x (Pando *et al.*, 2011). Les données ont été notées au même moment que pour la fréquence des visites selon les recommandations de Pando *et al.* (2011).

Détermination de la durée des visites de *Amegilla* sp., *Sphecodes albilabris* et *Lasioglossum albipes* sur l'épillet

Les données de ce paramètre ont été obtenues au moyen d'un chronomètre à raison d'au moins cinq valeurs par tranche horaire si les activités des ces abeilles le permettaient. C'est le temps que met l'abeille pour prélever du pollen sur un épillet. Lorsqu'une abeille se pose sur un épillet, le chronomètre, préalablement ramené à zéro est mis en marche. Il est arrêté dès que l'abeille quitte cet épillet. Le temps livré par le chronomètre (en secondes) correspond à la durée de la visite de l'abeille étudiée selon la recommandation de Pando *et al.* (2011).

Etude de l'éthologie du butinage des abeilles sous investigation

Le comportement de butinage du pollen par les différentes abeilles étudiées a été enregistré durant la période d'investigation, par l'observation rigoureuse de ces abeilles au niveau des panicules. La vitesse de butinage qui est le nombre d'épillets visités sur des panicules par une abeille en une minute selon Jacob-Remacle (1989) a été enregistrée. Pour estimer ce paramètre, dès qu'une abeille butineuse se posait sur un épillet, le chronomètre est mis en marche et le nombre d'épillets visités sur les panicules est compté au fur et à mesure que l'abeille étudiée passe d'un épillet à l'autre sur des panicules. Le chronomètre est stoppé dès lors que l'abeille est perdue de vue (Pando *et al.*, 2011) ou si elle quitte la panicule de *Z. mays* pour une autre plante. La vitesse de butinage (V_b) est évaluée selon la formule : $V_b = [(60/di) \times Fi]$ où di est la durée donnée par le chronomètre (en secondes) et Fi le

nombre d'épillets correspondant à *di*. Au cours de l'observation, lorsqu'une butineuse revenait sur un épillet déjà visité, le comptage était effectué comme s'il s'agissait de deux épillets différents visités (Tchuenguem *et al.*, 2002). Les données ont été enregistrées au même moment que celles de l'abondance des abeilles sous investigations.

Analyse des facteurs de variation du butinage

Détermination de l'influence de la faune

L'influence de la faune sur le comportement de butinage a été enregistrée en même temps que la durée de visites par épillet. Il s'agissait de marquer par un signe (distinctif), la durée de chaque visite interrompue, en précisant l'animal ayant provoqué cette interruption selon les recommandations de Pando *et al.* (2011).

Détermination de l'influence de la flore environnante

L'influence de la flore environnante était appréciée par l'observation directe : le nombre de fois où les insectes étudiés sont passés d'une panicule de la plante étudiée aux fleurs d'une autre espèce végétale et vice-versa était noté d'après Pando *et al.* (2011).

Détermination de l'influence des facteurs climatiques

Les paramètres (température et hygrométrie) de la station d'étude ont été enregistrés toutes les 30 minutes, de 6h à 18 h, au cours de chaque journée d'observation, à l'aide d'un thermo-hygromètre portable installé à l'ombre selon Pando *et al.* (2011). L'effet du vent était noté pendant les journées d'observations.

Traitement des données

Le traitement des données a été fait à l'aide :

- de la statistique descriptive (calcul des moyennes, écart- types, pourcentages) ;
- de trois tests : le Khi - carré (χ^2) pour la comparaison des pourcentages ; le test Z pour la comparaison des moyennes de deux échantillons ; l'ANOVA pour la comparaison de plus de deux moyennes. Le logiciel utilisé pour ces tests est SPSS.

Résultats et discussion

Fréquence de visites de *Amegilla* sp., *Sphecodes albilabris* et *Lasioglossum albipes* sur les panicules de *Zea mays*

Cinq mille quatre-vingt-dix visites et 5235 visites des trois abeilles ont été recensées sur 40 panicules de maïs en 18 jours durant chaque période d'investigation. Dans l'ensemble, 10425 visites de ces abeilles (trois) ont été

enregistrées durant les deux périodes d’investigations. *Amegilla* sp. est l’insecte le plus prépondérant avec 97,76 % de visites, suivi de *L. albipes* avec 1,37 % et enfin *S. albilabris* avec 0,87 % de 10425 de visites (Figure 3).

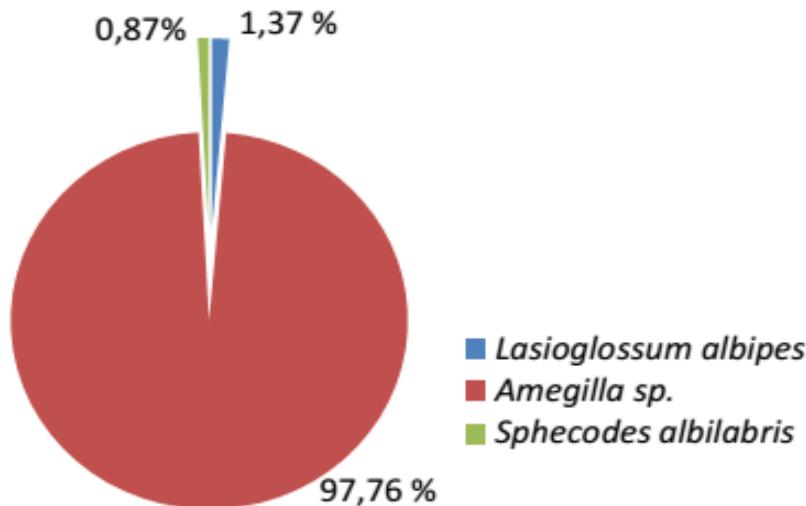


Figure 3 : Fréquence de visites des trois abeilles sauvages sur les panicules de *Zea mays*

Des résultats contraires ont été obtenus en Ethiopie par Fichtl & Adi (1994) et à Yaoundé-Cameroun par Tchuenguem *et al.* (2002) qui ont trouvé que ce sont l’Apidé *Apis mellifera* et l’halictidé *Lipotriches andrei* qui sont les insectes les plus fréquent sur les panicules de cette plante. Ceci pourrait s’expliquer par : l’absence ou la faible présence ces abeilles à Maroua, la préférence de fleurs d’autres espèces végétales voisines ou la différence écologique existant entre ces trois zones d’études. En effet, Maroua est dans la zone soudano-sahélienne qui est caractérisée par un climat très différent celui d’Ethiopie qui est la zone tropicale et Yaoundé qui la zone équatoriale. Roubik (2000) avait déjà signalé que la fréquence et l’abondance d’une espèce entomophile d’une plante peut varier dans l’espace.

Produit floral prélevé et rythme de visites de *Amegilla* sp., *Sphecodes albilabris* et *Lasioglossum albipes* fonction des tranches horaires journalières

Durant leurs visites sur la fleur mâle de *Z. mays*, *Amegilla* sp., *S. albilabris* et *L. albipes* ne récoltaient exclusivement que le pollen. Ces observations confirment les travaux de McGregor (1976) qui signale que le maïs comme les autres graminées ne produit que de pollen. Il devient ainsi une plante à pollen par excellence pour certains insectes tels que les Apoïdes, pour qui ces pollens constituent une fraction indispensable de leur alimentation. En effet, Jacob-Remacle (1989) en Belgique, Mutsaers & Walker (1991) au

Nigeria et Roubik (1995) aux Etats-Unis avaient déjà signalé que le pollen de *Z. mays* était la principale source protéique de ces insectes en présence de cette Poaceae. Le tableau 1 présente la variation du nombre de visites de ces abeilles sur la panicule de *Zea mays* par tranche horaire.

Tableau 1. Variation du nombre de visites des abeilles sous investigations sur la panicule de *Zea mays* par tranche horaire en 36 jours d'observation

Insectes	Nombres de visites par tranche horaire						
	6h-7h		8h-9h		10h-11h		
	NV	P (%)	NV	P (%)	NV	P (%)	Total
<i>Amegilla</i> sp.	9888	97,03*	289	02,84	14	00,13	10191
<i>Sphecodes albilabris</i>	28	30,77	48	52,74*	15	16,49	91
<i>Lasioglossum albipes</i>	107	74,83*	29	20,28	07	04,89	143
Total	10023	96,14*	366	03,51	36	00,35	10425

NV : nombre des visites ; P (%) : pourcentage des visites ; (*) : pic d'activité de l'abeille

On tient de ce tableau que ces Hyménoptères visitent les fleurs mâles de *Z. mays* de 6 h à 11 h avec un pic d'activité de l'ensemble de visites situé entre 6h -7h (96,14%). Ceci est lié à la disponibilité en grande quantité de pollens dans la matinée sur cette plante et du fait de la forte hygrométrie en ce moment de la journée qui permettent à ces abeilles de bien récolter les pollens qui se collent sur leurs structures de récoltes. En effet, au fur et à mesure que la tranche d'heure augmente certains facteurs comme le vent peut influencer la disponibilité de pollen sur les panicules de *Z. mays* comme l'ont signalé Bolchi *et al.* (1984). Le pollen du maïs étant pulvérulent, ils sont facilement emportés par le vent au cours de la journée rendant ainsi les panicules pauvres en pollens dans l'après-midi. C'est ce qui pourrait expliquer la diminution du nombre de visites de ces abeilles au cours de la journée. De plus, le pollen de *Z. mays* étant pulvérulent, il devient moins accessible aux abeilles lorsque la température est élevée. Pauly (1984) au Burkina Fasso a trouvé des résultats similaires. Le décalage observé du pic de visites de *S. albilabris* pourrait s'expliquer par une adaptation permettant à celui-ci de limiter l'effet de compétition interspécifique lors de la recherche du pollen de *Z. mays*. Cette stratégie d'occupation des épillets par les abeilles à une tranche horaire donnée serait adoptée pour limiter la concurrence pour le produit alimentaire recherché. En ce qui concerne *Amegilla* sp. et *L. albipes*, ces résultats sont similaires à ceux obtenus par Taséï (1984). En effet, il a montré que l'heure de butinage des Apoïdes solitaires dépendait également de la disponibilité du pollen sur les panicules. En plus de pollen produit par la panicule de *Z. mays*, elle servait de « plante rendez-vous » pour *Amegilla* sp. Cette abeille a été observée entrain de s'accoupler sur les panicules de cette Poaceae.

Abondance de butineuses étudiées

Le tableau 2 présente l'abondance des abeilles étudiées par épillet, par panicule et par 1000 épillets de *Z. mays*. Pour chacune des abeilles étudiées, le nombre moyen d'individu simultanément en activité sur un épillet est de 1 ($n = 30$; $s = 0$). Ceci serait dû au petit diamètre de l'épillet de panicule qui limiterait le nombre d'individus pouvant butiner simultanément.

Tableau 2. Abondance des abeilles étudiées par épillet, par panicule et par 1000 panicules de *Zea mays*.

Abeilles	Sites	Epillet			Panicule			1000 panicules		
		n	m	s	n	m	s	n	m	s
<i>Amegilla</i> sp.		30	1	0	40	3,42	1,19	40	9,54	3,44
<i>Sphecodes albilabris</i>	Palar	30	1	0	40	1,72	0,68	40	5,56	1,72
<i>Lasioglossum albipes</i>		30	1	0	40	1,82	0,74	40	6,67	2,35
<i>Amegilla</i> sp.		30	1	0	40	3,86	1,22	40	10,04	3,97
<i>Sphecodes albilabris</i>	Wourndé	30	1	0	40	1,64	0,71	40	5,59	2,29
<i>Lasioglossum albipes</i>		30	1	0	40	1,81	0,63	40	6,59	2,47

n : nombre de visites enregistrées ; *m* : moyenne ; *s* : écart-type

Le nombre d'individu simultanément en activité sur une panicule variait de 1 à 4 par panicule dans l'ensemble. Pour les deux saisons investigations, *Amegilla* sp. était l'abeille la plus abondante avec 3,64 individus par panicule ($n = 80$; $s = 1,21$) et de 9,79 individus par 1000 épillets ($n = 80$; $s = 3,70$). La comparaison entre les deux saisons est non significative pour la moyenne par panicule ($Z_{PA} = 1,63$ [$ddl = 78$; $P > 0,05$]) d'une part et la moyenne par 1000 épillets ($Z_{1000PA} = 0,47$ [$ddl = 78$; $P > 0,05$]) d'autre part. Dans le même ordre d'idée, pour ce qui est de l'abondance par panicule, Tchuenguem *et al.* (2002) ont signalé qu'elle était de 4 individus par panicule chez *Lipotriches andrei* qui était l'insecte le plus abondant de *Z. mays* à Yaoundé. Pour *S. albilabris* et *L. albipes*, les résultats correspondants sont 1,68 ($n = 80$; $s = 0,67$) et 1,82 ($n = 80$; $s = 0,68$) ; 5,57 ($n = 80$; $s = 2,01$) et 6,63 ($n = 80$; $s = 2,45$) pour les abondances par panicule et par 1000 épillets respectivement. La comparaison entre les moyennes pour les deux périodes est non significative par panicule ($Z_{PS} = 0,51$ [$ddl = 78$; $P > 0,05$] ; $Z_{PL} = 0,06$ [$ddl = 78$; $P > 0,05$]) et par 1000 panicules ($Z_{1000PS} = 0,07$ [$ddl = 78$; $P > 0,05$] ; $Z_{1000PL} = 0,13$ [$ddl = 78$; $P > 0,05$]) pour *S. albilabris* et *L. albipes* respectivement.

Durée des visites par panicule

Au cours de la période de floraison, ces insectes récoltaient uniquement le pollen. La durée de visites variait en fonction de l'espèce (Tableau 3).

Tableau 3. Durée moyenne de visite des insectes étudiés sur les panicules de *Zea mays*

Insectes	Palar			Wourndé			Comparaison des Moyennes
	n	m	s	n	m	s	
<i>Amegilla</i> sp.	73	11,72	11,5	40	9,30	2,72	$Z_A = 2,71$ [ddl = 111; $p < 0,05$]
<i>S. albilabris</i>	53	5,88	5,33	40	4,75	2,04	$Z_S = 1,41$ [ddl = 99; $p > 0,05$]
<i>L. albipes</i>	34	7,28	6,19	40	6,96	2,11	$Z_L = 0,29$ [ddl = 72; $p > 0,05$]

n : nombre des durées de visites enregistrées ; m : moyenne ; s : écart-type ; min : minimum ; max : maximum.

Du tableau 3, nous tenons que pour tous les trois abeilles sous investigations, la durée moyenne de visite varie entre 5 ; 12[secondes. Les durées moyennes de visites sont de 11,72 ($n = 73$; $s = 11,5$) pour *Amegilla* sp., 5,88 ($n = 53$; $s = 5,33$) pour *S. albilabris* et 7,28 ($n = 34$; $s = 6,19$) pour *L. albipes*. Ces différentes durées moyennes de visites sont inférieures à celle de *Apis mellifera* trouvé par Tchuenguem (1993) qui était de 32,89 secondes ($n = 79$; $s = 39,39$). La comparaison entre les durées moyennes de visites des trois abeilles montre une différence très significative ($F = 7,33$; [ddl = 2; $P < 0,001$]). Les différences deux à deux sont significatives entre *Amegilla* sp. et *S. albilabris* ($Z = 6,81$ [ddl = 124 ; $P < 0,05$]) et *Amegilla* sp. et *L. albipes* ($Z = 4,59$ [ddl = 105 ; $P < 0,05$]) et non significative entre *S. albilabris* et *L. albipes* ($Z = 1,09$ [ddl = 85 ; $P > 0,05$]). La durée de visites des insectes sur la panicule de *Z. mays* semble être liée à l'accessibilité au pollen de cette plante par chaque espèce d'abeille. En plus le temps mis pour butiner sur les panicules pourrait être un facteur important pour l'hétéropollinisation de cette plante comme le signale Lecomte (1962).

Ethologie du butinage

Sur une panicule, *Amegilla* sp. récoltait directement le pollen des anthères (Figure 4). Lors de la récolte, l'insecte pouvait utiliser les épillets voisins comme support ou s'accrocher directement sur les anthères, à l'aide des pattes ; puis s'aidant des mandibules, l'abeille grattait les anthères, accentuant leur déhiscence et provoquait leur vibration. Ce comportement entraînait l'expulsion du pollen dont une partie se versait sur le tégument de l'abeille ; cette partie était ensuite rassemblée et accumulée dans les corbeilles des pattes postérieures. Après la récolte de pollen le passage de l'abeille d'un épillet à un autre ou d'une panicule à l'autre se fait par le vol à 100 %. Sur une panicule, *Amegilla* sp. visitait entre 1 et 47 épillets par minute. La vitesse moyenne était de 12,55 épillets par minute ($n = 50$; $s = 10,07$).



Figure 4. *Amegilla* sp. collectant du pollen sur une panicule de *Zea mays*
(Pando *et al.*, 2019)

Chez les Halictidés *S. albilabris* et *L. albipes*, seuls les épillets entièrement ouvert sont visités ; le comportement de récolte du pollen était commun à toutes ces trois abeilles sous investigations. *Sphecodes albilabris* tout comme *L. albipes* s'accrochaient à la base des anthères à l'aide des mandibules et de ses pattes prothoraciques, la face ventrale de son thorax et de son abdomen étant tourné vers le haut, en position concave (Figure 5). Les sternums et la face ventrale de l'abdomen de ces insectes retenaient partiellement le pollen expulsé par la vibration des sacs polliniques. Au Burkina Fasso, Pauly (1984) a obtenu des résultats similaires sur la même plante.

Le pollen était également rassemblé et entassé dans les brosses et les poils collecteurs des pattes métathoraciques. La figure 6 présente *L. albipes* en pleine récolte du pollen à l'intérieur d'un épillet. Les vitesses moyennes de butinage sont de 20,30 épillets par minute ($n = 30$; $s = 15,38$) et 23,03 épillets par minute ($n = 30$; $s = 14,30$) pour *S. albilabris* et *L. albipes* respectivement. Les visites des deux Halictidae, *S. albilabris* et *L. albipes*, sont plus rapides sur les fleurs que celle de Apidae *Amegilla* sp. Lors de ces visites, le contact de l'insecte avec les anthères entraîne probablement l'adhésion des grains de pollen sur son corps et leur transfert sur le stigmate.

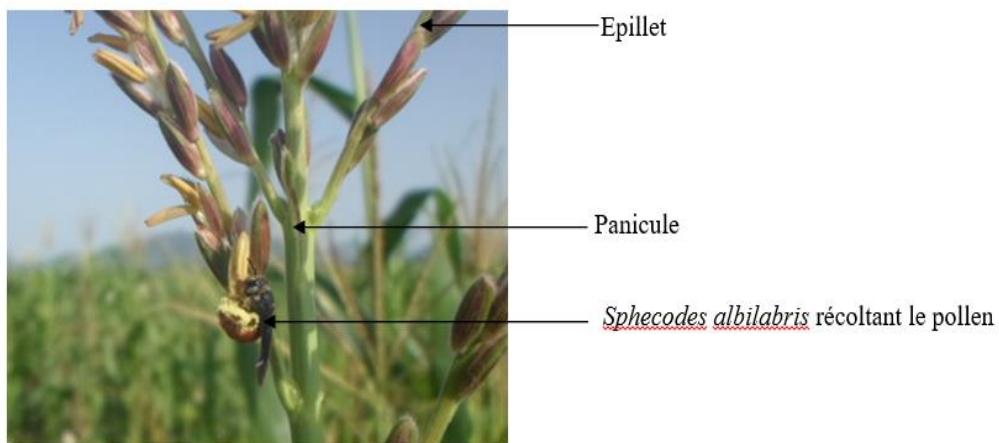


Figure 5 : *Sphecodes albilabris* récoltant du pollen sur une panicule de *Zea mays*.



Figure 6 . *Lasioglossum albipes* récoltant du pollen sur une panicule de *Zea mays*

Ecologie de butinage

Le tableau 4 présente les visites de ces abeilles interrompues par d'autres insectes. Il ressort de ce tableau que les insectes à l'origine des interruptions des visites des trois abeilles étudiées étaient des chercheurs de pollen (0,71 %) ou des prédateurs (0,59 %). De ce tableau également, il en résulte que sur les 10191 visites de *Amegilla* sp. recensées sur les panicules de *Z. mays*, 132 visites ont été interrompues, soit 1,29 %. Ce résultat est largement inférieur à celui de 25,7 % visites interrompues du pollinisateur majeur (*A. m. adansonii*) obtenu par Tchuenguem (1993) à Yaoundé. On tient également de ce tableau que la compétition par approche de la fleur était le mode d'interruption le plus fréquemment observé chez *Amegilla* sp. (55,30 %) et *S. albilabris* (100 %). Ce mode d'interruption est survenu lorsque l'insecte s'approchait de la panicule trouvant un ou plusieurs autre (s) préalablement en

activité. L'autre mode d'interruption était la prédation dont *Trichinothorax* sp. (19,70 %) et (Eumeninae) sp. (25,00 %) étaient les acteurs d'interruption de visites de *Amegilla* sp.

Tableau 4. Types d'interruptions de visites des insectes sur les panicules de *Z. mays*

Insectes auteurs de l'interruption	Nombre de visites interrompues	Insectes cibles de l'interruption	Mode d'interruption
(Eumeninae) sp.	26	<i>Amegilla</i> sp.	Capture
<i>Trichinothorax</i> sp.	33	<i>Amegilla</i> sp.	Capture
<i>Amegilla</i> sp.	3	<i>Amegilla</i> sp.	Accouplement
<i>Amegilla</i> sp.	44	<i>Amegilla</i> sp.	Approche de la fleur
<i>Sphecodes albilabris</i>	06	<i>Amegilla</i> sp.	Approche de la fleur
<i>Lasioglossum albipes</i>	05	<i>Sphecodes albilabris</i>	Approche de la fleur
<i>Lasioglossum albipes</i>	11	<i>Amegilla</i> sp.	Approche de la fleur
<i>Trichius</i> sp.	9	<i>Amegilla</i> sp.	Approche de la fleur

Les insectes à l'origine de l'interruption des visites d'autres insectes peuvent être des chercheurs de pollen, des chercheurs de partenaires sexuels ou des prédateurs. L'interruption de visite d'insectes avait pour conséquence la réduction de la durée de visite ; ce qui obligeait l'abeille perturbée à visiter un grand nombre d'épillets et/ou de panicules pour avoir la quantité de pollen qui lui est nécessaire lors d'un voyage de butinage. Elle occasionnait également la perte d'une partie du pollen transporté par l'abeille interrompue.

Influence de la flore environnante

Pendant la période d'observation, d'autres espèces végétales en fleurs ont été visitées par *Amegilla* sp., *S. albilabris* et *L. albipes* qui visitaient *Z. mays*. Cinq cent douze visites de ces insectes ont été enregistrées en partance des fleurs d'autres plantes environnantes. Durant cette période, 123 visites recensées de *S. albilabris* quittait de *Z. mays* vers *Vigna unguiculata* (Fabaceae : pollen et nectar) et *Arachis hypogaea* (Fabaceae : pollen soit 24,02 % de ces visites. Deux cent onze visites de *Amegilla* sp. ont été notées quittant les panicules *Z. mays* vers les fleurs de *A. hypogaea* (Fabaceae : pollen, *Sesamum indicum* (Pedaliaceae : nectar) et *Pennisetum bicolor* (Poaceae : pollen) soit 41,21 % de visites. Cent soixante dix huit visites de *L. albipes* ont été enregistrées quittant les panicules de *Z. mays* pour les fleurs de *S. indicum* (Pedaliaceae : nectar) et *V. unguiculata* (Fabaceae : nectar) soit 34,77 % de visites. Du fait que le maïs ne produit que du pollen, de temps en temps, on a observé que les femelles arrêtent leur récolte de pollen sur la Poaceae pour se poser aussi sur d'autres plantes afin de se nourrir d'un peu de nectar car les

Poaceae n'en secrètent pas. A Yaoundé, Tchuenguem *et al.* (2002) et Dounia *et al.* (2018) avaient déjà signalé des observations similaires. Ceci diminue le nombre de visites d'insectes sur les panicules de *Z. mays* comme l'a signalé Tchuenguem (1993) sur *Z. mays* et *A. hypogaea*. Cet auteur a montré que la présence de la flore pollinifère et/ou mellifère près du champ de cette plante contribue à la baisse de l'attractivité de cette plante vis-à-vis des insectes.

Influence des facteurs climatiques

Les facteurs climatologiques fluctuant pendant la floraison de *Z. mays* ont notamment affectés les activités de butinage des abeilles sous investigations. Durant les journées d'observation (36 jours), on a noté 21 jours ensoleillés, cinq journées non ensoleillées accompagnées de vents faibles, deux jours ensoleillés accompagnés de vent violent, sept journées non ensoleillées accompagnées de pluies et trois journées de fortes pluies. Pendant les journées ensoleillées, les activités de butinage de ces abeilles étaient intenses. Lorsqu'il pleuvait et/ou qu'il soufflait un vent violent, les activités de ces abeilles baissaient considérablement. Il est alors à noter que les pluies et les violents vents influencent les activités de ces abeilles sur les panicules de *Z. mays*. En effet, Bolchi *et al.* (1984) avaient déjà signalé l'influence négative de la pluie et de vent sur les activités des insectes au niveau des fleurs des plantes. Les corrélations entre les nombre de visites de ces insectes et la température moyenne ($r_{2015} = -0,92$; $ddl = 1$; $P > 0,05$; $r_{2016} = -0,86$; $ddl = 1$; $P > 0,05$) d'une part et l'humidité relative ($r_{2015} = 0,73$; $ddl = 1$; $P > 0,05$; $r_{2016} = 0,75$; $ddl = 1$; $P > 0,05$) d'autre part se sont révélées non significatives.

Conclusion

Parmi ces trois abeilles étudiées, *Amegilla* sp. est la plus fréquente avec 97,76 % de l'ensemble de visites enregistrées. Ces abeilles récoltaient exclusivement le pollen sur les panicules de *Zea mays* et leur activité de butinage s'effectuait dans la matinée entre 6h - 11h avec le pic de l'ensemble de visites situé entre 6h et 7h (96,14%). Les durées de visites pour la récolte de pollen par épillet sont de 11,72 sec. pour *Amegilla* sp., 5,88 sec. pour *Sphecodes albilabris* et 7,28 sec. pour *Lasioglossum albipes* et les vitesses de butinage sont de 12,55 épillets/min, 20,30 épillets/min et 23,03 épillets/min pour *Amegilla* sp., *S. albilabris* et *L. albipes* respectivement. Les fleurs environnantes influencent sur la fidélité de ces abeilles vis-à-vis de *Z. mays* et les facteurs climatiques ont un impact négatif sur l'activité de butinage de ces abeilles au niveau de panicules de cette Poaceae.

Remerciements

Les auteurs adressent les remerciements aux autorités de l’Institut de Recherche Agronomique pour le Développement (IRAD) de Maroua pour les grains de maïs qu’elles ont mis à notre disposition.

References:

1. Bolchi G., Galimbert P. & Zuccoli G., (1984). Recherche sur le comportement d'*Apis mellifera* L. sur les cultures de framboisier (*Rubus idaeus* L.). *Les colloques de l'INRA*, 21 : 305 - 309.
2. Borror DJ. & White RE., (1991). *Les insectes de l'Amérique du Nord (au nord du Mexique)*. Broquet (ed.), Laprairie, 408 p.
3. Dounia, Amada B., Douka C., Elono ASP., Ningatoloum C. Belinga BR., Gagni AF., Fomekong F., Tamesse JL. & Tchuenguem FF-N., (2018). Foraging Activity of *Apis mellifera* L. (Hymenoptera: Apidae) on Corn Panicles at Yaoundé, Cameroon. *Canadian Journal of Agriculture and Crops*, 3(2): 64-71.
4. DSCE 2009. Document de Stratégie pour la Croissance et l’Emploi. MINEPAT, Yaoundé, Cameroun, 112 p.
5. FAO, FAOSTAT data 2014 Data available at <http://faostat3.fao.org>; Agricultural data/Agricultural production/Crops primary 2014.
6. Fichtl R. & Adi A., (1994). *Honeybee flora of Ethiopia*. Weikersheim, Germany: Margraf Verlag., 510 p.
7. Galinat WC., (1992). Evolution of Corn. *Advances in Agronomy*, 47: 203-231.
8. Hamel MH. & Dorff E., (2014). Le maïs : troisième culture en importance au Canada. Statistique, Canada, 17 p.
9. Iltis HH. & Doebley JF., (1980). Taxonomy of *Zea* (Gramineae). 2. Subspecific categories in the *Zea mays* complex and a generic synopsis. *American Journal of Botany*, 1980, 67: 994-1004.
10. Jacob-Remacle A., (1989). Comportement de butinage de l'abeille domestique et des Abeilles sauvages dans des vergers de pommiers en Belgique. *Apidologie*, 1989, 20 (4): 271-285.
11. Jean-Prost P., (1987). *Apiculture : Connaitre l'abeille-conduire le rucher*. 6^{ème} édition. Lavoisier (ed.), Paris, 579 p.
12. Lecomte L., (1962). Observation sur la pollinisation de tournesol (*Helianthus annuus*). *In Station de recherche sur l'abeille et les insectes sociaux*, 5 (1) 69-73.
13. Marceau A., (2010). Pollinisation inter-parcellaire chez le maïs: analyse et coupage des processus conditionnant la présence du pollen viable en fonction de la distance à la source. Thèse de doctorat. Institut des sciences et Industries du vivant et de l'environnement, Paris, 143 p.

14. McGregor SE., (1976). *Insect pollination of cultivated crop plants*. Agricultural Research Service. United States Department of Agriculture, Agriculture Handbook, Washington DC, 496, 411 p.
15. Michener CD., (1979). Notes on the nests and life histories of some African Halictid bees with description of a new species. *Trans. Am. Entomol. Soc*, 94: 473–497.
16. MINADER (2012). Annuaire des Statistiques du Secteur Agricole, Campagnes 2009 & 2010. *Direction des Enquêtes et Statistiques*, AGRI-STAT Yaoundé, Cameroun, n° 17, 123.
17. Mutsaers HJW. & Walker P., (1991). On-farm research in theory and practice. Intec Pinters Ltd., Ibadan, Nigeria, 176 p.
18. Pando JB., Tchuenguem FF-N. & Tamesse JL., (2011). Foraging and pollination behavior of *Xylocopa calens* Lapeletier (Hymenoptera: Apidae) on *Phaseolus coccineus* L. (Fabaceae) flower at Yaoundé (Cameroon). *Entomological Research*, 41: 185-193.
19. Pauly A., (1984). Mission Entomologique en Afrique Occidentale (1979-80) : renseignements éco-biologiques concernant les Hyménoptères. *Notes Fauniques, Gembloux*, 11, 43 p.
20. Phaya T., (1985). Gathering corn pollen behaviour of honeybee (*Apis mellifera* L.) and pollen grain distribution. M.S. Thesis, Kasesot University of Bangkok, p. 144.
21. Poehlman JO., (1959). *Breeding field crops*. New York: Holt, Rinehart & Winston, USA, 427 p.
22. Roubik DW., (1995). *Pollination of cultivated plants in the tropics*. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, Bulletin, 1995, 188, 198 p.
23. Roubik DW., (2000). Pollination system stability in Tropical America. *Conservative Biology*, 14: 1235-1236.
24. Sauvaire D., (1987). L'opération régionale coordonnée 1975-1987. In : *Réunion des Sélectionneurs maïs de l'IRAT*. CIRAD-IRAT, Montpellier, France, pp 293-305.
25. Tasei JN., (1984). Cultures à graines oléagineuses des régions tempérées. In : *Pollinisation et productions végétales* (Pesson et J Louveaux, eds), Inra, Paris, pp 309-330.
26. Tchuenguem FF-N., (1993). Activité des insectes anthophiles et son impact sur les rendements de deux plantes cultivées au Cameroun : *Zea mays* Linné (Gramineae) et *Arachis hypogaea* Linné (Fabaceae). Thèse, Département de Biologie et Physiologie Animales, Université de Yaoundé 1, Cameroun, 133 p.
27. Tchuenguem FF-N., Messi J. & Pauly A., (2001). Activité de *Meliponula erythra* sur les fleurs de *Dacryodes edulis* et son impact sur la fructification. *Fruits*, 2001, 56: 179-188.

28. Tchuenguem FF-N., Messi J. & Pauly A., (2002). L'activité de butinage des Apoïdes sauvages (Hymenoptera : Apoidea) sur les fleurs de maïs à Yaoundé (Cameroun) et réflexions sur la pollinisation des graminées tropicales. *Biotechnologie, Agronomie, Société et Environnement, Gembloux*, 6 (2) : 87 - 98.
29. Tchuenguem FF-N., Ngakou A., Kegni BS., (2009). Pollination and yields responses of cowpea (*Vigna unguiculata* L. walp) to the foraging activity of *Apis mellifera adansonii* (Hymenoptera: Apidae) at Ngaoundéré (Cameroon). *African Journal of Biotechnology*, 8: 1988- 1996.
30. Vallardir F., (1964). Encyclopédie du monde végétal. Lidis (ed.), Tome I. Paris, France, 568 p.
31. Valdeyron G., (1984). Production de semences pour quelques plantes de grandes cultures : Céréales, graminées fourragères et betterave à sucre. In : "Pollinisation et productions végétales", Pesson P. & Louveaux J. (eds), INRA, Paris, 1984, pp 143-330.
32. Westphal E., (1985). Les cultures vivrières et leur contribution à l'alimentation humaine. In « cultures vivrières tropicales avec référence spéciale au Cameroun », E. Westphal et al.(eds), Pudoc Wageningen, pp 26-50.
33. Zandonella P., (1984). Transport du pollen par les agents physiques : anémogamie et hydrogamie. In Pesson P, Louveaux J. (eds.). *Pollinisation et productions végétales*. INRA, Paris, France, pp 91-95.

Sensibilité des Populations D’*Aedes Aegypti* des Zones Hévéicoles de Dabou (Sud de la Côte d’Ivoire) aux Organophosphorés, aux Pyréthrinoïdes et au *Bacillus Thuringiensis Israélensis*

Traore Issouf

Institut Pasteur of Côte d’Ivoire, Unité d’entomologie et d’herpétologie
Université Félix Houphouët-Boigny, UFR Biosciences

Coulibaly Zanakoungô Ibrahima

Institut Pasteur of Côte d’Ivoire, Unité d’entomologie et d’herpétologie
Konan Yao Lucien

Institut National d’Hygiène Publique, Service de Paludologie, Côte d’Ivoire

Allali Kouadio Bernard

Institut Pasteur of Côte d’Ivoire, Unité d’entomologie et d’herpétologie
Yapi Ahoua

Université Félix Houphouët-Boigny, UFR Biosciences, Côte d’Ivoire

Mireille Dosso

Institut Pasteur of Côte d’Ivoire, Unité d’entomologie et d’herpétologie

[Doi:10.19044/esj.2022.v18n27p31](https://doi.org/10.19044/esj.2022.v18n27p31)

Submitted: 16 January 2022

Copyright 2022 Author(s)

Accepted: 05 August 2022

Under Creative Commons BY-NC-ND

Published: 31 August 2022

4.0 OPEN ACCESS

Cite As:

Issouf T., Ibrahima C.Z., Lucien K.Y., Bernard A.K., Ahoua Y. & Dosso M.(2022). *Sensibilité des Populations D’*Aedes Aegypti* des Zones Hévéicoles de Dabou (Sud de la Côte d’ivoire) aux Organophosphorés, aux Pyréthrinoïdes et au *Bacillus Thuringiensis Israélensis*.* European Scientific Journal, ESJ, 18 (27), 31.

<https://doi.org/10.19044/esj.2022.v18n27p31>

Résumé

L’expansion de l’hévéaculture entraîne une forte modification de l’environnement en Côte d’Ivoire. Aussi, plusieurs épidémies de dengue et de fièvre jaune dues *Aedes aegypti* ont récemment été observées en Côte d’Ivoire. Le profil de sensibilité aux insecticides d’*Aedes aegypti* dans ces zones d’agriculture de masse nécessitant une main d’œuvre importante est mal connu. Cette étude a établi le profil de sensibilité d’*Aedes aegypti* dans les zones de cultures d’hévéa de Dabou afin de mieux planifier les mesures de

lutte contre le vecteur majeur des d'arbovirus. Des larves d'*Aedes aegypti* ont été échantillonnées en janvier 2018 dans des plantations immatures et matures d'hévéa, ainsi que dans les villages environnants aux plantations d'hévéa dans le département de Dabou. Des tests larvicides (*Bacillus thuringiensis israelensis* et téméphos) et adulticides (chlorpyriphos-méthyl 0.8%, malathion 0,1% et Fenitrithion 0,1%, perméthrine 0,75%, deltaméthrine 0,05%, lambdacyahalothrine 0,05%) en tube sur les générations F1 ont été réalisés conformément aux directives de l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS). Les 3743 larves d'*Aedes aegypti* testées ont été toutes sensibles aux deux larvicides avec des LC₅₀ comprises entre 7.10^{-3} mg/L et 9.10^{-3} mg/L pour le *Bacillus thuringiensis israelensis* et entre $6,5.10^{-2}$ mg/L et $1,2.10^{-1}$ mg/L pour le téméphos. Les LC₉₅ respectives étaient comprises entre $2,1.10^{-2}$ mg/L et $2,4.10^{-2}$ mg/L et entre $6,5.10^{-2}$ mg/L et $1,2.10^{-1}$ mg/L. Aussi, 2400 *Aedes aegypti* adultes testés ont été tous sensibles aux organophosphorés (chlorpyriphos-méthyl 0.8%, malathion 0,1% et fenitrithion 0,1%) avec des mortalités comprises entre 98% et 100% et aux pyréthrinoïdes (perméthrine 0,75%, deltaméthrine 0,05%, lambdacyahalothrine 0,05%) avec des mortalités de 100%. L'étude a montré que les populations immatures et adultes d'*Aedes aegypti* des plantations d'hévéa et les villages environnants de la zone d'étude étaient sensibles au *Bacillus thuringiensis israelensis*, aux organophosphorés et aux pyréthrinoïdes.

Mots clés: Arbovirus; *Aedes aegypti*; changement environnemental anthropique; larvicides; adulticides

Evaluation of the susceptibility of *Aedes aegypti* populations in rubber plantations and surrounding villages in Dabou, southern Côte d'Ivoire

Traore Issouf

Institut Pasteur of Côte d'Ivoire, Unité d'entomologie et d'herpétologie
Université Félix Houphouët-Boigny, UFR Biosciences

Coulibaly Zanakoungu Ibrahima

Institut Pasteur of Côte d'Ivoire, Unité d'entomologie et d'herpétologie
Konan Yao Lucien

Institut National d'Hygiène Publique, Service de Paludologie, Côte d'Ivoire
Allali Kouadio Bernard

Institut Pasteur of Côte d'Ivoire, Unité d'entomologie et d'herpétologie
Yapi Ahoua

Université Félix Houphouët-Boigny, UFR Biosciences, Côte d'Ivoire
Mireille Dosso

Institut Pasteur of Côte d'Ivoire, Unité d'entomologie et d'herpétologie

Abstract

The expansion of rubber cultivation is leading to a strong modification of the environment in Côte d'Ivoire. As a result, several outbreaks of dengue and yellow fever caused by *Aedes aegypti* have recently been observed in Côte d'Ivoire. The insecticide susceptibility profile of *Aedes aegypti* in these labour-intensive mass farming areas is poorly known. This study established the susceptibility profile of *Aedes aegypti* in the rubber growing areas of Dabou in order to better plan control measures against the major arbovirus vector. *Aedes aegypti* larvae were sampled in January 2018 in immature and mature rubber plantations, as well as in the villages surrounding the rubber plantations in the Dabou department. Larvicidal (Bacillus thuringiensis israelensis and temephos) and adulticidal (chlorpyrifos-methyl 0.8%, malathion 0.1% and Fenitriphion 0.1%, permethrin 0.75%, deltamethrin 0.05%, lambdacyahalothrin 0.05%) tube tests on F1 generations were carried out in accordance with the World Health Organization (WHO) guidelines. All 3743 *Aedes aegypti* larvae tested were sensitive to both larvicides with LC₅₀ ranging from 7.10-3 mg/L to 9.10-3 mg/L for Bacillus thuringiensis israelensis and from 6.5.10-2 mg/L to 1.2.10-1 mg/L for temephos. The respective LC₉₅ were between 2.1.10-2 mg/L and 2.4.10-2 mg/L and between 6.5.10-2 mg/L and 1.2.10-1 mg/L. Also, 2400 adult *Aedes aegypti* tested were all sensitive to organophosphates (chlorpyrifos-methyl 0.8%, malathion 0.1% and fenitriphion 0.1%) with mortalities between 98% and 100% and to pyrethroids

(permethrin 0.75%, deltamethrin 0.05%, lambda-cyhalothrin 0.05%) with mortalities of 100%. The study showed that immature and adult populations of *Aedes aegypti* in rubber plantations and surrounding villages in the study area were susceptible to *Bacillus thuringiensis israelensis*, organophosphates and pyrethroids.

Keywords: Arbovirus; *Aedes aegypti*; anthropogenic environmental change; larvicides; adulticides

Introduction

Les épidémies d'arboviroses, notamment la fièvre jaune et la dengue sévissant en Afrique occidentale et Amérique du Sud ont attiré l'attention des responsables de santé publique d'une façon dramatique sur l'importance médicale que pouvait encore avoir *Aedes aegypti* en cette partie du monde. En Afrique de l'Ouest, les récentes épidémies de dengue, de fièvre jaune et Chikungunya ont été attribuées à *Aedes aegypti* (Fontenille, 2003), le vecteur le plus actif et le plus invasif sous les tropiques (Serrato et al. 2017 ; Ngugi et al. 2017). Au cours des deux dernières décennies, plusieurs cas de dengue et de fièvres jaunes ont été signalés dans différentes régions de Côte d'Ivoire (L'Azou et al. 2015 ; Brady et al. 2012), et l'espèce *Aedes aegypti* a été identifiée comme le principal vecteur (L'Azou et al. 2015 ; Bajjou et al. 2018). Suite à ces épidémies, plusieurs enquêtes entomologiques dans la ville d'Abidjan et l'intérieur du pays ont révélé la prédominance d'*Aedes aegypti* (Coulibaly 2015 ; Guindo 2012). Certaines études ont également mis en évidence l'augmentation de la circulation du virus de la fièvre jaune et de plusieurs sérotypes de dengue dans les populations humaines et dans les moustiques du genre *Aedes* (L'Azou et al., 2015). Aussi, une récente étude menée en Côte d'Ivoire par Konan et al.,(2021) a révélé que des populations d'*Aedes aegypti* étaient résistantes à des organophosphorés et des pyréthrinoïdes. Ces données ont montré que les risques d'épidémie de dengue et de fièvre jaune, et de résistance du vecteur *Aedes aegypti* restent élevés en Côte d'Ivoire, comme on a pu le constater récemment avec la double épidémie de dengue et de fièvre jaune à Abidjan en 2019.

De plus en plus d'études montrent que les modifications de l'environnement sont un facteur important des maladies à transmission vectorielle (Golding et al. 2015 ; Patz et al. 2004). Il s'agit notamment de changements environnementaux tels que la modification de l'habitat de la faune sauvage, la disponibilité des eaux de surface, les terres agricoles, l'urbanisation accompagnée de migrations humaines et le changement climatique. Ces changements peuvent augmenter le nombre de sites de reproduction des vecteurs, accroître la distribution des hôtes et des vecteurs, augmenter l'interaction des hôtes avec les vecteurs et modifier la biodiversité

(Patz et al. 2008 ; Rochlin et al. 2011 ; Golding et al. 2015 ; Parham et al. 2015). Les changements environnementaux peuvent également avoir un impact indirect sur la dynamique des maladies à transmission vectorielle. Par exemple, les insecticides et les herbicides sont souvent utilisés sur les terres agricoles. L'utilisation de ces produits chimiques augmente la pression sélective sur les populations locales de moustiques. Il en résulte un taux plus élevé de développement de la résistance. Une fois que la résistance aux insecticides est établie dans la population de vecteurs, il est plus difficile de contrôler les vecteurs en utilisant ces insecticides.

Tous ces résultats confirment l'impact amplificateur de certaines cultures telle que l'hévéa sur la population d'*Aedes*, notamment les vecteurs *Aedes aegypti* et *Aedes albopictus*, et de ce fait, l'augmentation potentielle du risque de transmission des arbovirus dans les zones cultivées.

Au cours des deux dernières décennies, les zones forestières de Côte d'Ivoire ont connu des changements majeurs en faveur de l'expansion de la culture du caoutchouc. Les superficies plantées sont passées de 318 000 hectares en 2010 à 650 000 hectares en 2018 (APROMAC, 2019), soit une augmentation de plus de 40 000 hectares par an. Cette expansion de l'hévéaculture crée des conditions favorables à l'implantation et la multiplication des vecteurs d'arbovirus.

En l'absence de traitement spécifique et de vaccin contre la plupart des agents infectieux transmis par les culicidés, la lutte anti-vectorielle reste le moyen capital de prévention. Toutefois, pour réussir une lutte anti-vectorielle contre les culicidés, celle-ci doit être adaptée et ciblée contre le vecteur. En Côte d'Ivoire la lutte anti-vectorielle est basée sur l'élimination des gîtes larvaires (vieux pneus, canaris, pots de fleur, objets abandonnés...) et la lutte contre les moustiques adultes (pulvérisation intra et extra domiciliaire, dormir sous moustiquaire imprégnée d'insecticide, mettre des grilles anti moustiques aux portes et fenêtres des maisons). Cependant, on note une pénurie d'information sur la sensibilité du vecteur principal (*Aedes aegypti*) aux insecticides dans les zones cultivées, notamment les zones hévéicoles, où le risque potentiel de transmission d'arbovirus semble être élevé. Le choix de la zone d'étude a été motivée par le fait qu'elle soit totalement entourée de plantations d'hévéa et que l'hévéaculture soit l'activité prédominante de ces populations. Le choix des plantations d'hévéa à différent âge (mature et immature) est soutenu par le fait que les pesticides (herbicides) sont censés être utilisés dans les plantations d'hévéa matures et non dans les plantations immatures. De même, des insecticides peuvent être utilisés dans les villages entourés de plantations d'hévéa (Pulvérisation intra-domiciliaire et Moustiquaire Imprégnée). Ainsi, en fonction des sites, la sensibilité des populations d'*Aedes aegypti* pourrait être influencée différemment.

Cette étude est une contribution à la base de données sur la sensibilité aux insecticides des moustiques vecteurs d'arbovirus en zone rurale de Côte d'Ivoire. Elle a pour objectif de déterminer le profil de sensibilité aux insecticides des populations d'*Aedes aegypti* dans les zones hévéicoles de Côte d'Ivoire.

1. Matériel et Méthodes

1.1. Milieu d'étude

Les travaux ont été réalisés dans le département de Dabou, situé à 5°18 de latitude Nord et 4°27 de longitude Ouest, avec une superficie de 2 257,8 km². Dabou fait partie du domaine guinéen, caractérisé par la forêt dense humide. Il est situé à une quarantaine de kilomètres de la ville d'Abidjan, la capitale économique ivoirienne. La population de Dabou est estimée à plus de 884 300 âmes (I.N.S., 2015). Deux Sous-préfectures (Lopou et Toupah) sont rattachées à la ville de Dabou. La végétation est dominée par des plantations villageoises et industrielles d'hévéa. Quelques vieilles plantations de palmier à huile et de cacao sont présentes dans ce paysage dominé par l'hévéaculture. Le climat de la région de Dabou est de type subéquatorial, chaud et humide présentant une distribution bimodale marquée par quatre saisons : une grande saison des pluies d'avril à juillet et une petite saison des pluies de mi-septembre à novembre (Kouadio et al., 2003). Les deux saisons de pluies sont séparées par une grande saison sèche allant de décembre à mars et une petite saison sèche d'août à mi-septembre (Kouadio et al., 2003). Avec le dérèglement climatique, il n'est pas rare que des pluies viennent perturber la saison sèche. La moyenne pluviométrique annuelle se situe autour de 1 400 mm de pluie, avec des températures moyennes oscillant entre 25 et 26 °C (Kouadio et al., 2003). Les échantillons de moustiques testés provenaient du village de Kotokodji (5°26'193 Nord et 004°34'370 Ouest) et ses plantations d'hévéa environnantes.

1.2. Populations et souche de moustiques étudiées

Les moustiques *Aedes aegypti* ont été échantillonnés au stade de larves ou de pupes dans trois habitats de la localité rurale de Kotokodji (Figure 1). Ces trois habitats ont été une plantation d'hévéa immature (jeunes plants d'hévéas non encore saignés, moins de 5 ans), une plantation d'hévéa mature (plants saignés depuis plus de 10 ans : arbres intensément taraudés) et un village entouré des plantations d'hévéas (kotokodji). Dans chacun des habitats échantillonnés, les stades immatures provenant de 5 à 10 gîtes larvaires ont été collectés, stockés dans des bocaux en plastiques et transférés à l'insectarium pour être élevés jusqu'au stade adulte. Après identification des adultes issus de la génération F0, les moustiques de l'espèce *Aedes aegypti* ont été regroupés par habitat et reproduits pour obtenir la génération F1. Les tests

biologiques ont été réalisés sur les larves de stade III-IV et les femelles adultes de 3 à 5 jours des *Aedes aegypti* de cette génération F1. Les élevages et les tests ont été réalisés dans les conditions d'insectarium (27°C +/- 2°C, humidité relative 80% +/- 10%). La souche de référence du Bénin (SBE).a été utilisée comme souche sensible de référence de l'étude.

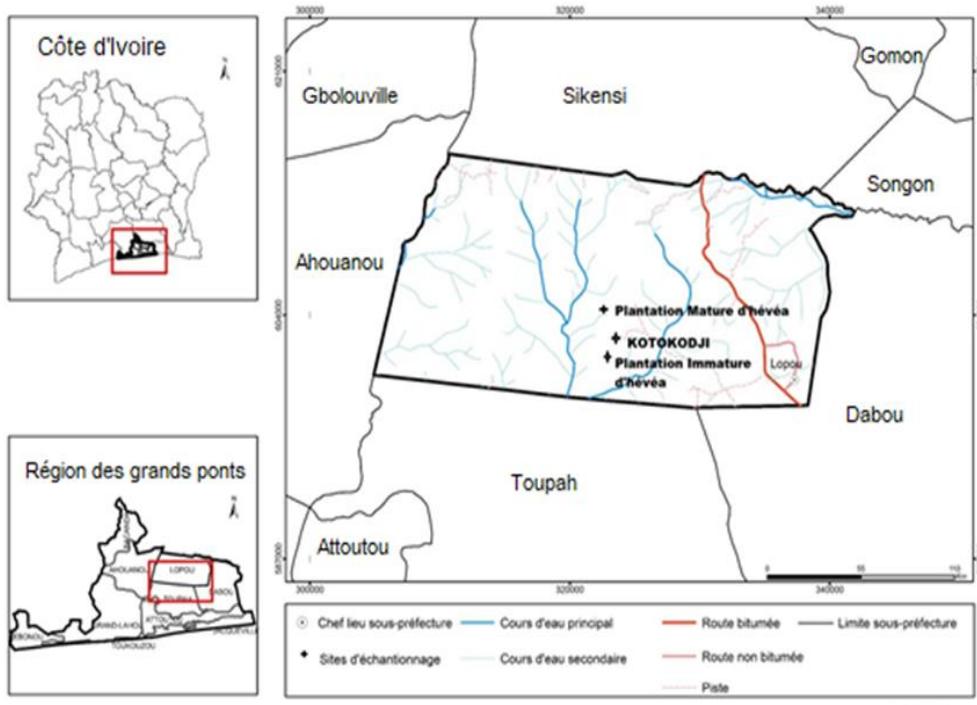


Figure 1 : Cartographie des sites d'échantillonnage

1.3. Tests larvicides

Le VectoBac WG (Valent Biosciences Corporation) constitué de *Bacillus thuringiensis israelensis* (*Bti*) et le Téméphos (Abate®) constitué d'un organophosphoré (97,3% : Sigma Aldrich-Pestanal°, Allemagne) ont été utilisés pour évaluer la sensibilité des larves selon le protocole de l'OMS, (2016). Une gamme de six (6) concentrations notamment 0,035 mg/L, 0,030 mg/L, 0,025 mg/L, 0,020 mg/L, 0,015 mg/L et 0,010 mg/L ont été utilisée pour le VectoBac. Quant au Téméphos, quatre concentrations dont 0.0625 mg/L, 0.0835 mg/L, 0.125 mg/L, 0.250 mg/L ont été les doses utilisées.

Pour chaque concentration, quatre lots de 25 larves de stade III et IV d'*Aedes aegypti* ont été placées dans des gobelets en plastique contenant 99 ml d'eau, et 1 ml de solution insecticide à la concentration requise a été ajouté. Chaque essai biologique par habitat comprenait un lot témoin qui recevait uniquement 1 ml d'éthanol pour le téméphos et 1 ml d'eau minérale pour le *Bti*. Les taux de mortalité ont été mesurés après des expositions de 24 heures

à l'insecticide. Les larves mortes ou moribondes ainsi que les nymphes ont été dénombrées.

1.4. Tests adulticides

Les tests se sont déroulés selon le protocole standard normalisé de l'OMS, (2016). Les paramètres à mesurer ont été les temps de Knock-down, ou temps nécessaire pour que 50 % (Tk_{d50}) et 95 % (Tk_{d95}) des moustiques soient assommés après une heure de contact avec un insecticide de concentration létale pour une souche sensible, et la mortalité observée 24 heures après l'exposition à l'insecticide. Trois populations d'*Aedes aegypti* ont été utilisées pour le test. Les échantillons ont été exposés à six d'insecticides, notamment des organophosphorés (chlorpyriphos-méthyl 0,8%, malathion 0,1% et fenitriphon 0,1%) et des pyréthrinoïdes (perméthrine 0,75%, deltaméthrine 0,05%, lambdacyahalothrine 0,05%), fournis par University Sains Malaysia, Vector Control Research Unit (VCRU, USM).

Un effectif de 25 femelles non nourries âgées de 3 à 5 jours a été introduit dans un tube d'observation, tapissé d'un papier non imprégné d'insecticide. Pour chaque population et chaque insecticide, 4 réplicas (4 tubes de moustiques) ont été effectués. Par ailleurs, des tubes témoins (non exposés) ont été constitués pour chaque réplica. Après une heure d'observation, les moustiques ont été transférés dans un tube d'exposition tapissé d'un papier imprégné d'insecticide à la dose diagnostique. Pendant l'exposition d'une heure, les moustiques assommés (effet Knock Down= KD) ont été dénombrés toutes les 5 min pendant 20 min (5 - 10 - 15 et 20 min), puis toutes les 10 min jusqu'à écoulement de 1'heure (30 - 40 - 50 et 60 min). Après la période d'exposition, les moustiques ont été à nouveau transférés dans les tubes d'observation pour une durée de 24 heures. A la fin des 24 heures, le dénombrement des moustiques morts a été effectué.

1.5. Analyses statistiques

L'analyse et l'interprétation des résultats ont été faites selon la formule d'Abbott (1925) et les recommandations de l'OMS (Organisation Mondial de la Santé (OMS), 2017). Les données des tests de sensibilité ont été analysées à partir du logiciel de statistique XLSTAT version 2014. Pour chaque population de larves, les CL₅₀ et CL₉₅ (concentration létale pour 50 % et 95 % des larves) ainsi que les intervalles de confiance ont été estimées. Les temps d'abattement des moustiques (knock down times, KdT) à 50% (KdT₅₀) et à 95% (KdT₉₅) ont été déterminés. La Résistance Ratio (RR₅₀) a été calculée en faisant le rapport des KdT₅₀ des différentes populations de moustiques avec le KdT₅₀ de la souche sensible.

2. Résultats

2.1. Sensibilité des populations larvaires d'*Aedes aegypti*

2.1.1. Sensibilité des populations larvaires d'*Aedes aegypti* au *Bacillus thuringensis israelensis (Bti)*

Les résultats des bio-essais de 2171 larves d'*Aedes aegypti* vis-à-vis du *Bacillus thuringensis israelensis* sérotype H14 (*Bti*) sont présentés dans le tableau I. Les valeurs de CL₅₀ et CL₉₅ ont été respectivement de 7.10⁻³ mg/L et 2,4.10⁻² mg/L pour les échantillons d'*Aedes aegypti* de l'habitat village, de 9.10⁻³ mg/L et 2,1.10⁻² mg/L pour ceux des Plantations matures et de 9.10⁻³ mg/L et 2,2.10⁻² mg/L pour ceux issus des plantations immatures. Les valeurs RR₅₀ et RR₉₅ (Résistance Ratio) calculées par rapport à la souche sensible « SBE » ont été de 1,40 ; de 1,80 et de 1,80 pour la RR₅₀ et de 1,85 ; de 1,62 et de 1,69 pour la RR₉₅ respectivement dans les villages, les plantations matures et les plantations immatures d'hévéa. Ces valeurs sont inférieures à 2 ce qui indiquent que toutes les populations d'*Aedes aegypti* testées sont sensibles au *Bacillus thuringensis israelensis*. L'analyse des résultats a montré que les valeurs RR₅₀ et RR₉₅ ne sont pas significativement différentes d'un habitat à un autre (CL₅₀ : F=4,5 p=0,316 ; CL₉₅ : F=31,2 P=0,123).

2.1.2. Sensibilité des populations larvaires d'*Aedes aegypti* au Théméphos

La sensibilité de 1572 larves d'*Aedes aegypti* vis-vis du Théméphos est exposée dans le tableau II. Les valeurs de LC₅₀ et LC₉₅ ont été respectivement 1,7.10⁻² mg/L et 6,5.10⁻² mg/L pour les larves provenant des villages, de 1,9.10⁻² mg/L et 1,22.10⁻¹ mg/L pour celles des plantations matures et de 2,10.10⁻² mg/ml et de 1,21.10⁻¹ mg/ml pour celles des plantations immatures. Les valeurs RR₅₀ ont été 1,55 ; 1,73 et 1,91 et celles des RR₉₅ étaient de 0,98 ; 1,85 et 1,83 respectivement dans les villages, les plantations matures et les plantations immatures. Ces valeurs indiquent que les populations larvaires d'*Aedes aegypti* provenant des trois types d'habitats ont été sensibilité vis-à-vis du téméphos. L'analyse statistique a montré que les différences entre les LC₅₀ des populations pré-imagos d'*Aedes aegypti* des différents habitats ne sont pas significatives (F=13,5 ; P=0,189), par contre les LC₉₅ sont significativement différentes (F=3136,5 ; P=0,013). Ainsi, la population issue du village qui a la plus petite valeur CL₉₅ serait plus sensible au téméphos que les populations des plantations immatures et des plantations matures.

Tableau I: Sensibilité des populations larvaires d'*Aedes aegypti* aux *Bacillus thuringensis israelensis (Bti)*

Souches	LC ₅₀ (mg/L) (IC 95)	LC ₉₅ (mg/L) (IC 95)	RR ₅₀	RR ₉₅	N
Sensible SBE	0,005 (0,002 - 0,007)	0,013 (0,011 - 0,016)	-	-	374
Village	0,007 (0,006 - 0,009)	0,024 (0,021 - 0,029)	1,40	1,85	601
Plantation Mature	0,009 (0,006 - 0,013)	0,021 (0,020 - 0,022)	1,80	1,62	601
Plantation Immature	0,009 (0,007 - 0,015)	0,022 (0,021 - 0,032)	1,80	1,69	595

Tableau II: Sensibilité des populations larvaires d'*Aedes aegypti* au Théméphos

Souches	LC ₅₀ (mg/L) (IC 95)	LC ₉₅ (mg/L) (IC 95)	RR ₅₀	RR ₉₅	N
Sensible SBE	0,011 (0,001 - 0,030)	0,066 (0,006 - 0,089)			371
Village	0,017 (0,001 - 0,038)	0,065 (0,010 - 0,077)	1,55	0,98	401
Plantation Mature	0,019 (0,016 - 0,040)	0,122 (0,102 - 0,174)	1,73	1,85	403
Plantation Immature	0,021 (0,020 - 0,053)	0,121 (0,104 - 0,161)	1,91	1,83	398

2.2. Sensibilité des populations adultes d'*Aedes aegypti*

2.2.1. Mortalité des populations adultes d'*Aedes aegypti*

La souche de référence sensible d'*Aedes aegypti* " SBE " utilisée pour cette étude, a présenté une mortalité de 100% aux organophosphorés (chlorpyriphos-méthyl 1,03%, malathion 5% et Fenitrithion 0,1%) et aux pyréthrinoïdes (perméthrine 0,75%, deltaméthrine 0,05%, lambdacyahalothrine 0,05%) (Figure 2).

Mille sept cent soixante-deux *Aedes aegypti* issues des plantations immatures d'hévéa, des plantations matures d'hévéa et des villages entourés de plantations d'hévéa ont fait preuve de sensibilité vis-à-vis des organophosphorés (chlorpyriphos-méthyl 0,8%, malathion 0,1% et fenitrithion 0,1%) et des pyréthrinoïdes (perméthrine 0,75%, deltaméthrine 0,05%, lambdacyahalothrine 0,05%) avec des taux de mortalité compris entre 98% et 100%.

2.2.2. Effet Knockdown des pyréthrinoïdes vis-à-vis des populations adultes d'*Aedes aegypti*

Les valeurs des différents temps d'abattement et des résistances ratio des échantillons provenant des villages, des plantations immatures et matures d'hévéa sont consignées dans le tableau III. Ces valeurs indiquent que les populations d'*Aedes aegypti* des trois habitats sont sensibles aux pyréthrinoïdes. L'analyse des résultats montre que les temps d'abattement sont significativement différents d'un d'insecticide à un autre (kdT_{50} : $F=14,4$ $P < 0,0001$; KdT_{95} : $F=31,2$ $P < 0,0001$). Parmi ces pyréthrinoïdes, les populations d'*Aedes aegypti* des villages ont été plus sensibles à la perméthrine, alors que celles des plantations immatures et matures d'hévéa étaient plus sensibles à la deltaméthrine. Cette sensibilité aux pyréthrinoïdes est confirmée par des

résistances ratio (RR₅₀ et RR₉₅) calculée par rapport à la souche sensible *Aedes aegypti* " SEB " comprises entre 1,1 à 2,5 pour les RR₅₀ et entre 1,0 et 2,2 pour les RR₉₅.

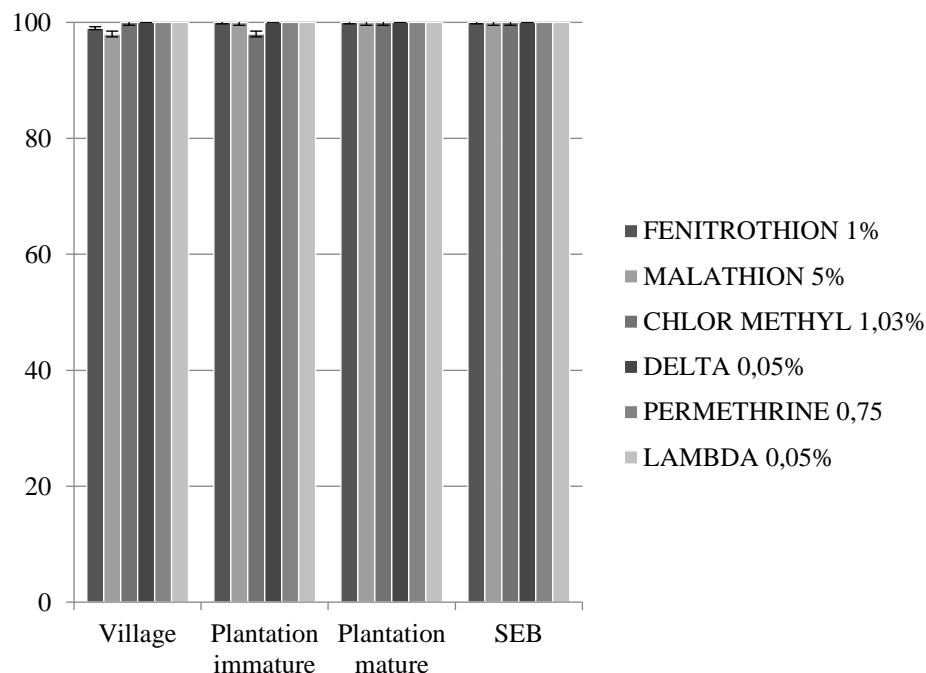


Figure 2. Mortalité observée après exposition des populations d'*Aedes aegypti* des villages entourés, des plantations immatures et matures d'hévéa

Tableau III. Temps d'abattements ou knock-down times (kdT₅₀ et kdT₉₅) d'*Aedes aegypti* aux insecticides

Populations	Insecticides	KdT ₅₀ (IC à 95%)	KdT ₉₅ (IC à 95%)	RR ₅ 0	RR ₉ 5	N
Sensible SEB	Perméthrine 0,75%	9,8 (9,2 - 10,4)	17,3 (15,9 - 19,3)	-	-	100
	Deltaméthrine 0,05%	12,8 (12,1 - 13,5)	21,2 (19,6 - 23,4)	-	-	101
	Lambdacyhalothrine 0,05%	21,9 (20,8 - 23,0)	39,3 (36,4 - 43,2)	-	-	99
Sauvage village	Perméthrine 0,75%	25,1 (24,1 - 26,1)	36,1 (34,0 - 39,0)	2,5	2	99
	Deltaméthrine 0,05%	32,3 (31,0 - 33,6)	47,2 (44,7 - 50,7)	2,5	2,2	92
	Lambdacyhalothrine 0,05%	26,6 (25,5 - 27,8)	39,3 (37 - 42;4)	1,2	1	94
Sauvage plantation immature	Perméthrine 0,75%	19,5 (18,8 - 20,4)	28,6 (26,8 - 31,3)	1,9	1,6	99
	Deltaméthrine 0,05%	17 (16,0 - 17,9)	31,5 (29 - 34,8)	1,3	1,5	99
	Lambdacyhalothrine 0,05%	28,8 (27,5 - 30,2)	47,5 (44,5 - 51,4)	1,3	1,2	97
Sauvage plantation mature	Perméthrine 0,75%	20,9 (20,1 - 21,7)	29,4 (27,6 - 32)	2,1	1,7	99
	Deltaméthrine 0,05%	19,1 (18,3 - 20,4)	28,3 (26,4 - 31,1)	1,5	1,3	101
	Lambdacyhalothrine 0,05%	29,5 (28,3 - 30,8)	44,6 (42,1 - 47,9)	1,4	1,1	101

3. Discussion

L'hévéaculture est un secteur dynamique en pleine expansion en Côte d'Ivoire avec 650 000 hectares de superficies plantées (Association des Professionnels du Caoutchouc Naturel de Côte d'Ivoire (APROMAC), 2019)). Cependant, ces plantations s'avèrent être des habitats favorables pour le développement des stades larvaires des moustiques et pour le maintien des moustiques adultes, notamment le vecteur *Aedes aegypti* (Tangena et al., 2017). *Aedes aegypti* a été le vecteur majeur des arbovirus responsables des récentes crises d'épidémies de dengue et de fièvre jaune survenues en la Côte d'Ivoire (Fofana et al., 2019). Le contrôle de ce vecteur dans ce nouvel écosystème est essentiel pour y prévenir la transmission de ces maladies. Or, le manque de données sur la sensibilité des moustiques aux insecticides est un facteur limitant du succès des programmes de lutte anti-vectorielle. Ainsi, cette étude a été menée dans le but de déterminer le profil de sensibilité des populations larvaires et adultes de ce vecteur dans les zones hévéicoles de Dabou vis-à-vis de deux larvicides (*Bacillus thuringiensis israelensis* et le Téméphos) et de six adulticides usuels (chlorpyriphos-méthyl, malathion; Fenitriphon, perméthrine, deltaméthrine et lambdacyhalothrine).

Les résultats de ces travaux montrent que les échantillons d'*Aedes aegypti* des plantations d'hévéa (matures et immatures) et des villages environnants sont sensibles au *Bti* et au téméphos. Aucune perte de sensibilité au *Bti* n'a encore été rapportée à ce jour chez *Aedes Aegypti* en Afrique de l'Ouest (Kamgang et al., 2011). Par ailleurs, des résistances au *Bti* ont été rapportées chez *Culex pipiens* aux USA (Paul et al., 2005) et une suspicion de résistance pour *Aedes rusticus* en France (Paris et al., 2011). Le téméphos représente le larvicide le plus utilisé à travers le monde pour le contrôle d'*Aedes aegypti*. Des résistances à cet organophosphoré ont été rapportées à de nombreuses reprises en Asie (Chareonviriyahpap et al. 1999 ; Paeporn et al. 2004 ; Polson et al. 2001 ; Chen et al. 2005 ; Tantely et al. 2016) et en Amérique du Sud ((Macoris et al. 2003 ; Albrieu Llinás et al. 2010 ; Melo-Santos et al. 2010)) chez *Ae. aegypti*, et en Malaisie (Nazni et al. 2000) et en Thaïlande (Ponlawat et al., 2005) chez *Ae. Albopictus*. En Côte d'ivoire, le traitement spécifique des gîtes larvaires des *Aedes aegypti* par les larvicides est extrêmement limité voire inexistant ce qui peut expliquer les bons niveaux de sensibilité observés au cours de cette étude. Au-delà de ces résistances au téméphos remarquées sous d'autres continents, ces travaux ainsi que ceux Kamgang et al. (2020) ont démontrés que des populations d'*Aedes aegypti* de nombreuses zones d'Afrique restent encore sensibles au téméphos.

Les populations adultes d'*Aedes aegypti* des différents habitats de l'étude se sont avérées sensibles aux pyréthrinoïdes (perméthrine, deltaméthrine et lambdacyhalothrine) et organophosphorés (chlorpyriphos-méthyl, malathion et fenitriphon) après une heure de contact avec les papiers

imprégnés d'insecticide. Les valeurs des RR₅₀ et RR₉₅ ont été inférieures 2,6 pour ces deux familles d'insecticides à l'égard des populations sauvages *d'Aedes aegypti* des différents habitats. Selon Valles et al. (1997), une population est considérée résistante si le RR₅₀ est > 10. Ainsi, ces résultats suggèrent une bonne sensibilité à ces deux familles d'insecticides pour les populations *d'Aedes aegypti* des plantations d'hévéa et des villages environnants. Aussi, cette sensibilité est confirmée par les taux de mortalités compris entre 98% et 100% pour les populations issues des plantations d'hévéa (immatures et matures) et des villages. Ceci pourrait s'expliquer d'une part par le fait que ces zones rurales échappent aux nombreuses campagnes de démoustication à base de pyréthrinoïdes susceptibles d'induire des résistances. Et d'autre part, par le fait que la culture de l'hévéa nécessite peu d'intrant chimique susceptible d'induire des résistances. Bien que de nombreuses résistances aux pyréthrinoïdes et organophosphorés aient été rapportées sur des populations *d'Aedes aegypti* (Anges et al. 2018 ; Ruaux 2018 ; Goindin 2016;), les populations *d'Aedes aegypti* testées dans cette étude n'ont montré aucune résistance. En effet, des travaux réalisés en Côte d'Ivoire en zone urbaine (Konan et al., 2021) et au Bénin en zone rurale (Anges et al., 2018) ont mis en évidence la résistance *d'Aedes aegypti* aux pyréthrinoïdes et aux organophosphorés. Cette résistance observée au Bénin serait due, à l'utilisation non contrôlée de pesticides chimiques de la part des paysans pour lutter contre les ravageurs des cultures de maïs (Yadouleton et al., 2018). Quant à la résistance en zone urbaine, elle a été attribuée aux polluants déversés dans les eaux de surface par les industrielles et les ménages et à l'utilisation non contrôlée des insecticides à usage domestique. La sensibilité obtenue dans cette étude pourrait s'expliquer par le fait que l'hévéaculture dans cette zone nécessite peu de pesticides agricoles et qu'elle échappe pour l'instant aux facteurs responsables de la résistance dans les zones urbaines. La mesure du temps d'abattement (kd) permet la hiérarchisation de la résistance par rapport aux insecticides et aux sites d'étude (Chandre et al., 1999). En considérant les insecticides, on a observé que les populations *d'Aedes aegypti* présentaient un niveau de sensibilité plus élevé aux pyréthrinoïdes qu'aux organophosphorés. De plus, bien que les temps de kd des pyréthrinoïdes testés ne diffèrent pas significativement selon les habitats, les temps de kd les plus faibles des populations *d'Aedes aegypti* des villages ont été observés vis-à-vis de la perméthrine tandis que ceux des plantations d'hévéa (mature et immature) étaient dus à la deltaméthrine. Cette observation permet d'affirmer que la deltaméthrine est l'insecticide le mieux indiqué pour une éventuelle lutte anti-vectorielle dans ces plantations d'hévéa, car elle conserve encore une efficacité en terme d'effet Kd et létal vis-à-vis de ce vecteur.

L'ensemble de ces résultats, aussi bien au niveau des larvicides que des adulticides, démontre que cette zone où le risque de transmission d'arbovirus semble être élevé ne connaît pas de phénomène de résistance pour l'instant. Ainsi, ces données sont un atout pour le succès de la lutte contre le vecteur majeur d'arbovirus dans ces zones hévéicoles.

Conclusion

Les résultats des tests de sensibilité ont permis d'établir le profil de sensibilité des populations larvaires et adultes d'*Aedes aegypti* des plantations hévéa (matures et immatures) et leurs villages environnant dans la sous-préfecture de Lopou. Ainsi, ces résultats ont montré que les populations larvaires d'*Aedes aegypti* étaient sensibles au *Bacillus thuringensis israelensis* et au Théméphos. De même, les populations adultes se sont avérées sensibles à l'égard des pyréthrinoïdes (perméthrine, deltaméthrine et lambdacyahalothrine) et des organophosphorés (chlorpyriphos-méthyl, malathion; Fenitriphion). Ces résultats sont un atout majeur pour le contrôle de vecteur dans les hévéicoles de Dabou.

References:

1. Albrieu L. G., Seccacini, E., Gardenal, C. N., & Licastro, S. (2010). *Current resistance status to temephos in Aedes aegypti from different regions of Argentina*. Memorias Do Instituto Oswaldo Cruz, 105(1), 113–116. <https://doi.org/10.1590/s0074-02762010000100019>
2. Anges, Y., Jean-Robert, K., Christophe, C., Ramziyah, A., Carine, T., Achaz, A., Roland, T., & Lamine, B.-M. (2018). *Sensibilité des populations d' Aedes Aegypti vis-à-vis des organochlorés, pyréthrinoïdes et des carbamates dans la commune de Natitingou au Nord-Est du Bénin*. European Scientific Journal, ESJ, 14(33), 134. <https://doi.org/10.19044/esj.2018.v14n33p134>
3. Association des Professionnels du Caoutchouc Naturel de Côte d'Ivoire (APROMAC). (2019). *No Title*. Koaci.Com. <https://www.goafricaonline.com/en/ci/71004%0A>
4. Bajjou, T., Akhouad, Y., Hilali, F., Elkochri, S., Laraqui, A., Touil, N., Lahlou Amine, I., Mahassine, F., & Sekhsokh, Y. (2018). *Dengue fever in Morocco: result of surveillance during the year 2017 and first imported cases*. International Journal of Research in Medical Sciences, 6(3), 1029. <https://doi.org/10.18203/2320-6012.ijrms20180633>
5. Brady, O. J., Gething, P. W., Bhatt, S., Messina, J. P., Brownstein, J. S., Hoen, A. G., Moyes, C. L., Farlow, A. W., Scott, T. W., & Hay, S. I. (2012). *Refining the Global Spatial Limits of Dengue Virus Transmission by Evidence-Based Consensus*. PLoS Neglected Tropical Diseases, 6(8). <https://doi.org/10.1371/journal.pntd.0001760>

6. Chandre, F., Manguin, S., & Brengues, C. (1999). *Pyrethroid cross-resistance spectrum among populations of Anopheles*. April.
7. Chareonviriyahpap, T., Aum-aung, B., & Ratanatham, S. (1999). *Insecticide resistance in vectors*. In Southeast Asian J Trop Med Public Health (Vol. 30, Issue March). <http://www.thaiscience.info/Journals/Article/TMPH/10716614.pdf>
8. Chen, C. D., Nazni, W. A., Lee, H. L., & Sofian-Azirun, M. (2005). *Susceptibility of Aedes aegypti and Aedes albopictus to temephos in four study sites in Kuala Lumpur City Center and Selangor State, Malaysia*. Tropical Biomedicine, 22(2), 207–216.
9. Coulibaly, Z. I. (2015). *Evaluation du risque entomologique d'éclosion du virus chikungunya dans le district d'abidjan (côte d'ivoire) de 2008 à 2010*. Thèse Doc. Univ. Nangui Abrogoua : 156 p.
10. Fofana, D., Beugré, J. M. V., Yao-Acapovi, G. L., & Lendzele, S. S. (2019). *Risk of dengue transmission in cocody (Abidjan, ivory coast)*. Journal of Parasitology Research, 2019. <https://doi.org/10.1155/2019/4914137>
11. Fontenille, D. (2003). *Rapport Sur Le Contrôle Des Vecteurs Des Virus Dengue Dans Les Aeroports Et Aeronefs*. 33(0).
12. Goindin, D. (2016). *Etude des résistances aux insecticides et des réponses biologiques aux changements climatiques du moustique Aedes aegypti, vecteur de la Dengue, du Chikungunya et du Zika en Guadeloupe*. 228.
13. Golding, N., Nunn, M. A., & Purse, B. V. (2015). *Identifying biotic interactions which drive the spatial distribution of a mosquito community*. Parasites & Vectors, 1–10. <https://doi.org/10.1186/s13071-015-0915-1>
14. Guindo, C. N. E. (2012). *Biologie, écologie et sensibilité aux insecticides de populations naturelles de formes larvaires marron et blanche de Aedes (stegomyia) aegypti LINNAEUS (1762), vecteur majeur de la fièvre jaune, en différents sites de la ville d'Abidjan (Côte d'Ivoire)*. In Angewandte Chemie International Edition, 6(11), 951–952.
15. Institut National de statistique (I.N.S). (2015). *Result of the general population and housing census of Côte d'Ivoire in 2014*. WWW.ins.ci.
16. Kamgang, B., Marcombe, S., Chandre, F., Nchoutpouen, E., Nwane, P., Etang, J., Corbel, V., & Paupy, C. (2011). *Insecticide susceptibility of Aedes aegypti and Aedes albopictus in Central Africa*. Parasites and Vectors, 4(1), 79. <https://doi.org/10.1186/1756-3305-4-79>
17. Kamgang, B., Wilson-Bahun, T. A., Yougang, A. P., Lenga, A., & Wondji, C. S. (2020). *Contrasting resistance patterns to type I and II pyrethroids in two major arbovirus vectors Aedes aegypti and Aedes*

- albopictus in the Republic of the Congo, Central Africa. Infectious Diseases of Poverty*, 9(1), 1–10. <https://doi.org/10.1186/s40249-020-0637-2>
18. Konan, L. Y., Oumbouke, W. A., Silué, U. G., Coulibaly, I. Z., Ziogba, J. C. T., N'Guessan, R. K., Coulibaly, D., Bénié, J. B. V., & Lenhart, A. (2021). *Insecticide Resistance Patterns and Mechanisms in Aedes aegypti (Diptera: Culicidae) Populations across Abidjan, Côte d'Ivoire Reveal Emergent Pyrethroid Resistance*. *Journal of Medical Entomology*, 58(4), 1808–1816. <https://doi.org/10.1093/jme/tjab045>
19. Kouadio, Y. K., Ochou, D. A., & Servain, J. (2003). *Tropical Atlantic and rainfall variability in Côte d'Ivoire*. *Geophysical Research Letters*, 30(5), 3–6. <https://doi.org/10.1029/2002GL015290>
20. L'Azou, M., Succo, T., Kamagaté, M., Ouattara, A., Gilbernair, E., Adjogoua, E., & Luxemburger, C. (2015). *Dengue: Etiology of acute febrile illness in Abidjan, Côte d'Ivoire, in 2011-2012*. *Transactions of the Royal Society of Tropical Medicine and Hygiene*, 109(11), 717–722. <https://doi.org/10.1093/trstmh/trv076>
21. Macoris, M. D. L. G., Andrigotti, M. T. M., Takaku, L., Glasser, C. M., Garbeloto, V. C., & Bracco, J. E. (2003). *Resistance of Aedes aegypti from the State of São Paulo, Brazil, to Organophosphates Insecticides*. *Memorias Do Instituto Oswaldo Cruz*, 98(5), 703–708. <https://doi.org/10.1590/S0074-02762003000500020>
22. Melo-Santos, M. A. V., Varjal-Melo, J. J. M., Araújo, A. P., Gomes, T. C. S., Paiva, M. H. S., Regis, L. N., Furtado, A. F., Magalhaes, T., Macoris, M. L. G., Andrigotti, M. T. M., & Ayres, C. F. J. (2010). *Resistance to the organophosphate temephos: Mechanisms, evolution and reversion in an Aedes aegypti laboratory strain from Brazil*. *Acta Tropica*, 113(2), 180–189. <https://doi.org/10.1016/j.actatropica.2009.10.015>
23. Nazni, W. A., Kamaludin, M. Y., Lee, H. L., T. Rogayah, T. A. R, Sa'diyah, I. (2000). *Oxidase activity in relation to insecticide resistance in vectors of public health importance*. *Tropical Biomedicine*, Vol.17 No.(ref.17), pp.69-79.
24. Ngugi, H. N., Mutuku, F. M., Ndenga, B. A., Musunzaji, P. S., Mbakaya, J. O., Aswani, P., Irungu, L. W., Mukoko, D., Vulule, J., Kitron, U., & LaBeaud, A. D. (2017). *Characterization and productivity profiles of Aedes aegypti (L.) breeding habitats across rural and urban landscapes in western and coastal Kenya*. *Parasites and Vectors*, 10(1), 1–12. <https://doi.org/10.1186/s13071-017-2271-9>
25. Organisation mondiale de la santé (OMS). (2016). *Surveillance et gestion de la résistance aux insecticides dans les populations de moustiques Aedes*. Who, 16(10665), 7.

- <https://apps.who.int/iris/handle/10665/204588>
26. Organisation Mondial de la Santé (OMS). (2017). *Stratégie mondiale pour l'élimination des épidémies de fièvre jaune.*
 27. Paeporn, P., Komalamisra, N., & Eshita, Y. (2004). *Temephos resistance in two forms of aedes aegypti and its significance for the resistance mechanism.* The Southeast Asian journal of tropical medicine and public health · January 2004
 28. Parham, P. E., Waldock, J., Christophides, G. K., Hemming, D., Agusto, F., Evans, K. J., Fefferman, N., Gaff, H., Gumel, A., Ladeau, S., Lenhart, S., Mickens, R. E., Naumova, E. N., Ostfeld, R. S., Ready, P. D., Thomas, M. B., Velasco-Hernandez, J., & Michael, E. (2015). *Climate, environmental and socio-economic change: Weighing up the balance in vector-borne disease transmission.* Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences, 370(1665), 1–17. <https://doi.org/10.1098/rstb.2013.0551>
 29. Paris, M., Tetreau, G., Laurent, F., Lelu, M., Despres, L., & David, J. P. (2011). *Persistence of Bacillus thuringiensis israelensis (Bti) in the environment induces resistance to multiple Bti toxins in mosquitoes.* Pest Management Science, 67(1), 122–128. <https://doi.org/10.1002/ps.2046>
 30. Patz, J. A., Daszak, P., Tabor, G. M., Aguirre, A. A., Pearl, M., Epstein, J., Wolfe, N. D., Kilpatrick, A. M., Foufopoulos, J., Molyneux, D., Bradley, D. J., Amerasinghe, F. P., Ashford, R. W., Barthelemy, D., Bos, R., Bradley, D. J., Buck, A., Butler, C., Chivian, E. S., ... Zakarov, V. (2004). *Unhealthy landscapes: Policy recommendations on land use change and infectious disease emergence.* Environmental Health Perspectives, 112(10), 1092–1098. <https://doi.org/10.1289/ehp.6877>
 31. Patz, J. A., Olson, S. H., Uejio, C. K., & Gibbs, H. K. (2008). *Disease Emergence from Global Climate and Land Use Change.* Medical Clinics of North America, 92(6), 1473–1491. <https://doi.org/10.1016/j.mcna.2008.07.007>
 32. Paul, A., Harrington, L. C., Zhang, L., & Scott, J. G. (2005). *Insecticide resistance in Culex pipiens from New York.* Journal of the American Mosquito Control Association, 21(3), 305–309. [https://doi.org/10.2987/8756-971X\(2005\)21\[305:IRICPF\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.2987/8756-971X(2005)21[305:IRICPF]2.0.CO;2)
 33. Polson, K. a, Curtis, C., Seng, C. M., Olson, J. G., & Rawlins, S. C. (2001). *Susceptibility of Two Cambodian Populations of Aedes aegypti Mosquito Larvae to Temephos During 2001.* Dengue Bulletin, 25, 79–84.
 34. Ponlawat, A., Scott, J. G., & Harrington, L. C. (2005). *Insecticide susceptibility of Aedes aegypti and Aedes albopictus across Thailand.*

- Journal of Medical Entomology, 42(5), 821–825.
<https://doi.org/10.1093/jmedent/42.5.821>
35. Rochlin, I., Turbow, D., Gomez, F., Ninivaggi, D. V., & Campbell, S. R. (2011). *Predictive mapping of human risk for west nile virus (WNV) based on environmental and socioeconomic factors*. PLoS ONE, 6(8). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0023280>
36. Ruaux, N. (2018). *Résistances et méthodes alternatives*. anses-01802740
37. Serrato, I. M., Caicedo, P. A., Orobio, Y., Lowenberger, C., & Ocampo, C. B. (2017). *Vector competence and innate immune responses to dengue virus infection in selected laboratory and field-collected Stegomyia aegypti (= Aedes aegypti)*. Medical and Veterinary Entomology, 31(3), 312–319. <https://doi.org/10.1111/mve.12237>
38. Tangena, J.-A. A., Thammavong, P., Wilson, A. L., Brey, P. T., & Lindsay, S. W. (2017). *Risk and Control of Mosquito-Borne Diseases in Southeast Asian Rubber Plantations*. Trends in Parasitology, 32(5), 402–415. <https://doi.org/10.1016/j.pt.2016.01.009>
39. Tantely, M. L., Le Goff, G., Boyer, S., Fontenille, D. (2016). *An updated checklist of mosquito species (Diptera: Culicidae) from Madagascar*. Parasite, 23(), 20–. doi:10.1051/parasite/2016018
40. Valles, S. M., Koehler, P. G., & Brenner, R. J. (1997). *Antagonism of Fipronil Toxicity by Piperonyl Butoxide and S,S,S-Tributyl Phosphorotriithioate in the German Cockroach (Dictyoptera: Blattellidae)*. Journal of Economic Entomology, 90(5), 1254–1258. <https://doi.org/10.1093/jee/90.5.1254>
41. Yadouleton, A., Tchibozo, C., Azondekon, R., Ahissou, F., Houndeton, G., Sidick, A., Gbaguidi, F., & Akogbeto, M. (2018). *Pyrethroid resistance in Aedes aegypti populations in southern Benin, West Africa*. International Journal of Mosquito Research, 5(3), 17–20.

Niveaux, Tendances et Déterminants de la Morbidité Palustre des Enfants de Moins de Cinq ans au Burkina Faso de 2010 à 2018

Tou Gnigassilaga Gildas

Université Joseph Ki-Zerbo,

Institut Supérieur des Sciences de la Population, Burkina Faso

Bouba Djourdebbé Franklin

Université Yaoundé II, Institut de Formation et de Recherche Demographiques (IFORD), Cameroun

Bougma Moussa

Université Joseph Ki-Zerbo,

Institut Supérieur des Sciences de la Population, Burkina Faso

[Doi:10.19044/esj.2022.v18n27p49](https://doi.org/10.19044/esj.2022.v18n27p49)

Submitted: 01 May 2021

Copyright 2022 Author(s)

Accepted: 03 August 2022

Under Creative Commons BY-NC-ND

Published: 31 August 2022

4.0 OPEN ACCESS

Cite As:

Tou G.G., Bouba Djourdebbé F. & Bougma M. (2022). *Niveaux, tendances et déterminants de la morbidité palustre des enfants de moins de cinq ans au Burkina Faso de 2010 à 2018*. European Scientific Journal, ESJ, 18 (27), 49.

<https://doi.org/10.19044/esj.2022.v18n27p49>

Résumé

Sous l'effet combiné de l'amélioration de la lutte anti-vectorielle, du diagnostic rapide des infections plasmodiales, des traitements efficaces et les changements socioéconomiques, le paludisme a régressé depuis 2010 dans toutes les régions du monde (OMS, 2020). Toutefois au Burkina Faso, le paludisme affecte plus les enfants et demeure la première cause de leurs décès (Ministère de la santé, 2018). Cette étude vise à contribuer à une meilleure connaissance de l'évolution du paludisme chez les enfants et des facteurs qui sont à l'origine de la persistance dans le temps de cette maladie. Les données utilisées sont issues de l'EDS-MICS-IV 2010, l'EIPBF 2014 et de l'EIPBF 2017-2018. L'analyse descriptive (décomposition) et l'analyse explicative (régression logistique binomiale) ont été utilisées pour atteindre nos objectifs. Les analyses descriptives, à travers la décomposition de la baisse de la morbidité palustre des enfants, indiquent que ce sont les changements de comportement qui ont entraîné cette baisse plutôt que la structure des

différentes catégories sociales. Ces changements de comportement, qui sont favorables à la baisse du paludisme, sont attribuables aux politiques généralisées. Par ailleurs, les analyses multivariées explicatives indiquent que 7 facteurs persistent dans la détermination du risque de paludisme à n'importe qu'elle année d'étude sur le phénomène : le milieu de résidence, la religion de la mère, le niveau de vie du ménage, le type de lieu d'aisance, le principal matériau du mur, l'exposition aux médias de la mère et l'âge de l'enfant. Les autres facteurs ne sont pas significatifs simultanément aux trois années d'étude. Ainsi, les interventions antipaludiques doivent mettre un accent particulier sur les facteurs persistants.

Mon cles: Tendance, déterminants, morbidité, paludisme

Levels, Trends and Determinants of Malaria Morbidity in Children under Five in Burkina Faso from 2010 to 2018

Tou Gnigassilaga Gildas

Université Joseph Ki-Zerbo,

Institut Supérieur des Sciences de la Population, Burkina Faso

Bouba Djourdebbé Franklin

Université Yaoundé II, Institut de Formation et de Recherche
Demographiques (IFORD), Cameroun

Bougma Moussa

Université Joseph Ki-Zerbo,

Institut Supérieur des Sciences de la Population, Burkina Faso

Abstract

Under the combined effect of improved vector control, rapid diagnosis of plasmodial infections, effective treatments, and socioeconomic changes, malaria has declined since 2010 in all regions of the world (WHO, 2020). However, in Burkina Faso, malaria affects more children and remains the leading cause of death (Department of Health, 2018). This study aims to contribute to a better understanding of the evolution of malaria in children and the factors that are responsible for the persistence of this disease over time. The data used are from the 2017-2018 IPBES, the 2014 IPBES, and the 2010 DHS-MICS-IV. Descriptive analysis (decomposition) and explanatory analysis (binomial logistic regression) were used to achieve our objectives. The descriptive analyses, through the decomposition of the decline in malaria morbidity among children, indicate that it is behavioral changes that have led to this decline rather than the structure of the different social categories. These behavioral changes, which are conducive to malaria reduction, are attributable

to generalized policies. Furthermore, explanatory multivariate analyses indicate that 7 factors persist in determining malaria risk in any given year of study: residence, mother's religion, household standard of living, type of toilet, main wall material, mother's media exposure, and child's age. The other factors were not significant simultaneously in all three years of the study. Thus, malaria interventions should focus on persistent factors.

Keywords: Trends, determinants, morbidity, malaria

1. Introduction

Le paludisme est une maladie parasitaire rencontrée dans les régions chaudes du monde. Le parasite, du genre *Plasmodium*, se transmet à l'homme par des piqûres de moustiques femelles infectés. C'est principalement dans les pays pauvres de la zone tropicale que sévit la maladie (Kouéta et al., 2008 ; Soma et al. 2018). En 2017, on estimait à plus de 3 milliards d'habitants dans le monde, soit près de la moitié de la population mondiale, le nombre de personnes vivant dans des régions affectées par le paludisme (OMS, 2018). Selon la même source à la même date, 219 millions de personnes étaient malades du paludisme et 435 000 décès associés. L'Afrique subsaharienne est la partie de la planète la plus durement touchée. En effet, 92% de cas de paludisme et 93% des décès dus à cette maladie proviennent de cette région du monde (OMS, 2017). Les enfants de moins de cinq ans constituent le groupe le plus exposé à la mortalité palustre avec 266 000 décès en 2017, soit 61% de l'ensemble des décès par paludisme (OMS, 2017).

Comme la plupart des pays de l'Afrique subsaharienne, le Burkina Faso est un pays fortement touché par le paludisme. En termes de nombre de cas d'infection palustre diagnostiqués en 2017, ce pays est classé au 6ème rang mondial et 5ème rang des pays africains (OMS, 2018). En 2016, l'incidence du paludisme au Burkina Faso était de 10,9% faisant de lui le pays le plus impaludé dans la sous-région des pays du sahel (RBM, 2018). En outre, le paludisme représentait en la même année la première cause de consultation (43,4%), d'hospitalisation (44,6%) et de mortalité (21,8%) dans les formations sanitaires (Ministère de la santé, 2017). La proportion des cas de paludisme simple détectés chez les enfants de moins de cinq ans était de 50,8% de l'ensemble des cas en 2016. Quant à la proportion des cas de paludisme grave, elle était à 3,7% pour la même tranche d'âge à la même année (Ministère de la Santé, 2017). Les jeunes enfants continuent à supporter une charge disproportionnée de la mortalité palustre. Les enfants de moins de 5 ans représentaient 75,65% des décès associés au paludisme au Burkina Faso en 2017 (Ministère de la santé, 2018).

Les rapports des deux Enquêtes sur les Indicateurs du Paludisme au Burkina Faso (EIPBF) réalisées sur la période 2014-2018 montrent une

inégalité de la morbidité palustre des enfants de moins de cinq ans selon le milieu de résidence et niveau de vie du ménage. En 2014, la prévalence était nettement plus élevée en milieu rural avec un niveau de 54% contre 18 % en milieu urbain (INSD et al., 2015). A la même date, la prévalence du paludisme des enfants dans le quintile de bien-être économique le plus faible était de 58% et 14% pour le quintile le plus élevé. A la deuxième EIPBF en 2017/2018, le même indicateur était à 19% pour le milieu rural et 5% pour le milieu urbain. Les ménages du quintile de bien être-économique faible présentaient une prévalence de morbidité palustre infanto-juvénile de 20% contre 7% pour le quintile le plus élevé. Ainsi, la différence de prévalence palustre des enfants entre milieu rural et urbain a baissé de 36 à 14 points entre 2014 et 2018. Sur la même période, l'écart entre le faible quintile de bien-être économique et le quintile le plus élevé a chuté de 44 points à 13 points.

Malgré les multiples efforts entrepris dans la lutte contre le paludisme au Burkina Faso, force est de constater que le paludisme demeure un problème de santé publique. Il demeure la première cause de décès des enfants de moins de cinq ans. De 2010 à 2018, l'évolution de la prévalence du paludisme est à la baisse dans l'ensemble du pays. Il ressort de l'enquête démographique et de santé (EDS) de 2010 que la prévalence du paludisme chez les enfants de moins de 5 ans était de 66% en 2010 (INSD et ICF International, 2012). Cette prévalence est passée à 46% en 2014 (INSD et al., 2015). En dépit de cette baisse, l'objectif de « rayer le paludisme de la liste des problèmes majeurs de santé publique en Afrique à l'horizon 2015 » (Banque mondiale, 2009, p. 1) n'a pas pu être atteint. On pourrait donc se demander qu'est-ce qui a favorisé cette baisse et d'où provient-elle ?

Cela amène à formuler la question de recherche suivante : « comment a évolué et quels sont les déterminants de cette évolution de la morbidité palustre chez les enfants de moins de 5 ans dans le temps au Burkina Faso ? » Spécifiquement, comment varie la morbidité palustre au cours du temps ? Quelles sont les principales sources de changement ? Quels sont les facteurs communs et spécifiques des années 2010, 2014 et 2017/2018 ?

La problématique de la santé des enfants en général et plus particulièrement celle de la morbidité palustre des enfants de moins de 5 ans a été largement traitée. Cependant, il existe très peu de travaux dans la littérature démographique qui se sont intéressés à la question de l'évolution dans le temps du paludisme chez les enfants de moins de cinq ans. Par exemple, il est recensé dans les investigations qu'un seul travail qui traite de cette question (Abdou Louche, 2014). Ce travail portait sur le Niger et n'a utilisé que les Enquêtes Démographiques et de Santé (EDS) qui ne sont pas spécifiques au paludisme comme les enquêtes sur les indicateurs du paludisme.

L'intérêt de l'étude se situe à plusieurs niveaux. Sur le plan programmatique, ce travail met à la disposition des acteurs étatiques et non

éstatiques dans le domaine de la santé des informations pertinentes et actualisées pour une meilleure orientation des stratégies de lutte contre le paludisme au Burkina Faso. Par conséquent, il contribuera à l'atteinte de l'ODD 3 visé par le pays à travers la cible 3.3 qui stipule que : « D'ici à 2030, mettre fin à l'épidémie du sida, à la tuberculose, au paludisme et aux maladies tropicales négligées et combattre l'hépatite, les maladies transmises par l'eau et autres maladies transmissibles ». Au niveau social, cette étude contribuera à l'amélioration de bien-être des enfants, et par là, le bien-être de la société. Au niveau scientifique, elle permettra de comprendre les facteurs à l'origine du changement de la morbidité palustre des enfants de moins de 5 ans au Burkina Faso. Ce travail contribue également à la valorisation des données statistiques produites par l'Institut National de la Statistique et de la Démographie du Burkina Faso.

L'objectif général de cette étude est de contribuer à une compréhension de l'évolution du paludisme infanto-juvénile et des facteurs à l'origine de la persistance dans le temps de cette maladie, afin de guider les programmes de lutte contre le paludisme, et par là même réduire la morbidité et la mortalité des enfants. Plus spécifiquement, il s'agit :

- de décrire la variation dans le temps du niveau de morbidité palustre ;
- d'identifier les sources de changement ;
- d'identifier les facteurs communs et spécifiques aux différentes années d'étude.

2. Revue de littérature

Plusieurs approches ont été développées dans la littérature pour expliquer la survenance du paludisme. Dans la suite, il est évoqué l'approche environnementale, l'approche socioéconomique, l'approche socioculturelle, l'approche démographique, l'approche institutionnelle et l'approche comportementale.

La saisonnalité du paludisme est moins nette que celle des autres maladies qui ont un profil saisonnier marqué comme la rougeole, les infections respiratoires aiguës, la méningite, mais le rôle du climat dans la prévalence de cette pathologie est indéniable (Ngwé, 2014). Il y a environ 2500 ans, Hippocrate conseillait de construire les villages loin des marais pour éviter la fièvre. Le paludisme, comme l'indique l'étymologie latine de son nom, paludis, marais, est étroitement lié à l'environnement (Martiny et al., 2012). Les Anophèles ont besoin, pour survivre, de conditions climatiques et environnementales spécifiques. La femelle de l'Anophèle pond ses œufs sur l'eau. Ainsi les facteurs climatiques et environnementaux pourraient influencer le risque d'infection palustre chez les enfants. Cette approche tient aussi compte de l'environnement immédiat. Dans cette approche, les lieux de vie et milieux tels que l'air, l'eau, les sols, les déchets, le bruit, les

rayonnements et l'habitat expliquent prioritairement les maladies liées à l'environnement. L'évolution de la prévalence du paludisme chez l'enfant pourrait donc être associée à l'évolution de son environnement immédiat. Les demeures obscures et peu ventilées conviennent bien au repos des vecteurs ; tandis que ceux-ci quittent rapidement les maisons modernes, bien aérées, et vont se reposer à l'extérieur (Mouchet, 1999).

L'approche économique repose sur l'accès aux soins modernes mais, plus généralement, la justification économique de l'évolution et les disparités de la maladie. Le faible niveau de fréquentation des formations sanitaires s'expliquerait par le faible niveau de vie des ménages. Le statut socioéconomique du ménage détermine la propension à fréquenter les centres de santé (Franckel, 2004). Ainsi, les disparités de la morbidité palustre peuvent s'expliquer par le faible niveau socioéconomique des ménages. L'accès palustre de l'enfant pourrait s'expliquer par l'incapacité financière des parents à se procurer les moyens de protection (moustiquaire, insecticide aérosol, pommade répulsive, chimioprophylaxie des enfants etc.) sur le marché. La capacité de se protéger contre le paludisme a un coût que les populations n'ont pas toujours les moyens d'assumer (Couvray et al., 2011). Pour Audibert (2004), le coût de la moustiquaire imprégnée et de sa ré-imprégnation constituent un obstacle à la lutte contre le paludisme.

L'approche socioculturelle se fonde sur les pratiques, croyances et perceptions des populations pour expliquer la morbidité palustre chez les enfants. Les éléments culturels liés à la perception du paludisme en définissent largement la nature et l'étendue mesurable (Longuépée, 2006). Ainsi, les croyances, normes et valeurs véhiculées par les sociétés traditionnelles africaines, servent de référence aux individus et, par là même, influencent l'évolution de la maladie. Bonnet (1986) fait le constat qu'en pays mossi, le paludisme est perçu comme une maladie dont l'agent pathogène pouvait être l'esprit ancestral. En outre, selon Akoto (1994), la religion affecte la vie des populations tant sur le plan comportemental, physiologique que psychique. La religion étant un modèle culturel, les pratiques en matière de soins peuvent se différencier selon les groupes religieux. Certaines religions favorisent plus le recours aux soins modernes que d'autres. Pour Akoto (1993), le christianisme influence le modèle culturel traditionnel par l'entremise de la culture occidentale. Cette religion induit chez les parents de l'enfant des comportements et attitudes différents, susceptibles d'agir sur la santé des enfants (Akoto, 1993). La diversité culturelle des groupes sociaux au Burkina Faso pourrait s'accompagner d'une multitude de représentations sociales du paludisme. L'émergence des religions révélées, suivie du déclin des religions traditionnelles et l'urbanisation croissante de la population peuvent affecter l'évolution de la morbidité palustre en modifiant les représentations sociales de cette maladie.

L'approche démographique tente d'expliquer l'évolution et les disparités du risque de paludisme chez les enfants à travers les variables démographiques. D'une manière générale, la littérature reconnaît classiquement l'âge et le sexe comme facteurs démographiques clés de survenue des symptômes chez les enfants (Bouba Djourdebbé, 2015). D'un point de vue biologique, tous les enfants bénéficient d'une protection physiologique innée, ce qui raréfie les accès palustres avant l'âge de quatre mois (Le Hesran, 2000). Les anticorps anti-palustres transmis par la mère à l'enfant disparaissent progressivement entre 6 et 24 mois (Carnevale et Vaugelade, 1987). Le sexe est une caractéristique qui joue un rôle déterminant de la santé (Barbieri, 1991). Les nouveau-nés de sexe masculin bénéficient d'un niveau d'immunité passive naturelle inférieur à celui des filles, d'où leur plus grande vulnérabilité aux maladies infectieuses (Waldron, 1983). Au plan des comportements sociaux, le sexe de l'enfant est dans certaines situations une source de discrimination en matière de prévention et de traitement de la maladie (Rakotondrabé, 2004). Plus souvent, on émet l'hypothèse que les enfants de sexe masculin sont privilégiés par rapport à ceux de sexe féminin (Baya, 1999). Ensuite, les nouveau-nés et les très jeunes enfants sont l'objet de soins attentifs. Ils vont parfois bénéficier de moustiquaire ou de chimioprophylaxie. Ces moyens de protection sont le plus souvent abandonnés dès que l'enfant devient autonome (Le Hesran, 2000). Enfin, le jeune âge de la mère exerce probablement une part d'influence non négligeable sur les risques de morbidité et de décès de son enfant (Baya, 1999). L'inexpérience des jeunes mères peut conduire à une augmentation du risque d'exposition de leurs enfants à certaines maladies.

L'approche institutionnelle suppose que le contexte institutionnel à travers la disponibilité et la qualité des services de soins, l'accessibilité géographique, financière et culturelle des populations à ces services de soins influence la santé des populations. La qualité du cadre institutionnel (offre de services de santé en quantité et en qualité, structures opérationnelles étatiques et non étatiques, etc.) et des politiques (objectifs visés, programmes d'intervention et ressources financières) de la santé conditionnent de manière déterminante le niveau et l'évolution de la morbidité palustre des enfants. Pour Nguendo Yongsi & Toumbalbai (2016, P.167), « La présence des structures de santé de qualité et en nombre suffisant et la mise sur pied d'une politique sanitaire efficace réduisent la morbidité et la mortalité ». Les institutions donnent aux individus des dispositions, les guident et les motivent afin qu'ils adoptent un comportement particulier. Elles promeuvent une coopération et un type d'action qui améliorent la santé de la population.

Plusieurs auteurs ont effectué des travaux empiriques sur les facteurs du paludisme. Les travaux présentés dans cette revue sont relatifs à différents types de facteurs : les facteurs environnementaux, ceux liés au milieu de

résidence, les facteurs socioéconomiques, les facteurs socioculturels, les facteurs démographiques et ceux liés au comportement de la mère.

A travers la littérature, il est distingué deux types de facteurs environnementaux qui influent sur la santé humaine. Il s'agit des « facteurs environnementaux liés au milieu naturel et ceux relatifs au cadre de vie, c'est-à-dire l'environnement immédiat » (Ngwé, 2014, p.53). Dans leur étude, Nzeyimana et al. (2002) montrent que les infections dues à *P. falciparum* sont significativement plus fréquentes chez les enfants de 0-14 ans pendant les périodes de pluies (99 %) qu'en janvier (96 %) en saison sèche dans la région de Taï en Côte d'Ivoire. Au Bénin, Dansou & Odoulami (2015) ont utilisé les données climatologiques (pluie, température), couvrant la période 1999-2012 et les statistiques du paludisme de 1999 à 2012, pour établir les relations qui existent entre les deux variables. Des résultats, il ressort que les facteurs climatiques déterminent le regain du paludisme surtout en saison pluvieuse dans la commune de Pobè. En outre certaines études ont montré une forte relation entre le cadre de vie et la survenue du paludisme. L'étude réalisée par Fournet et al. (2015) à Bobo-Dioulasso montre l'importance de la proximité des bas-fonds avec les ménages sur le risque élevé de paludisme. Il ressort des études de Brissy et al. (2015) dans les quartiers Koko et Soukoura (Côte d'Ivoire), la présence quasi-permanente des eaux usées dans les caniveaux à ciel ouvert a une influence sur le risque de propagation du paludisme. La même étude révèle une association significative entre le type d'habitat et l'incidence du paludisme. Dans le quartier Angouattanoukro, l'incidence moyenne du paludisme est presque deux fois plus élevée dans les habitats spontanés (5 cas) que dans les maisons à haut standing (2,9 cas).

Le paludisme a longtemps été considéré comme une pathologie du monde rural (Fournet et al., 2015). Une des caractéristiques du milieu urbain est la pollution organique importante des collections d'eau et leur caractère très défavorable au développement des larves d'anophèles (Gazin, 1991). Les études de Sabatinelli et al. (1986) ont conduit à un examen global des enfants de 0 à 5 ans dans 6 quartiers témoins de la ville de Ouagadougou et 3 villages environnants. Les résultats donnent un Indice Parasitologique (IP) total de 16% dans la ville, alors qu'en zone rurale il atteint 62% (moyenne des 3 villages). Il ressort des études de Gazin (1991) à Bobo-Dioulasso, le taux de transmission palustre est nettement plus faible à Bobo-Dioulasso (ville économique du Burkina Faso) que dans le milieu rural avoisinant, pourtant distant seulement de quelques kilomètres. Kaboré (2019) montre que le milieu de résidence explique 42 % de la variation de l'état de morbidité palustre des enfants dans la région du Centre/Plateau-central au Burkina Faso.

Le niveau de vie des populations influence la lutte contre le paludisme à travers les conditions environnementales de vie et le recours à certains moyens de lutte pour se protéger contre les moustiques (Nguendo &

Toumbalbai, 2016). Cette association entre le niveau de vie des ménages et la survenue du paludisme est démontrée par plusieurs études. En étudiant l'évolution spatio-temporelle de la morbidité palustre chez les enfants de moins de cinq ans au Niger, Abdou (2014) aboutit à la conclusion qu'au niveau national, il n'existe pas de différence significative entre les enfants issus des ménages de niveau de vie pauvre et très riche sur la survenance du paludisme en 2006. Cependant les très pauvres avaient 1,32 fois plus de risque d'avoir le paludisme que les très riches. L'auteur démontre que les enfants des pauvres et très pauvres avaient en 2012, respectivement 1,42 et 1,55 fois plus de risques de contracter le paludisme, comparés à ceux vivant dans les ménages à niveau de vie très riche.

La relation entre l'occupation de la mère de l'enfant de moins de cinq ans et la survenance du paludisme chez ce dernier a intéressé plusieurs auteurs (Barry, 2015; Coulibaly, 2019). Ainsi, dans la région de Basse Guinée, Barry (2015) constate que les enfants de mères non occupées ont presque 40% moins de risque d'avoir le paludisme que ceux dont les mères sont occupées. Cependant, l'auteur aboutit à un résultat contraire dans la région de Guinée Forestière. En effet, il y ressort que les enfants des mères non occupées courent, toutes choses étant égales par ailleurs environ 2 fois plus de risque de contracter le paludisme que ceux dont leurs mères sont occupées. Le « statut d'occupation de la mère » n'a pas discriminé la contraction du paludisme chez les enfants dans les autres régions de la Guinée.

De nombreuses études considèrent l'ethnie comme un facteur pouvant expliquer l'état de santé des individus. Selon Haque et al. (2011), la variable ethnie module le risque d'infection palustre. En Guinée, Barry (2015) conclut que dans la région de Conakry, les enfants de mères d'ethnie malinkée courent plus de risque d'avoir le paludisme que ceux de mères sousou. Quant à Diallo (2016), il observe au Mali que les enfants des mères sarakolé/soninké/marka ont 45 % moins de risque de connaître le paludisme par rapport aux enfants des mères bambara/malinké/dogon.

La religion est considérée comme un facteur de conditionnement qui peut peser sur la santé (Akoto et al., 2002). Dans son étude au Burkina Faso, Kaboré (2019) observe que la religion de la mère est un facteur de différenciation de la morbidité palustre chez les enfants de moins de cinq ans. Toutes choses égales par ailleurs, les enfants dont les mères sont des adeptes de la religion catholique ont 23% moins de risque de morbidité palustre que ceux de mère musulmane (Kaboré, 2019).

L'instruction favorise l'ouverture de la femme vers l'extérieur et permet à la mère de rompre avec les pratiques traditionnelles qui nuisent à la santé de l'enfant (Soura, 2009). Ainsi, plusieurs études ont montré l'influence de l'instruction de la mère sur le risque d'infection palustre de l'enfant. Fournet et al. (2015) observent à Bobo-Dioulasso (Burkina Faso) que les

enfants de mères scolarisées ont un risque de paludisme diminué de 34% par rapport aux enfants de mères non scolarisées. Toujours en restant au Burkina Faso, Kaboré (2019) dans son étude trouve qu'au niveau national, toutes choses égales par ailleurs, les enfants des mères éduquées ont 26% moins de risque de contracter le paludisme comparativement à ceux des mères non éduquées.

L'âge de l'enfant est une des variables qui a beaucoup attiré l'attention des chercheurs dans l'analyse des facteurs de risque de paludisme. Une étude menée par Ilunga-Ilunga et al. (2016) à Kinshasa, montre l'association entre l'âge de l'enfant et l'expression clinique et biologique du paludisme grave. Près de trois quart des enfants malades du paludisme grave étaient âgés de moins de cinq ans. Au Cameroun, Nkoussa (2012) constate que les enfants de moins d'un an et ceux de 3 à 4 ans révolus ont moins de risque d'infections palustre que ceux de 1 à 2 ans révolus. Il ressort que les enfants moins d'un an et ceux de 3 à 4 ans ont respectivement 26 % et 41 % moins de risque d'accès palustre par rapport aux enfants dont l'âge est compris entre 1 et 2 ans révolus.

3. Données et méthode d'analyse

Les données de l'étude proviennent de l'EDS-MICS-IV et des deux EIPBF réalisées respectivement en 2010, 2014 et 2017/2018. L'étude a ciblé les enfants de moins de cinq ans au moment des enquêtes ayant effectués le test de la goutte épaisse. Le choix de ces bases de données se justifie par la présence du paludisme parmi les thèmes abordés par ces enquêtes et du fait de leur fiabilité en raison des moyens financiers déployés et de la qualification des ressources humaines impliquées dans sa conception et son exécution.

Le choix des méthodes d'analyse est basé sur la nature de la variable dépendante et les objectifs assignés à l'étude. Ainsi, dans cette étude, il est question d'adopter une démarche à la fois descriptive et explicative. Premièrement, procéder à l'analyse de la décomposition (Eloundou et al., 2017). Elle sert à dégager les sources de changement dans l'évolution du paludisme chez les enfants. Deuxièmement, recourir à l'analyse explicative à travers la régression logistique (Sanharawi et Naudet, 2013) qui permettra d'évaluer l'influence nette des caractéristiques socioéconomiques, socioculturelles et sociodémographiques sur le paludisme.

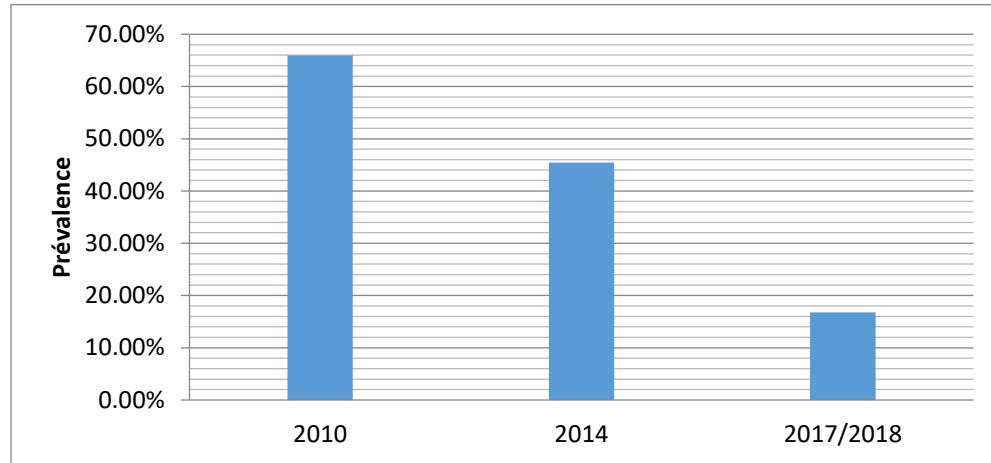
4. Résultats

4.1 Tendance de la morbidité palustre chez les enfants

La prévalence du paludisme chez les enfants basés sur les analyses sanguines au laboratoire affiche une tendance à la baisse sur la période 2010 à 2018. Elle est passée au niveau national de 66% en 2010 à 46% en 2014, soit environ une baisse annuelle moyenne de 9% (graphique 1). Cette baisse continue pour atteindre une prévalence de 17% en 2018. Les différents tests

de proportion révèlent une différence significative au seuil de 5% entre les prévalences des trois années d'études.

Graphique 1. Evolution de la morbidité palustre chez les enfants de moins de cinq ans au Burkina Faso entre 2010 et 2017/2018



Sources : Données de l'EDS-MICS-IV 2010, de l'EIPBF 2014 et de l'EIPBF 2017/2018

4.2 Source de la baisse de la morbidité palustre chez les enfants de moins de cinq ans au Burkina Faso entre 2010 et 2017/2018

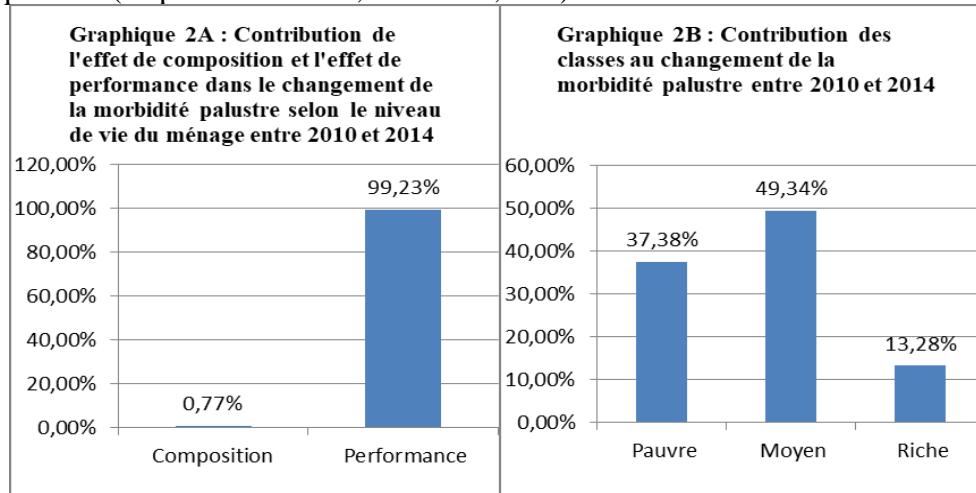
Après avoir constaté une évolution à la baisse de la morbidité palustre, il serait intéressant de séparer les divers éléments constitutifs de cette baisse afin de comprendre le changement observé au cours du temps à travers la contribution relative des groupes complémentaires. Ce changement peut provenir d'une modification de la structure des groupes (effet de composition), ou d'une baisse réelle du niveau même du paludisme (effet de performance ou de comportement).

Il est question dans cette section de déterminer les sources de la baisse observée de la morbidité palustre de 2010 à 2017/2018. Cette détermination se fera successivement par la décomposition simple ou de base et la décomposition avancée en fonction des variables de classifications (niveau de vie du ménage et zone d'endémicité) sur les deux périodes de l'étude.

4.2.1 Décomposition simple de la baisse de la morbidité palustre chez les enfants de moins de cinq ans selon le niveau de vie du ménage entre 2010 et 2017/2018

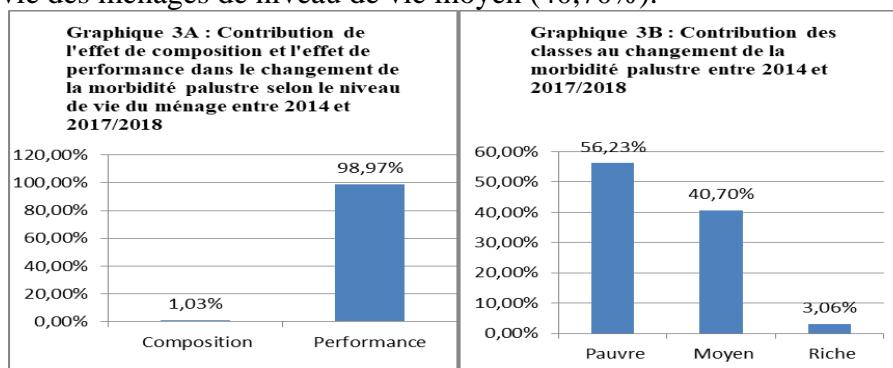
Le recul enregistré en moyenne au sein de l'ensemble des groupes sociaux est de 20,33 points sur la période 2010-2014. En outre, la lecture du graphique 2A révèle que la baisse de la prévalence du paludisme survenue entre 2010 et 2014 est beaucoup plus due à une baisse réelle de la proportion d'enfants impaludés dans chacune des catégories. En effet, il s'agit de l'effet

de comportement qui contribue à hauteur de 99,23% à la baisse de la morbidité palustre des moins de cinq ans par rapport à la composition de différentes classes sociales qui n'a contribué que pour 0,77%. De plus, le Graphique 2B montre que les ménages de niveau de vie moyen ont plus contribué à cette chute de la prévalence du paludisme durant la période, suivi des ménages pauvres (respectivement 49,34% et 37,38%).



Sources : Données de l'EDS-MICS-IV 2010, de l'EIPBF 2014 et de l'EIPBF 2017/2018

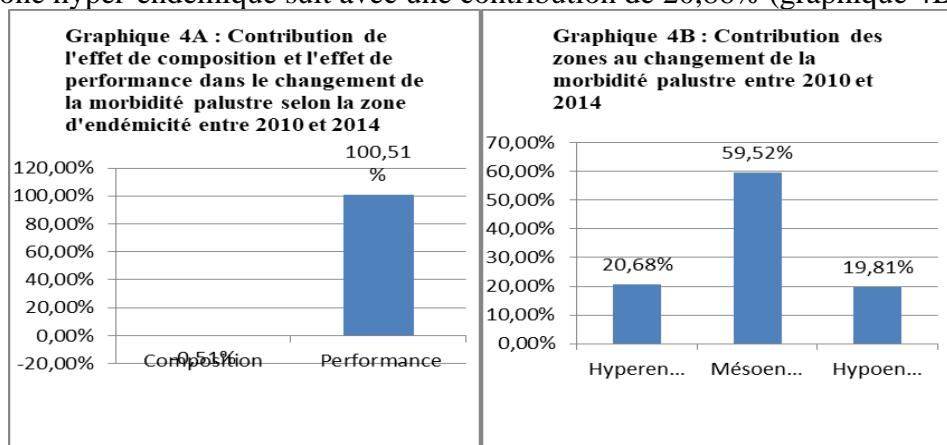
Durant la période 2014 à 2018, la prévalence du paludisme a baissé en moyenne de 28 points en considérant toutes les catégories sociales confondues. L'analyse du graphique 3A montre une prépondérance de l'effet de comportement dans la baisse de cette maladie parasitaire observée. L'effet de comportement ou de performance représente à lui seul 98,97% de la baisse du paludisme au cours de l'intervalle de temps. Une fois de plus, ce sont les classes pauvres et moyennes qui contribuent plus au changement observé, mais cette fois-ci, la classe pauvre participe plus à l'évolution du phénomène que la classe moyenne (Graphique 3B). En effet, la plus haute contribution (56,23%) à la baisse de la morbidité palustre provient des ménages pauvres, suivie des ménages de niveau de vie moyen (40,70%).



Sources : Données de l'EDS-MICS-IV 2010, de l'EIPBF 2014 et de l'EIPBF 2017/2018

4.2.2 Décomposition simple de la baisse de la morbidité palustre chez les enfants de moins de cinq ans selon la zone endémique entre 2010 et 2017/2018

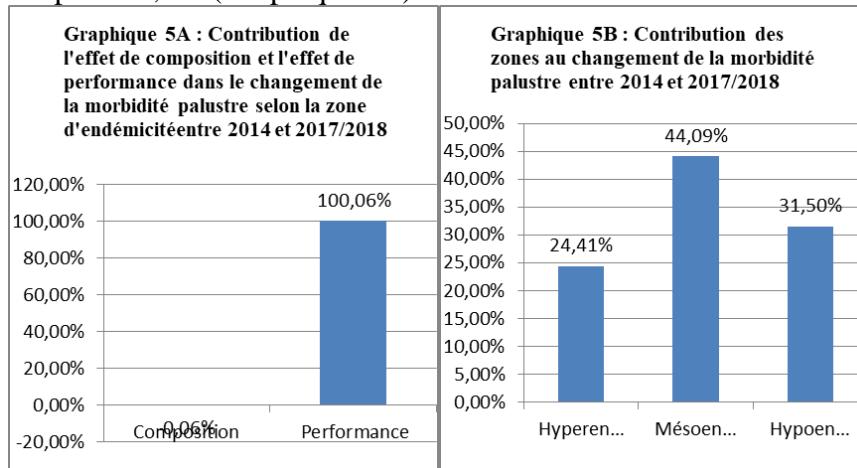
Entre 2010 et 2014, la prévalence du paludisme chez les enfants de moins de cinq ans est en décroissance d'environ 21 points en moyenne en prenant en compte toutes les zones endémiques. Cette analyse de la décomposition simple met en évidence une forte contribution de l'effet de comportement comparativement à l'effet du changement des effectifs relatifs dans la baisse du paludisme (graphique 4A). L'effet de comportement participe à plus de 100% à la baisse de la prévalence du paludisme, tandis que la contribution de l'effet de composition est même négative. Autrement dit, la variation des poids des différentes zones endémiques au cours de la période, a empêché la baisse du paludisme. En outre, la zone méso-endémique a le plus contribué à l'évolution de la morbidité palustre à la hauteur de 59,52 %. La zone hyper-endémique suit avec une contribution de 20,68% (graphique 4B).



Sources : Des données de l'EDS-MICS-IV 2010, de l'EIPBF 2014 et de l'EIPBF 2017/2018

Sur la période 2014-2017/2018, la baisse de la morbidité palustre observée au sein des zones endémiques est d'environ 29 points en moyenne, et l'examen du graphique 5A relative à la décomposition simple du paludisme, indique que l'effet de comportement explique entièrement la baisse observée (contribution de plus de 100%). A l'inverse, l'effet de composition ou l'influence de la variation des effectifs relatifs d'enfants de différentes zones endémiques, contrarie la baisse du paludisme sur la période (contribution négative de l'ordre de -0,06%). En ce qui concerne l'apport individuel des zones endémiques distinctes à la réduction du paludisme, la zone méso-endémique vient toujours sur cette période en première position avec 44,09%

de contribution à la baisse totale. Par contre, comparativement à la période 2010-2014, il est observé la venue de la zone hypo-endémique en deuxième position pour 31,5% (Graphique 5B).



Sources : Données de l'EDS-MICS-IV 2010, de l'EIPBF 2014 et de l'EIPBF 2017/2018

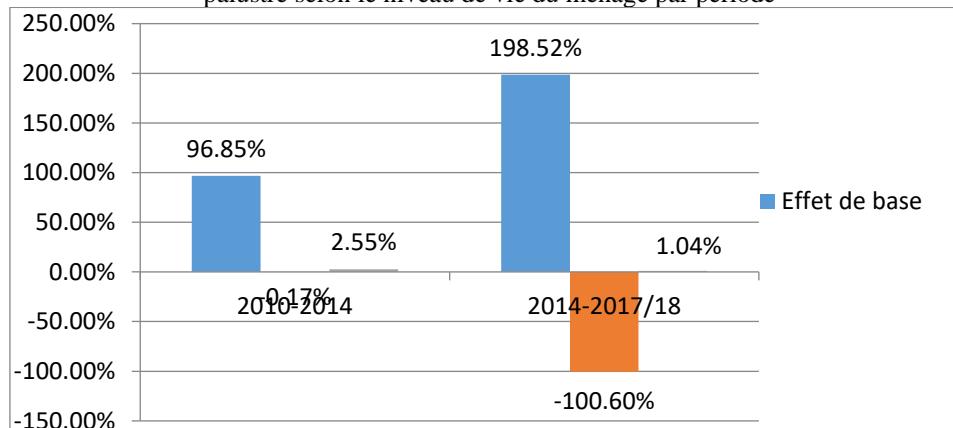
4.3 Décomposition avancée ou extension de l'effet de performance

La section précédente a montré que l'effet de performance a beaucoup plus contribuer à la baisse de la morbidité palustre des enfants durant la période d'étude. Il serait donc intéressant de peaufiner l'analyse en détaillant l'effet de performance en ses composantes à savoir : la performance de base, l'effet de différenciation et l'effet résiduel.

4.3.1 Décomposition de l'effet de performance selon le niveau de vie du ménage

L'examen du graphique 6 montre que l'effet de performance qui prédominait le changement à la baisse de la prévalence du paludisme sur la période 2010-2014, est plus imputable à l'effet de base (politiques qui touchent toutes les couches sociales, dans toutes les périodes d'étude) qui a contribué à 96,85%. Les effets résiduels liés aux autres variables non considérées suivent avec 2,55%. Quant à l'effet de différenciation lié à la variation de l'effet marginal des politiques sur le phénomène étudié, il contrarie la baisse du paludisme sur la période avec une contribution négative de l'ordre de -0,17%. Au cours de la période suivante (2014-2018), les contributions des différentes composantes de l'effet de performance restent dans le même ordre d'importance. En effet, sur cette période, 198,52% de la baisse de la morbidité palustre des enfants sont attribuables à un effet de base, et 1,04% pour les effets résiduels. L'effet de différenciation s'oppose toujours au changement général et cette fois ci, avec une plus forte intensité (-100,60%) comme on peut le remarquer sur le graphique.

Graphique 6. Décomposition de l'effet de performance dans le changement de la morbidité palustre selon le niveau de vie du ménage par période

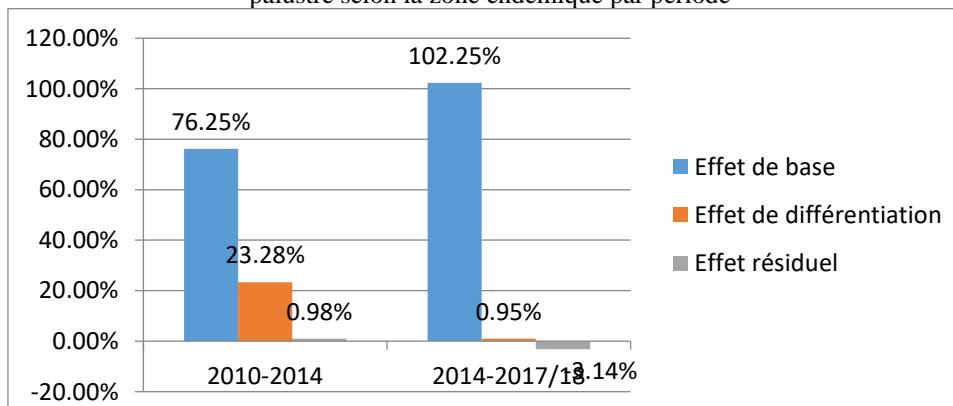


Sources : Données de l'EDS-MICS-IV 2010, de l'EIPBF 2014 et de l'EIPBF 2017/2018

4.3.2 Décomposition de l'effet de performance selon la zone endémique

L'analyse des résultats de la décomposition avancée selon la zone endémique du paludisme où vit l'enfant révèle que la part de la baisse de la morbidité palustre attribuable à l'effet de comportement est en grande partie due à l'effet de base sur la période 2010-2017/2018. Entre 2010 et 2014, l'effet de base a contribué à 76,25% de la baisse du paludisme imputable à l'effet de performance (graphique 7). L'effet de différenciation et celui résiduel ont des apports positifs au changement général respectivement à hauteur de 23,28% et 0,98% sur la même période. Entre 2014 et 2017/2018, les mêmes ordres de contributions à l'effet de performance sont observés. L'effet de base prédomine encore avec 102,25%, suivie de l'effet de différenciation à 0,95%. L'effet résiduel des variables non prises en compte, quant à lui, a plutôt contrarié la baisse du paludisme sur la période 2014-2017/2018 (-3,14%).

Graphique 7. Décomposition de l'effet de performance dans le changement de la morbidité palustre selon la zone endémique par période



Sources : Données de l'EDS-MICS-IV 2010, de l'EIPBF 2014 et de l'EIPBF 2017/2018

5. Facteurs explicatifs de la morbidité palustre des enfants de moins de cinq ans au Burkina Faso

Pour la suite, les résultats sont issus du tableau ci-dessous et sont présentés et discutés en fonction des facteurs communs et spécifiques aux années d'étude.

5.4.1 Facteurs communs aux trois années

L'étude révèle que le milieu de résidence de l'enfant a une influence significative sur l'état de morbidité palustre des enfants de moins de cinq ans sur l'ensemble des trois années au Burkina Faso. Sur cette période, l'écart de risque d'accès palustre chez les enfants était en défaveur de ceux résidant en milieu rural. En effet, les enfants vivant en milieu urbain ont en 2010, 2014 et 2017/2018, respectivement 67,4%, 60,5% et 61,6% moins de risques de contracter le paludisme comparativement à leurs homologues du milieu rural. Ce constat est fait dans plusieurs études, notamment celles des auteurs comme Abdou (2014) au Niger, Barry (2015) en Guinée, Ngomenzey (2021) en République Démocratique du Congo et Ouedraogo et al. (2018) au Burkina Faso. Ceci pourrait s'expliquer par les conditions environnementales favorables qu'offre le milieu rural au développement des moustiques (Pages et al., 2007). Les espaces ruraux sont des espaces à risque anophélien, où l'on a plus de risque de subir des piqûres des anophèles (Daval, 2006). Tandis que l'urbanisation s'accompagne généralement d'un aménagement de l'espace urbain qui permet de réduire les gîtes larvaires (Gazin, 1991; Pages et al., 2007), même si dans les quartiers urbain non structurés ce risque reste élevé à cause d'un déficit d'assainissement. En outre, il existe une différence significative entre milieu urbain et rural en ce qui concerne les modes de vie, plus précisément les pratiques sanitaires. L'urbanisation introduit une amélioration des comportements sanitaires qui se traduit par une prévention plus efficace, une meilleure information sur les comportements sanitaires à adopter et un meilleur accès aux services de santé (Loïzzo & Tabarly, 2012). L'accès faible aux services de santé en milieu rural peut également expliquer le risque élevé de morbidité palustre dans ce milieu. En effet, la prise en charge précoce de la fièvre chez l'enfant est un moyen efficace de lutte contre le paludisme (Aplogan & Ahanhanzo, 2006).

D'après les résultats obtenus, la religion de la mère influence significativement le risque de morbidité palustre des enfants quelle que soit l'année d'étude. Les enfants de mères d'autres religions que le christianisme et l'islam, ont plus de risque de morbidité palustre que les enfants de mère musulmane sur l'ensemble les trois années. Ainsi, en 2010 ces enfants avaient 1,43 fois plus de risque de morbidité palustre que ceux de mère musulmane. Ce risque relatif augmente dans le temps et atteint respectivement en 2014 et 2017/2018 1,57 et 1,84 fois plus de risque. De plus, en 2014, les enfants de

mère chrétienne ont eu 26,5% moins de risques de tomber malade du paludisme par rapport aux enfants de mère musulmane. Ce dernier résultat va dans le même sens que celui obtenu par Kaboré (2019) au Burkina Faso. Cela peut s'expliquer par les différences de valeurs prônées par ces religions. En effet, selon Akoto (1993), la religion chrétienne comparativement à l'islam et à l'animisme, est considérée comme celle qui favorise la promotion de la culture, des savoirs, de la technologie et de la médecine occidentale. Selon la même logique, comme l'islam est plus ouvert aux valeurs modernes par rapport aux religions traditionnelles, on comprend facilement pourquoi les enfants issus de mère d'autres religions (en majorité l'animisme), présentent significativement plus de risque d'accès palustre que ceux de mère musulmane sur les trois années d'étude.

Le niveau de vie du ménage s'est révélé un déterminant du risque de morbidité palustre des enfants pour les années 2010, 2014 et 2017/2018. Au cours de l'année 2010, les enfants provenant des ménages riches couraient 41,4% moins de risques de morbidité palustre comparativement aux enfants des ménages à niveau de vie moyen. Cet écart entre les deux groupes d'enfants se creuse en 2014, où les enfants des riches avaient cette fois-ci 53,7% moins de risque de tomber malade du paludisme. En 2017/2018, les enfants des ménages à niveau de vie moyen avaient 1,41 fois plus de risque de morbidité palustre par rapport aux enfants des ménages riches. Ces résultats sont en adéquation avec ceux de Abdou (2014) et Barry (2015), où les auteurs concluent que les enfants des ménages pauvres courrent plus de risque d'être impaludés par rapports aux enfants des ménages riches. Ces résultats pourraient se justifier dans un contexte burkinabè où les ménages constituent la principale source de financement de la santé (Ministère de la Santé & OMS-BF, 2017), les ménages pauvres ne disposent pas d'assez de moyens pour se protéger et traiter le paludisme, comparativement aux ménages à niveau de vie élevé.

Les variables reflétant les caractéristiques de l'environnement immédiat, ont montré une influence significative sur le risque de morbidité palustre des enfants pendant les trois années d'études. Les enfants vivant dans des ménages utilisant des toilettes améliorées ont en 2010, 2014 et 2017/2018 respectivement 32%, 25,8% et 18,1% moins de risques de morbidité palustre que ceux issus des ménages n'utilisant pas les toilettes améliorées. Ce résultat et celui de Kaboré (2019) sont convergents. L'auteur montre que les enfants issus des ménages qui utilisaient des toilettes améliorées pour leurs besoins, couraient moins de risque d'être impaludés que leurs homologues vivant dans les ménages qui utilisaient des toilettes non améliorées en 2014. Pour ce qui est du matériau du mur, en 2010, les enfants des ménages dont le mur d'habitation est rudimentaire ont moins de risques palustre que ceux des ménages avec mur en matériau naturel. En 2014 et 2017/2018, c'est plutôt les

enfants des ménages où les murs sont en matériau amélioré qui avaient moins de risques de morbidité palustre comparativement au groupe des enfants qui vivaient dans des murs à matériau naturel. Ce résultat s'explique du moment où les murs en matériau naturel sont favorables aux moustiques de par leur prédisposition à l'humidité, et ainsi accroît le risque de paludisme pour les habitants. Selon le guide de l'OMS (2014) sur l'entomologie du paludisme et la lutte antivectorielle, les murs humides favorisent le repos des moustiques qui pénètrent dans une maison sur ces derniers. Le résultat inattendu de risque de paludisme plus élevé chez ceux qui possèdent des murs à matériau rudimentaire comparativement aux ménages dont le mur est à matériau naturel en 2014 peut s'expliquer : le fait que la différence entre le matériau naturel et rudimentaire n'est pas nettement tranchée dans le contexte burkinabè ceci peut conduire à une sur-représentativité d'un matériau à tort d'une collecte d'information à l'autre.

Le fait pour une femme d'être exposée aux médias s'est avéré déterminant dans l'explication de la survenance du paludisme chez les enfants. En 2010 et 2017/2018, les enfants dont les mères n'étaient pas exposées aux médias avaient respectivement 1,23 et 1,15 fois plus de risques d'accès palustre que ceux dont les mères étaient exposées aux médias. Le même sens de la relation entre l'exposition aux médias et la morbidité palustre était observé en 2014 aussi, où les enfants de mère exposée aux médias avaient 17% moins de risques de contracter le paludisme par rapport à ceux de mère non exposée aux médias. Ce résultat converge avec ceux trouvés par d'autres auteurs tels que Wanzira et al. (2017) en Ouganda et Kaboré (2019) au Burkina Faso. Cette situation est plausible du moment où les médias permettent aux mères d'avoir une bonne connaissance sur la prévention et le traitement du paludisme.

Au regard des résultats, l'âge d'un enfant agit significativement sur son état de morbidité palustre quelle que soit l'année. Il ressort que les enfants moins âgés (moins d'un an) courent moins de risques de morbidité palustre que leurs aînés sur les trois années de l'étude. Plusieurs études sur le paludisme au niveau des enfants de moins de cinq ans ont trouvé des résultats similaires. Il en est ainsi pour Mutombo et al. (2018) en République Démocratique du Congo (RDC) et Othingué (2005) au Tchad, qui ont montré que parmi les enfants de moins de cinq ans, les plus jeunes courent moins de risque de paludisme que les plus âgés. Ce constat peut s'expliquer par la présence des anticorps anti-palustres provenant de la mère chez les enfants plus jeunes (Le Hesran, 2000). Il y a aussi le fait que, selon le même auteur, les moyens de protection (moustiquaire ou chimio prophylaxie) sont le plus souvent abandonnés dès que l'enfant devient autonome. Cependant l'étude de Abdou (2014) dans un autre contexte au Niger, aboutit à des résultats contraires. Il y ressort que le risque de morbidité palustre est plus élevé chez les plus jeunes

par rapport aux plus âgés. Ainsi, pour l'auteur, l'acquisition progressive de l'immunité en situation d'exposition continue justifierait son résultat.

5.4.2 Facteurs communs à deux années

Il ressort de l'étude que la zone endémique a une influence significative sur l'état de morbidité palustre des enfants de moins de cinq ans pour les années 2014 et 2017/2018. En 2014, on constate que les enfants des zones à endémicité palustre élevée avaient 1,3 fois plus de risque de connaître le paludisme comparativement aux enfants des zones à endémicité palustre moyenne. Par contre, dans les zones d'endémicité faible, les enfants ont 16,5% moins de risque de morbidité palustre que ceux des zones méso-endémiques à la même date. Cette différence se creuse en 2017/2018, où les enfants qui vivent dans les zones hypo-endémiques ont cette fois-ci 25,5% moins de risques. Ce résultat va dans le sens de la logique attendue au regard du degré de transmission du paludisme dans ces différentes strates épidémiologiques du Burkina Faso. En effet, la zone hypo-endémique, la zone la moins arrosée du pays, a une transmission courte du paludisme (2 à 3 mois). La transmission saisonnière de cette maladie est relativement longue au centre du pays correspondant à la zone méso-endémique (4 à 6 mois). Quant à la zone hyper-endémique, la zone la plus arrosée du pays, la transmission du paludisme est pérenne. Par ailleurs, Dansou & Odoulami (2015) avaient établi que l'interaction entre les facteurs climatiques déterminent le regain du paludisme surtout en saison pluvieuse dans la commune de Pobè (Benin). Une différence de risque de morbidité palustre non significative est observée entre les enfants de la zone à transmission de paludisme élevée et ceux de la zone à transmission du paludisme moyenne en 2017/2018. Ceci pourrait s'expliquer par les performances des projets et programmes qui généralement se concentrent dans la zone hyper-endémique présentant habituellement une prévalence de paludisme plus élevée. Les effets à moyen terme des projets et programmes ont donc contribué à réduire l'inégalité de risque de paludisme entre la zone hyper-endémique et la zone méso-endémique. En outre, en 2010, l'influence de la zone endémique sur la survenance du paludisme chez les enfants n'est pas significative. Cependant, cette influence était significative au modèle brut.

L'étude montre que le facteur ethnie de la mère exerce une influence significative sur la survenance du paludisme chez l'enfant seulement au cours des années 2014 et 2017/2018. En 2014, les enfants issus de mère d'autres groupes ethniques avaient 1,1 fois plus de risque d'avoir le paludisme que ceux de mère d'ethnie mossi. Tandis qu'en 2017/2018, les différences entre ces deux groupes d'enfants n'étaient plus significatives. En cette année, c'est plutôt les enfants de mère lobi/dagara/gourounsi/bissa qui avaient un risque plus élevé d'accès palustre (1,35 fois plus de risque) que les enfants de mère mossi. Ces résultats vont dans le même sens que ceux de Barry (2015) en

Guinée et Kaboré (2019) au Burkina Faso. Les auteurs aboutissent à une influence de l'appartenance à un groupe ethnique des parents sur le risque de morbidité palustre. Les différences observées peuvent s'expliquer de manière générale par les différences des pratiques sanitaires culturelles et l'attachement de certains groupes ethniques aux valeurs traditionnelles comparativement à d'autres plus ouvertes aux valeurs modernes.

Le constat qui se dégage de l'étude est que la relation sous le contrôle des autres variables, entre l'instruction de la mère et la morbidité palustre chez les enfants, ne s'est révélée significative que pendant les années 2010 et 2014. Au cours de ces années, les enfants issus de mère de niveau d'instruction primaire ou plus avaient moins de risque de tomber malade du paludisme que ceux dont la mère étaient sans niveau d'instruction. En effet, les enfants issus de mère de niveau primaire avaient respectivement 18,5% et 19% moins de risques par rapport aux enfants dont la mère est sans niveau d'instruction en 2010 et 2014. Sur la même période, les enfants de mères de niveau secondaire ou plus présentaient successivement 39% et 26% moins de risque de morbidité palustre en 2010 et 2014 comparativement à ceux de mère sans niveau d'instruction. Cette relation va dans le même sens que celle qui est mise en exergue par Fournet et al. (2015) à Bobo-Dioulasso (Burkina Faso) et Millar et al. (2018) au nord du Ghana. L'influence de l'instruction de la mère sur la survenance du paludisme chez l'enfant, s'appréhenderait à travers son rôle dans l'acceptation et la bonne utilisation des traitements et des moyens de prévention contre les maladies, notamment le paludisme. Pour Wanzira et al. (2017), les mères instruites sont davantage exposées aux moyens et méthodes permettant de mener une vie saine et plus précisément à la prévention et au traitement du paludisme. En 2017/2018, l'effet de l'instruction de la mère sur la morbidité palustre des enfants était significatif dans le modèle nul (sans contrôle des autres facteurs). Toutefois, cette significativité a disparu après l'introduction de la variable exposition aux médias de la mère. Ce qui permet de penser que les médias ont véhiculé de bonnes pratiques sanitaires en direction des femmes instruites, de sorte que leurs enfants connaissent un risque moins élevé d'accès palustre.

La saisonnalité (ou le mois de la collecte des données) a un effet significatif sur l'état de morbidité palustre des enfants en 2010 et 2014. Les enfants enquêtés aux mois de septembre à novembre ont plus de risque d'avoir le paludisme par rapport aux enfants enquêtés aux mois de décembre à mars pendant ces deux années. Ouedraogo et al. (2018) avaient des résultats similaires. Ces auteurs concluent que les enfants enquêtés pendant la période de haute transmission avaient plus de risque que ceux enquêtés durant la période de faible transmission.

5.4.3 Facteurs spécifiques à une année d'étude

Les analyses montrent que l'âge de la mère n'exerce une influence significative sur la morbidité palustre des enfants qu'en 2017/2018. Les enfants de mère âgée de 15-24 ans ont plus de risque de connaître le paludisme comparativement aux enfants de mère dont l'âge est compris entre 25 et 35 ans. En effet, les enfants de mère jeune (15-24 ans) ont 1,25 fois plus de risque de tomber malade du paludisme par rapport à ceux dont les mères sont entre 25 et 34 ans. Dans le même sens, Baya (1999) soulignait que le jeune âge de la mère exerce probablement une part d'influence non négligeable sur les risques de morbidité et de mortalité de son enfant. Ce résultat pourrait s'expliquer dans le contexte du Burkina Faso par le fait que les mères plus jeunes n'ont pas encore l'expérience de la bonne protection de leurs enfants contre certaines maladies notamment le paludisme. Aussi, les mères plus jeunes sont en général sans activité économique, seules à s'occuper de leurs enfants et dans la plupart des cas célibataires. Cette situation limite leur capacité de protection de leurs enfants.

L'utilisation de la moustiquaire influence significativement la survenance du paludisme chez les enfants, uniquement en 2010. Les enfants ayant dormi sous une moustiquaire la nuit précédant l'enquête avaient moins de risques d'être impaludés que ceux qui ne l'avaient pas fait. Ce résultat va dans le même sens que celui trouvé par Afana (2011) au Cameroun, qui a montré que les enfants qui ne dorment pas sous la moustiquaire avaient plus de risque de contracter le paludisme que ceux qui y dorment. Ce résultat confirme l'efficacité de la moustiquaire comme moyen de protection contre le paludisme.

Au cours des autres années, l'influence de l'utilisation de la moustiquaire sur le risque de morbidité palustre disparaît. Il n'y a plus de différence de risque de morbidité palustre entre les enfants qui ont dormi sous la moustiquaire et ceux qui l'ont pas fait. Ce résultat pourrait se comprendre au regard des campagnes de sensibilisation contre le paludisme et la diversification de l'offre des moyens de protection après 2010. Les personnes qui n'utilisent pas les moustiquaires, ont certainement d'autres moyens de protection de sorte qu'ils soient à peu près au même niveau de risque de paludisme que celles qui utilisent les moustiquaires.

L'effet discriminatoire du sexe de l'enfant sur le risque de morbidité palustre est significatif seulement pour l'année d'étude 2010. Les analyses montrent que les filles ont plus de risques d'accès palustre que les garçons. Précisément, les filles avaient 1,14 fois plus de risque de contracter le paludisme comparativement aux garçons. Ce résultat est contraire à certaines études qui trouvent plutôt un risque élevé de morbidité palustre chez les garçons (Diallo, 2016). Ces auteurs se fondent sur l'immunité biologique plus élevée chez les filles que les garçons aux bas âges pour expliquer leurs

résultats. Cependant, dans le contexte du Burkina Faso, ce résultat pourrait trouver son explication dans les comportements sociaux. Dans certaines situations, le sexe de l'enfant est source de discrimination en matière de prévention et de traitement de la maladie, et le plus souvent on émet l'hypothèse que les garçons sont privilégiés par rapport aux filles (Baya, 1999 ; Rakotondrabe, 2004). Par ailleurs, l'influence du sexe sur le risque de morbidité palustre se révèle non significative après l'étude de 2010. Ainsi, on pourrait penser à la mise en œuvre de la Politique Nationale Genre (PNG) élaborée en 2009, qui vise à éliminer toutes les formes de discriminations basées sur le genre. Les résultats engrangés à moyen terme ont dû anéantir les différences de risque palustre observées en 2010 entre filles et garçons.

Tableau 1 .Odds ratio des risques de morbidité palustre des enfants de moins de cinq ans par année de différents modèles saturés

Variables et modalités	EFFETS NETS			
	2010	2014	2017/2018	2010-2017/2018
Année				***
2010				Réf.
2014				0,466***
2017/2018				0,108***
Saisonnalité (Mois)	**	***	Ns	***
Juin-novembre	Réf.	Réf.	0,794ns	1,194***
Décembre-mai	0,809**	0,839***	Réf.	Réf.
Zone d'endémicité	Ns	***	***	***
Hyper-endémique	0,989ns	1,297***	1,021ns	1,108**
Méso-endémique	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.
Hypo-endémique	0,994ns	0,835**	0,745***	0,873***
Milieu de résidence	***	***	***	***
Urbain	0,326***	0,395***	0,384***	0,339***
Rural	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.
Ethnie de la mère	Ns	**	**	Ns
Bobo/dioula/senoufo	1,071ns	1,176ns	0,834ns	0,995ns
Peulh/touareg/bella	0,939ns	1,001ns	0,983ns	1,006ns
Mossi	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.
Lobi/dagara/gourounsi/bissa	1,036ns	0,957ns	1,344**	1,085ns
Autres ethnies	0,922ns	1,183**	0,842ns	1,030ns
Religion de la mère	***	***	***	***
Musulmanes	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.
Chrétiennes	1,015ns	0,735***	1,053ns	0,902**
Autres	1,425***	1,571***	1,842***	1,567***
Niveau de vie du ménage	***	***	*	***
Pauvre	1,103ns	1,270***	1,209ns	1,105**
Moyen	Réf.	Réf.	1,406*	Réf.
Riche	0,586***	0,463***	Réf.	0,542***
Type de lieu d'aisance	***	***	**	***
Amélioré	0,680***	0,742***	0,819**	0,726***
Non amélioré	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.
Matériau du mur	**	***	***	***

Naturel	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.
Rudimentaire	0,850**	1,257**	0,808 ^{ns}	0,973 ^{ns}
Amélioré	0,935 ^{ns}	0,779***	0,682***	0,873***
Instruction de la mère	***	**	Ns	***
Sans niveau	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.
Primaire	0,815**	0,810**	0,869 ^{ns}	0,822***
Secondaire ou plus	0,610***	0,744*	0,785 ^{ns}	0,689***
Exposition aux médias	***	***	*	Ns
Exposée	Réf.	0,830***	Réf.	0,949 ^{ns}
Non exposée	1,226***	Réf.	1,152*	Réf.
Age de la mère	Ns	Ns	**	*
15-24 ans	1,033 ^{ns}	1,023 ^{ns}	1,247**	1,080*
25-34ans	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.
35-49ans	1,108 ^{ns}	0,973 ^{ns}	1,090 ^{ns}	1,059 ^{ns}
Utilisation de la moustiquaire	***	Ns	Ns	***
Utilise	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.
Utilise pas	1,183***	1,059 ^{ns}	1,097 ^{ns}	1,125***
Age de l'enfant	***	***	***	***
Moins 1an	0,774***	0,525***	0,556***	0,683***
1-2ans	Réf.	Réf.	0,677***	Réf.
3-4ans	1,350***	1,404***	Réf.	1,391***
Sexe de l'enfant	**	Ns	Ns	Ns
Masculin	Réf.	Réf.	Réf.	Réf.
Féminin	1,135**	1,041 ^{ns}	0,981 ^{ns}	1,062 ^{ns}

ns (non significatif) p < 1 * p < 0.10 ** p < 0.05 *** p < 0.01 Réf (Modalité de référence)

Sources : Données de l'EDS-MICS-IV 2010, de l'EIPBF 2014 et de l'EIPBF 2017/2018

Conclusion

Au Burkina Faso comme dans la plupart des pays en Afrique subsaharienne, le paludisme demeure la première cause de décès chez les enfants de moins de cinq ans. La présente étude a pour objectif général de contribuer à une meilleure connaissance de l'évolution de la morbidité palustre des enfants, afin de mieux orienter les interventions anti palustre. Pour mieux saisir cet objectif général, les objectifs spécifiques étaient :

- de décrire la variation dans le temps du niveau de morbidité palustre des enfants ;
- d'identifier les sources de changement de la morbidité palustre ;
- d'identifier les facteurs communs et spécifiques aux différentes années d'étude.

Les données de l'étude proviennent de l'EDS-MICS-IV et des deux EIPBF réalisées respectivement en 2010, 2014 et 2017/2018. Il est fait recours aux méthodes de la décomposition et la régression logistique pour atteindre les résultats.

L'analyse de la décomposition de la baisse de la morbidité palustre des enfants entre 2010 et 2014, montre qu'elle est majoritairement due à un effet de comportement pour les variables de classification niveau de vie du ménage

et la zone d'endémicité. Ce sont les ménages de niveau de vie moyen et résidant dans la zone méso-endémique qui ont beaucoup contribué à cette baisse de la morbidité palustre. Entre 2014 et 2017/2018, la baisse de la morbidité palustre est toujours portée en grande partie par l'effet de performance (comportement). Cependant, cette fois-ci, ce sont les ménages pauvres et ceux qui résident dans les zones à endémicité palustre moyenne qui participent le plus à la chute du niveau de morbidité palustre des enfants. En outre, la décomposition avancée de la baisse de la morbidité palustre des enfants, indique une forte contribution des politiques généralisées qui touchent toutes les couches sociales à la chute du paludisme sur la période d'étude.

Par ailleurs la régression logistique binomiale met en exergue six variables qui agissent sur la survenance du paludisme au cours des trois années d'étude : milieu de résidence, religion de la mère, type de lieu d'aisance, le principal matériau du mur, l'exposition aux médias de la mère et l'âge de l'enfant. Quatre variables persistent dans l'explication de la morbidité palustre des enfants sur deux années d'étude : la zone d'endémicité, l'ethnie de la mère, l'éducation de la mère et le niveau de vie du ménage. Les autres facteurs tels que l'âge de la mère, l'utilisation de la moustiquaire, le sexe de l'enfant et la densité dans le ménage ne persistent pas à influencer la survenance du paludisme chez l'enfant dans le temps, mais déterminent le phénomène spécifiquement à une année donnée.

Quoiqu'aboutissant à des résultats intéressants, cette étude présente des limites qu'il convient de considérer dans l'appréciation des résultats. D'abord, au regard du caractère saisonnier du paludisme, les résultats de tendances de sa prévalence ne sont pas systématiquement comparables vu que les opérations de collecte de données des différentes études n'ont pas été effectuées exactement à la même période. Cependant, l'introduction de la variable de contrôle « mois de l'enquête » a permis de prendre en compte au niveau explicatif cet effet de saisonnalité du phénomène étudié. Ensuite, le caractère transversal des enquêtes ne permet pas d'emblée d'établir une relation de cause à effet entre nos variables mobilisées et le risque de morbidité palustre des enfants. Enfin, une autre faiblesse de notre étude est la non prise en compte au niveau explicatif de la structure hiérarchique des données et donc inappropriée pour mesurer l'effet des variables situées à différents niveaux (erreur écologique).

Toutefois, les résultats de cette étude permettent de faire les recommandations suivantes à l'endroit de la communauté scientifique et du Gouvernement, en vue d'améliorer les conditions de vie des populations en lien avec le problème étudié :

- A la communauté scientifique
 - Les résultats montrent une persistance dans le temps de l'influence des variables situées à différents niveaux (milieu de résidence, niveau de vie du

ménage, âge de l'enfant etc.). Il est donc recommandé à la communauté scientifique d'envisager le recours aux approches multiniveaux dans le cadre explicatif afin de distinguer les variables explicatives en fonction de leur niveau d'intervention (communauté, familial et individuel).

- Aussi, de prendre en compte d'autres variables de classification des enfants au niveau agrégé dans la recherche des sources du changement de la prévalence du paludisme chez les enfants.

➤ Au Ministère de la santé et au Gouvernement

- Des analyses, les enfants de la zone hyper-endémique ou du milieu rural ont plus de risque d'accès palustre. Il est donc recommandé au Ministère de la santé à travers le Programme National de Lutte contre le Paludisme de prioriser ces enfants.

- En outre, la persistance de l'influence de l'exposition aux médias sur la morbidité palustre des enfants pendant les trois années d'étude interpelle ce ministère à : renforcer les campagnes de sensibilisation contre le paludisme auprès des populations surtout celles en charge des enfants pour faire reculer profondément ce fléau.

- Au regard de l'influence persistante de la saisonnalité, le Ministère de la Santé devrait renforcer les actions de chimioprévention du paludisme saisonnier chez les enfants.

- Les résultats montrent aussi que le type de lieu d'aisance, le principal matériau du mur et le niveau de vie du ménage reviennent aux cours des années d'étude comme déterminant de la survenance du paludisme chez les enfants de moins de cinq ans. Il est donc suggéré au Gouvernement à travers le Premier Ministère de consolider la mise en œuvre du Plan National de Développement Economique et Social (PNDES) 2010-2016 qui vise l'amélioration des conditions de vie des populations en général.

References:

1. ABDOU LOUCHE A. (2014), Évolution spatio-temporelle de la morbidité palustre chez les enfants de moins de cinq ans au Niger, Mémoire de Master en Démographie, Université de Yaoundé II Soa, IFORD, 144 p. +annexes
2. AFANA A. (2011), Facteurs explicatifs de la prévalence du paludisme chez les enfants de moins de 5 ans selon les zones écologiques du Cameroun, Mémoire de Master en Démographie, Université Yaoundé II Soa, IFORD, 149 p.
3. AKOTO E. (1993), Déterminants socio-culturels de la mortalité des enfants en Afrique noire : hypothèses et recherche d'explication, Thèse de doctorat en Démographie, Université Catholique de Louvain, Belgique, 269 p.

4. AKOTO E. (1994), « Évolution et déterminants de la mortalité en Afrique », In : KOFFI N. et al. (dir.), Maîtrise de la croissance démographique et développement en Afrique, ORSTOM Éditions, Paris, pp. 49–69.
5. AKOTO E., KWAME A. & LAMNENN B. (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, Yaoundé (Cameroun), 169 p.
6. APLOGAN A. & AHANHANZO C. (2006), « Comportements et attentes des populations en matière de lutte contre le paludisme dans la zone sanitaire de Ouidah, Bénin », Anthropologie médicale, Vol. Courte note, n°68, pp. 217-217.
7. AUDIBERT M. (2004), « Lutte contre le paludisme : approche économique des obstacles à son contrôle (Commentaire) », Sciences sociales et santé, Vol. 22, n°4, pp. 25–33.
8. BANQUE MONDIALE (2009), Intensifier la lutte contre le paludisme : le programme renforcé de la Banque mondiale pour la lutte contre le paludisme en Afrique, Washington (USA), D.C. World Bank, 152 p.
9. BARBIERI M. (1991), « Les déterminants de la mortalité des enfants dans le Tiers-Monde », Les dossiers du CEPED, n°18, pp. 46.
10. BARRY T.S. (2015), Disparités régionales de la morbidité palustre chez les enfants de moins de cinq ans en Guinée, Mémoire de Master en Démographie, Université Yaoundé II Soa, IFORD, 140 p. +annexes.
11. BAYA B. (1999), « Étude de quelques déterminants des comportements de santé des enfants au Burkina Faso : le cas de Bobo Dioulasso », In : ADJAMAGBO A. et al. (dir.), Santé de la mère et de l’enfant : exemples africains, IRD, GIDIS-CI, Paris, pp. 61-79.
12. BONNET D. (1986), Représentations culturelles du paludisme chez les Moose du Burkina, ORSTOM, Document de travail, Ouagadougou, 65 p.
13. BOUBA DJOURDEBBE F. (2015), Facteurs environnementaux immédiats et santé des enfants dans les zones de l’Observatoire de population de Ouagadougou (Burkina Faso), Thèse de doctorat en Démographie, Université de Montréal, Canada, 210 p. +annexes.
14. BRISSY O.A., KRAMO Y.V, KOUASSI K. & ASSI KAUDJHIS J.P (2015), « Les facteurs de risques écologiques et socio-économiques associés au paludisme dans les quartiers de la ville de Bouaké », Revue Ivoirienne de Géographie des Savanes, n°1, pp. 122-136.
15. CARNEVALE P. & VAUGELADE J. (1987), Paludisme, morbidité palustre et mortalité infantile et juvénile en Afrique sub-saharienne, WHO/MAL/87.1036, Document de travail, 20 p.

16. COULIBALY I. (2019), Facteurs individuels et contextuels de la non utilisation de la moustiquaire imprégnée d'insecticide par les enfants de moins de cinq ans au Burkina Faso, Mémoire de Master en Démographie, Université Yaoundé II Soa, IFORD, 155 p. +annexes.
17. COUVRAY A., Oliveau S. & Lalou R. (2011), Quelle relation entre risque sanitaire et pauvreté? Paludisme et vulnérabilité économique à Dakar, 5 p. (Communication au 10ème colloque Théoquant, Besançon (France), 23 au 25 février 2011).
18. DANSOU B. S. & ODOULAMI L. (2015), Paramètres climatiques et occurrence du paludisme dans la commune de Pobè, au Sud-Est du Bénin, pp. 129-132. (Communication au XXVIIIe Colloque de l'Association Internationale de Climatologie « Modélisation et variabilités » Liège, 1 er au 4 juillet 2015).
19. ELOUNDOU M.P, GIROUX S. C, TENIKUE. M. (2017), Comprendre le changement social : Apport des méthodes de décomposition et application à l'étude du dividende démographique, 47 p.
20. KOUETA F., DAO L., YE D., ZOUNGRANA A., KABORE A. & SAWADOGO A. (2008), « Facteurs de risque de décès au cours du paludisme grave chez l'enfant au Centre hospitalier universitaire pédiatrique Charles de Gaulle de Ouagadougou (Burkina Faso) », Cahiers d'études et de recherches francophones/Santé, Vol. 17, n°4, pp. 195-199.
21. DAVAL C.R. (2006), « Les maladies parasitaires en milieu urbain : intérêt et limites de l'analyse spatiale », Espace populations sociétés, Vol. 2, n°3, pp. 381-392.
22. DIALLO D. (2016), Disparités régionales de la morbidité palustre chez les enfants de 6-59 mois au Mali : recherche des facteurs explicatifs, Mémoire de Master en Démographie, Université Yaoundé II Soa, IFORD, 95p. +annexes.
23. FOURNET F., KASSIE D., DABIRE R.K. & SALEM G. (2015), « Analyse de la distribution socio-spatiale du paludisme dans une ville moyenne ouest africaine, Bobo-Dioulasso (Burkina Faso) », Dynamiques Environnementales-Journal international des géosciences et de l'environnement, n°36, pp. 155-169.
24. FRANCKEL, A. (2004). Les comportements de recours aux soins en milieu rural au Sénégal. Le cas des enfants fébriles à Niakhar, Thèse de doctorat en Démographie. Université de Nanterre (France), 466 p. +annexes.
25. GAZIN P. (1991), « Le paludisme en Afrique au sud du Sahara : comparaison entre les milieux urbains et ruraux », Cahiers d'études et de recherches francophones/Santé, Vol. 1, n°1, pp. 33–38.

26. HAQUE U., MAGALHAES R.J.S., MITRA D., KOLIVRAS K.N., SCMIDT W.P., HAQUE R. & GLASS G.E. (2011). « The role of age, ethnicity and environmental factors in modulating malaria risk in Rajasthali, Bangladesh », *Malaria journal*, vol.10, pp. 367.
27. ILUNGA-ILUNGA F. (2016), « Influence de l'âge et du niveau de transmission sur l'expression clinique et biologique du paludisme grave de l'enfant », *Archives de Pédiatrie*, vol. 23, pp. 445-460.
28. INSD (Institut National de la Statistique et de la Démographie), PADS (Programme d'Appui au Développement Sanitaire), Programme National de Lutte contre le Paludisme (PNLP) & ICF (International Coaching Federation) (2015), *Enquête sur les indicateurs du paludisme au Burkina Faso (EIPBF) 2014*, Burkina Faso, Rapport d'enquête, Ouagadougou, 170 p.
29. INSD (Institut National de la Statistique et de la Démographie) & ICF (International Coaching Federation) INTERNATIONAL (2012), *Enquête démographique et de santé, et à indicateurs multiples (EDS-MICS IV) 2010*, Burkina Faso, Rapport d'enquête, Ouagadougou, 527 p.
30. KABORE T. (2019), *Disparités régionales de la morbidité palustre DES enfants de moins de cinq ans au Burkina Faso*, Mémoire de Master en Démographie, Université Yaoundé II Soa, IFORD, 188 p.
31. LE HESRAN J.-Y. (2000), « Les particularités du paludisme chez l'enfant », *Med Trop*, Vol. 60, n°1, pp. 92–98.
32. LOIZZO C. et TABARLY S. (2012), Espaces et territoires du paludisme, Document pédagogique, *Géographie de la santé : espace et sociétés*,
Géoconfluences:<http://geoconfluences.enslyon.fr/doc/transv/sante/SanteDoc.htm> Consulté le 16/08/2020.
33. LONGUEPEE D. (2006), « Paludisme, institutions et croissance: que penser du débat actuel? », *Economie et institutions*, n°8, pp. 95–118.
34. MARTINY N., NADINE D., PASCAL Y., OUSMANE T., BENJAMIN S., STANISLAS R., HELENE B., RENAUD P., ISABELLE C., ISSAKA S., et al. (2012), « Le climat, un facteur de risque pour la santé en Afrique de l'Ouest. », *La Météorologie*, n°Spécial AMMA, pp. 73-79.
35. MILLAR J., PSYCHAS P., ABUAKU B., AHORLU C., AMRATIA P., KORAM K., OPPONG S. & VALLE D. (2018), « Detecting local risk factors for residual malaria in northern Ghana using Bayesian model averaging », *Malaria Journal*, Vol. 17, n°343, 14p.
36. MINISTÈRE DE LA SANTE (2017), *Tableau de bord 2016 des indicateurs de santé*, Burkina Faso, Document de travail, Ouagadougou, 101 p.

37. MINISTÈRE DE LA SANTE (2018), Annuaire statistique de la santé 2017, Burkina Faso, Direction générale des études et des statistiques sectorielles, Document de travail, Ouagadougou, 386 p.
38. MINISTÈRE DE LA SANTE, & OMS-BF (2017), Profil sanitaire complet du Burkina Faso : Module 2, le système de santé, Burkina Faso, Document de travail, Ouagadougou, 64 p.
39. MOUCHET J. (1999), « Vecteurs et facteurs d'environnement du paludisme », *Transfus Clin Biol*, Vol. 6, pp. 35-43.
40. MUTOMBO A. M., KAMONA Y. M., TSHIBANDA C. N., MUKUKU. O., NGWEJ D.T., WEMBONYAMA S. O., LUBOYA O. N. & LUTUMBA P. (2018), « Paludisme grave chez les enfants âgés de moins de 5 ans à l'hôpital Panda à Likasi, République Démocratique du Congo », *Revue de l'Infirmier Congolais*, Vol. 2, pp. 4-10.
41. NGOMENZEY MUSUYI C., BOUBA DJOURDEBBE F. & EKAMBI E. (2021), « Déterminants Individuels Et Contextuels Du Paludisme Chez Les Enfants De 6-59 Mois En République Démocratique Du Congo », *European Scientific Journal, ESJ*, 17(7), 94. <https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n7p94>
42. NGUENDO YONGSI B. & TOUMBALBAI J. (2016), « Niveaux et déterminants de la mortalité des enfants de moins de 5 ans au Cameroun », *Les Annales de l'IFORD*, Vol. 20, n°1, pp. 161-187.
43. NGWE E. (2014), *Introduction à l'étude des relations population-environnement*, Yaoundé (Cameroun), IFORD, 136 p.
44. NKOUSSA S. (2012), *Comportements de la mère et prévalence du paludisme chez les enfants de moins de cinq au Cameroun*, Mémoire de Master en Démographie, Université de Yaoundé II Soa, IFORD, 94 p. + annexes.
45. NZEYIMANA I., HENRY M. C., DOSSOU-YOVO C., DOANNIO J. M. C., DIAWARA L. & CARNEVALE P. (2002), « Épidémiologie du paludisme dans le sud-ouest forestier de la Côte d'Ivoire (région de Tai) », *Bull Soc Pathol Exot*, Vol. 95, n°2, pp. 89-94.
46. OMS (2014), *Entomologie du paludisme et lutte antivectorielle*, Document de travail, Genève, 200 p.
47. OMS (2017), *Rapport sur le paludisme dans le monde*, Genève, Document de travail, 196 p.
48. OMS (2018), *Rapport mondial sur le paludisme 2018*, Document de travail, Génève, 165 p.
49. PNLP (Programme National de Lutte contre le Paludisme), MCHIP (Maternal and Child Health Integrated Program) USAID (U.S. Agency for International Development) (2013), *Rapport sur la mise en œuvre du programme de lutte contre le paludisme au Burkina Faso*, Document de travail, Ouagadougou, 59 p.

50. OUEDRAOGO M., SAMADOULOUGOU S., ROUAMBA T., HIEN H., SAWADOGO J. E. M., TINTO H., ALEGANA V. A., SPEYBROECK N. & SAMADOULOUGOU F. K. (2018), « Spatial distribution and determinants of asymptomatic malaria risk among children under 5 years in 24 districts in Burkina Faso », *Malaria Journal*, Vol. 17, n°1, pp. 460.
51. PAGES F., ORLANDI-PRADINES E. & CORBEL V. (2007), « Vecteurs du paludisme : biologie, diversité, contrôle et protection individuelle », *Médecine et maladies infectieuses*, Vol. 37, n°3, pp. 153-161.
52. RAKOTONDRAIBE F. P. (2004), *Statut de la femme et santé des enfants à Madagascar*, Thèse de doctorat en Démographie, Université de Yaoundé II Soa, IFORD, 370 p.
53. RBM (Roll Back Malaria) (2018), Partenariat RBM pour en finir avec le Paludisme, Genève, rapport annuel, Suisse, 24 p.
54. SABATINELLI G., BOSMAN A., LAMIZANA L. & ROSSI P. (1986), « Prévalence du paludisme à Ouagadougou et dans le milieu rural limitrophe en période de transmission maximale », *Parassitologia*, Vol. 28, n°1, pp. 17-31.
55. SANHARAWI M.E. & NAUDET F. (2013), « Comprendre la régression logistique », [/data.revues/01815512/v36i8/S0181551213002490/](http://data.revues/01815512/v36i8/S0181551213002490/).
56. SOMA D. D., NAMOUNTOUGOU M., SANGARE I., SAWADOGO S. P., MAIGA H., YAMEOGO B., SANOU R., PODA S. FOURNET F., TINTO H., DIABATE A. & DABIRE R. K. (2018), « Transmission entomologique du paludisme à Nanoro, site de l'essai vaccinal RTS'S au Burkina Faso », *Revue du CAMES : Science de la santé*, Vol. 5, n°2, pp. 15-20.
57. SOURA B. A. (2009), *Analyse de la mortalité et de la santé des enfants à Ouagadougou : inégalités spatiales, effets individuels et effets contextuels*, Louvain-la-Neuve, Presses universitaires de Louvain, 335 p.
58. WALDRON I. (1983), « Sex differences in human mortality: The role of genetic factors », *Social Science and Medicine*, vol. 17, n° 6, pp. 321-333.
59. WANZIRA H., KATAMBA H., OKULLU A.E., AGABA B., KASULE M. & RUBAHIKA D. (2017), « Factors associated with malaria parasitaemia among children under 5 years in Uganda : a secondary data analysis of the 2014 Malaria Indicator Survey dataset », *Malaria Journal*, Vol. 16, n°191, 9 p.

Los Disruptores Endocrinos Como Obesógenos Ambientales: Efectos en Proteínas Adipogénicas Clave

Fernando Guerrero-Meza, MSc

Paulina Vega-Morales, MS

Vianey Rubio, MS

Haydé Vergara-Castañeda, PhD

Ana Sánchez-Tusie PhD

Centro de Investigación Biomédica Avanzada, Facultad de Medicina,
Universidad Autónoma de Querétaro, Querétaro, México

Marisela Ahumada-Solórzano, PhD

Facultad de Ciencias Naturales,

Universidad Autónoma de Querétaro, Querétaro, México

Juan Carlos Solis-Sáinz, PhD

Gabriela Hernández-Puga, PhD

Centro de Investigación Biomédica Avanzada, Facultad de Medicina,
Universidad Autónoma de Querétaro, Querétaro, México

[Doi:10.19044/esj.2022.v18n27p77](https://doi.org/10.19044/esj.2022.v18n27p77)

Submitted: 05 July 2022

Copyright 2022 Author(s)

Accepted: 28 July 2022

Under Creative Commons BY-NC-ND

Published: 31 August 2022

4.0 OPEN ACCESS

Cite As:

Guerrero-Meza F., Vega-Morales P., Rubio V., Vergara-Castañeda H., Sánchez-Tusie A., Ahumada-Solórzano M., Solis-Sáinz J.C. & Hernández-Puga G. (2022) *Los Disruptores Endocrinos Como Obesógenos Ambientales: Efectos en Proteínas Adipogénicas Clave*. European Scientific Journal, ESJ, 18 (27), 77. <https://doi.org/10.19044/esj.2022.v18n27p77>

Resumen

Los disruptores endocrinos (EDC) son compuestos químicos exógenos de origen sintético o natural que interfieren en las funciones hormonales. Se estima que más de 1000 compuestos químicos presentes en el medio ambiente poseen una posible actividad disruptora. La exposición a EDC se ha relacionado con el desarrollo de múltiples enfermedades como la obesidad. Los obesógenos son compuestos químicos xenobióticos que regulan y promueven inadecuadamente la acumulación de lípidos y la adipogénesis. La adipogénesis es el proceso mediante el cual las células progenitoras similares a fibroblastos restringen su destino a las células adipogénicas, acumulan nutrientes y se convierten en adipocitos maduros. Para conocer las principales

evidencias científicas de la última década sobre los efectos obesogénicos de los EDC, se realizó una búsqueda en la literatura empleando las plataformas Scopus y Pubmed. El análisis arrojó 60 artículos originales de los cuales 24 fueron seleccionados por brindar información sobre proteínas adipogénicas clave. Los datos muestran que los EDC como los compuestos de organoestaño, ftalatos y bisfenoles estimulan vías de señalización adipogénicas clave mediadas por el receptor activado por el proliferador de peroxisomas- γ y la CCAAT/proteína de unión al potenciador- α , factores similares a krüppel y receptores de hormonas tiroideas, estrógeno y glucocorticoides; en relación a factores como el tipo, la concentración y el período de exposición al disruptor. Además, sus efectos podrían ser potenciados por la presencia de una dieta alta en grasas o una mezcla de diferentes tipos de EDC. En conclusión, los EDC inducen efectos obesogénicos a través de la estimulación de vías de señalización adipogénicas; y se requieren más estudios para comprender los mecanismos moleculares que subyacen a los efectos de los EDC para determinar su relevancia fisiológica y promover aún más su regulación en la industria.

Palabras clave: EDC, obesogen, adipogenesis, PPAR γ , endocrine disruptor

Endocrine Disruptors as Environmental Obesogens: Effects on Key Adipogenic Proteins

Fernando Guerrero-Meza, MSc

Paulina Vega-Morales, MS

Vianey Rubio, MS

Haydé Vergara-Castañeda, PhD

Ana Sánchez-Tusie, PhD

Centro de Investigación Biomédica Avanzada, Facultad de Medicina,
Universidad Autónoma de Querétaro, Querétaro, México

Marisela Ahumada-Solórzano, PhD

Facultad de Ciencias Naturales,
Universidad Autónoma de Querétaro, Querétaro, México

Juan Carlos Solis-Sainz, PhD

Gabriela Hernández-Puga, PhD

Centro de Investigación Biomédica Avanzada, Facultad de Medicina,
Universidad Autónoma de Querétaro, Querétaro, México

Abstract

Endocrine disruptors (EDC) are exogenous chemical compounds of synthetic or natural origin which interfere with hormonal functions. It is estimated that more than 1000 chemical compounds present in the environment have possible disruptive activity. Exposure to endocrine disruptors has been linked to the development of multiple diseases such as obesity. Obesogens are xenobiotic chemical compounds that inappropriately regulate and promote lipid accumulation and adipogenesis. Adipogenesis is the process by which fibroblast-like progenitor cells restrict their fate to adipogenic cells, accumulate nutrients, and develop into mature adipocytes. To know the main scientific evidence from the last decade regarding the obesogenic effects of EDC, a literature research was conducted using Scopus and Pubmed platforms. The analysis showed 60 original articles from which 24 were selected for providing information on key adipogenic proteins. Data shows that EDC such as organotin compounds, phthalates and bisphenols stimulate key adipogenic signaling pathways mediated by peroxisome proliferator activated receptor- γ and CCAAT-enhancer binding protein- α , kruppel like factors, and thyroid, estrogen and glucocorticoid receptors; in relation to factors like type, concentration and period of exposure to the disruptor. Furthermore, their effects could be potentiated by the presence of a high fat diet or a mix of different types of EDC. In conclusion, EDC induce obesogenic effects through the stimulation of adipogenic signaling pathways; in addition,

more studies are required to understand the molecular mechanisms that underlie EDC effects to determine their physiological relevance, and to further promote their regulation in the industry.

Keywords: EDC, obesogen, adipogenesis, PPAR γ , endocrine disruptor

Introducción

Los sistemas endócrinos participan en funciones biológicas esenciales de los organismos como el crecimiento, maduración y desarrollo a través de la acción de las hormonas que señalizan en diferentes tejidos blanco para crear una respuesta específica en el organismo. La disfunción del sistema hormonal puede generar distintas patologías de tipo metabólicas, reproductivas y cancerígenas, entre otras, que pueden comprometer la vida del paciente (Gore et al., 2015).

Actualmente el ser humano se encuentra expuesto a una gran cantidad de factores ambientales que pueden inducir alteraciones en los sistemas endócrinos (Veiga-López et al., 2018, Guarnotta et al., 2022). Los disruptores endocrinos (EDC, por sus siglas en inglés endocrine disrupting chemicals) son compuestos químicos exógenos de origen sintético o natural, que interfieren en el funcionamiento normal de las hormonas a nivel de su síntesis, concentración, acción, transporte y duración en el organismo (Guarnotta et al., 2022). La presente revisión describe los hallazgos más recientes sobre las vías de señalización adipogénicas que son afectadas por los disruptores endócrinos y sus posibles implicaciones biológicas.

Disruptores Endócrinos

El ser humano se encuentra en contacto con diversos EDC presentes en alimentos, bebidas, medicamentos, objetos de uso personal y en el medio ambiente (Gore et al., 2014). Hace aproximadamente 50 años fueron identificados los efectos de compuestos químicos en los sistemas endocrinos, un ejemplo de ello, es el dietiletilbestrol (DES), un estrógeno sintético que fue empleado como antiabortivo en mujeres embarazadas de 1940 a 1970, provocando un aumento en la incidencia de enfermedades neoplásicas, reproductivas y autoinmunes en las mujeres expuestas y en sus hijas; mientras que indujo una disminución del esperma, hipospadias y criotorquídeas en los hijos varones (Colborn et al., 1993).

Posteriormente, en 1991, Theodore Colborn y un grupo de especialistas en diversas áreas se reunieron para revisar la evidencia sobre el efecto de compuestos químicos elaborados por el hombre en ambientes salvajes, con especial énfasis en poblaciones de peces y en la salud humana, concluyendo en la existencia de efectos deletéreos en los organismos expuestos y en su progenie, principalmente a nivel reproductivo (Colborn et

al., 1993). A partir del mismo, múltiples investigaciones en modelos experimentales y estudios epidemiológicos han permitido observar que la exposición a EDC se relaciona con el desarrollo de enfermedades crónico degenerativas como la obesidad (Darbre, 2017), diabetes mellitus tipo 2 (Lind & Lind, 2018), enfermedades cardiovasculares (Moon et al., 2021); infertilidad (Pang et al., 2019), alteraciones de funciones cognitivas (Gore et al., 2015), cáncer de mama y próstata (Bansal et al., 2018), entre otras (Rivollier et al., 2019).

Se estima que existen alrededor de 85,000 compuestos químicos sintetizados por el ser humano y que más de mil de ellos poseen posible actividad disruptora (González-Casanova et al., 2020). Entre los EDC que han recibido mayor atención se encuentran aquellos de amplio uso como el bisfenol-A (BPA), el cual es empleado como agente polimerizador de plásticos para botellas, biberones, dispositivos médicos y resinas epoxicas (Tabla 1). Se ha reportado que el BPA induce alteraciones neurológicas, reproductivas y metabólicas (Gore et al., 2015). Los parabenos, son compuestos de amplio uso debido a sus propiedades antifúngicas y bactericidas, se encuentran presentes en cosméticos, medicamentos, cremas corporales y plaguicidas. Se ha encontrado que los parabenos inducen efectos obesogénicos en modelos experimentales (Hu et al., 2017; Artacho-Cordón et al., 2018). Por otro lado, algunos EDC como los fitoestrógenos y micoestrógenos provienen de fuentes naturales como plantas y hongos, y podrían contribuir al desarrollo de enfermedades como cáncer (Wang et al., 2021).

Las principales rutas de exposición a disruptores endocrinos son la ingesta, inhalación y absorción dérmica (Darbre, 2019). Los cambios de pH y temperatura favorecen la liberación de disruptores del producto que lo contiene, como se ha observado en latas con recubrimiento interno de resina epoxica, en donde los cambios fisicoquímicos inducen una liberación de monómeros de BPA hacia el producto enlatado, lo que aumenta la posibilidad de ingerir el disruptor al consumir el alimento (Kovačič et al., 2020).

El metabolismo de los EDC dependerá de la naturaleza del compuesto, aunque de forma general, al ser ingeridos son metabolizados por el hígado y excretados por orina como compuestos conjugados (glucurónidos); mientras que una menor proporción (~50 veces menor) permanece en suero de forma libre (Taylor et al., 2011). Debido a sus propiedades fisicoquímicas, algunos EDC pueden bioacumularse en tejidos y ejercer sus efectos de forma local,

Tabla 1. Fuentes de exposición, concentraciones y características farmacocinéticas de EDC de uso común

EDC	Ruta de exposición	Productos	Concentraciones en productos	Dosis permitida	Concentraciones en fluidos biológicos	Absorción	Metabolismo	Vida media en el organismo	Promedio de eliminación	Referencias
BPA	Vía oral	PVC, PS, PC y resinas en latas de aluminio, botellas de agua	0.21 - 1.92 ng/mL	0.4 µg/kg/día	Orina: 0.1-10 ng/mL Tejido adiposo: 0.54-7.88 ng/g	Mucosa intestinal	Esterificación Glucoronidación	5-6 h	3 h	Adoamnei et al., 2018; Martínez-Ibarra et al., 2019
BUP	Vía oral Dérnica	Fármacos (AINES), alimentos (cereales), cosméticos y PCP	9.67 ng/g - 1,300 ng/g	0.4 - 0.8% del peso total del producto	Orina: 0.1-1.9 ng/mL Tejido adiposo: 0.5-2.75 ng/g	Mucosa intestinal Capilares de la piel	Esterificación Glucoronidación	8-10 h	3.3 h	Artacho-Cordón et al., 2018; Fransway et al., 2019
MEHP	Vía oral	Cubetas, juguetes, cosméticos, botellas de plástico	0.096 - 0.23 µg/kg	3.8 - 30 µg/kg/día	Orina: 10 - 91.3 µg/mL	Lumen intestinal	Esterificación Glucoronidación	8 h	3 h	González-Castro et al., 2011; Krais et al., 2018
DDT	Oral, respiratoria, tópica	Insecticidas para agua dulce mosquitos, moscas y garrapatas. Puede contaminar los alimentos, suelos y aguas	0.001 - 1 µg/L	Prohibido su consumo y restringido en áreas endémicas de mosquito	Leche materna: 0.5 ng/g Tejido adiposo: 1.4 ng/g	Mucosa intestinal Capilares de la piel	Glucoronidación	24 h	3 h	Casals-Casas & Desvergne, 2011; Veiga-López et al., 2018

BPA: Bisfenol-A; BUP: butil parabeno; MEPH: mono-(2-ethylhexil) ftalato. DDT: diclorodifeniltricloroetano; PVC: polivinilcarbonato; PS: poliestireno. PC: policarbonato; AINES: antiinflamatorios no esteroideos; PCP: productos de cuidado personal.

este sentido, varios EDC han sido detectados en diversos fluidos biológicos como suero, leche materna y orina, siendo el tejido adiposo uno de los principales reservorios de disruptores endocrinos (Krais et al., 2018, Melzer et al., 2012).

Diversos organismos gubernamentales han establecido límites de exposición seguros para EDC de uso común, tales como el BPA, cuyo límite de exposición de acuerdo a la European Food Safety Authority es de 4 µg/kg/día (Darbre, 2019); sin embargo, se han reportado efectos adversos a concentraciones menores (Angle et al., 2013, Ariemma et al., 2016). Los EDC inducen efectos de tipo no-monotónico que dependen de la concentración del compuesto (único o mezclas), duración de la exposición (crónica o aguda), sexo y etapa ontogénica en la que el organismo fue expuesto (Gore et al., 2015). Por lo que aún resulta complicado establecer niveles seguros de exposición a EDC para la población y es de suma importancia que las agencias reguladoras sanitarias consideren los factores mencionados para establecer normas que reglamenten su uso adecuado en la industria (Bourguignon et al., 2016, Demeneix et al., 2020). En la presente revisión se discuten las alteraciones metabólicas inducidas por EDC que favorecen el desarrollo de la obesidad.

Obesidad

La obesidad es definida como la acumulación anormal o excesiva de tejido graso, que puede ser potencialmente perjudicial para la salud. En México, es una condición que incrementa el costo en salud adicional en hasta \$3.5 millones de dólares USD, de acuerdo a datos de la Encuesta Nacional de Salud y Nutrición 2018. La etiología de la obesidad es multifactorial, producto de la combinación de factores como el estilo de vida, los hábitos alimenticios, la genética y el medio ambiente (ENSANUT 2019).

El tejido adiposo es un tejido conjuntivo especializado que cumple una función importante en el mantenimiento de la homeostasis energética y constituye una de las principales reservas energéticas al almacenar energía en forma de triglicéridos. El tejido adiposo se puede dividir en blanco (unilocular) y pardo (multilocular) debido a su coloración y características bioquímicas. El tejido adiposo blanco es el tipo predominante en el humano adulto, contiene varios tipos celulares como adipocitos, en los cuales se almacenan las gotas de grasa; pre-adipocitos, fibroblastos, células endoteliales de los vasos sanguíneos y células madre mesenquimales multipotenciales (MSC) (Moreno-Navarrete & Fernández-Real, 2017).

Históricamente el tejido adiposo era considerado como un órgano especializado en el mantenimiento de reservas energéticas, no obstante, actualmente se reconoce como un sistema dinámico que secreta y es estimulado por una gran cantidad de hormonas esenciales para mantener la

homeostasis energética, como la leptina y adiponectina. La desregulación del tejido adiposo por agentes bióticos o xenobióticos favorece el desarrollo de desórdenes metabólicos como la obesidad, resistencia a insulina, dislipidemia; esteatosis hepática, enfermedades cardiovasculares, entre otras (Zhao et al., 2021).

Obesógenos

Entre los factores medioambientales que promueven la obesidad se encuentran los obesógenos, definidos como compuestos químicos xenobióticos que regulan y promueven de forma inapropiada la acumulación de lípidos y la adipogénesis (Grün & Blumberg, 2006). Sus efectos son inducidos a través de la modificación de vías de señalización implicadas en la síntesis, transporte y almacenamiento de nutrientes en el tejido adiposo, las cuales resultan en alteraciones de la regulación homeostática de la adipogénesis y el equilibrio energético del organismo (Nappi et al., 2016). La exposición a obesógenos se ha asociado al desarrollo de comorbilidades como diabetes mellitus, enfermedades cardiovasculares, enfermedad del hígado graso no alcohólico, síndrome metabólico, ciertos tipos de cáncer, entre otras (Janesick & Blumberg, 2016).

Para poder definir a un compuesto xenobiótico como obesógeno, se requieren cuatro condiciones específicas: i. poseer dianas moleculares en el tejido adiposo, tales como el receptor activado por el proliferador de peroxisomas- γ (PPAR γ); ii. alterar la biología del adipocito, a través de la inducción de hiperplasia y/o hipertrofia; iii. inducir un efecto concreto sobre el balance energético, por ejemplo, alterando la adipogénesis, y iv. poseer una relación causal con la obesidad, demostrada a partir de estudios epidemiológicos (Heindel et al., 2017). Si bien los mecanismos de acción moleculares de la mayoría de los obesógenos no están completamente dilucidados, se ha descrito que actúan a través de receptores nucleares y receptores de membrana para promover el desarrollo del tejido graso (Heindel & Blumberg, 2019).

Adipogénesis

La adipogénesis es el proceso por el cual las células progenitoras similares a los fibroblastos restringen su destino hacia células adipogénicas, acumulan nutrientes y se convierten en adipocitos maduros que almacenan grandes cantidades de triglicéridos. En condiciones fisiológicas, la adipogénesis se caracteriza por un estado proinflamatorio, de angiogénesis y liberación de adipocitocinas, que resulta perjudicial para la salud cuando se induce un estado hipóxico, provocando una inflamación descontrolada y liberación de sustancias nocivas. La adipogénesis se divide en dos etapas: 1. la determinación adipogénica y 2. la diferenciación adipogénica terminal y

cada etapa es regulada por factores de transcripción específicos (Figura 1) (Ghaben & Scherer, 2019).

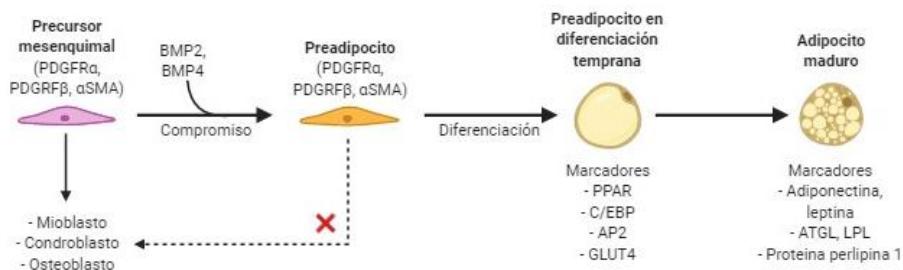


Figura 1. Proceso de adipogénesis.

La adipogénesis inicia con el compromiso de células precursoras mesenquimales por la presencia de proteínas morfogenéticas. El proceso de diferenciación comienza con la activación de vías de señalización adipogénicas que modulan la expresión de marcadores moleculares que favorecen la maduración del adipocito. (Modificado de Ghaben & Scherer, 2019).

Determinación adipogénica

En la etapa de determinación adipogénica, la MSC se restringe hacia el linaje de los adipocitos a través de la expresión del factor Pref-1 y posterior inducción de Sox9. El cual inhibirá la expresión de los factores CCAAT / proteína de unión al potenciador isoformas β y δ (C/EBP β y C/EBP δ), estableciendo así a la célula como un preadipocito que es incapaz de formar otros tipos de células mesenquimales, como mioblastos, condroblastos u osteoblastos. La MSC se caracteriza por la expresión de CD24+, los receptores del factor de crecimiento derivado de plaquetas α (PDGFR α) y por la proteína actina del músculo liso (α SMA), siendo esta última característica de células progenitoras de adipocitos en adultos (Lee, 2017).

Diversos estudios han mostrado que la expresión de las proteínas morfogenéticas óseas 2 (BMP2) y 4 (BMP4) son suficientes para impulsar el compromiso de los fibroblastos hacia adipocitos al inhibir la represión de ZFP423 y su posterior translocación al núcleo para la activación de genes adipogénicos. Las BMP promueven la activación de las proteínas de la familia SMAD: SMAD1, SMAD5 y SMAD8 para la activación secuencial del factor de transcripción SMAD4, el cual promueve la diferenciación terminal del adipocito estimulando la transcripción del PPAR γ (Lee, 2017). Por otro lado, la proteína similar al factor krüppel 5 (KLF5) actúa como un coactivador de C/EBP β , que posteriormente promoverá la expresión de PPAR γ y C/EBP α .

De igual forma, la proteína KFL15 inducirá la activación de GLUT-4 y PPAR γ (Lowe et al., 2011).

Los reguladores de la adipogénesis C/EBP β y C/EBP δ inducen directamente la expresión de C/EBP α y PPAR γ , y a su vez activan transcripcionalmente su propia expresión y la de otros genes relacionados con la adipogénesis para iniciar la etapa de diferenciación adipogénica. Se ha demostrado que el PPAR γ es indispensable y suficiente para la diferenciación de adipocitos, por lo que es considerado como el regulador maestro de la adipogénesis; no obstante, se requiere del resto de los factores de transcripción para inducir un adipocito maduro que sea funcionalmente óptimo (Lefterova et al., 2014).

Diferenciación adipogénica

Durante la etapa de diferenciación adipogénica los pre-adipocitos detienen su crecimiento, acumulan lípidos y forman adipocitos maduros sensibles a la insulina. En las primeras etapas de la diferenciación la acumulación de lípidos promueve la expresión de la proteína de adipocitos a unión de ácidos grasos (AP2) y del transportador de glucosa sensible a insulina (GLUT4). Posteriormente, el mismo estímulo inducirá la expresión de enzimas lipogénicas y lipolíticas, como la sintasa de ácidos grasos (FAS) y la acetil-CoA carboxilasa (ACC) que favorecerán la síntesis y acumulación de grasa en el adipocito. En la etapa final de la diferenciación, las células aumentan de tamaño y se tornan más esféricas, las pequeñas gotas de lípidos confluyen para formar una sola gota lipídica que ocupa la porción central del citoplasma. Después de un tiempo, la masa lipídica comprime el núcleo y lo desplaza hacia una posición excéntrica (Sarjeant & Stephens, 2012). Los adipocitos maduros expresan todos los marcadores de diferenciación temprana, así como las hormonas peptídicas adiponectina y leptina, las enzimas triglicérido lipasa de tejido adiposo (ATGL) y la lipoprotein lipasa (LPL) y altos niveles de la proteína perilipina 1 (Ghaben & Scherer, 2019).

Métodos

Con el objetivo de conocer los efectos obesogénicos de los EDC sobre las alteraciones moleculares de vías de señalización adipogénicas, se realizó una búsqueda en la literatura que comprendió publicaciones originales en idioma inglés y español de la última década (2010-2021) empleando los buscadores de Scopus (Elsevier®) y PubMed (National Center for Biotechnology Information) en combinación con las palabras clave: EDC/disruptor endocrino y obesógeno/adipogénesis. El análisis generó 60 publicaciones de las cuales 24 fueron seleccionadas por brindar información sobre los efectos de los EDC en las proteínas adipogénicas de interés: PPAR, C/EBP, KLF, receptores de hormonas tiroideas (TR); receptores de retinoides

X (RXR), receptores de estrógenos (ER) o receptores de glucocorticoides (GR).

Resultados

Estudios recientes en modelos animales han descrito los efectos obesogénicos de los compuestos organoestánicos, bifenilos policlorados, bisfenoles y ftalatos (revisado por Maradonna & Carnevali, 2018). Los cuales inducen el aumento de la masa de tejido adiposo por hipertrofia o hiperplasia, dislipidemia, interrupción de los perfiles hormonales metabólicos y aumento de la diferenciación de los pre-adipocitos o cambios en el destino de las MSC para someterse a la diferenciación adipogénica (Tabla 2).

Tabla 2. Efectos obesogénicos de disruptores endocrinos observados en modelos in vivo.

EDC	Modelo	Efecto	Referencia
BPA	Ratón	Exposición intrauterina causa bajo peso al nacer y alteraciones morfológicas y funcionales de células beta pancreáticas	García-Arévalo et al., 2016
	Rata	Mayor acumulación de grasa en el hígado	Somm et al., 2009
BPS	Ratón	Aumento de peso	Tonini et al., 2021
DEHP	Ratón	El tratamiento con una dieta alta en grasas durante la gestación induce alteraciones en el crecimiento y la morbimortalidad intrauterina	Revisado por Thoene et al., 2020
Benzilbuti l ftalato	Ratón	Junto con el consumo de una dieta alta en grasas se asoció al desarrollo de diabetes	Kannan et al., 2021
TBT	Ratón y rana	Activa al PPAR γ e induce acumulación de grasa	Zhang et al., 2020
DBT	Ratón	Exposición perinatal a bajas dosis y consumo de dieta alta en grasas indujo un aumento de los depósitos de grasa y niveles circulantes de leptina en machos	Grün et al., 2006
TPP	Rata	Favorecen la ganancia de peso	Chamorro-García et al., 2018
TBB			
POP: DDT, PCB	Pez cebra	Promueven ganancia de peso y causan alteraciones en la morfología sexual	Lyche et al., 2010
PCB	Ratón	Aumento de peso, formación de placa de colesterol	Arsenescu et al., 2008

BPA: bisfenol-A, BPS: bisfenol-S, DEHP: di-(2-ethylhexil)ftalato. TBT: tributilestaño; DBT: dibutilestaño; TPP: trifenil fosfato. TBB: 2-ethylhexil-2,3,4,5-tetrabromobenzoato; POP: contaminantes orgánicos persistentes; PCB: bifenilos policlorados.

Los obesógenos interfieren a nivel molecular sobre diversos reguladores transcripcionales que controlan el flujo de lípidos, la proliferación y diferenciación de los adipocitos (Darbre, 2017). A continuación, se presentan los efectos de los EDC en proteínas clave del proceso de diferenciación adipogénica: PPAR, C/EBP y KLF. Así como los efectos en la funcionalidad de receptores hormonales que juegan un papel importante en la proliferación y diferenciación de los adipocitos como los receptores de hormonas tiroideas (TR), receptores de retinoides X (RXR), receptores de estrógenos (ER) y receptores de glucocorticoides (GR). Por último, se discuten algunos de los efectos inducidos por mezclas de EDC en proteínas adipogénicas.

Receptores activados por el proliferador de peroxisomas (PPAR)

Los PPAR se identificaron en la década de 1990 como mediadores de la proliferación de peroxisomas; sin embargo, actualmente se ha descrito su participación en la regulación de una gran variedad de procesos biológicos. En tejido adiposo, los PPAR controlan predominantemente a los genes implicados en el metabolismo de lípidos, incluidos el transporte, almacenamiento, lipogénesis y oxidación de ácidos grasos. Se han identificado tres isoformas del receptor en mamíferos: PPAR α , PPAR β/δ y PPAR γ (Mirza et al., 2019). Los PPAR pertenecen a la superfamilia de receptores nucleares y actúan como factores de transcripción dependientes de sus ligandos naturales propuestos como los ácidos grasos saturados, eicosanoides y prostaglandinas. Los PPAR forman heterodímeros con los receptores de retinoides X (RXR) y promueven la diferenciación de los precursores de adipocitos del tejido adiposo, así como la síntesis y almacenamiento de lípidos (Lefterova et al., 2014). La expresión de la isoforma PPAR γ es inducida durante la adipogénesis para promover la activación de genes proadipogénicos como C/EBP α , leptina, FABP4, entre otros; mientras que la activación del heterodímero RXR-PPAR α estimula la degradación de los ácidos grasos a través de la beta oxidación (Sarjeant & Stephens, 2012).

El PPAR γ es diana molecular de diversos EDC, los cuales inducen la expresión o aumentan la actividad del receptor, lo que se traduce en acumulación de grasa en adipocitos y aumento de tejido adiposo en modelos animales (Gore et al., 2015). Entre los EDC que inducen alteraciones del PPAR γ se encuentran el BPA (Wang et al., 2013; Ariemma et al., 2016); empleado en la fabricación de plásticos de cloruro de polivinilo o PVC; el tributilestaño o TBT, utilizado como agente conservador de maderas y como pesticida, los ftalatos mono-(2-ethylhexil) ftalato (MEHP) (Hao et al., 2013) y di-(2-ethylhexil) ftalato (DEHP) (Kannan et al., 2021) empleados como agentes plastificantes en juguetes y cosméticos; y en menor medida los contaminantes orgánicos persistentes (POPs) como el dicloro difenil tricloro etano (DDT)

(Lyche et al., 2010) empleado como insecticida y los bifenilos policlorados (PCBs) (Arsenescu et al., 2008, Lyche et al., 2010) empleados para la fabricación de plásticos y pinturas, de los cuales aún persisten en ambientes terrestres y acuáticos, a pesar de su prohibición en la década de los 70s.

Además de inducir cambios en tejido adiposo, la alteración de la actividad de PPAR se ha asociado a un manejo inadecuado de los ácidos grasos y una mala distribución de la grasa, lo que conduce a la patogénesis de enfermedades como el síndrome metabólico (Ghaben & Scherer, 2019), resistencia a insulina o alteraciones del sistema inmune del organismo influyendo sobre la supervivencia, activación y diferenciación de las células T que probablemente sean favorables en un entorno con diabetes tipo 1 (Holm et al., 2020).

CCAAT/proteína de unión al potenciador (C/EBP).

Los miembros de la familia de proteínas C/EBP desempeñan funciones en una amplia gama de procesos celulares como la apoptosis celular, proliferación y diferenciación de adipocitos, metabolismo de carbohidratos e inflamación. Así como el PPAR γ , las proteínas C/EBP son cruciales para regular el desarrollo y el control de las células grasas al ser responsables de la sensibilidad a insulina y secreción de adipocitocinas (Ko et al., 2015).

En un contexto de alteración por EDC, se ha descrito que el BPA (Ariemma et al., 2016, Cimmino et al., 2020) y los ftalatos diisononilftalato (DiNP) y diisodeciltalato (DiDP) (Pomatto et al., 2018), plastificantes aprobados para reemplazar a compuestos como el BPA, así como diversos parabenos (Hu et al., 2012) inducen la acumulación de triglicéridos en adipocitos de humano y ratón. Por otro lado, los compuestos TBT y dibutilestaño (DBT), metabolito principal del TBT favorecen la acumulación de lípidos en células mesenquimales de humano (Chamorro-García et al., 2018). En todos los casos, los EDC inducen sus efectos a través de la estimulación simultánea de C/EBP α y PPAR γ .

Factores similares a Krüppel (KLF)

Los KLF son proteínas con dedos de zinc que reconocen secuencias específicas en regiones promotoras del ADN y actúan como activadores o represores de la transcripción génica. De esta forma, las proteínas KLF regulan numerosos procesos biológicos para el mantenimiento homeostático de tejidos y sistemas, la proliferación y diferenciación celular, así como el desarrollo de tejidos y órganos de mamíferos. En un contexto de metabolismo energético, los KFL son conocidos por desempeñar un papel crítico en la acumulación de lípidos en tejido adiposo y en otros tejidos como el páncreas, hígado y músculo; y se ha reportado que participan en la regulación de la diferenciación de adipocitos al promover o inhibir la adipogénesis. KLF4 induce la expresión de C/EBP β se expresa en etapas tempranas de la adipogénesis, mientras que los factores KLF3 y KLF7 la inhiben (Ambele et al., 2020).

Entre los EDC que alteran la actividad o expresión de los factores KLF se encuentra el tetrabromobisfenol-A (TBBPA), empleado como retardante de llamas de uso común en automóviles y tarjetas de circuitos (Chappell et al., 2018). Mientras que el TBBPA actúa principalmente como agonista parcial del PPAR γ (Riu et al., 2011), estudios de Chappell y col. (2018) demuestran que el TBBPA también promueve la diferenciación de adipocitos a través de la expresión directa de KLF5 y KLF15. Lo que sugiere la inducción de la adipogénesis a través de mecanismos indirectos a los receptores PPAR y proteínas C/EBP.

Receptores de hormonas tiroideas (TR)

Las hormonas tiroideas (TH) son reguladores clásicos del metabolismo energético al participar en el mantenimiento de la tasa metabólica basal, procesos de anabolismo y catabolismo de biomoléculas, diferenciación y proliferación de adipocitos y termogénesis en tejido adiposo (García-Solís et al., 2018). Las TH actúan a través de la activación de los receptores de hormonas tiroideas (TR), de los cuales existen dos isoformas TR α y TR β . Las variantes TR α 1 y en menor medida TR α 2 y TR β 1 se expresan en tejido adiposo y su ausencia genera alteraciones en el mantenimiento del balance energético y termogénesis. Durante la adipogénesis, los TR son activados por su ligando, la hormona triyodotironina (T3) y regulan la expresión de genes como C/EBP α , PPAR γ , GLUT-4, enzima malica (ME), spot14 y glicerofosfato deshidrogenasa (GPD), entre otros (Obregón et al., 2014). TR α 1 induce una mayor expresión de C/EBP α y PPAR γ en comparación con TR β 1 y su silenciamiento induce diferentes fenotipos en tejido adiposo, lo que sugiere que la regulación de genes adipogénicos pudiera estar dirigida por isoformas específicas del TR (Mishra et al., 2010).

Disruptores como el BPA pueden unirse a la isoforma TR β 1 y actuar como un ligando antagonista del receptor (Kim & Park, 2019). Por otro lado, la exposición a dosis bajas de BPA durante la gestación y lactancia de ratas wistar provocó cambios en los niveles de TH y esteroideas, pero no en el peso corporal (Silva et al., 2019). Por lo que, aún quedan por dilucidarse los mecanismos asociados a TR por los cuales los EDC alteran el proceso de adipogénesis.

Receptores de Retinoides X (RXR)

Los RXR son receptores nucleares que actúan como homodímeros o como heterodímeros con otros receptores, tales como PPAR, receptores X hepáticos o receptor de farnesoide X (FXR) y potencian su actividad transcripcional. El RXR es considerado como parte fundamental de la diferenciación adiposa puesto que forma un heterodímero con el PPAR γ (Chung et al., 2016).

En un estudio realizado por Shoucri et al., 2017, se demuestra que la activación de RXR es suficiente para generar el compromiso adipogénico, aunque PPAR γ se encuentre inactivo, y que el 9-cis ácido retinoico, ligando del RXR, actúa a través de RXR para alterar el transcriptoma de la célula y así favorecer la adipogénesis.

En un contexto de disrupción endocrina se ha observado que el TBT, un organoestaño utilizado como fungicida en cultivos, actúa como agonista de los receptores RXR y estimula la adipogénesis en pre-adipocitos *in vitro* (Grün et al., 2006, Heindel et al., 2017). La alteración del sistema retinoide ha sido asociado con efectos adversos como trastornos del desarrollo neurológico, problemas de fertilidad, diabetes, obesidad y otros trastornos metabólicos (Trasino & Gudas 2015); por lo que se requieren mayores estudios para comprender el rol del compañero heterodímerico de los principales receptores nucleares que regulan el proceso de adipogénesis.

Receptores de estrógenos (ER) y de glucocorticoides (GR)

Aunado al efecto de los obesógenos sobre PPAR γ , se ha observado que probablemente los obesógenos actúen directamente en la expresión de genes involucrados con el almacenamiento de lípidos en los adipocitos, como la lipoproteinlipasa y la AP2. Este fenómeno no ocurre con todos los EDC, no obstante se ha observado con DDT, DDE, BPA, DEHP, BBP, los cuales pueden actuar tanto de forma indirecta, a través de la estimulación de los receptores de estrógenos (ER) por los cuales poseen una alta afinidad, así como de manera indirecta al estimular la síntesis de hormonas esteroideas (Darbre, 2017, Shahnazaryan et al., 2019).

Se ha descrito que el BPA puede modificar el metabolismo del tejido adiposo al aumentar la actividad del receptores de glucocorticoides α (GR α) de forma directa (Sargis et al., 2010) o indirecta (Atlas et al., 2014). Además, el BPA incrementa la expresión del ARNm y la actividad enzimática de la 11 β -hidroxiesteroid deshidrogenasa 1 (enzima que convierte cortisol en cortisol) (Wang et al., 2013) en tejido adiposo, promoviendo la producción del ligando del GR, causando su posterior activación. Otros EDC como el plastificante diciclohexil ftalato (DCHP), el insecticida endrina y el fungicida tolifluanida aumentan la actividad del GR en adipocitos 3T3-L1 (Sargis et al., 2010).

Normalmente, la activación de los ER α en las células madre mesenquimales inhibe la adipogénesis; sin embargo, los obesógenos al unirse a los ER α promueven la adipogénesis a través de mecanismos que aún permanecen por dilucidar (Boucher et al., 2014; Shahnazaryan et al., 2019). En tejido adiposo se expresa la enzima aromatasa que convierte testosterona en estrógenos, y algunos obesógenos como el TBT y los alquilfenoles influyen en la actividad de la aromatasa, favoreciendo el aumento de adipocitos no solo

en mujeres sino también en hombres (Darbre, 2017). Por lo que resulta de gran importancia comprender los efectos de los EDC en las vías de señalización dependientes de corticoesteroides.

Efectos obesogénicos de mezclas de EDC

En tejido adiposo humano se ha determinado la presencia de BPA, parabenos, ftalatos, entre otros (Tabla 1), por lo que es posible que los EDC actúen en combinación a través de mecanismos aditivos o sinérgicos y que las mezclas de EDC estimulen a los receptores, incluso en menores cantidades que aquellas requeridas de forma individual. Algunos estudios han evaluado los efectos adipogénicos de combinaciones de EDC. Biemann et al., 2014 evaluaron el efecto de una combinación de EDC: bisfenol A, dietilhexilftalato y tributilestaño en células multipotenciales C3H10T1/2, las cuales fueron expuestas durante 12 días a concentraciones altas y bajas de la mezcla de EDC. Los resultados mostraron que el número de adipocitos, el contenido total de TG y la expresión de ARNm de genes marcadores adipogénicos no se modificó a concentraciones bajas de EDC. Mientras que el tratamiento con dosis altas incrementó el número de adipocitos, pero no modificó la cantidad triglicéridos y la expresión de LPL o PPAR γ 2.

En un estudio realizado por Kassotis et al., 2019 mostraron que mezclas de diversos retardantes de flamas obtenidos de polvo doméstico de hogares, inducían una mayor acumulación de triglicéridos y proliferación de células 3T3-L1, y que dicha actividad podría estar regulada por antagonismo del TR β 1.

Adicionalmente, resulta interesante observar que bajo ciertas condiciones experimentales los efectos obesogénicos de algunos EDC se observan únicamente en presencia de un alto contenido de lípidos o dietas altas en grasas (Lutfi et al., 2017, Chamorro-García et al., 2018, Kannan et al., 2021), lo que refuerza la hipótesis del obesógeno, la cual postula la idea de que además de una desproporción entre el aumento de ingesta calórica y el estilo de vida sedentario, los compuestos químicos serían un tercer factor que influiría en la biosíntesis del tejido graso y su exposición podría jugar un rol importante en el desarrollo de la obesidad (Decherf & Demeneix, 2011; Heindel & Blumberg, 2019).

Conclusion

Los EDC son compuestos presentes en nuestra vida diaria y su exposición resulta biológicamente relevante no solo para la población humana sino también para la fauna silvestre. La evidencia científica acumulada a la fecha, muestra claramente los efectos obesogénicos de los EDC bajo distintos contextos biológicos, a través de la modificación del balance energético del organismo (Lyche et al., 2010; Tonini et al., 2020; Thoene et al., 2021),

parámetros metabólicos (Patisual et al., 2013), niveles hormonales (Silva et al., 2019) y/o la expresión de proteínas adipogénicas. En este sentido, los EDC estimulan vías de señalización del proceso de adipogénesis donde participan proteínas reguladoras maestras como PPAR γ y C/EBP α , y proteínas reguladoras como KLF5 y KLF15, TR β 1, ER α y GR α ; y de forma interesante, éstas pueden ser estimuladas simultáneamente. Más aún, los mecanismos moleculares por los cuales los EDC afectan la actividad y/o expresión de las proteínas adipogénicas pueden ser de ambos tipos directos o indirectos, lo que en conjunto, favorecería el desarrollo de un escenario aún más complejo a nivel de regulación de la adipogénesis.

La evidencia también muestra que la potencia de los efectos obesogénicos dependerá de diversos factores, tales como la dosis (o concentración) del EDC, al inducir efectos obesogénicos empleando dosis bajas o ambientalmente relevantes de disruptores (Ariemma et al., 2016, Silva et al., 2019, Zhang et al., 2020), en contraste con los efectos observados en dosis altas (Arsenescu et al., 2008; Chamorro-García et al., 2018). El periodo de exposición a EDC también es relevante, siendo que las etapas de gestación y perinatales resultan ventanas vulnerables de exposición para los organismos, al aumentar la expresión de marcadores adipogénicos y ganancia de peso corporal en la progenie en presencia de distintos tipos de EDC (García-Arévalo et al., 2016; Chamorro-García et al., 2018; Kannan et al., 2021). El tipo de EDC, sus características químicas y farmacocinética (metabolitos), son otros factores que influirán sobre el blanco molecular del disruptor y los potenciales efectos obesogénicos que inducirán (Hu et al., 2012). Además, es importante considerar que los efectos individuales de los EDC podrían ser potenciados por factores ambientales como un alto contenido de grasas o por la presencia de varios EDC (Lutfi et al., 2017, Kassotis et al., 2019). La exposición simultánea a distintos tipos de disruptores favorecería la estimulación de diversas vías de señalización adipogénicas que alterarían la comunicación cruzada de los sistemas endocrinos a nivel fisiológico y celular, y modificaría el balance energético del organismo.

Por otro lado, los estudios epidemiológicos aún presentan limitaciones para establecer una relación causa-efecto entre una exposición específica a EDC y la obesidad en el humano; sin embargo, sí sugieren que existe una relación entre los mismos. Mas aún, se ha estimado que la exposición a ciertos disruptores implican un costo anual en la enfermedad de hasta \$5.9 billones de dólares USD. El aumento de la prevalencia de la patología y la exposición ubicua a diversos disruptores durante etapas vulnerables de la vida del humano, apoya la hipótesis del obesógeno sobre el rol de los EDC como jugadores relevantes en el aumento de la prevalencia de la obesidad (revisado por Heindel et al., 2017, Heindel & Blumberg et al., 2019).

En conclusión, resulta de suma importancia realizar estudios que permitan comprender los mecanismos de acción que subyacen los efectos de los EDC como obesógenos. Así como determinar su relevancia funcional a nivel fisiológico en el humano considerando dosis ambientalmente relevantes, ya sea por exposición ocupacional o exposición ubicua, y determinar el riesgo que representan para la salud para promover su regulación en la industria.

Agradecimientos

FGM es estudiante del programa de Doctorado en Ciencias en Biomedicina de la Universidad Autónoma de Querétaro, México (Beca CoNaCyT No. 926598). PVM y VR pertenecen al programa de Licenciatura en Medicina de la Universidad Autónoma de Querétaro, México.

Financiamiento

Agradecemos al proyecto Apoyo a la incorporación de nuevos PTC (SEP-PRODEP), Folio: UAQ-PTC-408, del cual deriva el presente artículo de revisión.

Contribuciones del autor

FGM, PVM y VR contribuyeron a la búsqueda de la literatura y redacción del manuscrito. HVC, AST, MAS y JCSS contribuyeron a la redacción y revisión del manuscrito. GHP contribuyó al diseño, búsqueda de la literatura, redacción y edición del manuscrito.

Conflicto de Interés

No existe conflicto de interés.

References:

1. Adoamnei, E., Mendiola, J., Vela-Soria, F., Fernández, M. F., Olea, N., Jørgensen, N., Swan, S. H., & Torres-Cantero, A. M. (2018). Urinary bisphenol A concentrations are associated with reproductive parameters in young men. *Environmental Research*, 161, 122–128. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2017.11.002>
2. Ambele, M. A., Dhanraj, P., Giles, R., & Pepper, M. S. (2020). Adipogenesis: A complex interplay of multiple molecular determinants and pathways. *International Journal of Molecular Sciences*, 21(12), 4283. <https://doi.org/10.3390/ijms21124283>
3. Angle, B. M., Do, R. P., Ponzi, D., Stahlhut, R. W., Drury, B. E., Nagel, S. C., Welshons, W. V., Besch-Williford, C. L., Palanza, P., Parmigiani, S., vom Saal, F. S., & Taylor, J. A. (2013). Metabolic disruption in male mice due to fetal exposure to low but not high doses of bisphenol A (BPA): Evidence for effects on body weight, food

- intake, adipocytes, leptin, adiponectin, insulin and glucose regulation. *Reproductive Toxicology*, 42, 256–268. <https://doi.org/10.1016/j.reprotox.2013.07.017>
4. Ariemma, F., D'Esposito, V., Liguoro, D., Oriente, F., Cabaro, S., Liotti, A., Cimmino, I., Longo, M., Beguinot, F., Formisano, P., & Valentino, R. (2016). Low-dose bisphenol-a impairs adipogenesis and generates dysfunctional 3T3-L1 adipocytes. *PLOS ONE*, 11(3). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0150762>
 5. Arsenescu, V., Arsenescu, R. I., King, V., Swanson, H., & Cassis, L. A. (2008). Polychlorinated biphenyl-77 induces adipocyte differentiation and proinflammatory adipokines and promotes obesity and atherosclerosis. *Environmental Health Perspectives*, 116(6), 761–768. <https://doi.org/10.1289/ehp.10554>
 6. Artacho-Cordón, F., Fernández, M. F., Frederiksen, H., Iribarne-Durán, L. M., Jiménez-Díaz, I., Vela-Soria, F., Andersson, A. M., Martin-Olmedo, P., Peinado, F. M., Olea, N., & Arrebola, J. P. (2018). Environmental phenols and parabens in adipose tissue from hospitalized adults in southern Spain. *Environment International*, 119, 203–211. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2018.05.052>
 7. Atlas, E., Pope, L., Wade, M. G., Kawata, A., Boudreau, A., & Boucher, J. G. (2014). Bisphenol A increases aP2 expression in 3T3L1 by enhancing the transcriptional activity of nuclear receptors at the promoter. *Adipocyte*, 3 (3), 170–179. <https://doi.org/10.4161/adip.28436>
 8. Bansal, A., Henao-Mejia, J., & Simmons, R. A. (2018). Immune System: An Emerging Player in Mediating Effects of Endocrine Disruptors on Metabolic Health. *Endocrinology*, 159(1), 32–45. <https://doi.org/10.1210/en.2017-00882>
 9. Biemann, R., Fischer, B., & Navarrete Santos, A. (2014). Adipogenic effects of a combination of the endocrine-disrupting compounds bisphenol A, diethylhexylphthalate, and Tributyltin. *Obesity Facts*, 7(1), 48–56. <https://doi.org/10.1159/000358913>
 10. Boucher, J. G., Boudreau, A., & Atlas, E. (2014). Bisphenol A induces differentiation of human preadipocytes in the absence of glucocorticoid and is inhibited by an estrogen-receptor antagonist. *Nutrition & diabetes*, 4(1), e102. <https://doi.org/10.1038/nutd.2013.43>
 11. Bourguignon, J. P., Slama, R., Bergman, Å., Demeneix, B., Ivell, R., Kortenkamp, A., Panzica, G., Trasande, L., & Zoeller, R. T. (2016). Science-based regulation of endocrine disrupting chemicals in Europe: which approach?. *The lancet. Diabetes & endocrinology*, 4(8), 643–646. [https://doi.org/10.1016/S2213-8587\(16\)30121-8](https://doi.org/10.1016/S2213-8587(16)30121-8)

12. Casals-Casas, C., & Desvergne, B. (2011). Endocrine disruptors: From endocrine to metabolic disruption. *Annual Review of Physiology*, 73(1), 135–162. <https://doi.org/10.1146/annurev-physiol-012110-142200>
13. Chamorro-García, R., Shoucri, B. M., Willner, S., Käch, H., Janesick, A., & Blumberg, B. (2018). Effects of perinatal exposure to dibutyltin chloride on fat and glucose metabolism in mice, and molecular mechanisms, *in vitro*. *Environmental Health Perspectives*, 126(5), 057006. <https://doi.org/10.1289/ehp3030>
14. Chappell, V. A., Janesick, A., Blumberg, B., & Fenton, S. E. (2018). Tetrabromobisphenol-A promotes early adipogenesis and lipogenesis in 3T3-L1 cells. *Toxicological Sciences*, 166(2), 332–344. <https://doi.org/10.1093/toxsci/kfy209>
15. Chung, S., Kim, Y. J., Yang, S. J., Lee, Y., & Lee, M. (2016). Nutrigenomic functions of ppars in obesogenic environments. *PPAR Research*, 2016, 1–17. <https://doi.org/10.1155/2016/4794576>
16. Cimmino, I., Fiory, F., Perruolo, G., Miele, C., Beguinot, F., Formisano, P., & Oriente, F. (2020). Potential mechanisms of bisphenol A (BPA) contributing to human disease. *International Journal of Molecular Sciences*, 21(16), 5761. <https://doi.org/10.3390/ijms21165761>
17. Colborn, T., vom Saal, F. S., & Soto, A. M. (1993). Developmental effects of endocrine-disrupting chemicals in wildlife and humans. *Environmental health perspectives*, 101(5), 378–384. <https://doi.org/10.1289/ehp.93101378>
18. Darbre, P. D. (2017). Endocrine Disruptors and Obesity. *Current Obesity Report*, 6, 18-27. doi:10.1007/s13679-017-0240-4
19. Darbre, P. D. (2019). The history of endocrine-disrupting chemicals. *Current Opinion in Endocrine and Metabolic Research*, 7, 26–33. <https://doi.org/10.1016/j.coemr.2019.06.007>
20. Decherf, S., & Demeneix, B. A. (2011). The obesogen hypothesis: A shift of focus from the periphery to the hypothalamus. *Journal of Toxicology and Environmental Health, Part B*, 14(5-7), 423–448. <https://doi.org/10.1080/10937404.2011.578561>
21. Demeneix, B., Vandenberg, L. N., Ivell, R., & Zoeller, R. T. (2020). Thresholds and endocrine disruptors: An endocrine society policy perspective. *Journal of the Endocrine Society*, 4(10). <https://doi.org/10.1210/jendso/bvaa085>
22. Encuesta Nacional de Salud y Nutrición México 2018. (2019). Secretaría de Salud, Instituto Nacional de Salud Pública, Instituto Nacional de Estadística y Geografía, México. <https://ensanut.insp.mx/encuestas/ensanut2018/informes.php>

23. Fransway, A. F., Fransway, P. J., Belsito, D. V., & Yiannias, J. A. (2019). Paraben toxicology. *Dermatitis*, 30(1), 32–45. <https://doi.org/10.1097/der.0000000000000428>
24. García-Arévalo, M., Alonso-Magdalena, P., Servitja, J.-M., Boronat-Belda, T., Merino, B., Villar-Pazos, S., Medina-Gómez, G., Novials, A., Quesada, I., & Nadal, A. (2016). Maternal exposure to bisphenol-A during pregnancy increases pancreatic β -cell growth during early life in male mice offspring. *Endocrinology*, 157(11), 4158–4171. <https://doi.org/10.1210/en.2016-1390>
25. García-Solís P, García OP, Hernández-Puga G, Sánchez-Tusie AA, Sáenz-Luna CE, Hernández-Montiel HL, Solis-S JC. Thyroid hormones and obesity: a known but poorly understood relationship. *Endokrynol Pol.* 2018;69(3):292-303. doi: 10.5603/EP.2018.0032.
26. Ghaben, A. L., & Scherer, P. E. (2019). Adipogenesis and metabolic health. *Nature Reviews Molecular Cell Biology*, 20(4), 242–258. <https://doi.org/10.1038/s41580-018-0093-z>
27. González-Casanova, J. E., Pertuz-Cruz, S. L., Caicedo-Ortega, N. H., & Rojas-Gomez, D. M. (2020). Adipogenesis regulation and endocrine disruptors: Emerging insights in Obesity. *BioMed Research International*, 2020, 1–13. <https://doi.org/10.1155/2020/7453786>
28. González-Castro, M. I., Olea-Serrano, M. F., Rivas-Velasco, A. M., Medina-Rivero, E., Ordoñez-Acevedo, L. G., & De León-Rodríguez, A. (2011). Phthalates and bisphenols migration in Mexican food cans and plastic food containers. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 86(6), 627–631. <https://doi.org/10.1007/s00128-011-0266-3>
29. Gore, A. C., Chappell, V. A., Fenton, S. E., Flaws, J. A., Nadal, A., Prins, G. S., Toppari, J., & Zoeller, R. T. (2015). Executive summary to EDC-2: The endocrine society's second scientific statement on endocrine-disrupting chemicals. *Endocrine Reviews*, 36(6), 593–602. <https://doi.org/10.1210/er.2015-1093>
30. Gore, A. C., Crew, D., Doan, L. L., La Merrill, M., Patisaul, H., & Zota, A. (2014). Introduction to endocrine-disrupting chemicals. *Endocrine-Disrupting Chemicals*, 3–8. https://doi.org/10.1007/1-59745-107-x_1
31. Grün F, Watanabe H, Zamanian Z, Maeda L, Arima K, Cubacha R, Gardiner DM, Kanno J, Iguchi T, Blumberg B. (2006). Endocrine-disrupting organotin compounds are potent inducers of adipogenesis in vertebrates. *Molecular Endocrinology*. 20(9), 2141-2155. <https://doi.org/10.1210/me.2005-0367>.

32. Grün, F., Blumberg, B. (2006). Environmental obesogens: Organotins and endocrine disruption via nuclear receptor signaling. *Endocrinology*, 147(6). <https://doi.org/10.1210/en.2005-1129>
33. Guarnotta, V., Amodei, R., Frasca, F., Aversa, A., & Giordano, C. (2022). Impact of chemical endocrine disruptors and hormone modulators on the endocrine system. *International Journal of Molecular Sciences*, 23(10), 5710. <https://doi.org/10.3390/ijms23105710>
34. Hao, C., Cheng, X., Xia, H., & Ma, X. (2013). The endocrine Disruptor Mono-(2-Ethylhexyl)Phthalate promotes adipocyte differentiation and induces obesity in mice. *Bioscience Reports*, 33(1), 619–629. <https://doi.org/10.1042/bsr033e017>
35. Heindel, J. J., Blumberg, B., Cave, M., Machtlinger, R., Mantovani, A., Mendez, M. A., Nadal, A., Palanza, P., Panzica, G., Sargis, R., Vandenberg, L. N., & Vom Saal, F. (2017). Metabolism disrupting chemicals and metabolic disorders. *Reproductive toxicology*, 68, 3–33.
36. Heindel, J. J., & Blumberg, B. (2019). Environmental obesogens: Mechanisms and controversies. *Annual Review of Pharmacology and Toxicology*, 59(1), 89–106. <https://doi.org/10.1146/annurev-pharmtox-010818-021304>
37. Holm, L. J., Mønsted, M. Ø., Haupt-Jorgensen, M., & Buschard, K. (2020). PPARs and the development of type 1 diabetes. *PPAR Research*, 2020, 1–11. <https://doi.org/10.1155/2020/6198628>
38. Hu, P., Chen, X., Whitener, R. J., Boder, E. T., Jones, J. O., Porollo, A., Chen, J., & Zhao, L. (2012). Effects of parabens on adipocyte differentiation. *Toxicological Sciences*, 131(1), 56–70. <https://doi.org/10.1093/toxsci/kfs262>
39. Hu, P., Overby, H., Heal, E., Wang, S., Chen, J., Shen, C.-li, & Zhao, L. (2017). Methylparaben and butylparaben alter multipotent mesenchymal stem cell fates towards adipocyte lineage. *Toxicology and Applied Pharmacology*, 329, 48–57. <https://doi.org/10.1016/j.taap.2017.05.019>
40. Janesick, A. S., & Blumberg, B. (2016). Obesogens: An emerging threat to public health. *American Journal of Obstetrics and Gynecology*, 214(5), 559–565. <https://doi.org/10.1016/j.ajog.2016.01.182>
41. Jiang, Y., Berry, D. C., Tang, W., & Graff, J. M. (2014). Independent stem cell lineages regulate adipose organogenesis and adipose homeostasis. *Cell Reports*, 9(3), 1007–1022. <https://doi.org/10.1016/j.celrep.2014.09.049>

42. Kannan, A., Davila, J., Gao, L., Rattan, S., Flaws, J. A., Bagchi, M. K., & Bagchi, I. C. (2021). Maternal high-fat diet during pregnancy with concurrent phthalate exposure leads to abnormal placentation. *Scientific Reports*, 11(1). <https://doi.org/10.1038/s41598-021-95898-4>
43. Kassotis, C. D., Kollitz, E. M., Hoffman, K., Sosa, J. A., & Stapleton, H. M. (2019). Thyroid receptor antagonism as a contributory mechanism for adipogenesis induced by environmental mixtures in 3T3-L1 cells. *Science of The Total Environment*, 666, 431–444. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.02.273>
44. Kim, M. J., & Park, Y. J. (2019). Bisphenols and thyroid hormone. *Endocrinology and Metabolism*, 34(4), 340. <https://doi.org/10.3803/enm.2019.34.4.340>
45. Ko, C.-Y., Chang, W.-C., & Wang, J.-M. (2015). Biological roles of CCAAT/enhancer-binding protein delta during inflammation. *Journal of Biomedical Science*, 22(1). <https://doi.org/10.1186/s12929-014-0110-2>
46. Kovačić, A., Gys, C., Gulin, M. R., Kosjek, T., Heath, D., Covaci, A., & Heath, E. (2020). The migration of bisphenols from beverage cans and reusable sports bottles. *Food Chemistry*, 331, 127326. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.127326>
47. Krais, A., Andersen, C., Eriksson, A., Johnsson, E., Nielsen, J., Pagels, J., Gudmundsson, A., Lindh, C., & Wierzbicka, A. (2018). Excretion of urinary metabolites of the phthalate esters DEP and DEHP in 16 volunteers after inhalation and dermal exposure. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 15(11), 2514. <https://doi.org/10.3390/ijerph15112514>
48. Lee M. J. (2017). Hormonal Regulation of Adipogenesis. *Comprehensive Physiology*, 7(4), 1151–1195. <https://doi.org/10.1002/cphy.c160047>
49. Leterova, M. I., Haakonsson, A. K., Lazar, M. A., & Mandrup, S. (2014). PPAR γ and the global map of adipogenesis and beyond. *Trends in Endocrinology & Metabolism*, 25(6), 293–302. <https://doi.org/10.1016/j.tem.2014.04.001>
50. Lind, P. M., & Lind, L. (2018). Endocrine-disrupting chemicals and risk of diabetes: An evidence-based review. *Diabetologia*, 61(7), 1495–1502. <https://doi.org/10.1007/s00125-018-4621-3>
51. Lowe, C. E., O'Rahilly, S., & Rochford, J. J. (2011). Adipogenesis at a glance. *Journal of Cell Science*, 124(21), 3726–3726. <https://doi.org/10.1242/jcs.101741>
52. Lutfi, E., Riera-Heredia, N., Córdoba, M., Porte, C., Gutiérrez, J., Capilla, E., & Navarro, I. (2017). Tributyltin and triphenyltin exposure

- promotes in vitro adipogenic differentiation but alters the adipocyte phenotype in rainbow trout. *Aquatic toxicology*, 188, 148–158. <https://doi.org/10.1016/j.aquatox.2017.05.001>
53. Lyche, J. L., Nourizadeh-Lillabadi, R., Almaas, C., Stavik, B., Berg, V., Skåre, J. U., Alestrøm, P., & Ropstad, E. (2010). Natural mixtures of persistent organic pollutants (POP) increase weight gain, advance puberty, and induce changes in gene expression associated with steroid hormones and obesity in female zebrafish. *Journal of Toxicology and Environmental Health, Part A*, 73(15), 1032–1057. <https://doi.org/10.1080/15287394.2010.481618>
54. Maradonna, F., & Carnevali, O. (2018). Lipid metabolism alteration by endocrine disruptors in animal models: An overview. *Frontiers in Endocrinology*, 9. <https://doi.org/10.3389/fendo.2018.00654>
55. Martínez-Ibarra, A., Martínez-Razo, L. D., Vázquez-Martínez, E. R., Martínez-Cruz, N., Flores-Ramírez, R., García-Gómez, E., López-López, M., Ortega-González, C., Camacho-Arroyo, I., & Cerbón, M. (2019). Unhealthy levels of phthalates and bisphenol A in Mexican pregnant women with gestational diabetes and its association to altered expression of miRNAs involved with Metabolic Disease. *International Journal of Molecular Sciences*, 20(13), 3343. <https://doi.org/10.3390/ijms20133343>
56. Melzer, D., Gates, P., Osborn, N. J., Henley, W. E., Cipelli, R., Young, A., Money, C., McCormack, P., Schofield, P., Mosedale, D., Grainger, D., & Galloway, T. S. (2012). Correction: Urinary bisphenol A concentration and angiography-defined coronary artery stenosis. *PLoS ONE*, 7(11). <https://doi.org/10.1371/annotation/5f293018-48a3-40ae-96b7-04438d1d9cb9>
57. Mirza, A. Z., Althagafi, I. I., & Shamshad, H. (2019). Role of PPAR receptor in different diseases and their ligands: Physiological importance and clinical implications. *European Journal of Medicinal Chemistry*, 166, 502–513. <https://doi.org/10.1016/j.ejmech.2019.01.067>
58. Mishra, A., Zhu, X.-guang, Ge, K., & Cheng, S.-Y. (2010). Adipogenesis is differentially impaired by thyroid hormone receptor mutant isoforms. *Journal of Molecular Endocrinology*, 44(4), 247–255. <https://doi.org/10.1677/jme-09-0137>
59. Moon, S., Yu, S. H., Lee, C. B., Park, Y. J., Yoo, H. J., & Kim, D. S. (2021). Effects of bisphenol A on cardiovascular disease: An epidemiological study using National Health and Nutrition Examination survey 2003–2016 and Meta-analysis. *Science of The Total Environment*, 763, 142941. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.142941>

60. Moreno-Navarrete, J. M. & Fernández-Real, J. M. (2017). Adipocyte differentiation. *Adipose tissue biology*. 19-38. Springer, Cham. <https://link.springer.com/book/10.1007/978-1-4614-0965-6>
61. Nappi, F., Barrea, L., Di Somma, C., Savanelli, M., Muscogiuri, G., Orio, F., & Savastano, S. (2016). Endocrine aspects of environmental “Obesogen” pollutants. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 13(8), 765. <https://doi.org/10.3390/ijerph13080765>
62. Obregón, M.-J. (2014). Adipose tissues and thyroid hormones. *Frontiers in Physiology*, 5. <https://doi.org/10.3389/fphys.2014.00479>
63. Pang, L., Li, L., Zhu, L., Lang, J., & Bi., Y. (2019). Malignant transformation of vaginal adenosis to clear cell carcinoma without prenatal diethylstilbestrol exposure: a case report and literature review. *BMC Cancer*, 19, 2-8. <https://10.1186/s12885-019-6026-1>
64. Patisaul, H. B., Roberts, S. C., Mabrey, N., McCaffrey, K. A., Gear, R. B., Braun, J., Belcher, S. M., & Stapleton, H. M. (2013). Accumulation and endocrine disrupting effects of the flame retardant mixture firemaster®550 in rats: An exploratory assessment. *Journal of Biochemical and Molecular Toxicology*, 27(2), 124–136. <https://doi.org/10.1002/jbt.21439>
65. Pomatto, V., Cottone, E., Coccia, P., Mozzicafreddo, M., Mosconi, G., Nelson, E. R., Palermo, F. A., & Bovolin, P. (2018). Plasticizers used in food-contact materials affect adipogenesis in 3T3-L1 cells. *The Journal of Steroid Biochemistry and Molecular Biology*, 178, 322–332. <https://doi.org/10.1016/j.jsbmb.2018.01.014>
66. Riu, A., le Maire, A., Grimaldi, M., Audebert, M., Hillenweck, A., Bourguet, W., Balaguer, P., & Zalko, D. (2011). Characterization of novel ligands of ERA, ERB, and PPAR γ : The case of halogenated bisphenol A and their conjugated metabolites. *Toxicological Sciences*, 122(2), 372–382. <https://doi.org/10.1093/toxsci/kfr132>
67. Rivollier, F., Krebs, M.-O., & Kebir, O. (2019). Perinatal exposure to environmental endocrine disruptors in the emergence of Neurodevelopmental Psychiatric Diseases: A systematic review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 16(8), 1318. <https://doi.org/10.3390/ijerph16081318>
68. Sargis, R. M., Johnson, D. N., Choudhury, R. A., & Brady, M. J. (2010). Environmental endocrine disruptors promote adipogenesis in the 3T3-L1 cell line through glucocorticoid receptor activation. *Obesity* (Silver Spring, Md.), 18(7), 1283–1288. <https://doi.org/10.1038/oby.2009.419>

69. Sarjeant, K., & Stephens, J. M. (2012). Adipogenesis. *Cold Spring Harbor Perspectives in Biology*, 4(9). <https://doi.org/10.1101/cshperspect.a008417>
70. Shahnazaryan, U., Wójcik, M., Bednarczuk, T., & Kuryłowicz, A. (2019). Role of obesogens in the pathogenesis of obesity. *Medicina*, 55(9), 515. <https://doi.org/10.3390/medicina55090515>
71. Shoucri, B. M., Martinez, E. S., Abreo, T. J., Hung, V. T., Moosova, Z., Shioda, T., & Blumberg, B. (2017). Retinoid X receptor activation alters the chromatin landscape to commit mesenchymal stem cells to the adipose lineage. *Endocrinology*, 158(10), 3109–3125. <https://doi.org/10.1210/en.2017-00348>
72. Silva, B. S., Bertasso, I. M., Pietrobon, C. B., Lopes, B. P., Santos, T. R., Peixoto-Silva, N., Carvalho, J. C., Claudio-Neto, S., Manhães, A. C., Cabral, S. S., Kluck, G. E. G., Atella, G. C., Oliveira, E., Moura, E. G., & Lisboa, P. C. (2019). Effects of maternal bisphenol A on behavior, sex steroid and thyroid hormones levels in the adult rat offspring. *Life Sciences*, 218, 253–264. <https://doi.org/10.1016/j.lfs.2018.12.039>
73. Somm, E., Schwitzgebel, V. M., Toulotte, A., Cederroth, C. R., Combescure, C., Nef, S., Aubert, M. L., & Hüppi, P. S. (2009). Perinatal exposure to bisphenol A alters early adipogenesis in the rat. *Environmental Health Perspectives*, 117(10), 1549–1555. <https://doi.org/10.1289/ehp.11342>
74. Taylor, J. A., vom Saal, F. S., Welshons, W. V., Drury, B., Rottinghaus, G., Hunt, P. A., Toutain, P.-L., Laffont, C. M., & VandeVoort, C. A. (2011). Similarity of bisphenol A pharmacokinetics in rhesus monkeys and mice: Relevance for human exposure. *Environmental Health Perspectives*, 119(4), 422–430. <https://doi.org/10.1289/ehp.1002514>
75. Thoene, M., Dzika, E., Gonkowski, S., & Wojtkiewicz, J. (2020). Bisphenol S in food causes hormonal and obesogenic effects comparable to or worse than Bisphenol a: A literature review. *Nutrients*, 12(2), 532. <https://doi.org/10.3390/nu12020532>
76. Tonini, C., Segatto, M., Bertoli, S., Leone, A., Mazzoli, A., Cigliano, L., Barberio, L., Mandalà, M., & Pallottini, V. (2021). Prenatal exposure to BPA: The effects on hepatic lipid metabolism in male and female rat fetuses. *Nutrients*, 13(6), 1970. <https://doi.org/10.3390/nu13061970>
77. Trasino, S. E., & Gudas, L. J. (2015). Vitamin A: A missing link in diabetes? *Diabetes Management*, 5(5), 359–367. <https://doi.org/10.2217/dmt.15.30>

78. Veiga-Lopez, A., Pu, Y., Gingrich, J., & Padmanabhan, V. (2018). Obesogenic endocrine disrupting chemicals: Identifying knowledge gaps. *Trends in Endocrinology & Metabolism*, 29(9), 607–625. <https://doi.org/10.1016/j.tem.2018.06.003>
79. Wang, J., Sun, B., Hou, M., Pan, X., & Li, X. (2013). The environmental obesogen bisphenol A promotes adipogenesis by increasing the amount of 11 β -hydroxysteroid dehydrogenase type 1 in the adipose tissue of children. *International journal of obesity* (2005), 37(7), 999–1005. <https://doi.org/10.1038/ijo.2012.173>
80. Wang, X., Ha, D., Yoshitake, R., Chan, Y. S., Sadava, D., & Chen, S. (2021). Exploring the biological activity and mechanism of xenoestrogens and phytoestrogens in cancers: Emerging methods and concepts. *International Journal of Molecular Sciences*, 22(16), 8798. <https://doi.org/10.3390/ijms22168798>
81. Zhang, J., Powell, C. A., Kay, M. K., Park, M. H., Meruvu, S., Sonkar, R., & Choudhury, M. (2020). A moderate physiological dose of benzyl butyl phthalate exacerbates the high fat diet-induced diabetes in male mice. *Toxicology Research*, 9(4), 353–370. <https://doi.org/10.1093/toxres/tfaa037>
82. Zhao, S., Kusminski, C. M., & Scherer, P. E. (2021). Adiponectin, leptin and cardiovascular disorders. *Circulation Research*, 128(1), 136–149. <https://doi.org/10.1161/circresaha.120.314458>

Diversité et Occurrence des Ravageurs dans les Agroécosystèmes Maraîchers en Basse Casamance, Sénégal

Etienne Tendeng, Enseignant Chercheur, PhD

Babacar Labou, Enseignant Chercheur, PhD

El Hadji Serigne Sylla, Enseignant Chercheur, PhD

Amadou Baldé, Doctorant

Mamadou Diatte, Enseignant Chercheur, PhD

Oumar Seydi, Doctorant

Issa Alé Ndiaye, Doctorant

Pape Diop, Doctorant

Serigne Omar Sène, Doctorant

Karamoko Diarra, Professeur des universités du CAMES

Université Cheikh Anta Diop de Dakar (UCAD)/ Laboratoire de Production et Protection Intégrées en Agroécosystèmes - L2PIA, Sénégal

Salou Djiba, Chercheur, PhD

Institut Sénégalais de Recherches Agricoles (ISRA) BP 34, Ziguinchor, Laboratoire d'Entomologie du Centre de Recherches Agricoles (CRA) de Djibélor, Sénégal

[Doi:10.19044/esj.2022.v18n27p104](https://doi.org/10.19044/esj.2022.v18n27p104)

Submitted: 11 July 2022

Copyright 2022 Author(s)

Accepted: 04 August 2022

Under Creative Commons BY-NC-ND

Published: 31 August 2022

4.0 OPEN ACCESS

Cite As:

Tendeng E., Labou B., Sylla E.H.S., Baldé A., Diatte M., Seydi O., Ndiaye I.A., Diop P., Sène S.O., Diarra K. & Djiba S. (2022). *Diversité et Occurrence des Ravageurs dans les Agroécosystèmes Maraîchers en Basse Casamance, Sénégal*. European Scientific Journal, ESJ, 18 (27), 104. <https://doi.org/10.19044/esj.2022.v18n27p104>

Résumé

Les arthropodes ravageurs des cultures constituent une menace permanente pour la production horticole. La plupart des familles d'arthropode sont très mal connues dans la zone agroécologique de la Casamance car peu de travaux de recherches ont été effectués. Une meilleure connaissance des ravageurs facilite le choix des stratégies de lutte. L'objectif de cette étude est de déterminer l'occurrence et la diversité spécifique des ravageurs associés aux cultures maraîchères. Une étude a été menée sur 144 parcelles situées dans trois localités de la zone agroécologique de la Casamance. L'inventaire des

arthropodes ravageurs des cultures a été effectué dans les périmètres maraîchers. Des indices écologiques sont calculés pour évaluer diversité des ravageurs. Un nombre de 4882 spécimens de ravageurs dont 65 espèces réparties dans sept ordres et 28 familles sont collectés sur 17 plantes hôtes. Quatre ordres de ravageurs attaquent la moitié des plantes hôtes échantillonnées. Un total de 51 espèces a une présence de 100%. La diversité des ravageurs est plus élevée à Oussouye alors que l'abondance est plus élevée à Ziguinchor. La connaissance de la diversité et de la distribution des ravageurs facilitent la mise en place de stratégies alternatives de lutte en vue de préserver la filière maraîchère.

Mots clés: Biodiversité, arthropodes ravageurs, lutte intégrée, cultures maraîchères, Ziguinchor (Biodiversity, arthropod pests, Integrated Pest Management (IPM), market crops, Ziguinchor)

Diversity and Occurrence of Pests in Market Garden Agroecosystems in Lower Casamance, Senegal

Etienne Tendeng, Enseignant Chercheur, PhD

Babacar Labou, Enseignant Chercheur, PhD

El Hadji Serigne Sylla, Enseignant Chercheur, PhD

Amadou Baldé, Doctorant

Mamadou Diatte, Enseignant Chercheur, PhD

Oumar Seydi, Doctorant

Issa Alé Ndiaye, Doctorant

Pape Diop, Doctorant

Serigne Omar Sène, Doctorant

Karamoko Diarra, Professeur des universités du CAMES

Université Cheikh Anta Diop de Dakar (UCAD)/ Laboratoire de Production et Protection Intégrées en Agroécosystèmes - L2PIA, Sénégal

Saliou Djiba, Chercheur, PhD

Institut Sénégalais de Recherches Agricoles (ISRA) BP 34, Ziguinchor, Laboratoire d'Entomologie du Centre de Recherches Agricoles (CRA) de Djibélor, Sénégal

Abstract

Arthropod pests of crops are a permanent threat to horticultural production. Most arthropod families are poorly known in the Casamance agro-ecological zone because little research has been done. A better knowledge of the pests facilitates the choice of control strategies. The objective of this study is to determine the occurrence and specific diversity of pests associated with

crops. A study was conducted on 144 plots located in three localities of the Casamance agroecological zone. The inventory of crop pests were carried out in the market gardens. Ecological indices were calculated to assess pest diversity. A total of 4882 pest specimens including 65 species in seven orders and 28 families were collected from 17 host plants. Four orders of pests attacked half of the sampled host plants. A total of 51 species have a 100% occurrence. Pest diversity is higher in Oussouye, while abundance is higher in Ziguinchor. Knowledge of the diversity and distribution of pests facilitates the development of alternative control strategies to preserve the market gardening sector.

Keywords: Biodiversity, arthropod pests, integrated pest management, market crops, Ziguinchor (Biodiversity, arthropod pests, Integrated Pest Management (IPM), market crops, Ziguinchor)

Introduction

En Afrique, la sécurité alimentaire et nutritionnelle et la réduction de la pauvreté demeurent les principaux défis à relever. L'agriculture est l'un des principaux secteurs d'activités qui contribue au développement socioéconomique des populations et réduit la pauvreté rurale (Adjatini et al., 2019). Dans les pays à vocation agricole, l'agriculture emploie 65 % de la population active. Dans le secteur de l'Agriculture, le maraîchage occupe une place importante pour l'alimentation humaine et répond de façon efficace à la demande alimentaire (Thomas, 2012). L'activité maraîchère est une source importante alimentaire et constitue l'une des activités les plus génératrices de revenus (Tendeng et al., 2017). Au Sénégal, le maraîchage se développe essentiellement dans la zone agroécologique des Niayes où les ravageurs causent de nombreux dégâts aux cultures (Labou et al., 2016; Diatte et al., 2018). En Casamance, l'implantation de nombreux programmes et projets agricoles a favorisé l'essor de nouveaux bassins de production maraîchère (Tendeng et al., 2017). Ces projets contribuent au développement économique et à la lutte contre le chômage. Dans les zones agroécologiques au Sénégal, la production maraîchère subit plusieurs contraintes parmi lesquelles la pression des insectes ravageurs. Les insectes ravageurs des cultures constituent une menace permanente pour la production horticole. La lutte chimique est la principale stratégie préconisée contre les ravageurs. Elle entraîne toutefois une pollution environnementale (Gomgnimbou et al., 2009) et des phénomènes de résistance aux pesticides (Sène et al., 2020). La plupart des familles d'insectes sont très mal connues dans la zone agroécologique de la Casamance car peu de travaux de recherches ont été effectués. Une meilleure connaissance des ravageurs facilite le choix des stratégies de lutte. L'objectif de cette étude est

de déterminer la diversité spécifique et l'occurrence des ravageurs associés aux cultures maraîchères.

Méthodes

Sites d'étude

L'étude a été effectuée dans la région de Ziguinchor. Elle a été menée dans trois localités de la région sud du Sénégal de mai 2017 à juin 2019. Il s'agit des départements de Bignona, Ziguinchor et Oussouye. L'ensemble de ces trois départements forment la région de Ziguinchor appelée Basse Casamance (Figure1). Le climat de cette zone est sub-guinéen et se caractérise par une saison des pluies (juin-octobre) et une saison sèche (novembre-mai). La Basse Casamance est située à 12°33' latitude Nord et 16°16' de longitude Ouest, déclinaison magnétique 13°05'. Son altitude est de 19,30 m dans la partie Sud-Ouest du Sénégal. Elle occupe une superficie de 7 339 km² soit 3,73% du territoire national (ANSD, 2015).

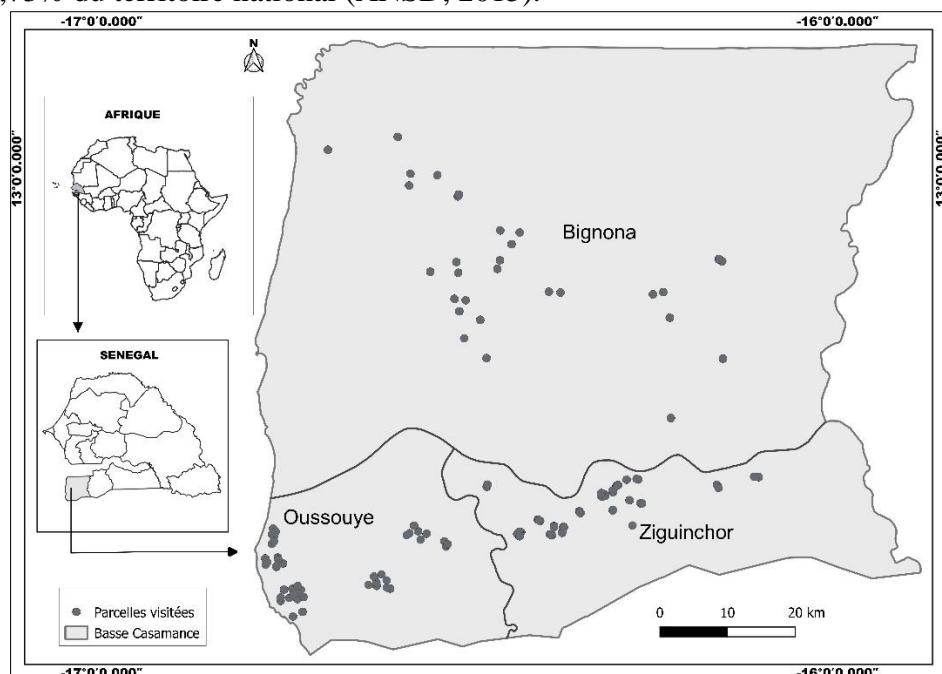


Figure 1. Distribution des zones maraîchères suivies en Basse Casamance au Sénégal
(les points noirs représentent les périmètres maraîchers visités)

Collecte et identification des ravageurs

L'inventaire des arthropodes ravageurs associés aux cultures a été effectué au niveau des périmètres maraîchers des exploitations agricoles situées dans les trois départements de la Basse Casamance. Dans ces trois départements, 144 parcelles de cultures maraîchères ont été prospectées. Soit un total de 48 parcelles prospectées par département. Les prospections ont été

faites chaque semaine. Le prélèvement des arthropodes ravageurs se fait sur tout le plant. Les arthropodes ravageurs ayant été trouvés sur les organes infestés des plantes (tiges, feuilles, fruits, fleurs) ont été capturés. Les adultes des coléoptères, des hyménoptères, des hémiptères et des diptères ont été capturés à l'aide d'un aspirateur à bouche ou avec une pince souple. Les adultes des ravageurs collectés sont introduits dans un bocal à éther contenant un papier absorbant et de l'acétate d'éthyle afin de les tuer et de faciliter la conservation et leur identification. Les échantillons collectés sont conservés dans des tubes contenant de l'alcool 70% pour une identification. Les Chenilles des lépidoptères collectées sont nourries au laboratoire avec des feuilles fraîches de leurs plantes hôtes jusqu'à l'émergence d'un adulte. Les insectes ont été observés au « Dino-lite » version 2.0. L'identification est faite en utilisant la clé de reconnaissance des familles de Delvare and Aberlenc (1989) et le catalogue « des Arthropodes des cultures légumières d'Afrique de l'Ouest, Centrale, Mayotte et Réunion de Bordat & Arvanitakis (2004).

Évaluation de la distribution des ravageurs

La distribution des insectes ravageurs est obtenue en montrant l'occurrence des ravageurs en fonction des localités. L'occurrence traduit la présence d'une espèce dans une localité. Une Analyse Factorielle de Correspondance (AFC) est effectuée pour montrer la distribution des ravageurs en fonction des localités.

Évaluation de la diversité des ravageurs

Des indices écologiques ont été utilisés pour évaluer diversité des insectes ravageurs associés aux cultures. Il s'agit de la richesse spécifique (S), de l'abondance, de l'indice de Dominance (D), de l'indice de diversité de Simpson (1-D), de l'indice de diversité de Shannon (H), de l'indice de Margalef et de l'indice d'Equitabilité de Pielou (J). La richesse spécifique correspond au nombre total d'espèces échantillonnées par localité. L'abondance correspond au nombre d'individus d'une espèce. L'indice de dominance de Simpson rend compte du biais induit par l'abondance de certaines espèces. L'indice de Simpson est la probabilité pour que deux individus pris au hasard dans un peuplement appartiennent à deux espèces différentes. L'indice de Simpson varie de 0 à 1. Une valeur proche de 1 indique une diversité élevée. L'indice de Shannon varie de 0 dans le cas où la communauté n'est composée que d'une seule espèce à 4,5 ou 5 bits/individu pour les communautés les plus diversifiées. L'indice de Margalef permet d'estimer la diversité d'une communauté à partir de la répartition numérique des individus des espèces en fonction du nombre d'individus existant. Les valeurs inférieures à 2 sont considérées comme rattachées aux zones de faibles biodiversités et les valeurs supérieures à 6 sont considérées comme indicateurs

de grande biodiversité. L'indice d'Equitabilité sert à comparer des diversités des peuplements ayant des richesses spécifiques ou taxonomiques différentes. Cet indice varie de 0 (dominance d'une seule espèce) à 1 (équirépartition des individus dans les peuplements. Les calculs des indices de diversité et l'abondance des ravageurs ont été effectués avec le logiciel PAST 4.03. Le logiciel XLSTAT 2016 a été utilisé pour les analyses statistiques. Pour montrer la différence sur l'abondance des ravageurs entre les localités, le test Chi2 au seuil de 0,05 a été utilisé pour comparer les moyennes.

Résultats

Diversité spécifique des ravageurs associés aux cultures maraîchères

Un nombre de 65 espèces de ravageurs réparties dans 7 ordres et 28 familles sont collectés sur 17 plantes dans les périmètres maraîchers de la Basse Casamance (Tableau1).

Tableau 1. Identification des arthropodes ravageurs inventoriés sur les principales cultures maraîchères en Basse Casamance

Ordres	Familles	Espèces	Plantes hôtes
Acaria	Tarsonemidae	<i>Polyphagotarsonemus latus</i> (Banks)	Aubergine amère, aubergine douce
	Tetranichidae	<i>Tetranychus evansi</i> Baker et Pritchard	Tomate
		<i>Aulacophora foveicollis</i> Lucas	Courgette
		<i>Podagrixena decolorata</i> (Duvivier)	Gombo
Coleoptera	Chrysomelidae	<i>Nisotra dilecta</i> (Dalman)	Gombo
		<i>Phylloreta cheiranthi</i> Weise	Chou
		<i>Leptaulaca fissicollis</i> Thomson	Courgette
		<i>Diacantha kraatzi</i> (Jacoby)	Courgette
		<i>Aspidomorpha quinquefasciata</i> (F.)	Patate douce
	Coccinellidae	<i>Henosepilachna reticulata</i> (Olivier)	Courgette, pastèque
Diptera	Lycidae	<i>Lycus semiamplexus</i> Murray	Piment, gombo
	Meloidae	<i>Hycleus senegalensis</i> (Voigts)	Gombo
	Scarabaeidae	<i>Chondrorrhina abbreviata</i> (Fabricius)	Gombo
	Agromyzidae	<i>Diplognatha gagates</i> Forster	Gombo
Hemiptera	Tephritidae	<i>Liriomyza</i> sp.	Tomate, gombo
	Aleyrodidae	<i>Bactrocera cucurbitae</i> (Coquillett)	Concombre, courgette, melon, pastèque
	Alydidae	<i>Ceratitis capitata</i> (Wiedemann)	Piment, poivron
	Aphididae	<i>Bemisia tabaci</i> (Gennadius)	tomate
		<i>Mirperus jaculus</i> (Thunberg)	Haricot, aubergine douce, bissap
		<i>Riptortus dentipes</i> (F.)	Haricot, aubergine douce, bissap
		<i>Aphis gossypii</i> Glover	Gombo

	<i>Lipaphis pseudobrassicae</i> (Davis)	Chou	
	<i>Myzus persicae</i> (Sulzer)	Patate douce, tomate, piment, gombo	
	<i>Empoasca vitis</i> (Gothe, 1875)	Courgette	
Cicadellidae	<i>Jacobiasca hybrida</i> Begevin & Zanon	Aubergine, tomate	
	<i>Jacobiasca lybica</i> (Bergevin & Zanon)	Gombo	
	<i>Acanthocoris collarti</i> Scouteden	Aubergine amère, bissap, tomate, Aubergine douce	
Coreidae	<i>Anoplocnemis curvipes</i> (F.)	Gombo	
	<i>Leptoglossus australis</i> (F.)	Concombre	
	<i>Cletus</i> spp.	Gombo, aubergine, piment	
Lygaeidae	<i>Oxycarenus hyalinipennis</i> (Costa)	Gombo	
	<i>Graptostethus</i> sp.	Aubergine, piment, gombo	
	<i>Spilostethus pandurus</i> (Scopoli)	Tomate, aubergine, piment	
Lygaeidae	<i>Nezara viridula</i> (L.)	Concombre, courgette	
	<i>Aspavia armigera</i> (F.)	Gombo, piment, aubergine	
	<i>Boerias ventralis</i> (Dallas)	Bissap, gombo, aubergine, piment	
Pseudococcidae	Cochenilles	Gombo, aubergine, piment, bissap	
Pyrrhocoridae	<i>Dysdercus</i> sp.	Gombo, bissap, piment	
Arctiidae	<i>Amsacta moloneyi</i> (Druce)	Chou	
Gelechiidae	<i>Tuta absoluta</i> (Meyrick)	Tomate	
	<i>Scrobipalpa ergasima</i> Meyrick	Aubergine amère	
	<i>Chrysodeixis chalcites</i> (Esper)	Tomate, chou	
	<i>Earias biplaga</i> (Walker)	Gombo	
	<i>Eublemma admota</i> Felder	Aubergine	
Noctuidae	<i>Helicoverpa armigera</i> (Hübner)	Tomate, gombo, chou	
	<i>Selepa docilis</i> Butler	Aubergine douce, aubergine amère	
	<i>Spodoptera frugiperda</i> (J.E Smith)	Maïs	
Lepidoptera	<i>Spodoptera littoralis</i> (Boisduval)	Chou, tomate	
	<i>Plutella xylostella</i> (L.)	Chou	
	<i>Crocidiolomia binotalis</i> Zeller	Chou	
	<i>Diaphania indica</i> (Saunders)	Concombre, courgette	
	<i>Hellula undalis</i> (F.)	Chou, Moutarde sauvage	
Pyralidae	<i>Sillepte derogata</i> (F.)	Gombo	
	<i>Sceliodes laisalis</i> (Walker, 1859)	Aubergine amère	
	<i>Phycita melongenae</i> Aina	Aubergine amère, aubergine douce	
	<i>Kraussella angulifera</i> (Krauss)	Gombo	
Orthoptera	Acrididae	<i>Acrida bicolor</i> (Thunberg)	Aubergine douce, aubergine amère
		Sp1 ?	Aubergine amère, gombo

Gryllotalpidae	<i>Gryllotalpa gryllotalpa</i> (Linnaeus,)	Piment, Poivron, aubergine amère, concombre	
	<i>Zonocerus variegatus</i> (L.)	Tomate, aubergine, piment, poivron, patate, gombo	
Pyrgomorphidae	<i>Atractomorpha acutipennis</i> (Guérin-Méneville)	aubergine, persil	
	<i>Pyrgomorpha cognata</i> Krauss	Aubergine, gombo, aubergine amère, piment, courgette	
Tettigoniidae	Sp1 ?	Aubergine, Gombo	
	Sp2 ?	Aubergine douce, aubergine amère	
Thysanoptera	Thripidae	<i>Thrips tabaci</i> (Lindemann)	Gombo
		Sp1 ? espèce non identifiée.	

Diversité des plantes hôtes trouvées en fonction des localités

Un nombre de 18 plantes hôtes dont 17 plantes cultivées et une plante sauvage sont trouvées dans les localités(Tableau 2). La localité de Ziguinchor présente plus de plantes hôtes trouvées.

Tableau 2. Diversité plantes hôtes trouvées en fonction des localités

Plantes hôtes	Type culture	Localités		
		Bignona	Oussouye	Ziguinchor
Aubergine amère	Maraîchère	+	+	+
Aubergine douce	Maraîchère	+	+	+
Bissap	Maraîchère	+	+	+
Chou	Maraîchère	+	+	+
Concombre	Maraîchère	+	+	+
Courgette	Maraîchère	+	+	+
Gombo	Maraîchère	+	+	+
Haricot	Vivrière/maraîchère	+	+	+
Maïs	Vivrière/maraîchère	-	-	+
Melon	Maraîchère	+	+	+
Moutarde sauvage	Plante sauvage	-	-	+
Oignon	Maraîchère	+	+	+
Pastèque	Maraîchère	+	+	+
Patate douce	Maraîchère	+	+	+
Persil	Maraîchère	+	+	+
Piment	Maraîchère	+	+	+
Poivron	Maraîchère	+	+	+
Tomate	Maraîchère	+	+	+

+ = Présence

- = Abscence

Diversité spécifique et indices de diversité des ravageurs des cultures

Les indices de diversité, l'abondance et le nombre de plantes hôtes des ravageurs ont été déterminés en fonction des localités.

La diversité des ravageurs en fonction des localités

Un nombre de 65 espèces de ravageurs ont été collectées sur 17 plantes hôtes cultivées (Tableau 3).

Tableau 3. Diversité ravageurs en fonction des localités et du nombre plantes hôtes.

Ordres	NF	NTE	NE			NPH		
			Localités			Localités		
			Bignona	Oussouye	Ziguinchor	Bignona	Oussouye	Ziguinchor
Acari	2	2	2	2	2	3	3	3
Coleoptera	5	12	10	12	10	6	6	6
Diptera	2	3	3	3	3	8	8	8
Hemiptera	9	21	20	21	18	10	11	11
Lepidoptera	5	17	13	15	16	8	8	9
Orthoptera	4	9	7	9	7	10	10	10
Thysanoptera	1	1	1	1	1	1	1	1
Total	28	65	56	63	57	NTPH	17a	

NF = Nombre de Familles ; NTE = Nombre Total d'espèces trouvées ; NE = Nombre d'espèces trouvées par localité, NPH =Nombre de plantes hôtes par localité; NTPH Nombre total de plantes hôtes trouvées dans les trois localités.

Les indices de diversité des ravageurs en fonction des localités

La plus petite valeur de l'indice d'Equitabilité de la localité de Ziguinchor (0.6924) comparée à celles Bignona (0.808) et Oussouye (0.8674); de même que la forte valeur de l'indice Dominance_D à Ziguinchor (0.1361) comparée à Bignona (0.07139) et Oussouye (0.04644) montrent l'existence d'une espèce dominante à Ziguinchor. La forte valeur de l'indice de Margalef (>6) dans toutes les localités montre une grande biodiversité (Tableau 4). Cependant, les indices de Shanonn_H (3.252 ; 3.594 ; 2.8) et de Simpson_1-D (0.9286 ; 0.9536 ; 0.8639) respectivement pour Bignona, Oussouye et Ziguinchor montrent que la biodiversité est élevée dans les trois localités et est plus élevée à Oussouye suivi de Bignona et de Ziguinchor.

Tableau 4. Indices de diversité des ravageurs en fonction des localités.

Indices de diversité	Localités		
	Bignona	Oussouye	Ziguinchor
Nombre d'espèces	56	63	57
Abondance	1335	998	2549
Dominance_D	0.07139	0.04644	0.1361
Simpson_1-D	0.9286	0.9536	0.8639
Shannon_H	3.252	3.594	2.8
Margalef	7.642	8.978	7.14
Equiatibilité_J	0.808	0.8674	0.6924

La richesse spécifique correspond au nombre total d'espèces échantillonnées par localité

L'abondance correspond au nombre d'individus d'une espèce.

L'indice de dominance de Simpson rend compte du biais induit par l'abondance de certaines espèces.

L'indice de Simpson est la probabilité pour que deux individus pris au hasard dans un peuplement appartiennent à deux espèces différentes. Il varie de 0 à 1. Une valeur proche de 1 indique une diversité élevée,

L'indice de Shannon varie de 0 dans le cas où la communauté n'est composée que d'une seule espèce à 4,5 ou 5 bits/individu pour les communautés les plus diversifiées.

L'indice de Margalef permet d'estimer la diversité d'une communauté à partir de la répartition numérique des individus des espèces en fonction du nombre d'individus existant. Les valeurs inférieures à 2 sont considérées comme rattachées aux zones de faibles biodiversités et les valeurs supérieures à 6 sont considérées comme indicateurs de grande biodiversité.

L'indice d'Equitabilité sert à comparer des diversités des peuplements ayant des richesses spécifiques ou taxonomiques différentes. Cet indice varie de 0 (dominance d'une seule espèce) à 1 (équirépartition des individus dans les peuplements).

L'abondance des ravageurs en fonction des localités

Un total de 4882 spécimens de ravageurs a été collecté sur 17 plantes hôtes (Tableau 5). La localité de Ziguinchor présente une abondance plus élevée suivie de Bignona.

Tableau 5. Abondance des ravageurs associés aux plantes en fonction des localités

Localités	Ravageurs		Nombre de plantes hôtes
	Abondance	Nombre espèces	
Bignona	1335	56	15
Oussouye	998	63	15
Ziguinchor	2549	57	17
Total	4882	65a	17b

a. Nombre totale d'espèces trouvées dans les trois localités

b. Nombre total de plantes hôtes trouvées dans les trois localités

La localité de Ziguinchor présente une abondance plus élevée comparée aux deux autres localités ($\chi^2 = 1226.843$, $ddl = 2$, $p < 0.0001$) (Figure 2). La localité de Oussouye qui abrite le plus grand nombre d'espèces, a présenté une abondance plus faible.

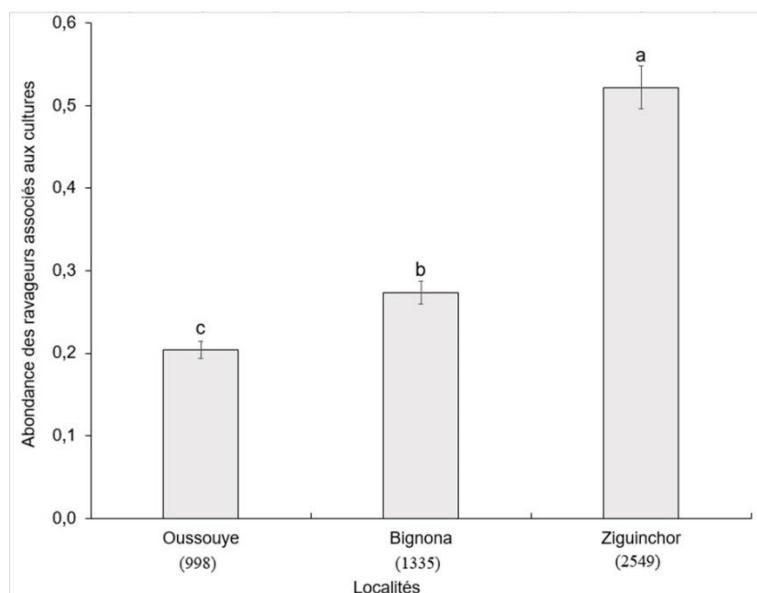


Figure 2. Abondance des ravageurs en fonction des localités. (Les histogrammes présentant les mêmes lettres ne sont pas significativement différents, test de Chi2 $p < 0.05$, les chiffres entre parenthèses indiquent l'abondance des ravageurs par localité).

Occurrence des insectes ravageurs en fonction des localités

L'occurrence des ravageurs est déterminée en fonction des localités. L'occurrence montre la présence d'une espèce dans une localité. Un nombre de 51 espèces ont une occurrence de 100% contre 14 espèces qui ne sont pas partout présentes. La répartition de ces 14 espèces de ravageurs absentes au moins dans une zone ou espèces caractéristiques, est matérialisée par l'Analyse Factorielle de Correspondance (Figure 3).

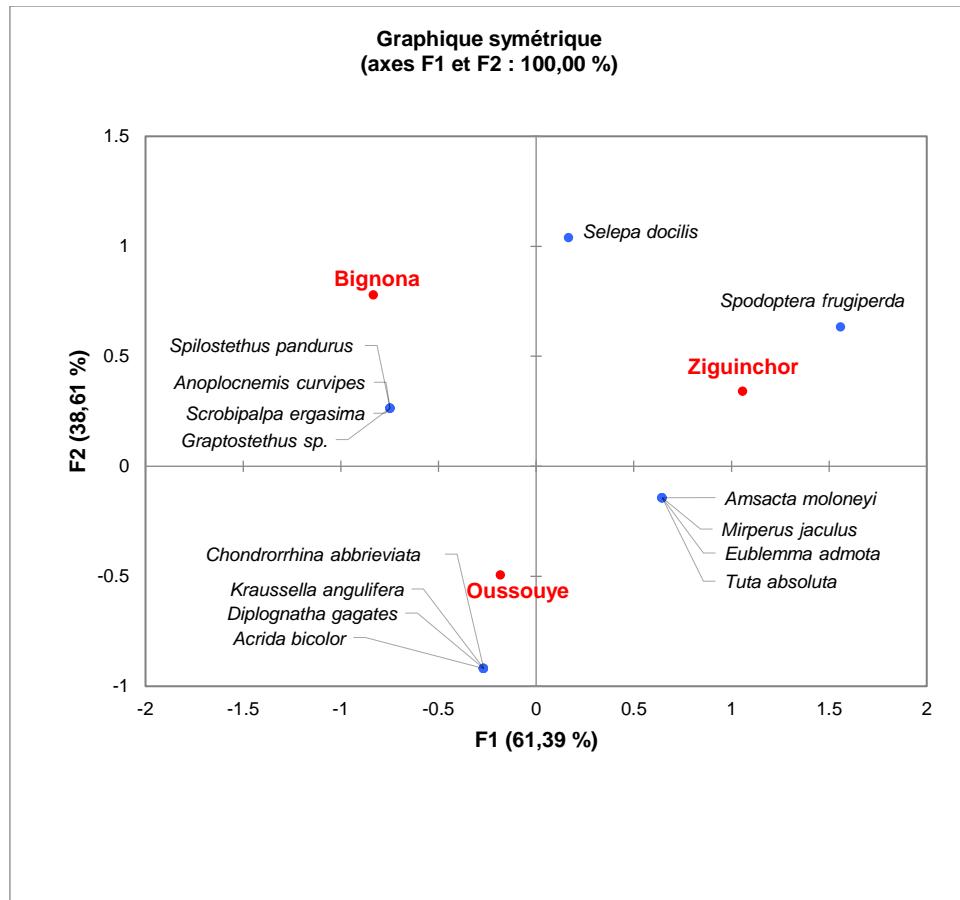


Figure 3. Diversité et distribution des espèces de ravageurs en fonction des localités

L'occurrence montre quatre (4) espèces de ravageurs (*C. abbreviata*, *D. gagates*, *K. angulifera* et *A. bicolor*) présentes uniquement que dans la localité de Oussouye (Figure 2). La chenille légionnaire *S. frugiperda* a été retrouvée uniquement à Ziguinchor. De ce fait, 63 espèces ont été retrouvées à Oussouye, 57 espèces à Ziguinchor et 56 espèces à Bignona.

Discussion

La diversité est très élevée et pratiquement similaire dans toutes les localités. Un nombre de 65 espèces de ravageurs ont été retrouvés sur 17 plantes hôtes. Cette forte biodiversité de la faune entomologique des ravageurs s'expliquerait en partie par la présence de plusieurs spéculations qui constituent des ressources alimentaires pour ces ravageurs (Aquilino et al., 2005; Eisenhauer et al., 2013; Vasseur et al., 2013). Le fait de retrouver les mêmes spéculations dans ces localités montre la présence similaire des ravageurs. La présence d'une grande diversité d'espèces dans les

agroécosystèmes de ces trois localités montre un équilibre écosystémique. Selon Gaucherel et al., (2007) , les agrosystèmes conservent l'équilibre écosystémique par le maintien de la diversité des arthropodes. En effet, les arthropodes et particulièrement les insectes constituent des maillons importants dans la chaîne alimentaire dans les agrosystèmes (Amiaud & Carrère, 2012; Blanchart et al., 2017). Depuis les travaux de Etienne et al., (1993) , trois nouvelles espèces de ravageurs potentiellement redoutables sont retrouvées dans les agroécosystème de la Basse Casamance. Il s'agit de l'espèce *Bactrocera cucurbitae*; l'espèce *Tuta absoluta* et l'espèce *Spodoptera frugiperda*. La présence de nombreuses espèces de ravageurs dans un milieu n'explique pas forcément la présence de dégâts importants sur la production agricole. En effet, le plus souvent, l'insecte ne devient nuisible que lorsque le nombre d'individus augmente.

Un nombre de 4882 spécimens de ravageurs appartenant à sept ordres a été collecté. L'abondance des insectes est plus élevée à Ziguinchor. En effet, c'est la seule localité qui abrite la chenille légionnaire qui est la deuxième espèce de ravageur la plus abondante parmi tous les ravageurs répertoriés dans les trois localités. L'abondance d'une seule espèce de ravageur montre souvent un déséquilibre de la biodiversité. La localité de Oussouye est plus résiliente car elle présente une abondance plus faible liée par la présence d'une plus grande diversité retrouvée. En effet, la présence d'une forte diversité montre l'équilibre du milieu qui se traduit par une faible abondance des ravageurs. Les travaux de Tscharntke et al.,(2007) confirment ces résultats obtenus en montrant que la résilience d'un agroécosystème est matérialisée par la diversité des espèces animales et végétales qui le composent.

Les quatre ordres les plus représentatifs selon le nombre de spécimens collectés sont les hémiptères, les acariens, les coléoptères et les lépidoptères. Ces ordres présentent de très nombreux individus collectés dans les agroécosystèmes. Ce résultat est confirmé Martin & Sauerborn (2013) qui montrent que parmi les sept principaux ordres d'insectes ravageurs répertoriés, les coléoptères et les lépidoptères sont les plus nombreux. Selon Powell (2003), les lépidoptères représentent la lignée la plus diversifiée d'organismes à avoir évolué à partir de plantes et leur nombre dépasse celui des autres grands insectes phytophages. Les lépidoptères sont tous phytophages contrairement aux hémiptères (Gillott, 2005) et aux coléoptères (Martin & Sauerborn, 2013). Les acariens ravageurs ont une grande fécondité donnant une descendance très nombreuse expliquant leur abondance dans les agroécosystèmes (Puspitarini et al., 2021). Les coléoptères sont très nombreux car représentent le quart de toutes les espèces décrites parmi toutes les formes de vie officiellement décrites (Hunt et al., 2007). La présence du nombre important des hémiptères s'explique en partie par leur régime alimentaire. Chez certaines espèces prédatrices, le régime alimentaire n'est pas exclusivement entomophage et se

nourrissent parfois de végétaux (Poutouli et al., 2011). La présence de plantes hôtes comme ressources alimentaires pour ces ravageurs influe sur leur abondance.

Les résultats sur l'occurrence de la biodiversité des insectes montrent que 51 espèces sont présentes dans toutes les localités contre 14 espèces qui ne sont pas partout présentes. La présence de ces ravageurs dans une localité est liée en partie aux cultures mises en place par les producteurs. En effet, la plante hôte influence la présence d'un ravageur dans un milieu. Certaines spéculations attirent des espèces de ravageurs donnés au moment où d'autres les repoussent (Midega et al., 2018). Les plantes émettent des composés volatils qui attirent les ennemis naturels mais repoussent les ravageurs (Will et al., 2007). Ce résultat est confirmé par Le Roux et al., (2008) qui affirment que le plus souvent, la faune entomologique est influencée par la nature des spéculations cultivées dans le milieu. Les trois localités ne présentent pas les mêmes spéculations à la même période et pendant la même durée. Ceci explique l'absence de certains ravageurs dans les localités. Le maïs, uniquement échantillonné à Ziguinchor justifie la présence unique de l'espèce *S. frugiperda* ravageur du maïs retrouvée dans cette localité. La localité de Oussouye est plus résiliente du fait de la présence de *C. abbreviata* et *D. gagates*. En effet, ces deux espèces sont des indicateurs de milieu non perturbés comme le montrent Bouyer et al., (2007). En plus, les coléoptères collectés sont plus nombreux à Oussouye confirmant les résultats de Schowalter (2013), qui montrent que les coléoptères caractérisent les forêts rarement perturbées.

Conclusion

Cette étude sur l'occurrence et diversité des insectes ravageurs associés aux cultures maraîchères en Casamance constitue la première étape mise en place d'une stratégie de gestion des déprédateurs. La diversité est très élevée dans les trois localités. L'abondance des insectes est plus élevée à Ziguinchor. Le plus grand nombre d'espèces de ravageurs a été trouvé dans la localité de Oussouye. La connaissance de la diversité, de l'abondance et de la distribution des ravageurs permet de mettre en place des stratégies alternatives de lutte en vue de préserver la filière maraîchère.

Remerciements

Nous remercions le Dr. Dominique Bordat (Entomologiste) pour l'aide apportée à l'identification de certaines espèces récoltées. Nous remercions M. Landing Diassy, Technicien du Laboratoire d'Entomologie de Djibélor (ISRA) pour son aide apportée lors des récoltes aux champs. Nous remercions les étudiants des établissements, Universités ou institutions suivants pour leur assistance dans la collecte des insectes sur le terrain. L'Université de

Ziguinchor Assane Seck (Marie.S. Edbo, Ablaye Ndiaye, Joséphine Demba, Awa Sylla, Mamadou Kane, Mamadou Kambaye, Awa.S.S. Sall, et Diarétou Manga), Institut de Formation Agricole et Rurale (Aissatou Coly) et l'Université Cheikh A. Diop de Dakar (Ndèye K.C Sané, Aida Dieng et Belvida Honou).

References:

1. Adjatini, A., Bonou-Gbo, Z., Boco, A., Yedomonhan, H., & Dansi, A. (2019). Diversité biologique et caractérisation de l'activité de maraîchage sur le site de Grand-Popo au Sud Bénin. *Int. J. Biol. Chem. Sci.* 13, 2750–2764 <https://doi.org/DOI> : <https://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v13i6.26>.
2. Amiaud, B., & Carrère, P. (2012). La multifonctionnalité de la prairie pour la fourniture de services écosystémiques. *Fourrages* 211, 229–238.
3. ANSD. (2015). Situation économique et sociale régionale 2013. Service Régionale de la Statistique et de la Démographie de Ziguinchor/ANSD/SRSD Ziguinchor.102p.
4. Aquilino, K. M., Cardinale, B. J., & Ives, A. R. (2005). Reciprocal effects of host plant and natural enemy diversity on herbivore suppression: an empirical study of a model tritrophic system. *Oikos* 108, 275–282 <https://doi.org/10.1111/j.0030-1299.2005.13418.x>.
5. Blanchart, A., Sere, G., Cherel, J., Warot, G., Stas, M., Consales, J. N., & Schwartz, C. (2017). Contribution des sols à la production de services écosystémiques en milieu urbain – une revue. *Environ. Urbain* 11, [En ligne], Volume 11 | 2017, consulté le 10 avril 2019. URL : <http://journals.openedition.org/eue/1809>, 33p. <https://doi.org/10.7202/1050486ar>.
6. Bordat, D., & Arvanitakis, L. (2004). Arthropodes des cultures légumières d'Afrique de l'Ouest, centrale, Mayotte et Réunion.
7. Bouyer, J., Sana, Y., Samandoulgou, Y., Cesar, J., Guerrini, L., Kabore-Zoungoura, C., & Dulieu, D. (2007). Identification of ecological indicators for monitoring ecosystem health in the trans-boundary W Regional park: A pilot study. *Biol. Conserv.* 138, 73–88 <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2007.04.001>.
8. Delvare, G., & Aberlenc, H.-P. (1989). Les insectes d'Afrique et d'Amérique tropicale: clés pour la reconnaissance des familles. Editions Quae.
9. Diatte, M., Brévault, T., Sylla, S., Tendeng, E., Sall-Sy, D., & Diarra, K. (2018). Arthropod pest complex and associated damage in field-grown tomato in Senegal. *Int. J. Trop. Insect Sci.* 38, 243–253.

10. Eisenhauer, N., Dobies, T., Cesarz, S., Hobbie, S. E., Meyer, R. J., Worm, K., & Reich, P. B. (2013). Plant diversity effects on soil food webs are stronger than those of elevated CO₂ and N deposition in a long-term grassland experiment. *Proc. Natl. Acad. Sci.* 110, 6889–6894 <https://doi.org/10.1073/pnas.1217382110>.
11. Etienne, J., Delvare, G., & Aberlenc, H. P. (1993). Contribution à la connaissance de l'arthropodofaune associée aux cultures de casamance (Sénégal)= Contribution to the knowledge of arthropods associated with cultivated plants in Casamance (Senegal). *Boll. Zool. agr. Bachic. Ser.II*, 24 (2), 1992: 159-193.
12. Gaucherel, C., Burel, F., & Baudry, J. (2007). Multiscale and surface pattern analysis of the effect of landscape pattern on carabid beetles distribution. *Ecol. Indic.* 7, 598–609 <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2006.07.002>.
13. Gillott, C. (2005). *Entomology*. 3. ed. Springer, Dordrecht, 834p.
14. Gomgnimbou, A. P., Savadogo, P. W., Nianogo, A. J., & Millogo-Rasolodimby, J. (2009). Usage des intrants chimiques dans un agrosystème tropical: diagnostic du risque de pollution environnementale dans la région cotonnière de l'est du Burkina Faso. *Biotechnol. Agron. Société Environ.* 13, 499.
15. Hunt, T., Bergsten, J., Levkanicova, Z., Papadopoulou, A., John, O. S., Wild, R., Hammond, P. M., Ahrens, D., Balke, M., & Caterino, M. S. (2007). A comprehensive phylogeny of beetles reveals the evolutionary origins of a superradiation. *Science* 318, 1913–1916 <https://doi.org/DOI: 10.1126/science.1146954>.
16. Labou, B., Bordat, D., Brevault, T., & Diarra, K. (2016). Importance de la "Teigne du chou" dans les Niayes au Sénégal: interrelations avec la température et les cultivars utilisés. *Int. J. Biol. Chem. Sci.* 10, 706–721.
17. Le Roux, X., Barbault, R., Baudry, J., Burel, F., Doussan, I., Garnier, E., Herzog, F., Lavorel, S., Lifran, R., Roger-Estrade, J., Sarthou, J.-P., & Trommetter, M. (2008). Agriculture et Biodiversité. Valoriser les synergies. Expertise scientifique collective, synthèse du rapport, INRA (France). , 116.
18. Martin, K., & Sauerborn, J. (2013). *Agroecology*. Springer, Dordrecht ; New York.
19. Midega, C. A. O., Pittchar, J. O., Pickett, J. A., Hailu, G. W., & Khan, Z. R. (2018). A climate-adapted push-pull system effectively controls fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* (J E Smith), in maize in East Africa. *Crop Prot.* 105, 10–15 <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2017.11.003>.

20. Poutouli, W., Aberlenc, H.-P., & Silvie, P. (2011). Hétéroptères phytophages et prédateurs d'Afrique de l'Ouest. Editions Quae.
21. Powell, J. A. (2003). Lepidoptera (Moths, Butterflies). Pages 631–663 in Encyclopedia of insects. Resh, V.H., Cardé, R.T., eds. 2. ed. Academic Press, Amsterdam.
22. Puspitarini, R. D., Fernando, I., Rachmawati, R., Hadi, Moch. S., & Rizali, A. (2021). Host plant variability affects the development and reproduction of *Tetranychus urticae*. *Int. J. Acarol.* 47, 381–386 <https://doi.org/10.1080/01647954.2021.1915377>.
23. Saha, D., & Mukhopadhyay, A. (2012). Insecticide resistance mechanisms in three sucking insect pests of tea with reference to North-East India: an appraisal. *Int. J. Trop. Insect Sci.* 33, 46–70 <https://doi.org/10.1017/S1742758412000380>.
24. Schowalter, T. D. (2013). Insects and sustainability of ecosystem services. CRC Press.
25. Sène, S. O., Tendeng, E., Diatte, M., Sylla, S., Labou, B., Diallo, A. W., & Diarra, K. (2020). Insecticide resistance in field populations of the tomato fruitworm, *Helicoverpa armigera*, from Senegal. , 11 <https://doi.org/DOI: https://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v14i1.15>.
26. Tendeng, E., Labou, B., Djiba, S., & Diarra, K. (2017). Actualisation de l'entomofaune des cultures maraîchères en Basse Casamance (Sénégal). *Int. J. Biol. Chem. Sci.* 11, 1023–1028 <https://doi.org/DOI : https://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v11i3.7>.
27. Thomas, G. (2012). Growing greener cities in Africa: first status report on urban and peri-urban horticulture in Africa. FAO.
28. Tscharntke, T., Bommarco, R., Clough, Y., Crist, T. O., Kleijn, D., Rand, T. A., Tylianakis, J. M., Nouhuys, S. van, & Vidal, S. (2007). Conservation biological control and enemy diversity on a landscape scale. *Biol. Control* 43, 294–309 <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2007.08.006>.
29. Vasseur, C., Joannon, A., Aviron, S., Burel, F., Meynard, J.-M., & Baudry, J. (2013). The cropping systems mosaic: how does the hidden heterogeneity of agricultural landscapes drive arthropod populations? *Agric. Ecosyst. Environ.* 166, 3–14 <https://doi.org/10.1016/j.agee.2012.08.013>.
30. Will, T., Tjallingii, W. F., Thönnessen, A., & van Bel, A. J. (2007). Molecular sabotage of plant defense by aphid saliva. *Proc. Natl. Acad. Sci.* 104, 10536–10541.

Perception Paysanne des Techniques de Conservation des Eaux et des Sols et de Défense et Restauration des sols (CES/DRS) en Afrique de l'Ouest : cas du Burkina Faso et du Niger

Kalifa Coulibaly

Laboratoire d'étude et de recherche sur la fertilité du sol (LERF),
Institut du Développement Rural (IDR), Université Nazi BONI (UNB),
Bobo-Dioulasso, Burkina Faso

Issoufou Baggnian

Département des Ressources Naturelles et de l'Environnement,
Faculté des Sciences Agronomiques (FSA), Université de Tahoua, Niger

Amadou Zakou

Département Economie et Sociologie rural, Faculté des Sciences
Agronomiques (FSA), Université de Tahoua, Niger

Hassan Bismarck Nacro

Laboratoire d'étude et de recherche sur la fertilité du sol (LERF),
Institut du Développement Rural (IDR), Université Nazi BONI (UNB),
Bobo-Dioulasso, Burkina Faso

[Doi:10.19044/esj.2022.v18n27p121](https://doi.org/10.19044/esj.2022.v18n27p121)

Submitted: 11 January 2022

Copyright 2022 Author(s)

Accepted: 08 August 2022

Under Creative Commons BY-NC-ND

Published: 31 August 2022

4.0 OPEN ACCESS

Cite As:

Coulibaly K., Baggnian I., Zakou A. & Nacro H.B.(2022) *Perception Paysanne des Techniques de Conservation des Eaux et des Sols et de Défense et Restauration des sols (CES/DRS) en Afrique de l'Ouest : cas du Burkina Faso et du Niger*. European Scientific Journal, ESJ, 18 (27), 121. <https://doi.org/10.19044/esj.2022.v18n27p121>

Résumé

L'Afrique sahélienne connaît une baisse de la capacité productive de la ressource sol depuis les années 1970. Pour y faire face, des ouvrages de conservation des eaux et des sols et de défense et restauration des sols (CES/DRS), sont diffusés auprès des producteurs. Cette étude vise à déterminer les ouvrages les plus importants en matière de production agricole selon la perception des producteurs. La méthode a consisté à une collecte de données auprès de 194 exploitations agricoles (EA) dont 134 EA au Niger et 60 EA au Burkina Faso, à travers des questionnaires et des entretiens. Les

variables collectées ont porté sur les caractéristiques socio-démographiques des EA et sur les 6 ouvrages les plus importants et les 6 ouvrages les moins importants, sur un total de 18 ouvrages CES/DRS. Les résultats indiquent que la superficie des champs en CES/DRS est significativement corrélée ($R^2 = 0,66$) avec la surface totale des champs de l'EA. La perception des producteurs indique 4 ouvrages CES/DRS les plus importants. Il s'agit de l'apport de fumure organique (poids = 0,16), le Zaï (poids = 0,16), les cordons pierreux (poids = 0,12) et la demi-lune conventionnelle (poids = 0,09). Les ouvrages CES/DRS les moins importants pour les producteurs, sont les digues filtrantes (poids = -0,10), les périmètres irrigués villageois (poids = -0,09), les micro-barrages (poids = -0,08) et le reboisement (poids = -0,07). Cette étude suggère donc que les intervenants dans le domaine de la récupération des terres dégradées au sahel, doivent focaliser leurs investissements sur la mise à échelle des ouvrages traditionnels, car mieux connus par les producteurs et présentant un intérêt pour eux.

Mots-clés: Perception, ouvrages traditionnels de CES/DRS, importance, récupération des terres, Niger, Burkina Faso, Sahel

Farmers' Perception of Water and Soil Conservation and Soil Defense and Restoration (WSC/SDR) Techniques in West Africa

Kalifa Coulibaly

Laboratoire d'étude et de recherche sur la fertilité du sol (LERF),
Institut du Développement Rural (IDR), Université Nazi BONI (UNB),
Bobo-Dioulasso, Burkina Faso

Issoufou Baggnian

Département des Ressources Naturelles et de l'Environnement,
Faculté des Sciences Agronomiques (FSA), Université de Tahoua, Niger

Amadou Zakou

Département Economie et Sociologie rural, Faculté des Sciences
Agronomiques (FSA), Université de Tahoua, Niger

Hassan Bismarck Nacro

Laboratoire d'étude et de recherche sur la fertilité du sol (LERF),
Institut du Développement Rural (IDR), Université Nazi BONI (UNB),
Bobo-Dioulasso, Burkina Faso

Abstract

Sahelian Africa has experienced a decline in the productive capacity of the soil resource since the 1970s. To address this, water and soil conservation and soil defense and restoration (WSC/SDR) techniques are disseminated to producers. The purpose of this study is to identify the most important techniques for agricultural production according to the perception of farmers. The method consisted of collecting data from 194 farms (134 farms in Niger and 60 farms in Burkina Faso) through questionnaires and interviews. The variables collected concerned the socio-demographic characteristics of the farms and the 6 most important and 6 least important techniques, out of a total of 18 WSC/SDR techniques. The results indicate that the area of fields in WSC/SDR is significantly correlated ($R^2 = 0.66$) with the total area of fields in the farm. Farmers' perceptions indicate 4 most important WSC/SDR techniques. These were organic manure (weight = 0.16), Zaï (weight = 0.16), stone bund (weight = 0.12), and the conventional half-moon (weight = 0.09). The least important WSC/SDR techniques for farmers were filter dikes (weight = -0.10), village irrigation perimeters (weight = -0.09), micro-dams (weight = -0.08) and reforestation (weight = -0.07). This study therefore suggests that stakeholders in the field of recovery of degraded land in the Sahel should focus their investments on the scaling up of traditional techniques, as they are better known by producers and of interest to them.

Keywords: Perception, traditional WSC/SDR techniques, importance, land reclamation, Niger, Burkina Faso, Sahel

1. Introduction

Depuis les sécheresses des années 1970, l'Afrique sahélienne connaît une évolution profonde de ses paysages avec notamment la dégradation de la végétation, la dénudation, l'encroûtement et le décapage des sols (Roose, 1987). On assiste donc à une baisse de la capacité productive de la ressource terre. Or, l'agriculture pluviale est la principale activité de subsistance des populations de la zone aride d'Afrique de l'Ouest. Cette agriculture est pourtant sujette à des risques élevés compromettant la production agricole et plongeant régulièrement les communautés dans des crises d'insécurité alimentaire (OCHA, 2014). Dans ces conditions, un certain nombre de stratégies d'adaptation techniques, économiques et sociales ont été mises au point (Mortimore et Adams, 2001). Une étude a montré que la dégradation des sols est en augmentation dans la plupart des pays d'Afrique subsaharienne, avec plus de 20% des terres déjà dégradées et affectant plus de 65% de la population (FAO et ITPS, 2015).

Pour faire face à cette dégradation des fonctions productives de la terre, plusieurs techniques ont été mises en place par la recherche et la vulgarisation dans les pays de la région, pour répondre à cette situation ; on peut citer notamment : (i) les techniques de conservation du sol et de l'eau (zaï, demi-lune, cordon pierreux, etc.); (ii) les techniques de gestion intégrée des cultures (GIC) et (iii) les techniques de gestion intégrée de la fertilité du sol (GIFS). C'est ainsi que des travaux sont conduits pour accompagner les producteurs dans la mise en place des ouvrages de conservation des eaux et des sols et de défense et restauration des sols (CES/DRS). Mietton (1986) indique que la lutte antiérosive a été tout d'abord le fruit d'une perception, par les paysans eux-mêmes, de la dynamique du milieu naturel. Cet auteur ajoute que quelques réalisations, plus ponctuelles et récentes mais faisant appel aux techniques paysannes, sont le fruit d'une initiative extérieure, d'une organisation non gouvernementale le plus souvent, qui tente de perfectionner des procédés déjà connus. De nombreux travaux de recherche foisonnent pour montrer les effets de ces techniques CES/DRS (Ibrahim et Nomao, 2004 ; Ganaba, 2005 ; Abdoulaye et Ibro, 2006 ; Da, 2008 ; Dabré *et al.*, 2017 ; Nyamekye *et al.*, 2018).

Ibrahim et Nomao (2004) qui ont comparé la technique du tassa ou zaï à un témoin sans techniques CES/DRS, au paillage et au recouvrement sableux enherbé, ont obtenu un coefficient de ruissellement moyen annuel respectivement de 2,7%, de 31,6%, de 7,3% et de 8%. Ganaba (2005) a montré que les aménagements de demi-lunes, de cordons pierreux, les digues

filtrantes, le sous-solage et le scarifiage ont eu un impact positif sur la reconstitution de la végétation herbacée et ligneuse. Pour Abdoulaye et Ibro (2006), les actions de CES/DRS ont un impact direct sur la réduction de la pauvreté parce qu'elles permettent à des producteurs sans terre d'acquérir des terres de production, au cheptel de disposer de nouvelles aires de pâturage et enfin aux générations futures d'hériter de terroirs dans lesquels la production agricole est possible. Les travaux de Kpadenou *et al.*, (2019) sur les déterminants socio-économiques de l'adoption des pratiques agro-écologiques, montrent que pour les pratiques de conservation des sols et de l'eau, l'expérience et la superficie influencent négativement leur adoption, tandis que le nombre d'actifs agricoles, le niveau d'instruction et le statut foncier déterminent positivement l'adoption de ces pratiques.

Les travaux montrent qu'il y a une diversité de techniques CES/DRS qui sont expérimentées et diffusées auprès des producteurs du Sahel. Elles vont des techniques mécaniques (digues, diguettes, cordons pierreux, demi-lunes, banquettes, etc.), jusqu'aux techniques biologiques (application de fumure organique, agroforesterie, couverture végétale du sol, etc.) en passant par des façons culturelles (sous-solage, scarifiage, etc.). Ainsi, des efforts significatifs ont été enregistrés dans le cadre de la réhabilitation des écosystèmes dégradés. Malgré les nombreux attributs positifs des techniques CES/DRS, le défi majeur dans les pays en développement reste dans une large mesure autour des questions de savoir, lesquelles de ces techniques sont les plus importantes ou les moins importantes pour les producteurs bénéficiaires en termes de production ? L'objectif de cet article est d'identifier les techniques CES/DRS les plus importantes pour les producteurs en termes de production, afin que les politiques et les différents acteurs en tiennent compte dans leurs interventions sur le terrain. Après cette introduction, la suite du papier est organisé autour du matériel et des méthodes utilisés, des résultats obtenus ainsi que la discussion qui en fait et d'une conclusion qui dégage les perspectives.

2. Matériel et méthodes

2.1. Sites d'étude

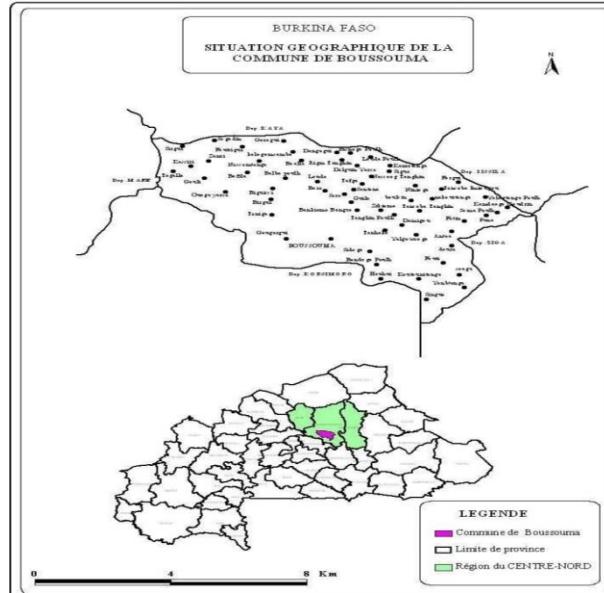
L'étude s'est déroulée au Burkina Faso dans la région du Centre-Nord et au Niger dans la région de Tahoua. Ces sites qui ont pour activités principales l'agriculture et l'élevage, se caractérisent par une dégradation du couvert végétal et de la terre. Des activités de récupération des terres y sont menées par différents acteurs.

Au Centre-Nord du Burkina Faso, les travaux ont été effectués également dans 4 villages (Tanhoko, Guilla, Sera, Nessemtenga) de la commune de Bousouma (12°54' de latitude Nord et 1°05' de longitude Ouest)

(Figure 1a). Située à 20 km au Sud de Kaya qui est le chef-lieu de la région, la commune de Boussouma a un climat de type soudano sahélien avec une moyenne pluviométrique annuelle d'environ 700 mm pour les 10 dernières années. Le couvert végétal de la commune de Boussouma est diversifié et se compose en sa grande partie de savane arbustive et s'associe à une formation herbacée suffisamment dense en touffes graminées dominantes (Fontes et Guinko, 1995). On y rencontre des sols sur cuirasse ferrugineuse ou bauxitique localisés sur les collines qui sont des sols caractérisés par leur épaisseur faible, parfois nulle, l'aspect caillouteux et leur dureté (Boulet, 1968). Ils sont constamment rajeunis par l'érosion et englobent les cuirasses dénudées et les roches non altérées ; des sols peu évolués et peu profonds sur matériau gravillonnaire issu du démantèlement des cuirasses ferrugineuses.

A Tahoua au Niger, les travaux ont été réalisés dans 4 villages (Kalfou, Alibou, Bourountoukou, Kalfou Rafi) de la commune de Kalfou ($14^{\circ}52.263'$ latitude Nord et $05^{\circ}31.067'$ longitude Est) (Figure 1b). Cette commune qui est située à 35 km au Nord-est de la ville de Tahoua, a un climat de type sahélien avec une moyenne pluviométrique annuelle située autour de 300 mm (Ado *et al.*, 2021). La végétation de la commune de Kalfou est caractérisée dans son ensemble par une steppe arbustive. Les types de sol dominants de la région de Tahoua, sont des sols minéraux et ferrugineux pauvres en matière organique (Bozou, 1997)

- a. Localisation de la commune de Bousouma au Burkina Faso
(*Base Nationale de Données Topographiques (BNDT, 2008)*)



- b. Localisation de la commune de Kalfou au Niger (Ado et al, 2021)



Figure 1 : Localisation des sites d'étude

3.1. Collecte de données

Le choix des sites d'étude a fait sur la base de la collaboration de travail que l'Université de Tahoua au Niger et l'Université Nazi BONI au Burkina Faso entretiennent avec leurs partenaires respectivement dans les communes de Kalfou et de Boussouma. Les données ont ainsi été collectées par enquêtes auprès d'un réseau de producteurs avec qui ces universités travaillent. Le choix de ces producteurs a été fait de façon aléatoire au sein de ceux qui mettent en œuvre les techniques CES/DRS. La disponibilité à répondre aux questions était le seul critère de participation à l'enquête. Ainsi, les enquêtes ont concerné 134 exploitations agricoles (EA) au Niger, et 60 EA au Burkina Faso, soit 194 EA au total.

Le questionnaire a abordé les caractéristiques socio-démographiques des EA et la perception des producteurs des ouvrages CES/DRS. Une liste de 18 ouvrages CES/DRS, a été dressée sur la base de ceux qui ont l'objet de diffusion ou vulgarisation par les différents acteurs du développement dans les sites d'études. Ainsi, par ces 18 ouvrages (demi-lune conventionnelle, demi-lune multiple fonctionnelle, zaï, cordon pierreux, haies vives reboisement, seuils d'épandage, RNA, fixation des dunes, pare feux, diguettes filtrantes, scarifiage, banque agricole et sylvopastorale, micro-barrages, pérимètres irrigués villageois, apport de matières organiques, paillage et digues filtrantes), chaque enquêté a identifié les 6 ouvrages qu'il juge plus importants et 6 ouvrages qu'il juge moins importants en termes de production agricole.

4.1. Analyses des données

L'importance de chaque ouvrage a été déterminée suivant la formule :

$$Pi = \frac{Bi - Ci}{aN} ; \text{Amadou (2021)},$$

avec Pi = poids de l'ouvrage, Bi = nombre de fois que l'ouvrage est cité comme plus important en termes de production agricole, Ci = nombre de fois que l'ouvrage est cité comme moins important en termes de production agricole, a = constant et N = taille de la population enquêtée.

Pour cette étude, la constante $a = 18/6 = 3$ et la taille de la population enquêtée $N = 194$.

5. Résultats

5.1. Analyse des caractéristiques sociodémographiques des exploitations agricoles

Les résultats présentés dans le Tableau 1, des (EA) montrent que l'âge moyen des producteurs enquêtés est de 46,43 ans avec 42,65 et 48,12 ans respectivement au Burkina Faso et au Niger. La taille moyenne (11 personnes) de l'exploitation agricole (EA) et l'effectif du cheptel (09 gros ruminants) est identique dans les deux pays. Du fait de la forte pression sur la terre au Burkina

Faso, on note que la superficie moyenne des champs par EA et celle aménagée en CES/DRS est respectivement plus de six et trois fois plus élevée au Niger qu'au Burkina Faso : 19,46 ha contre 2,83 ha pour les champs, et 6,44 ha contre 1,88 h pour les champs aménagés en CES/DRS.

Tableau 1. Age moyen des enquêtés, taille, effectifs des ruminants et superficie des champs des exploitations agricoles

	Age (ans)	Taille (nb)	EA	Gros ruminants (nb)	Petits ruminants (nb)	Superficie champ (ha)	Superficie en CES/DRS (ha)
Burkina Faso	42,65 ± 12,19	11,05 ± 5,61	9,65 ± 5,10	1,92 ± 2,71	2,83 ± 1,31	1,88 ± 1,16	
Niger	48,12 ± 15,21	11,58 ± 11,47	9,00 ± 17,20	1,16 ± 2,77	19,46 ± 26,67	6,44 ± 9,11	
Moyenne	46,43 ± 14,54	11,42 ± 10,02	9,20 ± 14,56	1,40 ± 2,77	14,31 ± 23,45	5,03 ± 7,88	

*Sources : données d'enquête
EA = exploitation agricole, nb = nombre*

Les données sur le genre, montre qu'au Burkina Faso 50% des enquêtés sont des hommes alors qu'au Niger la majorité des enquêtés sont des hommes (97 %) (**Figure 2**). Cela traduit une forte implication des femmes dans les activités agricoles au Burkina Faso qu'au Niger. Ainsi, pour notre échantillon total, on note 82,47 % d'hommes et 17,53 % de femme.

Concernant la situation matrimoniale, on observe une faible proportion des non mariés avec 1,67 % au Burkina Faso et 4,48 % au Niger, soit une moyenne de 3,61 % pour l'échantillon total (Figure 3).

La Figure 4 montre que seulement 39,18 % des enquêtés sont instruits avec 10 % au Burkina Faso et 52,24 % au Niger.

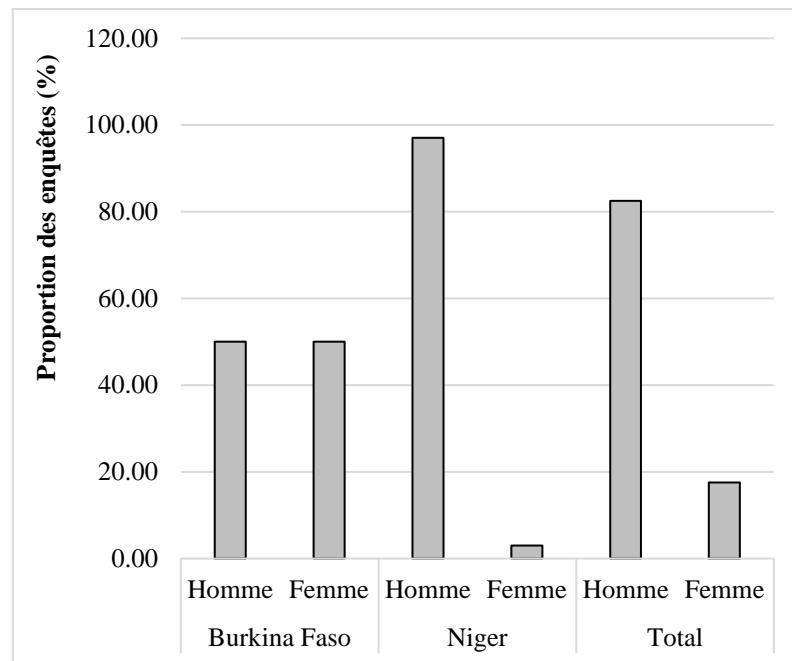


Figure 2. Genre des producteurs enquêtés

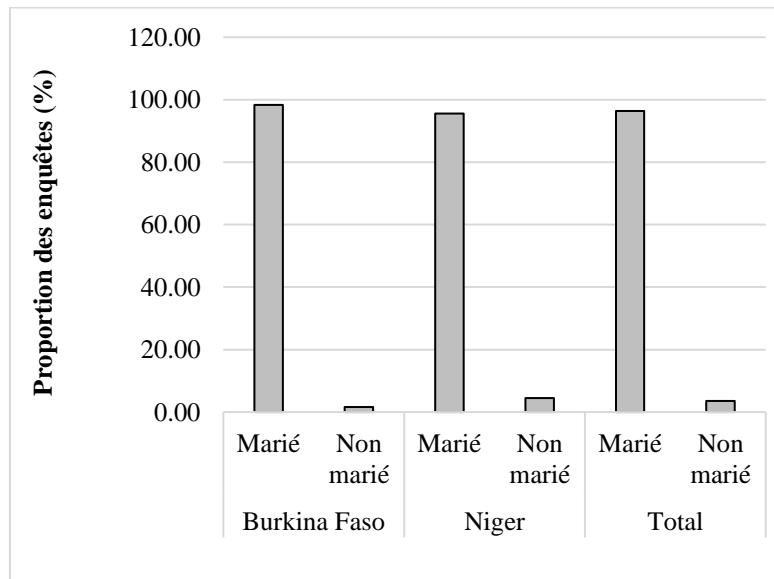


Figure 3. Situation matrimoniale des producteurs enquêtés

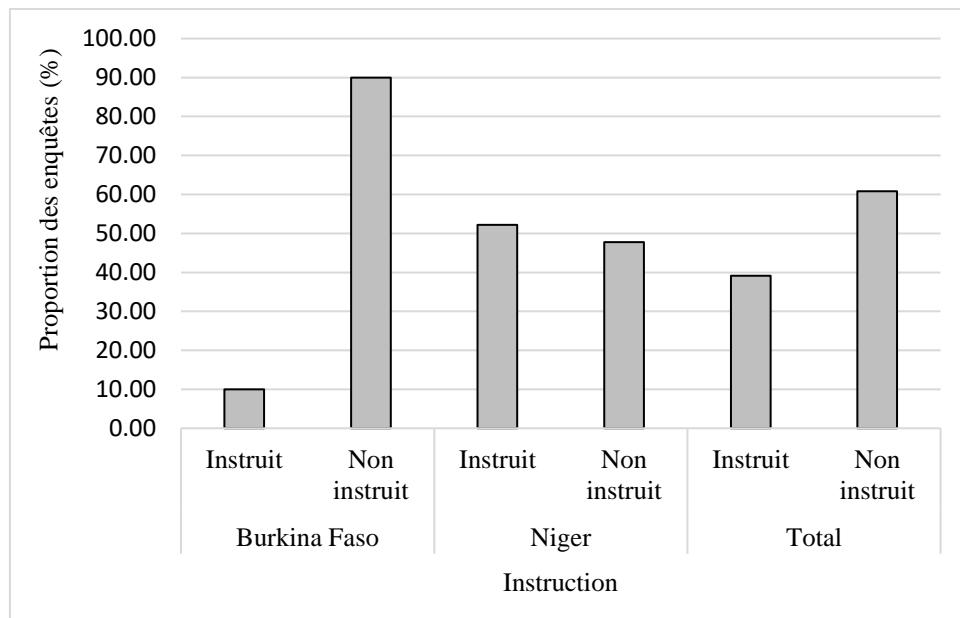
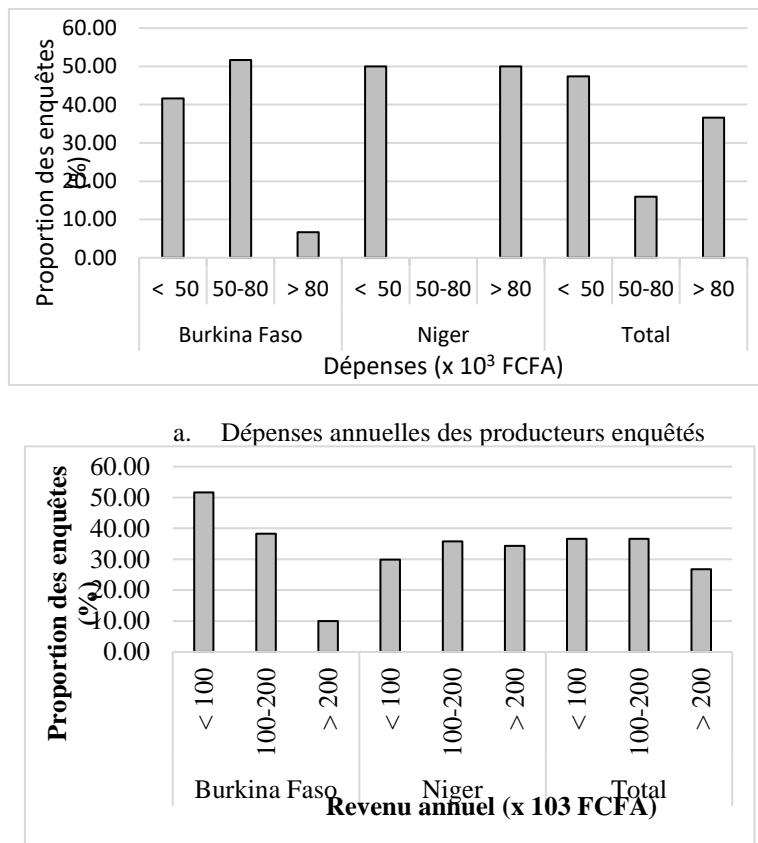


Figure 4. Niveau d'instruction des producteurs enquêtés
Sources : données d'enquête

Concernant la situation économique, les données indiquent que 51,67 % des exploitations agricoles (EA) au Burkina Faso, ont une dépense annuelle comprise entre 50 et 80 mille francs CFA et 41,67 % des EA dépensent moins de 50 mille francs CFA (Figure 5a). Au Niger, 50 % des EA ont une dépense annuelle inférieure à 50 mille francs CFA et 50% ont une dépense supérieure à 80 mille francs CFA. Pour l'ensemble des 2 pays, 36,60 % des EA ont une dépense annuelle supérieure à 80 mille francs contre 47,42 % des EA qui ont une dépense inférieure à 50 mille francs. La Figure 5b montre qu'un peu plus de la moitié des EA du Burkina Faso (51,67%), a un revenu annuel inférieur à 100 mille franc alors qu'au Niger c'est 70,15 % des EA qui ont un revenu supérieur à 100 mille. Pour l'ensemble des 2 pays, on a 63,40 % des EA qui ont un revenu supérieur à 100 mille. Les grandes superficies agricoles par ménage au Niger, peuvent expliquer les dépenses importantes ainsi que les revenus élevés par rapport au Burkina Faso où les paysans n'ont que de petites surfaces agricoles.



b. Revenu annuel des producteurs enquêtés
Sources : données d'enquête

Figure 5. Situation économique des exploitations agricoles enquêtées

b. Perception des producteurs sur l'importance en termes de production agricole des ouvrages CES/DRS

La perception des producteurs du Niger des ouvrages CES/DRS, indique le Zaï (poids = 0,16), l'apport de fumure organique (poids = 0,15), la régénération naturelle assistée (poids = 0,13), le paillage (poids = 0,11) et les cordons pierreux (poids = 0,11), comme les ouvrages les plus importants (Tableau 2). Pour les producteurs du Burkina Faso, les ouvrages CES/DRS les plus importants sont le Zaï (poids = 0,17), l'apport de fumure organique (poids = 0,17), la demi-lune conventionnelle (poids = 0,17), la demi-lune multifonctionnelle (poids = 0,16), et les cordons pierreux (poids = 0,14). En considérant les 2 pays ensemble, 4 ouvrages se distinguent comme les plus importants : l'apport de fumure organique (poids = 0,16), le Zaï (poids = 0,16), les cordons pierreux (poids = 0,12), et la demi-lune conventionnelle (poids = 0,09). Ces ouvrages considérés comme les plus importants, sont connus de longue date par les producteurs et facile à être appliqués à l'échelle de la parcelle.

Concernant les ouvrages CES/DRS les moins importants, les producteurs du Niger identifient les digues filtrantes (poids = -0,10), la fixation des dunes (poids = -0,09), les périmètres irrigués villageois (poids = -0,09) et les micro-barrages (poids = -0,09). Au Burkina Faso, les producteurs ont identifié comme ouvrages CES/DRS moins importants, la régénération naturelle assistée (poids = -0,12), le reboisement (poids = -0,11), la haie vive (poids = -0,09), les digues filtrantes (poids = -0,08), les périmètres irrigués villageois (poids = -0,08) et les banquettes ASP (poids = -0,08). Globalement, ce sont des ouvrages qui nécessitent de gros investissements et une mobilisation communautaire pour leur réalisation qui sont perçus comme des ouvrages CES/DRS les moins importants dans les 2 pays. Il s'agit des digues filtrantes (poids = -0,10), les périmètres irrigués villageois (poids = -0,09), les micro-barrages (poids = -0,08) et le reboisement (poids = -0,07),

On note que les producteurs du Niger observent une neutralité vis-à-vis des haies vives (poids = 0) et ceux du Burkina Faso vis-à-vis de la fixation des dunes (poids = 0).

Tableau 2. Importance (poids) des ouvrages CES/DRS selon les producteurs enquêtés

Pratiques CES/DRS	Niger	Burkina Faso	Niger-Burkina Faso
Apport de fumure organique	0,15	0,17	0,16
Banquette ASP	-0,05	-0,08	-0,06
Cordons pierreux	0,11	0,14	0,12
Demi-lune conventionnelle	0,06	0,17	0,09
Demi-lune multifonctionnelle	-0,03	0,16	0,03
Digues filtrantes	-0,10	-0,08	-0,10
Diguettes filtrantes	-0,07	-0,04	-0,06
Fixation de dunes	-0,09	0,00	-0,06
Haies vives	0,00	-0,09	-0,03
Micro-barrages	-0,09	-0,05	-0,08
Paillage	0,11	-0,05	0,06
Pare feux	-0,07	-0,04	-0,06
Périmètre irrigués villageois	-0,09	-0,08	-0,09
Reboisement	-0,06	-0,11	-0,07
Régénération naturelle assistée (RNA)	0,13	-0,12	0,05
Scarifiage	-0,01	-0,02	-0,01
Seuils d'épandage	-0,05	-0,04	-0,05
Zaï	0,16	0,17	0,16

Sources : données d'enquête

ASP = agro-sylvo-pastoral

2. Discussion

Les producteurs sont relativement jeunes, avec des exploitations de grande taille et peu de bétail. Nos résultats sont en accord avec ceux obtenus par des auteurs en Afrique de l'Ouest (Soukaradji et al., 2017 ; Abdou et al., 2019 ; Adebisi et al., 2019 ; Koné et Fok, 2021). On note aussi que les producteurs du Niger disposent de plus surfaces agricoles que ceux du Burkina Faso. Cela peut s'expliquer non seulement par la forte pression sur les terres au Burkina Faso, mais aussi par le mode d'acquisition des terres. Soukaradji et al. (2017) indiquent les grands agriculteurs ont comme modes d'acquisition des terres, l'achat et l'héritage alors que petits agriculteurs ont l'héritage et le don comme modes d'acquisition des terres les plus dominants.

L'apport de fumure organique (FO), le zaï, les cordons pierreux et la demi-lune conventionnelle sont perçus par les producteurs comme étant les ouvrages CES/DRS les plus importants permettant d'augmenter leurs productions agricoles. Cela pourrait se justifier par le fait que ces techniques sont considérées comme des techniques traditionnelles connues par les producteurs depuis bien longtemps. Les producteurs arrivent donc à les mettre en œuvre sans aucun soutien sur de petites superficies. Nyamekye et al. (2018) indiquent que les demi-lunes ont été introduites au Burkina Faso en 1958 dans la région de Yatenga où la majeure partie du sol se trouvait très dégradée. Mietton (1986) cite parmi les pratiques de conservation traditionnelles des agricultures, la mise en place d'alignements de blocs de cuirasse ferrugineuse, grossièrement perpendiculaires à la pente. Sawadogo et al. (2008) indique que le zaï est une ancienne technique qui a été "réveillée" lors des périodes de sécheresse dans la région du Yatenga au Burkina Faso, par les paysans puis par les développeurs et les chercheurs. Cette technique qualifiée de très ancienne par Clavel et al. (2008), a été améliorée grâce à une mécanisation spéciale avec une réduction du temps de travail de plus de 80% par rapport au zaï manuel. On pourrait aussi expliquer, cette perception des producteurs par le fait qu'il y a une facilité d'implantation de certaines de ces techniques. Cette raison est avancée par Mietton (1986) qui indique que la multiplication des alignements de ces pierres est d'abord liée à leur facilité d'édition. Une autre hypothèse pouvant soutenir cette perception des producteurs de ces 4 techniques qu'ils considèrent importantes, est l'efficacité réelle de ces techniques prouvées sur le terrain et par des travaux de recherche (Sawadogo et al., 2008 ; Abdou et al., 2019 ; Bacyé et al., 2019 ; Ado et al., 2021). Ado et al., (2021) ont montré à Tahoua au Niger que les ouvrages de zaï, des demi-lunes conventionnelles et des demi-lunes multifonctionnelles sont opérationnels dans la région de Tahoua au Niger et permettent la croissance et le développement des cultures du sorgho sur un terrain initialement encrouté et inculte. La perception par les producteurs de l'application de FO comme une technique importante, peut également s'expliquer par le fait qu'elle est généralement associée à la

technique du zaï et des demi-lunes qui sont des ouvrages de collecte d'eau de ruissellement. Les travaux de Bayen *et al.*, (2011) montrent que les rendements les plus importants se rencontrent au niveau des poquets de zaï traités au compost qui sont en moyenne 12 fois plus élevés que dans les poquets de zaï seul. Dans l'analyse des forces des ouvrages CES/DRS, les producteurs indiquent qu'ils permettent de capter les eaux de pluie, de maintenir l'humidité du sol et d'augmenter les productions agricoles.

La perception par les producteurs de certains ouvrages CES/DRS (digues filtrantes, périmètres irrigués villageois, les micro-barrages, reboisement) comme étant les moins importants en termes de production agricole, pourrait s'expliquer par la difficulté (en termes de travail, de technicité et de coût) de réalisation de ces ouvrages et par la difficulté à les entretenir ou à les protéger. Les producteurs évoquent comme menaces vis-à-vis des ouvrages CES/DRS, le coût élevé de réalisation, le manque de main d'œuvre, les obstacles liés aux animaux, l'absence d'appuis technique et financier. Pour Kohio *et al.*, (2017), les contraintes matérielles et financières constituent les contraintes majeures qui limitent l'adoption des bonnes pratiques de gestion durable des terres. On peut aussi expliquer cette perception des producteurs, par le fait que la réalisation de ces ouvrages est utile sur des bassins versants qui concernent les parcelles de plusieurs producteurs. Pour donc réaliser et entretenir une diguette ou un périmètre irrigué ou encore un micro-barrage, il serait nécessaire de mobiliser la communauté de producteurs concernés. Des difficultés peuvent donc apparaître pour la sensibilisation et la mobilisation de ces producteurs.

Conclusion

L'objectif de cette étude était de présenter la perception des producteurs du sahel en Afrique sur les ouvrages CES/DRS les plus importants en matière de production agricole. Il ressort que l'apport de fumure organique (poids = 0,16), le Zaï (poids = 0,16), les cordons pierreux (poids = 0,12), et la demi-lune conventionnelle (poids = 0,09) constituent les techniques CES/DRS les plus importantes au Niger et au Burkina Faso. Pour réussir donc les actions de restaurations des fonctions productives des terres dégradées, les investissements doivent être focalisés sur l'amélioration, le perfectionnement et la mise à échelle des ouvrages traditionnels. Pour les ouvrages moins importants pour les producteurs (digues filtrantes, les périmètres irrigués villageois, les micro-barrages et le reboisement), il faut une approche participative et communautaire avec un appui technique et financier venant de l'Etat, des organisations non gouvernementales et autres projets.

Cette étude qui reste grossière sur la classification des ouvrages CES/DRS en plus importants et moins importants, ne donne pas les détails sur les motivations producteurs. Pour ce faire, des études approfondies avec des indicateurs précis sur la classification des ouvrages peut permettre d'affiner les méthodes d'interventions en tenant compte des indicateurs précis.

Remerciements

Les auteurs remercient l'université de Tahoua et l'Université Nazi BONI pour avoir soutenu cette étude. Ils remercient également les étudiants qui ont collecté les données ainsi les producteurs qui ont accepté répondre aux questions.

Conflits d'intérêts

Il n'existe aucun conflit d'intérêts concernant cet article ainsi que les données qu'il contienne.

References:

1. Abdou, A., Abdoulahi, SC., Tidjani, MA., Hassimi, MS., Sabra, AKA., Soulé, AE. et Kaire, M. (2019). Économie de la dégradation des terres à Tahoua, Niger. Analyse coût-bénéfice des activités de récupération des terres (banquettes, demi-lunes et cordons pierreux) des quatre sites de la commune rurale de Badaguichiri. Un rapport de l'Initiative ELD dans le cadre du projet « Inverser la dégradation des terres en Afrique par l'adoption à grande échelle de l'agroforesterie », Disponible sur www.eld-initiative.org
2. Abdoulaye, T. et Ibro, G. (2006). *Analyse des impacts socio-économiques des investissements dans la gestion des ressources naturelles : étude de cas dans les régions de Maradi, Tahoua et Tillabery au Niger*. Centre régional d'enseignement spécialisé en agriculture (CRESA), Niamey et l'Université Libre d'Amsterdam. <http://hubrural.org> > pdf > *impact_eco-grn-niger* (consulté le 12 décembre 2021)
3. Adebisi, KD., Maïga-Yaleu, S., Issaka, K., Ayena, M. et Yabi, JA. (2019). Déterminants de l'adoption des bonnes pratiques de gestion durable des terres dans un contexte de changement climatique au Nord Bénin : cas de la fumure organique. *Int. J. Biol. Chem. Sci.* 13(2), 998-1010, DOI: <https://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v13i2.34>
4. Ado, MN, Moussa, MS. et Karimou Ambouta, H. (2021). Effets des Demi-Lunes Multifonctionnelles sur la Production du Sorgho en Afrique de l'Ouest : Cas de la Région de Tahoua au Niger. *European Scientific Journal, ESJ*, 17(34), 112, <https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n34p112>

5. Amadou Z. (2021). "Analyse économétrique des déterminants de la consommation des produits alimentaires dans la commune de Tahoua (Niger)". *Rev. Mar. Sci. Agron. Vét.* 9 (2) : 293-300.
6. Bacyé, B., Kambiré, H.S. et Somé, A.S. (2019). Effets des pratiques paysannes de fertilisation sur les caractéristiques chimiques d'un sol ferrugineux tropical lessivé en zone cotonnière à l'Ouest du Burkina Faso. *Int. J. Biol. Chem. Sci.* 13(6), 2930-2941, DOI : <https://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v13i6.39>
7. Bayen, P., Traoré, S., Bognounou, F., Kaiser, D. et Thiombiano, A. (2011). Effet du zaï amélioré sur la productivité du sorgho en zone sahélienne, *VertigO - la revue électronique en sciences de l'environnement [En ligne]*, 11(3), (consulté le 21 décembre 2021). URL : <http://journals.openedition.org/vertigo/11497> ; DOI : <https://doi.org/10.4000/vertigo.11497>
8. Boulet R. (1968). Carte pédologique de reconnaissance de la Haute Volta (Centre-nord), 1/500000. ORSTOM, Dakar-Hann, Sénégal 351p.
9. Bozou I. (1997). Défense et restauration des sols dans l'Adar (Niger) : méthodes et appropriation par les paysans. *Géo-Eco-Trop*, (1-4), 105-120.
10. Clavel, D., Barro, A., Belay, T., Lahmar, R. et Maraux, F. (2008). Changements techniques et dynamique d'innovation agricole en Afrique Sahélienne : le cas du Zaï mécanisé au Burkina Faso et de l'introduction d'une cactée en Ethiopie, *VertigO - la revue électronique en sciences de l'environnement [En ligne]*, 8(3), (consulté le 15 décembre 2021). URL : <http://journals.openedition.org/vertigo/7442> ; DOI : <https://doi.org/10.4000/vertigo.7442>
11. Da, C. É. D. (2008). Impact des techniques de conservation des eaux et des sols sur le rendement du sorgho au centre-nord du Burkina Faso, *Les Cahiers d'Outre-Mer*, 241-242
12. Dabré, A., Hien, E., Somé, D. et Drevon, JJ. (2017). Effets d'amendements organiques et phosphatés sous zaï sur les propriétés chimiques et biologiques du sol et la qualité de la matière organique en zone soudano-sahélienne du Burkina Faso. *Int. J. Biol. Chem. Sci.* 11(1), 473-487 ; DOI : <http://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v11i1.38>
13. FAO et ITPS. (2015). État des ressources en sols du monde - Résumé technique. Available at <http://www.fao.org/3/a-i5126f.pdf>. Rome, Italie.
14. Fontes J., Guinko S. (1995). Carte de la végétation et de l'occupation du sol au Burkina Faso. Burkina Faso, 67p.

15. Ganaba, S. (2005). Impact des aménagements de conservation des eaux et des sols sur la régénération des ressources ligneuses en zone sahélienne et nord soudanienne du Burkina Faso. *VertigO - la revue électronique en sciences de l'environnement* [En ligne], 6(2), (consulté le 22 décembre 2021). URL : <http://journals.openedition.org/vertigo/4314> ; DOI : <https://doi.org/10.4000/vertigo.4314>
16. Ibrahim, B-M. et Nomao, DL. (2004). Le « Tassa » : une technique de conservation des eaux et des sols bien adaptée aux conditions physiques et socio-économiques des glacis des régions semiarides (Niger). *Revue de géographie alpine*, 92(1), 61-70.
17. Kohio, E.N., Touré, A.G., Sédogo, M.P. et Ambouta, K.J-M. (2017). Contraintes à l'adoption des bonnes pratiques de Gestion Durable des Terres dans les zones soudanaises et soudano-sahéliennes du Burkina Faso. *Int. J. Biol. Chem. Sci.* 11(6), 2982-2989, DOI : <https://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v11i6.34>
18. Koné, S. et Fok, M. (2021). Typologie pour l'action des exploitations des zones cotonnières de Côte d'Ivoire. *Cah. Agric.* 30, 13, <https://doi.org/10.1051/cagri/2020051>
19. Kpadenou, CC., Tama, C., Dado Tossou, B. et Yabi, JA. (2019). Déterminants socio-économiques de l'adoption des pratiques agro-écologiques en production maraîchère dans la vallée du Niger au Bénin. *Int. J. Biol. Chem. Sci.* 13(7), 3103-3118; DOI: <https://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v13i7.11>
20. Mietton, M. (1986). Méthodes et efficacité de la lutte contre l'érosion hydrique au Burkina Faso. *Cahiers ORSTOM, Série Pédologie, Paris*, 22(2), 181-192.
21. Mortimore MJ, Adams WM. 2001. Farmer adaptation, change and 'crisis' in the Sahel. *Global Environmental Change*, 11(1): 49–57. DOI: [http://www.10.1016/S0959-3780\(00\)00044-3](http://www.10.1016/S0959-3780(00)00044-3)
22. Nyamekye, C., Thiel, M., Schönbrodt-Stitt, S., Zoungrana, B.J-B. et Amekudzi, LK. (2018). Soil and Water Conservation in Burkina Faso, West Africa. *Sustainability*, 10, 3182. <https://doi.org/10.3390/su10093182>
23. OCHA. (2014). Strategic Response Plan Sahel Region, United Nations Office for the Coordination of Humanitarian AEAA Sirs. Available on line at: https://docs.unocha.org/sites/dms/CAP/SRP_2014-2016_Sahel.pdf
24. Roose, E. (1987). Gestion conservatoire des eaux et de la fertilité des sols dans les paysages soudano-sahéliens d'Afrique occidentale : Stratégies anciennes et nouvelles (communication orale). Séminaire "Gestion des eaux, des sols et des plantes", Niamey, Niger du 11 au 16

janvier 1987 ; <https://horizon.documentation.ird.fr> (consulté le 22 décembre 2021)

25. Sawadogo, H., Bock, L., Lacroix, D. et Zombré, N.P. (2008). Restauration des potentialités de sols dégradés à l'aide du zaï et du compost dans le Yatenga (Burkina Faso). *BASE [En ligne, (consulté le 21 décembre 2021], 12(3), 279-290, URL : <https://popups.uliege.be/1780-4507/index.php?id=2573>.*
26. Soukaradji, B., Abdou, A., Lawali, S., Aboubacar, I., Mahamane, A. et Saadou, M. (2017). Typologie des exploitations agricoles familiales : cas de la périphérie de la forêt protégée de Baban Rafi du Niger. *Int. J. Biol. Chem. Sci. 11(3), 1096-1112 ; DOI : <https://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v11i3.14>*

Valorisation Energetique des Dechets Agricoles : cas de la Pomme de Cajou dans le Departement de Tanda (Côte d'Ivoire)

Mangoula-Allali Amenan Lydie Clarisse, PhD

KoneTiangoua, PhD

Messou Aman, PhD

Université NANGUI ABROGOUA/UFR Sciences et Gestion de l'Environnement, Laboratoire d'Environnement et de Biologie Aquatique, Côte d'Ivoire

Nikebie Koffi Olivier Fabrice, MA

Direction Départementale de l'Agriculture et du Développement Rural de Tanda, Côte d'Ivoire

Coulibaly Lacina, PhD, Professeur

Université NANGUI ABROGOUA/UFR Sciences et Gestion de l'Environnement, Laboratoire d'Environnement et de Biologie Aquatique, Côte d'Ivoire

[Doi:10.19044/esj.2022.v18n27p142](https://doi.org/10.19044/esj.2022.v18n27p142)

Submitted: 10 June 2022

Copyright 2022 Author(s)

Accepted: 08 August 2022

Under Creative Commons BY-NC-ND

Published: 31 August 2022

4.0 OPEN ACCESS

Cite As:

Mangoula-Allali A.L.C., Kone T., Mesou A., Nikebie K.O.F. & Coulibaly L. (2022) *Valorisation Energetique des Dechets Agricoles : cas de la Pomme de Cajou dans le Departement de Tanda (Côte d'Ivoire)*. European Scientific Journal, ESJ, 18 (27), 142. <https://doi.org/10.19044/esj.2022.v18n27p142>

Résumé

Cette étude s'est proposée de valoriser la pomme de cajou e combustible. Le matériel est constitué de pommes de cajou séchée non carbonisée (PCSNC), pommes de cajou fermentées séchées carbonisées (PCFSC), pommes de cajou séchées et carbonisées (PCSC), briquettes comportant 100% de pommes carbonisées et 0% de sciure de bois carbonisée (BPC100), briquettes comportant 80% de pommes carbonisées et 20% de sciure de bois carbonisée (BPC80), briquettes comportant 70% de pommes carbonisées et 30% de sciure de bois carbonisée (BPC70), briquettes comportant 60% de pommes carbonisées et 40% de sciure de bois carbonisée (BPC60). Ces combustibles ont été caractérisés en déterminant la quantité de chaleur dégagée, la durée de combustion, le temps d'ébullition, le niveau de

dégagement de fumée, la masse de suie après combustion et le taux de cendres. Les valeurs obtenues pour ces paramètres ont été comparées à celles du charbon de bois. Il ressort que les quantités de chaleur dégagées par PCFNC (963 kJ) et PCSNC (943 kJ) sont relativement proches de celle (1122 kJ) du charbon de bois. Pour la durée de combustion, ce sont les briquettes et le charbon de bois témoin qui mettent plus de temps à se consumer (60 minutes, environ). Le temps le plus court d'ébullition de l'eau est obtenu avec BPC100 (10,98 minutes contre 15,45 minutes pour le charbon de bois). Les combustibles à base de pommes de cajou ont tous dégagé de la fumée et ont favorisé un dépôt de suie après la combustion contrairement au charbon de bois. Au niveau de la cendre, BPC60 et BPC70 ont produit moins de cendre (10g) que le charbon de bois (12,5g). Au vu de ces résultats, si certaines caractéristiques de la pomme de cajou sont améliorées, sa valorisation énergétique est possible.

Mots-clés: Pomme de cajou, valorisation énergétique, combustible, carbonisation, briquette

Energy Recovery from Agricultural Waste: the Case of Cashew Apples from Tanda Department (Cote d'Ivoire)

Mangoula-Allali Amenan Lydie Clarisse, PhD

KoneTiangoua, PhD

Messou Aman, PhD

Université NANGUI ABROGOUA/UFR Sciences et Gestion de l'Environnement, Laboratoire d'Environnement et de Biologie Aquatique, Côte d'Ivoire

Nikebie Koffi Olivier Fabrice, MA

Direction Départementale de l'Agriculture et du Développement Rural de Tanda, Côte d'Ivoire

Coulibaly Lacina, PhD, Professeur

Université NANGUI ABROGOUA/UFR Sciences et Gestion de l'Environnement, Laboratoire d'Environnement et de Biologie Aquatique, Côte d'Ivoire

Abstract

This study intended to valorize the cashew apple or cashew nut into fuel. The material consists of cashew apples and sawdust, which allowed us to obtain 8 types of fuel. This includes dried cashew apples without carbonization (PCSNC), dried fermented cashew apples with carbonization (PCFSC), dried cashew apples with carbonization (PCSC), and briquettes with 100%

carbonized apples and 0% sawdust with carbonization (BPC100), briquettes with 80% carbonized apples and 20% carbonized sawdust (BPC80), briquettes with 70% carbonized apples and 30% carbonized sawdust (BPC70), briquettes with 60% carbonized apples and 40% carbonized sawdust (BPC60). These fuels were characterized by determining the amount of released heat, combustion time, boiling time, level of smoke release, soot mass after combustion, and ash content. The values obtained for these parameters were compared with those of charcoal. The heat release of PCFNC (963 kJ) and PCSNC (943 kJ) is relatively close to that of charcoal (1122 kJ). The briquettes and the control charcoal take longer to burn (about 60 minutes, in terms of burning time. The shortest water boiling time was obtained with BPC100 (10.98 minutes versus 15.45 minutes for charcoal). Cashew apple fuels all gave off smoke and promoted soot deposition after combustion. This was not the same as charcoal's case. Regarding ash generation, BPC60 and BPC70 produced less ash (10g) than charcoal (12.5g). Considering these results, if some characteristics of the cashew apple are improved, its energy valorization is possible.

Keywords: Cashew apple, energy valorization, fuel, carbonization, briquettes

Introduction

Le mode de nutrition des populations et l'amélioration des systèmes agricoles génèrent des résidus (Kouassi, 2018). Ceux-ci ne sont souvent pas valorisés et constituent ainsi des déchets polluant l'environnement (Hirczák et Mollard, 2004). Cette pollution peut se manifester par la propagation et la transmission d'agents pathogènes comme *Salmonella* (Abdelkader et al., 2017). Ainsi, dans les solutions de gestion des déchets, des études se sont penchés sur l'utilisation de composts à base de déchets urbains pour amender des sols (Etsè et al., 2014). Dans le domaine agricole, des plantes comme *Cassia occidentalis* L. ont été utilisées sous formes d'engrais vert, de composts et de jachère améliorée pour régénérer la fertilité d'un sol dégradé (Toundou et al., 2014).

En Côte d'Ivoire, le succès économique repose sur l'agriculture. En effet, les conditions environnementales et climatiques ont été propices au pays pour le développement tant de cultures industrielles que vivrières (Sangaré et al., 2009). Ce qui a valu à la Côte d'Ivoire d'être premier producteur mondial de cacao et de cajou, premier producteur africain d'hévéa, de mangues, etc. (Programme Global Business Network, 2020). Cependant, selon la même source, les déchets provenant des cultures ne sont pratiquement pas valorisés et sont parfois sources de maladies pour les plantes (exemple du cacao). Ces maladies pourraient empêcher les plantes de s'alimenter en eau. De ce fait, ce

déficit hydrique provoque chez les plantes la mise en place d'un état de régulation grâce à une accumulation de composés osmo-régulateurs comme la proline (Sarra et al., 2018) . L'état de Côte d'Ivoire estime entre 15 et 17 millions de tonnes la production annuelle de déchets agricoles (Programme Global Business Network, 2020).

Au niveau de la filière de l'anacardier, la culture s'effectue dans 19 régions de la Côte d'Ivoire (ARECA, 2016) dont celle du Gontougo, dans le Nord-Est.

L'anacardier (*Anacardium occidentale* L.) est un arbre qui produit à maturité comme fruit, des noix. Ces dernières, en forme de rein sont enfoncées dans des pédoncules hypertrophiés, charnus et juteux appelés pommes de cajou ou d'anacarde (Michodjehoun-Mestres, 2009).

Relativement au département de Tanda situé dans le Gontougo, l'anacarde est la principale culture de la zone. Les noix de cajou produites sont estimées à plus de 20 000 tonnes (MINADER, 2020). Celles-ci sont commercialisées. Quant aux coques, elles sont valorisées en énergie (Guillaume et al., 2019) dans la zone et dans de nombreux pays tels que le Benin et le Burkina-Faso (Godjo, 2015). Pour ce qui est des pommes de cajou, selon la littérature, leur principale voie de valorisation dans de nombreux pays demeure la transformation en jus, vinaigre et éthanol. Mais à Tanda les pommes de cajou, dont la production est estimée à 33 923,15 tonnes (MINADER, 2020), sont abandonnées dans les vergers (YEYA NEGOCE, 2020). Toutefois, l'on constate que certaines populations rurales de Tanda utilisent les pommes de cajou séchées comme des biocharbons. Une maîtrise des propriétés énergétiques desdits biocharbons par des procédés scientifiques simples comme la carbonisation constitue une alternative de grand intérêt (Cluet et Penot, 2011). Ainsi, cette valorisation des pommes de cajou dans la région de Tanda où la majorité des ménages en milieu rural disposent de parcelles d'anacarde couvrirait les besoins énergétiques desdits ménages. Par ailleurs, cela protégerait le couvert forestier. En effet, lesdites populations utilisent principalement le bois comme source d'énergie car ne disposant pas toujours de ressources financières pour s'approvisionner en gaz butane. Cette utilisation massive du bois entraînerait la déforestation (Dusabe, 2014).

Au regard de cette situation, la présente étude vise à évaluer le potentiel énergétique des pommes de cajou du département de Tanda comme alternative partielle ou totale au charbon de bois. Plus spécifiquement, il s'agit de (i) transformer les pommes de cajou carbonisés et non carbonisées en combustibles, (ii) déterminer les paramètres calorifiques desdits combustibles (quantité de chaleur dégagée, durée de combustion, temps d'ébullition, dégagement de fumée, masse de suie après combustion et taux de cendre).

Matériel et méthodes

2.1 Matériel

2.1.1 Zone d'étude

L'étude s'est déroulée dans le département de Tanda (région du Gontougo) qui s'étend sur 1625 km². Ce département est situé dans le Nord-Est de la Côte d'Ivoire. Il est délimité au Nord par celui de Bondoukou, au Sud par ceux de Koun-Fao et Transua, à l'Ouest par les départements de Sandégué et Koun-Fao et à l'Est par celui de Transua (Figure 1).

Concernant la population du département de Tanda, elle est estimée à 77 555 habitants selon le Recensement Général de la Population et de l'Habitat de 2014 (Institut National de la Statistique, 2016).

Dans le département de Tanda, les plaines constituent la majeure partie du relief avec des plaines littorales (0 à 100 m) qu'on rencontre le long des affluents de la Comoé (MINADER, 2020).

Pour ce qui est de la végétation, elle est composée de recrues forestières, de parcelles de reboisements de teck, d'autres essences forestières ainsi que de grandes bandes de jachères et de végétations savanicoles (MINADER, 2020). Selon cette même source, les types de sols rencontrés dans le département de Tanda sont :

les sols ferrallitiques faiblement désaturés qui sont les plus fertiles ;

les sols ferrallitiques moyennement ou fortement saturés, meubles, bien drainés et conviennent aux plantes à tubercule ;

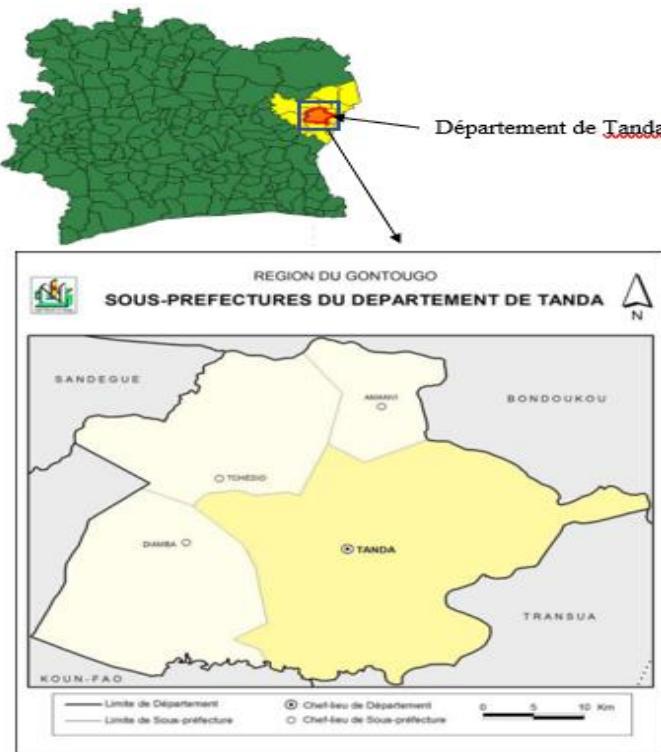
les sols de bas-fond, en général très sableux et favorable à la riziculture ;

les sols gravillonnaires de plateau propices aux cultures vivrières.

Le réseau hydrographique est constitué de marigots et de cours d'eau (la Bimbé, le Maléfi et la Béréné) permanents (MINADER, 2020). Le régime climatique est de type tropical humide avec deux saisons pluvieuses et deux saisons sèches (MINADER, 2020).

Les cultures pratiquées en majorité dans le département sont les cultures de rente (anacarde, café, cacao, hévéa, etc.), les cultures vivrières et maraîchères (manioc, igname, gombo, aubergine, tomate, **Figure 1.**

Présentation de la zone d'étude



2. Matériel végétal

Le matériel végétal est constitué de pommes fraîches, de pommes fermentées séchées naturellement (Figure 2) et de sciure de bois. Pour la pomme fraîche, elle est séchée au soleil durant l'étude pour donner des pommes sèches à 8% d'humidité. Ces pommes séchées sont soit carbonisées, soit utilisées comme telles pour servir de combustible. Quant aux pommes fermentées et séchées naturellement, elles sont également caractérisées comme combustibles. Mais avant, une quantité sera carbonisée et une autre ne le sera pas.

S'agissant de la sciure de bois, elle est carbonisée et mélangée à différentes proportions avec la pomme de cajou carbonisée. Ce mélange permet d'obtenir des briquettes contenant respectivement 0%, 20%, 30% et 40% de sciure de bois carbonisée. Ces briquettes sont également caractérisées.



Figure 2 : échantillons de pommes de cajou fraîches (A), fermentées et séchées naturellement (B)

Matériel technique

Le matériel technique nécessaire à la réalisation de cette étude est présenté dans le tableau 1.

Tableau 1. Liste du matériel technique utilisé pour l'étude

Désignation	Utilisation
Balance électronique 10 kg (Haper)	Mesure de la masse des pommes de cajou fraîche collectée dans les vergers.
Balance numérique 200 kg (Iscal)	Mesure de la masse des échantillons de combustibles et autres matériaux ou matériel d'expérimentation
Thermomètre industriel numérique (Unit)	Mesure de la température de la sciure carbonisée et celle de pomme de cajou en fermentation
Moulin à grain manuel (fabrication locale)	Broyage de la pomme de cajou séchée
Brûleur à charbon électronique (chichia)	Facilitation de l'allumage des combustibles
Casserole en aluminium de 2 litres (Ivoiral)	Réalisation de l'expérience de détermination de la quantité de chaleur dégagée par les combustibles
Fût métallique de 10 litres	Carbonisation des pommes de cajou et la sciure de bois

2.2. Méthode

Collecte des échantillons de pommes de cajou

20 kg de pommes de cajou fraîches et 3 kg de pommes fermentées séchées naturellement ont été prélevés dans 04 vergers choisis de façon aléatoire.

Les pommes de cajou fraîches collectées ont été séchées au soleil jusqu'à l'obtention de pommes sèches. Celles-ci sont directement caractérisées ou carbonisées avant caractérisation.

2.2.2 Carbonisation des pommes de cajou

Un échantillon de pommes de cajou fermentées et séchées naturellement et un échantillon de pommes de cajou séchées pendant l'étude ont été carbonisés jusqu'à 205 °C, dans un fût métallique de 10 litres.

Les combustibles de chauffage (Cc) combinés pour la confection des briquettes sont les pommes de cajou carbonisées et la sciure de bois carbonisée. La sciure de bois a été carbonisée dans les mêmes conditions que les pommes de cajou. Une fois carbonisés, les combustibles de chauffage (Cc) ont été broyés dans un moulin à grain manuel séparément.

Les poudres de sciure de bois et de pomme de cajou obtenues ont été mélangées pour obtenir différentes formulations. Au total, quatre formulations de briquettes ont été obtenues (Figure 3). Briquette BPC100 avec 100 % de pomme de cajou, briquette BPC80 avec 80% de pomme de cajou et 20% de sciure de bois, briquette BPC70 avec 70% de pomme de cajou et 30% de sciure de bois et enfin la briquette BPC60 avec 60% de pomme de cajou et 40% de sciure de bois. Le liant utilisé est l'empois d'amidon de manioc (Ea) dans un rapport Ea/Cc égale à 0,87 (Ouattara et al., 2020).

Confection des briquettes

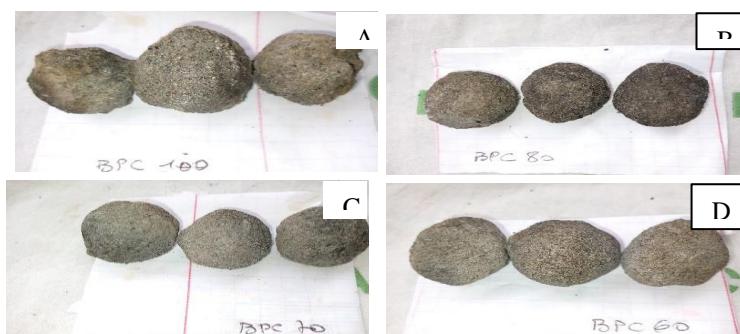


Figure 3. Différents types de briquettes BPC100 (A), BPC80 (B), BPC 70 (C) et BPC 60 (D)

2.2.4 Prélèvement des échantillons de combustibles de pomme de cajou

Les pommes de cajou séchées ont été scindées en quatre lots pour constituer les combustibles à caractériser (Tableau 2).

Tableau 2. Différents échantillons de pommes de cajou caractérisés

Désignation	Codification	Quantité (kg)
Pomme de cajou séchée non carbonisée	PCSNC	0,3
Pomme de cajou fermentée séchée non carbonisée	PFSNC	0,3
Pomme de cajou séchée carbonisée	PCSC	0,3
Pomme de cajou fermentée séchée et carbonisée	PFSC	0,3

Méthode de caractérisation des combustibles

Les briquettes confectionnées et les pommes séchées ont fait l'objet de caractérisation. Comme témoin, un échantillon de charbon de bois, acheté sur le marché local, est également caractérisé pour apprécier la qualité des biocharbons et briquettes confectionnées. La quantité de chaleur, la durée de combustion, le temps d'ébullition, le dégagement de fumée, le dépôt de suie après combustion et le taux de cendre ont été mesurés.

$$Teb \text{ (min)} = Tdeb - Tp \quad \text{Équation 3}$$

Avec :

Teb : temps d'ébullition de l'eau ; Tdeb : temps à partir duquel l'eau boue ;
Tp : temps à partir duquel la casserole est posée au feu.

2.2.5.4. Dégagement de fumée

La fumée dégagée lors de la combustion de chaque combustible a été appréciée durant les expérimentations. De façon arbitraire, un barème d'appréciation de cette fumée a été mis en place (tableau 3).

Tableau 3. Niveau d'appréciation de la fumée dégagée par la combustion

Observation	Appréciation
Trop de fumée	9
Fumée	6
Peu de fumée	3
Pas de fumée	0

2.2.5.5. Dépôt de suie après combustion

Après l'ébullition de l'eau, il arrive que le combustible laisse un dépôt noir goudronneux sur l'ustensile. La masse de dépôt (Md) a été déterminée à partir de la différence entre la masse de l'ustensile après expérimentation (Mcex) et la masse initiale de l'ustensile (Mci) (équation 4).

$$Md = Mcex - Mci \quad \text{Équation 4}$$

Avec

Md = Masse de dépôt ; Mcex = Masse de la casserole après expérimentation ;
Mci = Masse initiale de la casserole

2.2.5.6. Taux de cendre

Le taux de cendre est calculé après avoir consumé une masse de 80 g de chaque combustible jusqu'à l'obtention de la cendre. La cendre obtenue a été pesée à l'aide d'une balance électronique de marque Haper. Le taux de cendre a été calculé ensuite selon l'équation 5.

$$\text{Taux de cendre} (\%) = \frac{\text{masse de cendre}}{\text{masse des briquettes (ou du charbon)}} \quad \text{Équation 5}$$

Résultats

La quantité de chaleur dégagée par les différents combustibles est illustrée sur la figure 4. Dans l'ensemble, tous les combustibles dégagent une quantité de chaleur supérieure à 850 kJ. La valeur maximale (1122,27 kJ) est enregistrée par le charbon de bois témoin. Il est suivi de la pomme de cajou fermentée non carbonisée (PCFNC), puis de la pomme de cajou séchée non carbonisée (PCSNC), puis encore de la pomme de cajou fermentée séchée et carbonisée (PCFSC), et enfin de la pomme de cajou séchée et carbonisée (PCSC), avec respectivement les valeurs de 963,27 kJ ; 943,12 kJ ; 918,27 kJ et 915,72 kJ. Tandis que la valeur minimale (853,1 kJ) est obtenue par la briquette comportant 100% de pommes carbonisées (BPC100). Les autres valeurs sont de 855,56 kJ pour les briquettes comportant 80% de pommes carbonisées (BPC80), 883,16 kJ pour les briquettes comportant 70% de pommes carbonisées (BPC70) et 890,51 kJ pour les briquettes comportant 60% de pommes carbonisées (BPC60).

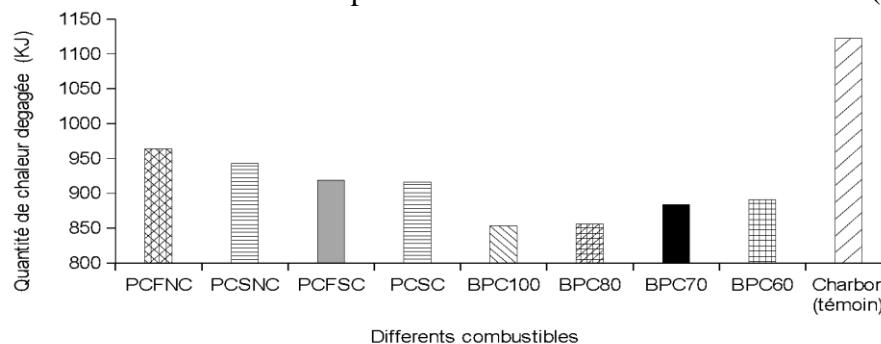


Figure 4. Quantité de chaleur dégagée par les différents combustibles. PCFNC= pomme de cajou fermentée non carbonisée, PCSNC= pomme de cajou séchée non carbonisée, PCFSC= pomme de cajou fermentée séchée carbonisée, PCSC= pomme de cajou séchée et carbonisée, BPC100= briquette comportant 100% de pommes carbonisées, BPC80= briquette comportant 80% de pommes carbonisées, BPC70= briquette comportant 70% de pommes carbonisées, BPC60= briquette comportant 60% de pommes carbonisées. **Durée de combustion** La durée de combustion des échantillons de biocharbons et de charbon de bois témoin est présentée par la figure 5. On remarque que la pomme de cajou séchée non carbonisée (PCSNC) se consume le plus.

Quantité de chaleur dégagée

2.2.5.1 Quantité de chaleur

Pour déterminer la quantité de chaleur, une casserole en aluminium de masse (ml), contenant une masse d'eau (m2), a été portée à ébullition sur une durée donnée (Δt), grâce à un brûleur de charbon (de quantité de chaleur "Qb" connue) et des différents combustibles. A partir du bilan énergétique, (équation 1), la quantité de chaleur de chaque combustible a été calculée.

$$Qc = (m1 \cdot C1 + m2 \cdot C2) \cdot (Tf - Ti) + Qb$$

Équation 1

Avec :

m_1 =masse de la casserole en aluminium en kg ; C_1 =chaleur massique de l'aluminium qui est égale 900J/(kg.K) ; m_2 = masse de l'eau en kg ; C_2 = chaleur massique de l'eau qui est égale 4186 J/(kg.K) ; Q_b = quantité de chaleur du brûleur de charbon qui est égale à 1000watts ; T_f = Température finale de l'eau; T_i =Température initiale de l'eau; Q_c = quantité de chaleur en joule.

2.2.5.2. Détermination de la durée de combustion des combustibles

L'essai sur la durée de combustion (DC) consiste à déterminer le temps de combustion totale d'un combustible, depuis l'allumage jusqu'à l'obtention de la cendre (Ouattara et al., 2020). Pour ce test, 80 g de combustibles sont introduits dans un brûleur de charbon préalablement chauffé pendant 5 minutes. Ensuite les temps de début et de fin de combustion sont relevés afin de déterminer la durée de combustion selon l'équation 2.

$$DC = T_f - T_i$$

Équation 2

Avec :

DC : temps que met les combustibles pour se consumer ;

T_f : temps de fin de combustion des combustibles ;

T_i : temps de début de combustion des échantillons.

2.2.5.3. Temps d'ébullition

Le temps d'ébullition de l'eau correspond au temps que met l'eau pour bouillir (équation 3). vite (41,26 min). En revanche, toutes les briquettes et le charbon de bois témoin mettent plus de temps à se consumer. Cette durée de combustion (60 min) est sensiblement identique pour ces combustibles. Quant aux pommes de cajou fermentées non carbonisées (PCFNC), pommes de cajou fermentées séchées carbonisées (PCFSC) et pommes de cajou séchées et carbonisées (PCSC), la durée de combustion oscille entre 45 et 50 min.

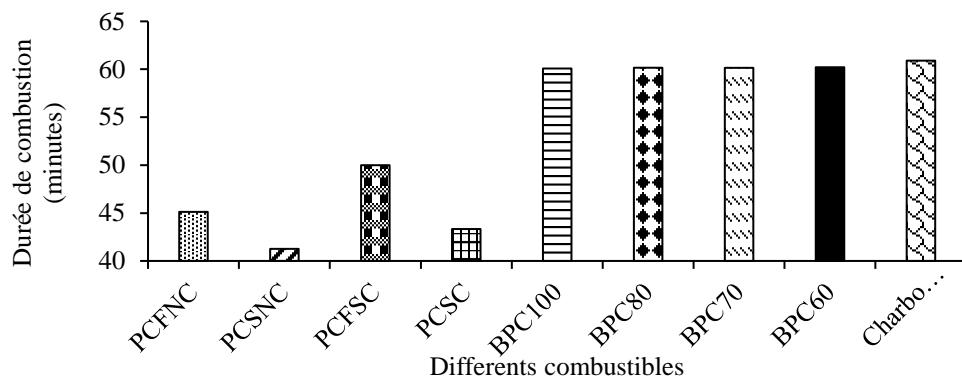


Figure 5. Durée de combustion des différents combustibles

PCFNC= pomme de cajou fermentée non carbonisée, PCSNC= pomme de cajou séchée non carbonisée, PCFSC= pomme de cajou fermentée séchée carbonisée, PCSC= pomme de cajou séchée et carbonisée, BPC100= briquette comportant 100% de pommes carbonisées, BPC80= briquette comportant 80% de pommes carbonisées, BPC70= briquette comportant 70% de pommes carbonisées, BPC60= briquette comportant 60% de pommes carbonisées

Temps d'ébullition

Le temps que l'eau met pour bouillir en fonction des différents combustibles est montré sur la figure 6. Le temps le plus court (10,98 minutes) d'ébullition de l'eau est enregistré par la briquette comportant 100% de pommes carbonisées (BPC100). Par contre, le temps le plus long (15,45 minutes) est observé avec le charbon de bois. Les temps d'ébullition de l'eau des autres combustibles sont des valeurs intermédiaires entre celles minimale et maximale précitées.

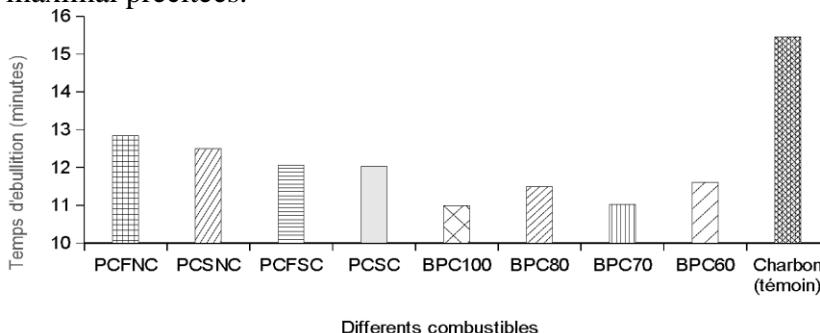


Figure 6. Temps mis par l'eau pour bouillir en fonction des différents combustibles

PCFNC= pomme de cajou fermentée non carbonisée, PCSNC= pomme de cajou séchée non carbonisée, PCFSC= pomme de cajou fermentée

séchée carbonisée, PCSC= pomme de cajou séchée et carbonisée, BPC100= briquette comportant 100% de pommes carbonisées, BPC80= briquette comportant 80% de pommes carbonisées, BPC70= briquette comportant 70% de pommes carbonisées, BPC60= briquette comportant 60% de pommes carbonisées.

Dégagement de fumée

La fumée dégagée par les combustibles est illustrée par la figure 7. Par ailleurs, les niveaux d'appréciation du dégagement de cette fumée sont présentés par la figure 8. Les pommes de cajou séchées non carbonisées (PCSNC) et les pommes de cajou fermentées non carbonisées (PCFNC) dégagent beaucoup de fumées (figure 7A). Le niveau d'appréciation du dégagement de la fumée de ces combustibles est de 9. Les pommes de cajou séchées et carbonisées (PCSC), les pommes de cajou fermentées séchées carbonisées (PCFSC), les briquettes comportant 100% de pommes carbonisées et les briquettes comportant 80% de pommes carbonisées (BPC80) dégagent également de la fumée dont le niveau d'appréciation est de 6 (figure 7B). Les briquettes comportant 70% de pommes carbonisées (BPC70) et les briquettes comportant 60% de pommes carbonisées (BPC60) dégagent moins de fumée que les précédents (figure 7C). Le niveau d'appréciation de dégagement de fumée de ces derniers est de 3. Le charbon de bois témoin est le combustible qui ne dégage pas de fumée pendant sa combustion ; d'où le niveau d'appréciation du dégagement de fumée évalué à 0.

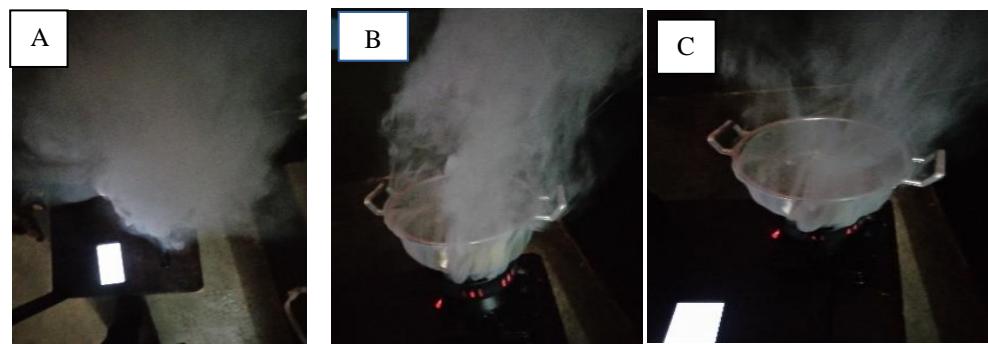


Figure 7. Dégagement de la fumée et niveaux d'appréciation du dégagement
(A= 9, B=6, C=3)

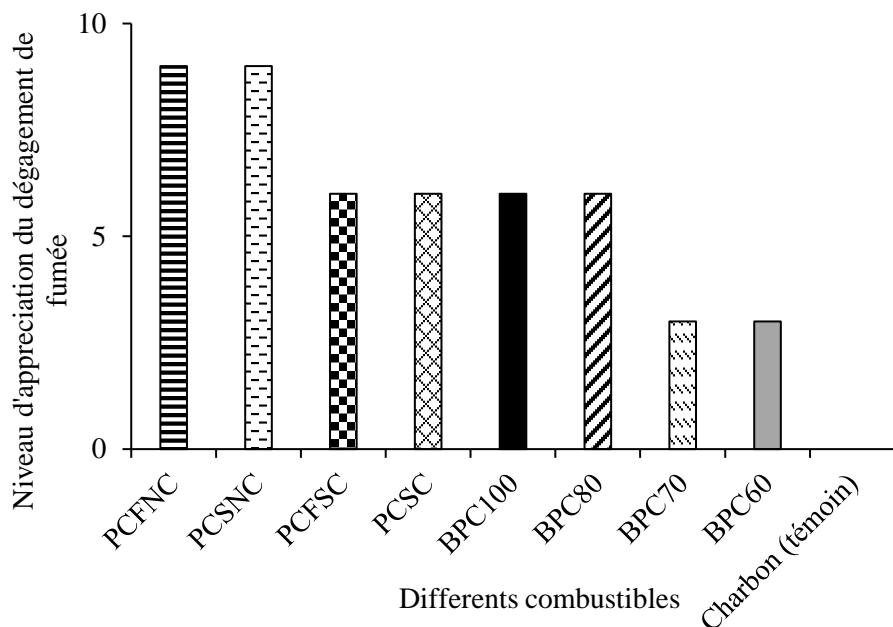


Figure 8. Niveau d'appréciation de dégagement de la fumée en fonction des différents combustibles

PCFNC= pomme de cajou fermentée non carbonisée, PCSNC= pomme de cajou séchée non carbonisée, PCFSC= pomme de cajou fermentée séchée carbonisée, PCSC= pomme de cajou séchée et carbonisée, BPC100= briquette comportant 100% de pommes carbonisées, BPC80= briquette comportant 80% de pommes carbonisées, BPC70= briquette comportant 70% de pommes carbonisées, BPC60= briquette comportant 60% de pommes carbonisées

Dépôt de suie après combustion

Les différentes masses de suie en fonction des combustibles sont indiquées sur la figure 9. La masse de suie déposée sur l'ustensile après la combustion varie de 0 à 3,7 g. La plus grande masse de suie est enregistrée au niveau de la pomme de cajou séchée non carbonisée (PCSNC), suivi de la pomme de cajou fermentée non carbonisée (PCFNC). Les valeurs notées sont respectivement de 3,7g et 3,33 g. La faible masse est observée au niveau du charbon de bois.

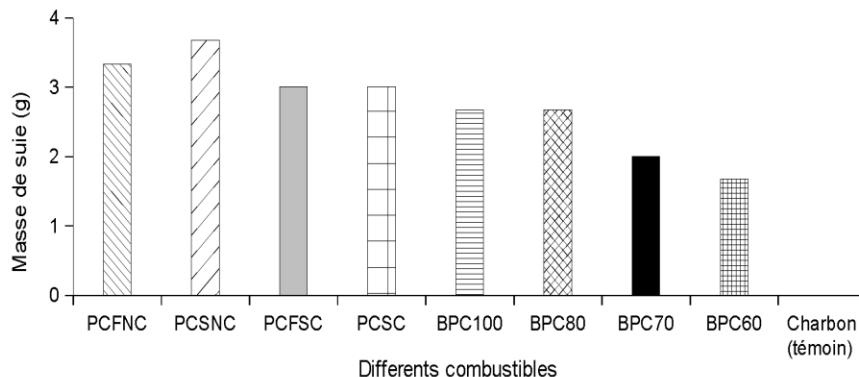


Figure 9. Masse de suie en fonction des différents combustibles.

PCFNC=pomme de cajou fermentée non carbonisée, PCSNC= pomme de cajou séchée non carbonisée, PCFSC= pomme de cajou fermentée séchée carbonisée, PCSC= pomme de cajou séchée et carbonisée, BPC100= briquette comportant 100% de pommes carbonisées, BPC80= briquette comportant 80% de pommes carbonisées, BPC70= briquette comportant 70% de pommes carbonisées, BPC60= briquette comportant 60% de pommes carbonisées

Taux de cendre

La figure 10 fait état du taux de cendre calculé pour les différents combustibles. Le taux de cendre minimal (10%) est enregistré par la briquette comportant 60% de pommes carbonisées (BPC60). Tandis que le taux de cendre maximal (20%) est obtenu par la briquette comportant 100% de pommes carbonisées (BPC100). Il s'en suit la pomme de cajou fermentée non carbonisée (PCFNC) et de la briquette comportant 80% de pommes carbonisées (BPC80) qui en dégagent respectivement 16,25% et 15,83%. La briquette comportant 70% de pommes carbonisées (BPC70) donne 10,42% de cendre. Quant au charbon de bois témoin, il dégage 12,5% de cendre après la combustion.

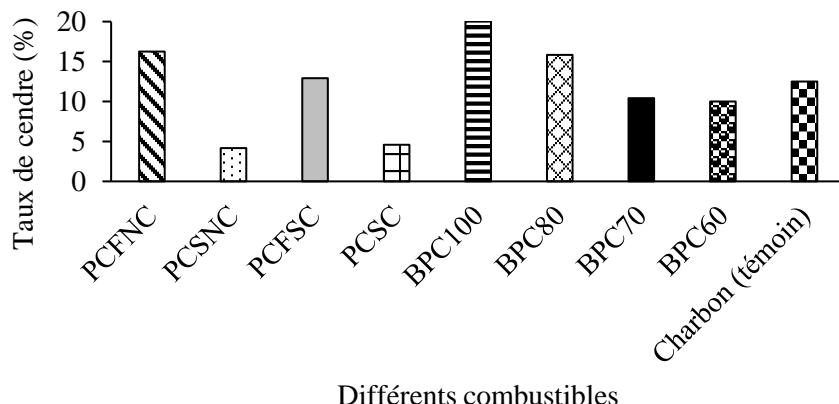


Figure 10 : Taux de cendre enregistré pour chaque combustible.

PCFNC= pomme de cajou fermentée non carbonisée, PCSNC=Pomme de cajou séchée non carbonisée, PCFSC= pomme de cajou fermentée séchée carbonisée, PCSC= pomme de cajou séchée et carbonisée, BPC100= briquette comportant 100% de pommes carbonisées, BPC80= briquette comportant 80% de pommes carbonisées, BPC70= briquette comportant 70% de pommes carbonisées, BPC60= briquette comportant 60% de pommes carbonisées.

Discussion

L'objectif de produire des biocharbons pour substituer le charbon de bois afin d'approvisionner les zones rurales en énergie et de préserver la forêt a conduit à procéder à l'étude de cas concrets pour certaines localités. Ainsi, la présente étude a pris le cas de la région de Tanda. L'étude a donc mis en regard la valorisation énergétique de déchets agricoles comme les pommes de cajou. Celles-ci ont subi ou non une carbonisation pour donner des biocharbons. Par ailleurs, les pommes de cajou carbonisées ont été mélangées à différentes proportions à la sciure de bois pour former des briquettes. Ces différents combustibles ont été caractérisés.

S'agissant de la carbonisation, elle s'est déroulée dans des conditions artisanales avec les pommes fraîches séchées et les pommes fermentées séchées. La température (205°C) atteinte lors de cette carbonisation est dans la plage 100-250°C correspondant aux phases de séchage et de déshydratation notables dans la carbonisation du bois (Khelfa, 2009; Collard et Blin, 2014). Ainsi, lors de ladite phase de séchage (jusqu'à 100°C), l'eau contenue dans les pommes de cajou se vaporiserait sous l'effet de la chaleur. Cette perte d'eau libèrerait des gaz combustibles H₂, CO et CH₄. Dans la phase de déshydratation (100-250°C), il y aurait la décomposition des hémicelluloses

et celluloses amorphes. Cela produirait la formation de certains produits tels que l'acide acétique, le méthanol, l'acide formique.

Concernant la caractérisation des biocharbons et des briquettes, elle était basée essentiellement sur la quantité de chaleur dégagée lors de la combustion, la durée de la combustion, le temps d'ébullition, le dégagement de la fumée, la masse de suie après combustion et le taux de cendres. Il ressort des résultats que les quantités de chaleur dégagées suggéreraient des réactions exothermiques de tous les combustibles avec l'oxygène (Augou et al., 2009). Ces combustibles se seraient donc consumés par conversion thermochimique (Zellagui, 2016). Pour la quantité de chaleur, il s'en vient que le charbon de bois enregistre la plus forte valeur (1122,27 kJ). Ce résultat s'expliquerait par une oxydation accélérée du carbone et l'hydrogène provenant du charbon (Gagné, 2007). En effet, toute oxydation, c'est à dire l'activité de l'oxygène sur le carbone et l'hydrogène dégage de la chaleur. Cependant, une accélération de cette oxydation dégage encore plus de chaleur. Ce qui signifierait selon la même source que le charbon de bois a chauffé à une température suffisante pour que l'oxydation soit si rapide qu'elle se communique spontanément à tout le reste du charbon de bois. Par ailleurs, les quantités de chaleurs considérables (supérieurs à 850 kJ) dégagées par les autres combustibles résulteraient d'un bon ratio oxygène/combustible, d'un bon mélange de l'air et du combustible et enfin d'une bonne température d'ignition (Gagné, 2007). Entre les briquettes confectionnées, il est noté une augmentation de la quantité de chaleur lorsque la proportion de sciure de bois carbonisée augmente et que celle de la pomme de cajou carbonisée diminue dans la briquette. Ce résultat serait dû au taux de carbone de la sciure de bois (Dusabe, 2014 ; Mari, 2014). En effet, l'apport de plus de sciure de bois entraîne aussi une augmentation du taux de carbone. Cela rendra meilleure la combustion car plus de carbone réagira avec l'oxygène. D'où un dégagement de plus en plus élevé de chaleur lorsque la proportion de sciure de bois augmente dans les briquettes. La quantité de chaleur (853,10 kJ) dégagée par la BPC100 est similaire à celle obtenue avec les briquettes en papier (Dusabe, 2014). Il est également observé que les pommes de cajou fermentées non carbonisées (PCFNC) ont dégagées la plus grande quantité de chaleur par rapport aux autres combustibles de pomme de cajou. Cela résulterait de la fermentation et la non fermentation des pommes de cajou qui auraient favorisé les réactions de combustion.

Concernant la durée de combustion, les PCSNC, PCFC et PCFNC se consument plus vite (moins de 45 minutes) que les autres combustibles probablement dû au fait qu'ils auraient un taux élevé en matières volatiles. Ce qui fait que ces combustibles s'enflamment facilement et rapidement (Augou et al., 2009).

Pour la durée d'ébullition, le temps le plus court (10,98 minutes) enregistré par la briquette comportant 100% de pommes carbonisées (BPC100) s'expliquerait par une forte intensité du rayonnement du feu issu de ce combustible (Ouattara et al., 2020). Cette intensité va donc permettre de chauffer plus la casserole. Par ailleurs, le temps le plus long (15,45 minutes) observé avec le charbon de bois est pareil que celui notifié dans les travaux de Ouattara et al. (2020).

A l'exception du charbon de bois, la combustion des autres combustibles dégage de la fumée. Ce qui suggèrerait une forte teneur en matières volatiles dans ces combustibles (Godjo et al., 2015; Ganhoun, 2020.). En effet ces matières entraîneraient une combustion incomplète avec émission de particules imbrûlées. Ces particules seraient nocives pour la santé et l'environnement car constituées de monoxyde de carbone, d'acroléine d'hydrocarbures aromatiques polycycliques (Zhang et al., 2020). Les symptômes causés sont par exemple l'irritation des yeux, du nez et de la gorge, les maux de tête, la nausée et l'étourdissement (Rabot-Querci, 2006 ; Bølling et al, 2009; Kwas et al., 2017 ; Smith et Pillarisetti, 2017). De plus, ces particules imbrûlées pollueraient l'air (Rogaume, 2009; Organisation Mondiale de la Santé, 2018,).

Les taux de cendres des combustibles BPC100 (20%), PCFNC (16,25%) et BPC80 (15,83%) sont supérieurs à ceux des autres combustibles. Ce résultat pourrait être dû à plus de matières minérales et d'impuretés dans les combustibles BPC100, PCFNC et BPC80 (Augou et al., 2019). Les taux de cendres des différents combustibles de la présente étude sont supérieurs aux valeurs typiques de taux de cendres (5-6%) (Abo et al., 2020). Ainsi, les combustibles BPC100, PCFNC et BPC80 seraient moins denses et plus friables vraisemblablement dû à leur faible teneur en lignine (Ganhoun, 2020). Cependant, ces cendres issues des combustibles étudiés sont valorisables en agriculture à l'instar des cendres de bois. En effet, les cendres contiendraient plus ou moins des éléments fertilisants tels que le calcium et le potassium (Hébert et Breton, 2008; Kebli et al., 2017). Par ailleurs, selon la littérature. Ainsi l'utilisation des cendres neutraliserait l'acidité des sols et augmenterait le rendement des cultures. Ces taux sont également plus élevés que ceux des coques de grains de *Balanites Eagyptiaca* (6,66%) et de *Zizyphus Mauritiana* (7,33%) provenant d'un marché de fruits et légumes de Niamey (Mamane et al., 2016). Par contre ces taux sont similaires à ceux obtenus avec les charbons par le pyrolyseur Nad & Co au Benin (Godjo, 2015).

Conclusion

La valorisation de la pomme de cajou a longtemps été orientée vers l'agroalimentaire et vers l'agriculture biologique dans la production de matières organiques agronomiques. Quant à la coque de cajou, seule sa

valorisation énergétique est bien connue et a fait l'objet de beaucoup de recherches. Mais dans cette étude, il s'est agi de montrer que la pomme de cajou pourrait être valorisée sur le plan énergétique dans la production de charbon vert ou biocharbon au bénéfice des populations, surtout celles qui se trouvent dans les zones de production de cajou. En outre, cette forme de valorisation de la pomme de cajou pourrait réduire la pression exercée par lesdites populations sur la forêt, contribuant ainsi à préserver le patrimoine forestier ivoirien. Les principaux résultats obtenus sont les suivants :

- les pommes de cajou fermentées séchées dégagent une quantité de chaleur non négligeable ; ce qui en fait un potentiel combustible qui peut être amélioré ;
- les pommes de cajou carbonisées peuvent être utilisées pour la fabrication de briquettes ayant des potentiels énergétiques appréciables, surtout quand les carbonisats sont mélangés à la sciure de bois ;
- le test relatif à la quantité de chaleur dégagée a montré que les valeurs maximales sont de 1122,27 kJ pour le charbon de bois contre 963,27 kJ pour la pomme de cajou fermentée non carbonisée;
- au niveau de la durée de combustion, les briquettes à base de pomme de cajou ont mis pratiquement le même temps à se consumer que le charbon de bois (environ 60 minutes) ;
- pour le temps d'ébullition de l'eau, tous les combustibles à base de pomme de cajou ont présenté des résultats meilleurs au charbon de bois (moins de 13 min pour les pommes de cajou contre 15 min pour le charbon de bois témoin) ;
- les tests d'appréciation du dégagement de fumée et du dépôt de suie ont montré que tous les combustibles de pomme de cajou dégagent de la fumée et laissent une masse de suie après combustion, contrairement au charbon de bois témoin.

En comparant les différents combustibles de pomme de cajou, il apparaît que la plupart des meilleurs résultats ont été obtenus avec les briquettes comportant 60% de pommes de cajou carbonisées et 40% de sciure de bois carbonisée (BPC60) ; surtout pour ce qui concerne les tests relatifs à la durée de combustion, le dégagement de fumée, le dépôt de suie. Les briquettes comportant 70% de pommes de cajou carbonisées et 30% de sciure de bois carbonisée (BPC70) ont présenté également de bons résultats après les BPC60.

Ainsi, la valorisation énergétique de la pomme de cajou permet d'obtenir des combustibles. En améliorant certaines caractéristiques de ces

combustibles, ceux-ci pourraient substituer le charbon de bois. Dans cette optique, les perspectives suivantes peuvent être proposées :

- déterminer les propriétés physico-chimiques tel que le taux d'humidité, la densité apparente, les teneurs en matières volatiles, en carbone fixe et le pouvoir calorifique supérieur des combustibles de pomme de cajou ;
- d'étudier l'influence d'autres liants sur les combustibles de pomme de cajou.

References:

1. Abdelkader, A. S., Oumarou, S. S., Maârouhi, I. M., Ali, D. B., & Yacoubou, B. (2017). Prévalence Et Diversité De *Salmonella* En Afrique : Analyse Qualitative Et Quantitative. European Scientific Journal, ESJ, 13(30), 250-270
2. Abo, E. A., Yobouet, Y. A., Kouakou, Y. U. & Trokourey, A., (2020). Optimisation de la préparation de charbons activés à base d'épis de maïs et caractérisation physico-chimique. International Journal of Innovation and Applied Studies, 29 (4) : 1161-1171.
3. ARECA (2006). Bilan diagnostic et perspectives de développement de la filière anacarde en Côte d'Ivoire. Atelier national sur la filière anacarde, Rapport général, 48 p.
4. Augou, O. S. F., Ouattara, S., Serifou, M. A., Kouakou, C. H., Djohore, A. C. & Emeruwa, E. (2019). Influence de l'amidon de manioc sur la qualité d'un biocharbon à base de sciure de bois et d'amidon de manioc. Revue RAMReS – Sciences Appliquées de l'Ingénieur, 1(1) : 01-05.
5. Bølling, K. A., Pagels, J., Yttri, K., Barregar, L., Sallsten, G., Schwarze, P. E., & Boman, C. (2009). Health effects of residential wood smoke particles: the importance of combustion conditions and physicochemical particle properties. Particle and Fibre Toxicology, 6(1), 29-49
6. Cluet, B. & Pénot, R., (2011). Valorisation énergétique du typha. Rapport de projet de fin d'étude – Ingénieur. Université Henri Poincaré, Nancy, France. 50 p.
7. Collard, F.-X. & Blin, J. (2014). A review on pyrolysis of biomass constituents: Mechanisms and composition of the products obtained from the conversion of cellulose, hemicelluloses and lignin. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 38: 594-608.
8. Dusabe, M. S., (2014). Étude de faisabilité technique et financière de la valorisation des déchets ménagers organiques, papiers et cartons pour la fabrication des briquettes combustibles à Bujumbura, Burundi.

- Mémoire de master en Ingénierie de l'eau et de l'environnement, Institut international d'ingénierie, Ouagadougou, Burkina Faso. 68 p.
9. Etsè, A., Sanonka, T., Kokou, S., Magnoudéwa, B. B., Kokou, D., Koffi, K. A., Gado, T., & Gnon, B. (2014). Étude de la disponibilité du phosphore assimilable des composts de déchets urbains dans deux sols différents. European Scientific Journal, ESJ, 10(6), 156-167
10. Gagné, D. (2007). Principes de combustion appliqués au chauffage au bois. Direction de santé publique, Agence de services de santé et de services sociaux de l'Abitibi-Témiscamingue. 27 p.
11. Ganhoun, G. (2020). Influence de l'essence de bois et de la température de carbonisation sur le rendement pondéral et la qualité du charbon de bois. Thèse de doctorat. Université d'Abomey-Calavi, Abomey-Calavi, Benin. 144 p.
12. Godjo, T., Tagutchou, J.-P., Naquin, P. & Gourdon, R., (2015). Valorisation des coques d'anacarde par pyrolyse au Bénin. Déchets Sciences et Techniques, 70 : 11-18.
13. Guillaume, K. B., Serpokrylov, N. S., Smolyanichenko, A. S., Cheblakova, E. G., Gorina, V. A. & Yoboué, D. V. (2019). Caractéristiques physico-chimiques du charbon de pyrolyse de coques de noix d'anacarde et des charbons actifs qui en sont dérivés. Déchets Sciences et Techniques, 82 : 17-24.
14. Hébert, M. & Breton, B. (2008). Recyclage agricole des cendres de bois au Québec- état de la situation, impacts et bonnes pratiques agro-environnementales. Agrosolutions, 19(2) : 18-33
15. Hirczàk, M. & Mollard, A. (2004). Qualité des produits agricoles et de l'environnement : le cas de Rhône-Alpes. Revue d'Économie Régionale et Urbaine, 5 : 845-868.
16. Institut National de la Statistique (2016). RGPH-2014 Résultats globaux [En ligne], Disponible sur : <https://www.ins.ci/documents/rgph /ivoirien18plus.pdf>, [consulté le 26 janvier 2021].
17. Kebli, H., Maltais, A. & Sinaj, S. (2017). Potentiel agronomique des cendres issues de bois recyclé. Recherche Agronomique Suisse, 8 (1): 30-37
18. Khelfa, A. (2009). Étude des étapes primaires de la dégradation thermique de la biomasse lignocellulosique. Université Paul Verlaine, Metz, France. 216 p
19. Kouassi, A. K. E. (2018). Contribution à la valorisation des sous-produits agricoles en bioproduits. Thèse de doctorat en Sciences des Agroressources. Université de Toulouse, Toulouse, France. 169 p.

20. Kwas, H., Guermazi, E., Zendah, I., Khattab, A., & Ghédira, H. (2017). Symptômes respiratoires et exposition à la biomasse. *Revue Des Maladies Respiratoires*, 34 : A297- A298.
21. Mamane, O. S., Zanguina, A., Daou, I. & Natatou, I. (2016). Préparation et caractérisation de charbons actifs à base de coques de noyaux de *Balanites Eagyptiaca* et de *Zizyphus Mauritiana*. *Journal de la Société Ouest-Africaine de Chimie*, 41 : 59- 67.
22. Mari, R. (2014). Torrefied and carbonized wood, fuel properties and turn of exothermic reaction. Master's Thesis, University of Helsinki, Helsinki, Finlande. 77 p.
23. Michodjehoun-Mestres, L., (2009). Étude des composés phénoliques de la pomme cajou (*Anacardium occidentale* L.). Thèse de doctorat, Université de Montpellier 2, Montpellier, France. 194 p.
24. Ministère de l'Agriculture et du Développement Rural (MINADER) (2020). Rapport annuel d'activités de la Direction Départementale de l'Agriculture et du Développement Rural (DDADER) de Tanda. 66 p.
25. Organisation Mondiale de la Santé (2018). Pollution de l'air et santé de l'enfant : prescrire un air sain. Résumé. Genève: WHO/CED/PHE/18.01. Licence: CC BY-NC-SA 3.0 IGO.32p
26. Programme Global Business Network (2020). Partnership Ready Côte d'Ivoire : Gestion et recyclage des déchets organiques. Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ).8 p. [consulté le 15 mai 2021].
27. Rabot-Querci, M. L., (2006). Etude d'un dispositif de traitement des imbrûlés des appareils de chauffage indépendants au bois. Thèse de doctorat en sciences du bois, Université Henri Poincaré, Nancy, France. 246 p.
28. Rogaume, Y. (2009). La combustion du bois et de la biomasse. Pollution Atmosphérique - numéro spécial. 65-81
29. Sangaré, A., Koffi, E., Akamou, F. & Fall, C. A. (2009). État des ressources phytogénétiques pour l'alimentation et l'agriculture. Second rapport national. Ministère de l'Agriculture, Côte d'Ivoire. <http://www.fao.org/pgrfa-gpa-archive/mar/maroc2.pdf>
30. Sarra, M., Chafia, Z., & Mostefa, B. (2018). Y A-T-II Une Relation Entre Teneur En Chlorophylle Et Accumulation De La Proline Chez Les Céréales À Paille Sous Déficit Hydrique?. *European Scientific Journal, ESJ*, 14(15), 234-245
31. Smith, K. R. & Pillarisetti, A. (2017). Household Air Pollution from Solid Cookfuels and Its Effects on Health. In: *Injury Prevention and Environmental Health*. 3rd ed. The International Bank for Reconstruction and Development / The World Bank, Washington (DC); PMID: 30212117.

32. Toundou, O., Tozo, K., Amouzouvi, K. A. A., Kolani, L., Tchangbedji, G., Kili, K., & Gnon, B. (2014). Effets de la biomasse et du compost de cassia occidentalis l. sur la croissance en hauteur, le rendement du maïs (*zea mays l.*) et la teneur en npk d'un sol dégradé en station expérimentale. European Scientific Journal, ESJ, 10(3),294-308
33. YEYA NEGOCE (2020). Étude sur la diversification du cacao et de la noix de cajou, Rapport final,
34. https://www.kakaoforum.de/fileadmin/Redaktion/Studien/Rapport_final_revise_sur_la_diversification_cacao-anacarde_28_01_2021.pdf [consulté le 28 janvier 2021]
35. Zellagui, S. (2016). Pyrolyse et combustion de solides pulvérisés sous forts gradients thermiques : Caractérisation de la dévolatilisation, des matières particulaires générées et modélisation. Thèse de doctorat en Génie des procédés. Université de Haute Alsace, Alsace, France. 215 p.
36. Zhang, L., Yang, L., Zhou, Q., Zhang, X., Xing, W., Wei, Y., Hu, M., Zhao, L., Toriba, A., Hayakawa, K. & Tang, N. (2020). Size distribution of particulate polycyclic aromatic hydrocarbons in fresh combustion smoke and ambient air: A review. Journal of Environmental Sciences, 88 : 370-384

Valorisation Energetique des Dechets Agricoles : cas de la Pomme de Cajou dans le Departement de Tanda (Côte d'Ivoire)

Mangoua-Allali Amenan Lydie Clarisse, PhD

Kone Tiangoua, PhD

Messou Aman, PhD

Université NANGUI ABROGOUA/UFR Sciences et Gestion de l'Environnement, Laboratoire d'Environnement et de Biologie Aquatique, Côte d'Ivoire

Nikebie Koffi Olivier Fabrice, MA

Direction Départementale de l'Agriculture et du Développement Rural de Tanda, Côte d'Ivoire

Coulibaly Lacina, PhD, Professeur

Université NANGUI ABROGOUA/UFR Sciences et Gestion de l'Environnement, Laboratoire d'Environnement et de Biologie Aquatique, Côte d'Ivoire

[Doi:10.19044/esj.2022.v18n27p142](https://doi.org/10.19044/esj.2022.v18n27p142)

Submitted: 10 June 2022

Copyright 2022 Author(s)

Accepted: 08 August 2022

Under Creative Commons BY-NC-ND

Published: 31 August 2022

4.0 OPEN ACCESS

Cite As:

Mangoua-Allali A.L.C., Kone T., Messou A., Nikebie K.O.F. & Coulibaly L. (2022) *Valorisation Energetique des Dechets Agricoles : cas de la Pomme de Cajou dans le Departement de Tanda (Côte d'Ivoire)*. European Scientific Journal, ESJ, 18 (27), 142. <https://doi.org/10.19044/esj.2022.v18n27p142>

Résumé

Cette étude s'est proposée de valoriser la pomme de cajou e combustible. Le matériel est constitué de pommes de cajou séchée non carbonisée (PCSNC), pommes de cajou fermentées séchées carbonisées (PCFSC), pommes de cajou séchées et carbonisées (PCSC), briquettes comportant 100% de pommes carbonisées et 0% de sciure de bois carbonisée (BPC100), briquettes comportant 80% de pommes carbonisées et 20% de sciure de bois carbonisée (BPC80), briquettes comportant 70% de pommes carbonisées et 30% de sciure de bois carbonisée (BPC70), briquettes comportant 60% de pommes carbonisées et 40% de sciure de bois carbonisée (BPC60). Ces combustibles ont été caractérisés en déterminant la quantité de

chaleur dégagée, la durée de combustion, le temps d'ébullition, le niveau de dégagement de fumée, la masse de suie après combustion et le taux de cendres. Les valeurs obtenues pour ces paramètres ont été comparées à celles du charbon de bois. Il ressort que les quantités de chaleur dégagées par PCFNC (963 KJ) et PCSNC (943 kJ) sont relativement proches de celle (1122 kJ) du charbon de bois. Pour la durée de combustion, ce sont les briquettes et le charbon de bois témoin qui mettent plus de temps à se consumer (60 minutes, environ). Le temps le plus court d'ébullition de l'eau est obtenu avec BPC100 (10,98 minutes contre 15,45 minutes pour le charbon de bois). Les combustibles à base de pommes de cajou ont tous dégagé de la fumée et ont favorisé un dépôt de suie après la combustion contrairement au charbon de bois. Au niveau de la cendre, BPC60 et BPC70 ont produit moins de cendre (10g) que le charbon de bois (12,5g). Au vu de ces résultats, si certaines caractéristiques de la pomme de cajou sont améliorées, sa valorisation énergétique est possible.

Mots-clés: Pomme de cajou, valorisation énergétique, combustible, carbonisation, briquette

Energy Recovery from Agricultural Waste: the Case of Cashew Apples from Tanda Department (Cote d'Ivoire)

Mangoua-Allali Amenan Lydie Clarisse, PhD

Kone Tiangoua, PhD

Messou Aman, PhD

Université NANGUI ABROGOUA/UFR Sciences et Gestion de l'Environnement, Laboratoire d'Environnement et de Biologie Aquatique, Côte d'Ivoire

Nikebie Koffi Olivier Fabrice, MA

Direction Départementale de l'Agriculture et du Développement Rural de Tanda, Côte d'Ivoire

Coulibaly Lacina, PhD, Professeur

Université NANGUI ABROGOUA/UFR Sciences et Gestion de l'Environnement, Laboratoire d'Environnement et de Biologie Aquatique, Côte d'Ivoire

Abstract

This study intended to valorize the cashew apple or cashew nut into fuel. The material consists of cashew apples and sawdust, which allowed us to obtain 8 types of fuel. This includes dried cashew apples without carbonization (PCSNC), dried fermented cashew apples with carbonization (PCFSC), dried

cashew apples with carbonization (PCSC), and briquettes with 100% carbonized apples and 0% sawdust with carbonization (BPC100), briquettes with 80% carbonized apples and 20% carbonized sawdust (BPC80), briquettes with 70% carbonized apples and 30% carbonized sawdust (BPC70), briquettes with 60% carbonized apples and 40% carbonized sawdust (BPC60). These fuels were characterized by determining the amount of released heat, combustion time, boiling time, level of smoke release, soot mass after combustion, and ash content. The values obtained for these parameters were compared with those of charcoal. The heat release of PCFNC (963 kJ) and PCSNC (943 kJ) is relatively close to that of charcoal (1122 kJ). The briquettes and the control charcoal take longer to burn (about 60 minutes, in terms of burning time. The shortest water boiling time was obtained with BPC100 (10.98 minutes versus 15.45 minutes for charcoal). Cashew apple fuels all gave off smoke and promoted soot deposition after combustion. This was not the same as charcoal's case. Regarding ash generation, BPC60 and BPC70 produced less ash (10g) than charcoal (12.5g). Considering these results, if some characteristics of the cashew apple are improved, its energy valorization is possible.

Keywords: Cashew apple, energy valorization, fuel, carbonization, briquettes

Introduction

Le mode de nutrition des populations et l'amélioration des systèmes agricoles génèrent des résidus (Kouassi, 2018). Ceux-ci ne sont souvent pas valorisés et constituent ainsi des déchets polluant l'environnement (Hirczák et Mollard, 2004). Cette pollution peut se manifester par la propagation et la transmission d'agents pathogènes comme *Salmonella* (Abdelkader et al., 2017). Ainsi, dans les solutions de gestion des déchets, des études se sont penchés sur l'utilisation de composts à base de déchets urbains pour amender des sols (Etsè et al., 2014). Dans le domaine agricole, des plantes comme *Cassia occidentalis* L. ont été utilisées sous formes d'engrais vert, de composts et de jachère améliorée pour régénérer la fertilité d'un sol dégradé (Toundou et al., 2014).

En Côte d'Ivoire, le succès économique repose sur l'agriculture. En effet, les conditions environnementales et climatiques ont été propices au pays pour le développement tant de cultures industrielles que vivrières (Sangaré et al., 2009). Ce qui a valu à la Côte d'Ivoire d'être premier producteur mondial de cacao et de cajou, premier producteur africain d'hévéa, de mangues, etc. (Programme Global Business Network, 2020). Cependant, selon la même source, les déchets provenant des cultures ne sont pratiquement pas valorisés et sont parfois sources de maladies pour les plantes (exemple du cacao). Ces maladies pourraient empêcher les plantes de s'alimenter en eau. De ce fait, ce

déficit hydrique provoque chez les plantes la mise en place d'un état de régulation grâce à une accumulation de composés osmo-régulateurs comme la proline (Sarra et al., 2018) . L'état de Côte d'Ivoire estime entre 15 et 17 millions de tonnes la production annuelle de déchets agricoles (Programme Global Business Network, 2020).

Au niveau de la filière de l'anacardier, la culture s'effectue dans 19 régions de la Côte d'Ivoire (ARECA, 2016) dont celle du Gontougo, dans le Nord-Est.

L'anacardier (*Anacardium occidentale* L.) est un arbre qui produit à maturité comme fruit, des noix. Ces dernières, en forme de rein sont enfoncées dans des pédoncules hypertrophiés, charnus et juteux appelés pommes de cajou ou d'anacarde (Michodjehoun-Mestres, 2009).

Relativement au département de Tanda situé dans le Gontougo, l'anacarde est la principale culture de la zone. Les noix de cajou produites sont estimées à plus de 20 000 tonnes (MINADER, 2020). Celles-ci sont commercialisées. Quant aux coques, elles sont valorisées en énergie (Guillaume et al., 2019) dans la zone et dans de nombreux pays tels que le Benin et le Burkina-Faso (Godjo, 2015). Pour ce qui est des pommes de cajou, selon la littérature, leur principale voie de valorisation dans de nombreux pays demeure la transformation en jus, vinaigre et éthanol. Mais à Tanda les pommes de cajou, dont la production est estimée à 33 923,15 tonnes (MINADER, 2020), sont abandonnées dans les vergers (YEYA NEGOCE, 2020). Toutefois, l'on constate que certaines populations rurales de Tanda utilisent les pommes de cajou séchées comme des biocharbons. Une maîtrise des propriétés énergétiques desdits biocharbons par des procédés scientifiques simples comme la carbonisation constitue une alternative de grand intérêt (Cluet et Penot, 2011). Ainsi, cette valorisation des pommes de cajou dans la région de Tanda où la majorité des ménages en milieu rural disposent de parcelles d'anacarde couvrirait les besoins énergétiques desdits ménages. Par ailleurs, cela protégerait le couvert forestier. En effet, lesdites populations utilisent principalement le bois comme source d'énergie car ne disposant pas toujours de ressources financières pour s'approvisionner en gaz butane. Cette utilisation massive du bois entraînerait la déforestation (Dusabe, 2014).

Au regard de cette situation, la présente étude vise à évaluer le potentiel énergétique des pommes de cajou du département de Tanda comme alternative partielle ou totale au charbon de bois. Plus spécifiquement, il s'agit de (i) transformer les pommes de cajou carbonisés et non carbonisées en combustibles, (ii) déterminer les paramètres calorifiques desdits combustibles (quantité de chaleur dégagée, durée de combustion, temps d'ébullition, dégagement de fumée, masse de suie après combustion et taux de cendre).

Matériel et méthodes

2.1 Matériel

2.1.1 Zone d'étude

L'étude s'est déroulée dans le département de Tanda (région du Gontougo) qui s'étend sur 1625 km². Ce département est situé dans le Nord-Est de la Côte d'Ivoire. Il est délimité au Nord par celui de Bondoukou, au Sud par ceux de Koun-Fao et Transua, à l'Ouest par les départements de Sandégué et Koun-Fao et à l'Est par celui de Transua (Figure 1).

Concernant la population du département de Tanda, elle est estimée à 77 555 habitants selon le Recensement Général de la Population et de l'Habitat de 2014 (Institut National de la Statistique, 2016).

Dans le département de Tanda, les plaines constituent la majeure partie du relief avec des plaines littorales (0 à 100 m) qu'on rencontre le long des affluents de la Comoé (MINADER, 2020).

Pour ce qui est de la végétation, elle est composée de recrues forestières, de parcelles de reboisements de teck, d'autres essences forestières ainsi que de grandes bandes de jachères et de végétations savanicoles (MINADER, 2020). Selon cette même source, les types de sols rencontrés dans le département de Tanda sont :

les sols ferrallitiques faiblement désaturés qui sont les plus fertiles ;

les sols ferrallitiques moyennement ou fortement saturés, meubles, bien drainés et conviennent aux plantes à tubercule ;

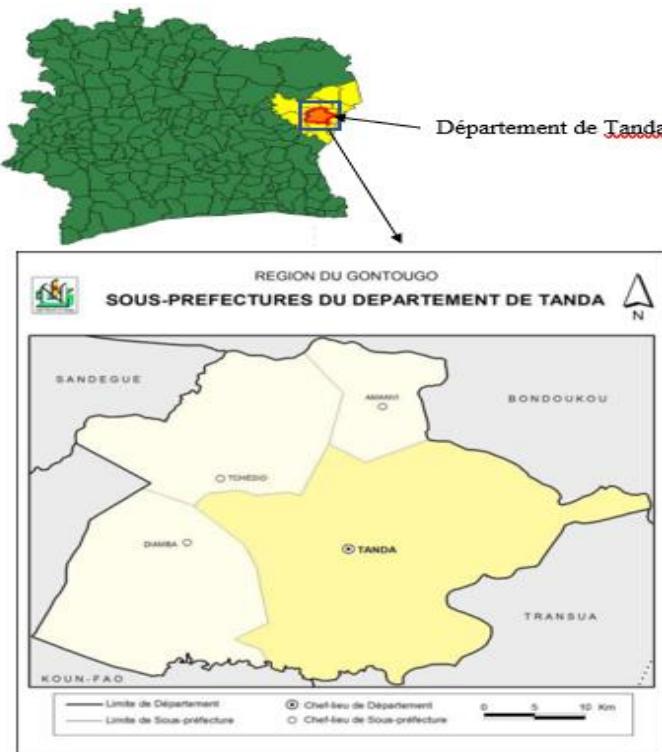
les sols de bas-fond, en général très sableux et favorable à la riziculture ;

les sols gravillonnaires de plateau propices aux cultures vivrières.

Le réseau hydrographique est constitué de marigots et de cours d'eau (la Bimbé, le Maléfi et la Béréné) permanents (MINADER, 2020). Le régime climatique est de type tropical humide avec deux saisons pluvieuses et deux saisons sèches (MINADER, 2020).

Les cultures pratiquées en majorité dans le département sont les cultures de rente (anacarde, café, cacao, hévéa, etc.), les cultures vivrières et maraîchères (manioc, igname, gombo, aubergine, tomate, **Figure 1.**

Présentation de la zone d'étude



2. Matériel végétal

Le matériel végétal est constitué de pommes fraîches, de pommes fermentées séchées naturellement (Figure 2) et de sciure de bois. Pour la pomme fraîche, elle est séchée au soleil durant l'étude pour donner des pommes sèches à 8% d'humidité. Ces pommes séchées sont soit carbonisées, soit utilisées comme telles pour servir de combustible. Quant aux pommes fermentées et séchées naturellement, elles sont également caractérisées comme combustibles. Mais avant, une quantité sera carbonisée et une autre ne le sera pas.

S'agissant de la sciure de bois, elle est carbonisée et mélangée à différentes proportions avec la pomme de cajou carbonisée. Ce mélange permet d'obtenir des briquettes contenant respectivement 0%, 20%, 30% et 40% de sciure de bois carbonisée. Ces briquettes sont également caractérisées.



Figure 2 : échantillons de pommes de cajou fraîches (A), fermentées et séchées naturellement (B)

Matériel technique

Le matériel technique nécessaire à la réalisation de cette étude est présenté dans le tableau 1.

Tableau 1. Liste du matériel technique utilisé pour l'étude

Désignation	Utilisation
Balance électronique 10 kg (Haper)	Mesure de la masse des pommes de cajou fraîche collectée dans les vergers.
Balance numérique 200 kg (Iscal)	Mesure de la masse des échantillons de combustibles et autres matériaux ou matériel d'expérimentation
Thermomètre industriel numérique (Unit)	Mesure de la température de la sciure carbonisée et celle de pomme de cajou en fermentation
Moulin à grain manuel (fabrication locale)	Broyage de la pomme de cajou séchée
Brûleur à charbon électronique (chichia)	Facilitation de l'allumage des combustibles
Casserole en aluminium de 2 litres (Ivoiral)	Réalisation de l'expérience de détermination de la quantité de chaleur dégagée par les combustibles
Fût métallique de 10 litres	Carbonisation des pommes de cajou et la sciure de bois

2.2. Méthode

Collecte des échantillons de pommes de cajou

20 kg de pommes de cajou fraîches et 3 kg de pommes fermentées séchées naturellement ont été prélevés dans 04 vergers choisis de façon aléatoire.

Les pommes de cajou fraîches collectées ont été séchées au soleil jusqu'à l'obtention de pommes sèches. Celles-ci sont directement caractérisées ou carbonisées avant caractérisation.

2.2.2 Carbonisation des pommes de cajou

Un échantillon de pommes de cajou fermentées et séchées naturellement et un échantillon de pommes de cajou séchées pendant l'étude ont été carbonisés jusqu'à 205 °C, dans un fût métallique de 10 litres.

Les combustibles de chauffage (Cc) combinés pour la confection des briquettes sont les pommes de cajou carbonisées et la sciure de bois carbonisée. La sciure de bois a été carbonisée dans les mêmes conditions que les pommes de cajou. Une fois carbonisés, les combustibles de chauffage (Cc) ont été broyés dans un moulin à grain manuel séparément.

Les poudres de sciure de bois et de pomme de cajou obtenues ont été mélangées pour obtenir différentes formulations. Au total, quatre formulations de briquettes ont été obtenues (Figure 3). Briquette BPC100 avec 100 % de pomme de cajou, briquette BPC80 avec 80% de pomme de cajou et 20% de sciure de bois, briquette BPC70 avec 70% de pomme de cajou et 30% de sciure de bois et enfin la briquette BPC60 avec 60% de pomme de cajou et 40% de sciure de bois. Le liant utilisé est l'empois d'amidon de manioc (Ea) dans un rapport Ea/Cc égale à 0,87 (Ouattara et al., 2020).

Confection des briquettes

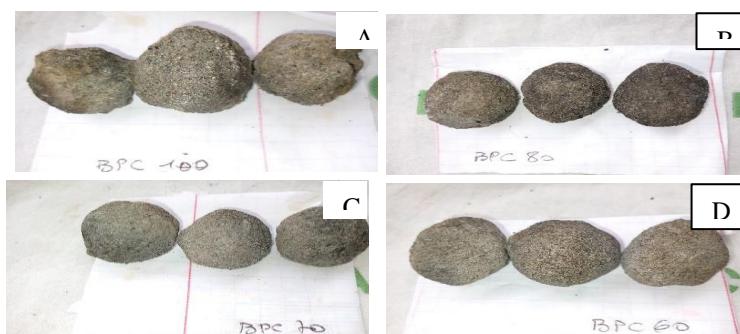


Figure 3. Différents types de briquettes BPC100 (A), BPC80 (B), BPC 70 (C) et BPC 60 (D)

2.2.4 Prélèvement des échantillons de combustibles de pomme de cajou

Les pommes de cajou séchées ont été scindées en quatre lots pour constituer les combustibles à caractériser (Tableau 2).

Tableau 2. Différents échantillons de pommes de cajou caractérisés

Désignation	Codification	Quantité (kg)
Pomme de cajou séchée non carbonisée	PCSNC	0,3
Pomme de cajou fermentée séchée non carbonisée	PFSNC	0,3
Pomme de cajou séchée carbonisée	PCSC	0,3
Pomme de cajou fermentée séchée et carbonisée	PFSC	0,3

Méthode de caractérisation des combustibles

Les briquettes confectionnées et les pommes séchées ont fait l'objet de caractérisation. Comme témoin, un échantillon de charbon de bois, acheté sur le marché local, est également caractérisé pour apprécier la qualité des biocharbons et briquettes confectionnées. La quantité de chaleur, la durée de combustion, le temps d'ébullition, le dégagement de fumée, le dépôt de suie après combustion et le taux de cendre ont été mesurés.

$$Teb \text{ (min)} = Tdeb - Tp \quad \text{Équation 3}$$

Avec :

Teb : temps d'ébullition de l'eau ; Tdeb : temps à partir duquel l'eau boue ;
Tp : temps à partir duquel la casserole est posée au feu.

2.2.5.4. Dégagement de fumée

La fumée dégagée lors de la combustion de chaque combustible a été appréciée durant les expérimentations. De façon arbitraire, un barème d'appréciation de cette fumée a été mis en place (tableau 3).

Tableau 3. Niveau d'appréciation de la fumée dégagée par la combustion

Observation	Appréciation
Trop de fumée	9
Fumée	6
Peu de fumée	3
Pas de fumée	0

2.2.5.5. Dépôt de suie après combustion

Après l'ébullition de l'eau, il arrive que le combustible laisse un dépôt noir goudronneux sur l'ustensile. La masse de dépôt (Md) a été déterminée à partir de la différence entre la masse de l'ustensile après expérimentation (Mcex) et la masse initiale de l'ustensile (Mci) (équation 4).

$$Md = Mcex - Mci \quad \text{Équation 4}$$

Avec

Md = Masse de dépôt ; Mcex = Masse de la casserole après expérimentation ;
Mci = Masse initiale de la casserole

2.2.5.6. Taux de cendre

Le taux de cendre est calculé après avoir consumé une masse de 80 g de chaque combustible jusqu'à l'obtention de la cendre. La cendre obtenue a été pesée à l'aide d'une balance électronique de marque Haper. Le taux de cendre a été calculé ensuite selon l'équation 5.

$$\text{Taux de cendre} (\%) = \frac{\text{masse de cendre}}{\text{masse des briquettes (ou du charbon)}} \quad \text{Équation 5}$$

Résultats

La quantité de chaleur dégagée par les différents combustibles est illustrée sur la figure 4. Dans l'ensemble, tous les combustibles dégagent une quantité de chaleur supérieure à 850 kJ. La valeur maximale (1122,27 kJ) est enregistrée par le charbon de bois témoin. Il est suivi de la pomme de cajou fermentée non carbonisée (PCFNC), puis de la pomme de cajou séchée non carbonisée (PCSNC), puis encore de la pomme de cajou fermentée séchée et carbonisée (PCFSC), et enfin de la pomme de cajou séchée et carbonisée (PCSC), avec respectivement les valeurs de 963,27 kJ ; 943,12 kJ ; 918,27 kJ et 915,72 kJ. Tandis que la valeur minimale (853,1 kJ) est obtenue par la briquette comportant 100% de pommes carbonisées (BPC100). Les autres valeurs sont de 855,56 kJ pour les briquettes comportant 80% de pommes carbonisées (BPC80), 883,16 kJ pour les briquettes comportant 70% de pommes carbonisées (BPC70) et 890,51 kJ pour les briquettes comportant 60% de pommes carbonisées (BPC60).

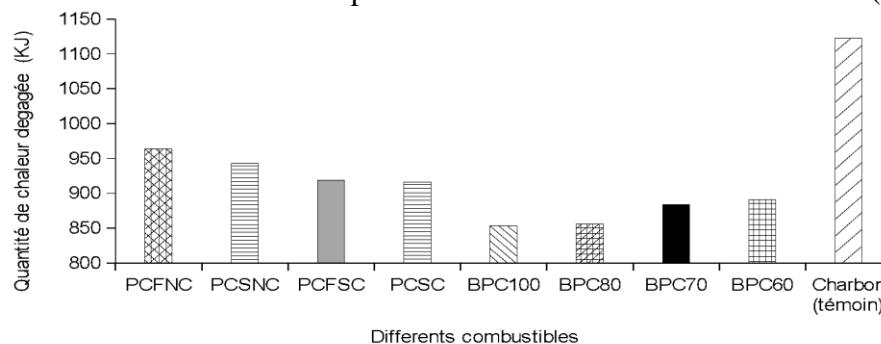


Figure 4. Quantité de chaleur dégagée par les différents combustibles. PCFNC= pomme de cajou fermentée non carbonisée, PCSNC= pomme de cajou séchée non carbonisée, PCFSC= pomme de cajou fermentée séchée carbonisée, PCSC= pomme de cajou séchée et carbonisée, BPC100= briquette comportant 100% de pommes carbonisées, BPC80= briquette comportant 80% de pommes carbonisées, BPC70= briquette comportant 70% de pommes carbonisées, BPC60= briquette comportant 60% de pommes carbonisées. **Durée de combustion** La durée de combustion des échantillons de biocharbons et de charbon de bois témoin est présentée par la figure 5. On remarque que la pomme de cajou séchée non carbonisée (PCSNC) se consume le plus.

Quantité de chaleur dégagée

2.2.5.1 Quantité de chaleur

Pour déterminer la quantité de chaleur, une casserole en aluminium de masse (ml), contenant une masse d'eau (m2), a été portée à ébullition sur une durée donnée (Δt), grâce à un brûleur de charbon (de quantité de chaleur "Qb" connue) et des différents combustibles. A partir du bilan énergétique, (équation 1), la quantité de chaleur de chaque combustible a été calculée.

$$Qc = (m1 \cdot C1 + m2 \cdot C2) \cdot (Tf - Ti) + Qb$$

Équation 1

Avec :

m_1 =masse de la casserole en aluminium en kg ; C_1 =chaleur massique de l'aluminium qui est égale 900J/(kg.K) ; m_2 = masse de l'eau en kg ; C_2 = chaleur massique de l'eau qui est égale 4186 J/(kg.K) ; Q_b = quantité de chaleur du brûleur de charbon qui est égale à 1000watts ; T_f = Température finale de l'eau; T_i =Température initiale de l'eau; Q_c = quantité de chaleur en joule.

2.2.5.2. Détermination de la durée de combustion des combustibles

L'essai sur la durée de combustion (DC) consiste à déterminer le temps de combustion totale d'un combustible, depuis l'allumage jusqu'à l'obtention de la cendre (Ouattara et al., 2020). Pour ce test, 80 g de combustibles sont introduits dans un brûleur de charbon préalablement chauffé pendant 5 minutes. Ensuite les temps de début et de fin de combustion sont relevés afin de déterminer la durée de combustion selon l'équation 2.

$$DC = T_f - T_i$$

Équation 2

Avec :

DC : temps que met les combustibles pour se consumer ;

T_f : temps de fin de combustion des combustibles ;

T_i : temps de début de combustion des échantillons.

2.2.5.3. Temps d'ébullition

Le temps d'ébullition de l'eau correspond au temps que met l'eau pour bouillir (équation 3). vite (41,26 min). En revanche, toutes les briquettes et le charbon de bois témoin mettent plus de temps à se consumer. Cette durée de combustion (60 min) est sensiblement identique pour ces combustibles. Quant aux pommes de cajou fermentées non carbonisées (PCFNC), pommes de cajou fermentées séchées carbonisées (PCFSC) et pommes de cajou séchées et carbonisées (PCSC), la durée de combustion oscille entre 45 et 50 min.

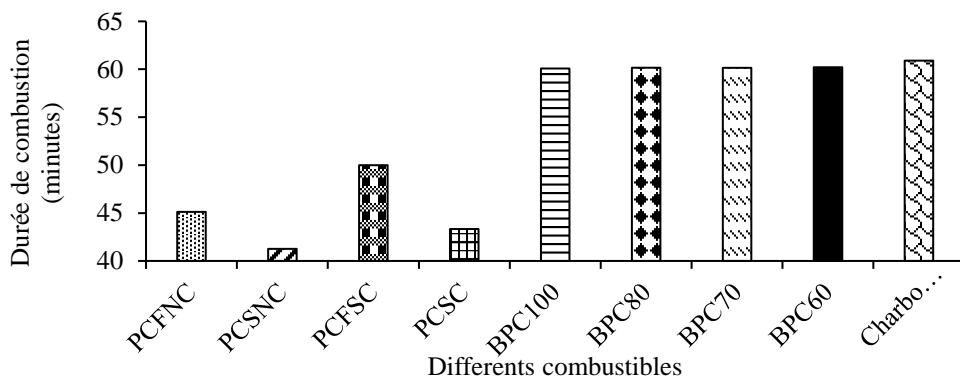


Figure 5. Durée de combustion des différents combustibles

PCFNC= pomme de cajou fermentée non carbonisée, PCSNC= pomme de cajou séchée non carbonisée, PCFSC= pomme de cajou fermentée séchée carbonisée, PCSC= pomme de cajou séchée et carbonisée, BPC100= briquette comportant 100% de pommes carbonisées, BPC80= briquette comportant 80% de pommes carbonisées, BPC70= briquette comportant 70% de pommes carbonisées, BPC60= briquette comportant 60% de pommes carbonisées

Temps d'ébullition

Le temps que l'eau met pour bouillir en fonction des différents combustibles est montré sur la figure 6. Le temps le plus court (10,98 minutes) d'ébullition de l'eau est enregistré par la briquette comportant 100% de pommes carbonisées (BPC100). Par contre, le temps le plus long (15,45 minutes) est observé avec le charbon de bois. Les temps d'ébullition de l'eau des autres combustibles sont des valeurs intermédiaires entre celles minimale et maximale précitées.

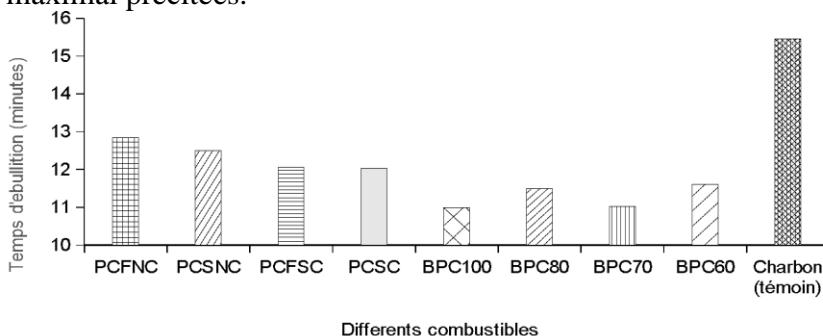


Figure 6. Temps mis par l'eau pour bouillir en fonction des différents combustibles

PCFNC= pomme de cajou fermentée non carbonisée, PCSNC= pomme de cajou séchée non carbonisée, PCFSC= pomme de cajou fermentée

séchée carbonisée, PCSC= pomme de cajou séchée et carbonisée, BPC100= briquette comportant 100% de pommes carbonisées, BPC80= briquette comportant 80% de pommes carbonisées, BPC70= briquette comportant 70% de pommes carbonisées, BPC60= briquette comportant 60% de pommes carbonisées.

Dégagement de fumée

La fumée dégagée par les combustibles est illustrée par la figure 7. Par ailleurs, les niveaux d'appréciation du dégagement de cette fumée sont présentés par la figure 8. Les pommes de cajou séchées non carbonisées (PCSNC) et les pommes de cajou fermentées non carbonisées (PCFNC) dégagent beaucoup de fumées (figure 7A). Le niveau d'appréciation du dégagement de la fumée de ces combustibles est de 9. Les pommes de cajou séchées et carbonisées (PCSC), les pommes de cajou fermentées séchées carbonisées (PCFSC), les briquettes comportant 100% de pommes carbonisées et les briquettes comportant 80% de pommes carbonisées (BPC80) dégagent également de la fumée dont le niveau d'appréciation est de 6 (figure 7B). Les briquettes comportant 70% de pommes carbonisées (BPC70) et les briquettes comportant 60% de pommes carbonisées (BPC60) dégagent moins de fumée que les précédents (figure 7C). Le niveau d'appréciation de dégagement de fumée de ces derniers est de 3. Le charbon de bois témoin est le combustible qui ne dégage pas de fumée pendant sa combustion ; d'où le niveau d'appréciation du dégagement de fumée évalué à 0.

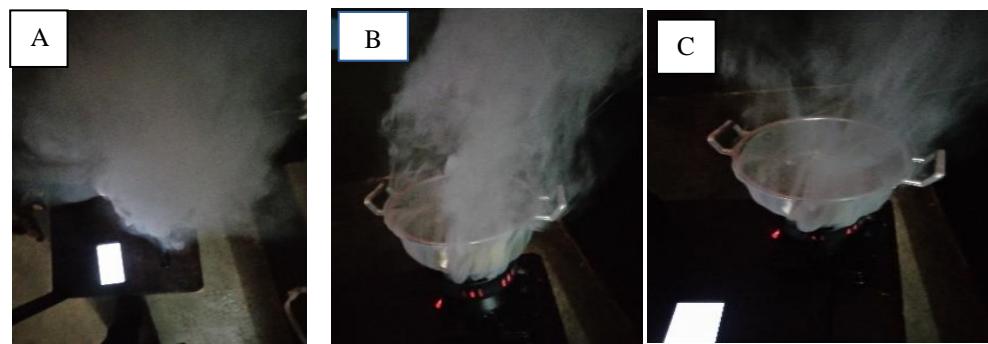


Figure 7. Dégagement de la fumée et niveaux d'appréciation du dégagement
(A= 9, B=6, C=3)

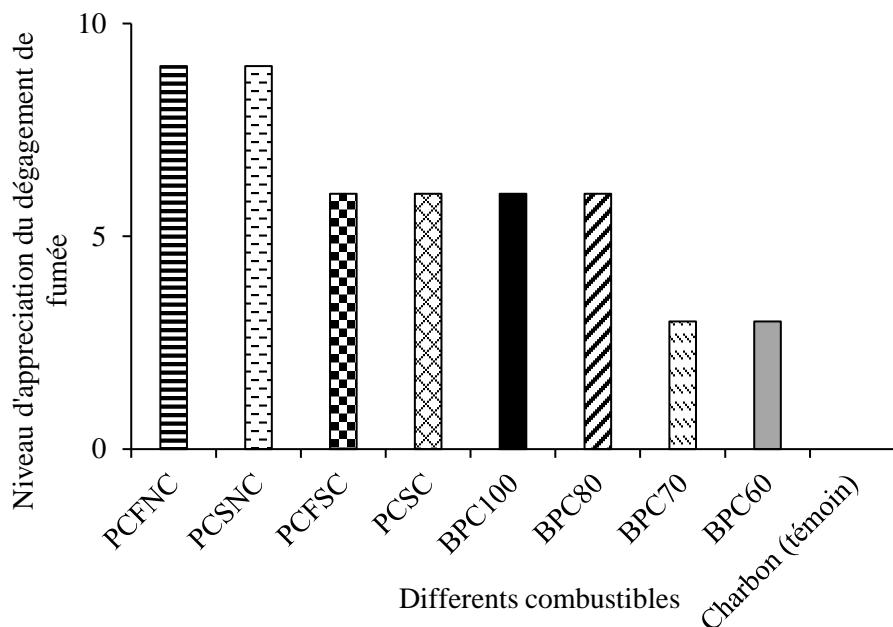


Figure 8. Niveau d'appréciation de dégagement de la fumée en fonction des différents combustibles

PCFNC= pomme de cajou fermentée non carbonisée, PCSNC= pomme de cajou séchée non carbonisée, PCFSC= pomme de cajou fermentée séchée carbonisée, PCSC= pomme de cajou séchée et carbonisée, BPC100= briquette comportant 100% de pommes carbonisées, BPC80= briquette comportant 80% de pommes carbonisées, BPC70= briquette comportant 70% de pommes carbonisées, BPC60= briquette comportant 60% de pommes carbonisées

Dépôt de suie après combustion

Les différentes masses de suie en fonction des combustibles sont indiquées sur la figure 9. La masse de suie déposée sur l'ustensile après la combustion varie de 0 à 3,7 g. La plus grande masse de suie est enregistrée au niveau de la pomme de cajou séchée non carbonisée (PCSNC), suivi de la pomme de cajou fermentée non carbonisée (PCFNC). Les valeurs notées sont respectivement de 3,7g et 3,33 g. La faible masse est observée au niveau du charbon de bois.

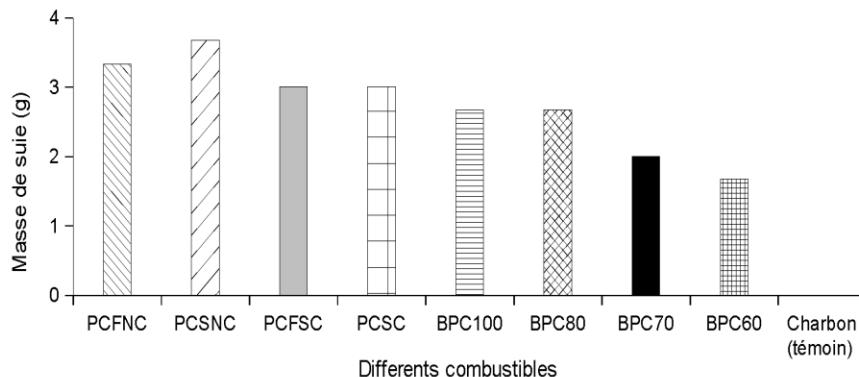


Figure 9. Masse de suie en fonction des différents combustibles.

PCFNC=pomme de cajou fermentée non carbonisée, PCSNC= pomme de cajou séchée non carbonisée, PCFSC= pomme de cajou fermentée séchée carbonisée, PCSC= pomme de cajou séchée et carbonisée, BPC100= briquette comportant 100% de pommes carbonisées, BPC80= briquette comportant 80% de pommes carbonisées, BPC70= briquette comportant 70% de pommes carbonisées, BPC60= briquette comportant 60% de pommes carbonisées

Taux de cendre

La figure 10 fait état du taux de cendre calculé pour les différents combustibles. Le taux de cendre minimal (10%) est enregistré par la briquette comportant 60% de pommes carbonisées (BPC60). Tandis que le taux de cendre maximal (20%) est obtenu par la briquette comportant 100% de pommes carbonisées (BPC100). Il s'en suit la pomme de cajou fermentée non carbonisée (PCFNC) et de la briquette comportant 80% de pommes carbonisées (BPC80) qui en dégagent respectivement 16,25% et 15,83%. La briquette comportant 70% de pommes carbonisées (BPC70) donne 10,42% de cendre. Quant au charbon de bois témoin, il dégage 12,5% de cendre après la combustion.

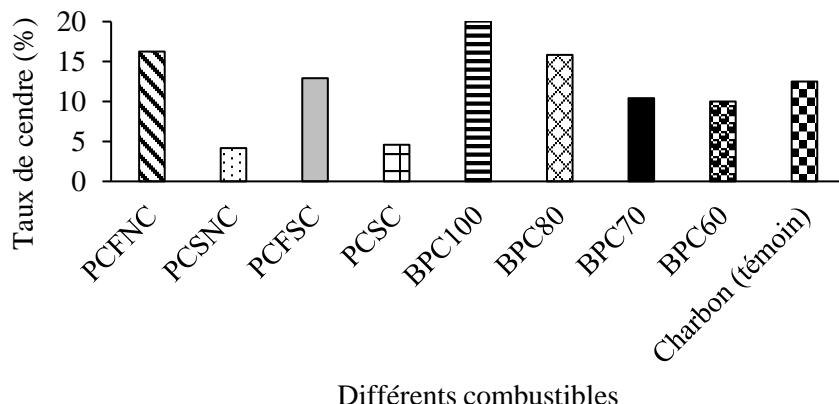


Figure 10 : Taux de cendre enregistré pour chaque combustible.

PCFNC= pomme de cajou fermentée non carbonisée, PCSNC=Pomme de cajou séchée non carbonisée, PCFSC= pomme de cajou fermentée séchée carbonisée, PCSC= pomme de cajou séchée et carbonisée, BPC100= briquette comportant 100% de pommes carbonisées, BPC80= briquette comportant 80% de pommes carbonisées, BPC70= briquette comportant 70% de pommes carbonisées, BPC60= briquette comportant 60% de pommes carbonisées.

Discussion

L'objectif de produire des biocharbons pour substituer le charbon de bois afin d'approvisionner les zones rurales en énergie et de préserver la forêt a conduit à procéder à l'étude de cas concrets pour certaines localités. Ainsi, la présente étude a pris le cas de la région de Tanda. L'étude a donc mis en regard la valorisation énergétique de déchets agricoles comme les pommes de cajou. Celles-ci ont subi ou non une carbonisation pour donner des biocharbons. Par ailleurs, les pommes de cajou carbonisées ont été mélangées à différentes proportions à la sciure de bois pour former des briquettes. Ces différents combustibles ont été caractérisés.

S'agissant de la carbonisation, elle s'est déroulée dans des conditions artisanales avec les pommes fraîches séchées et les pommes fermentées séchées. La température (205°C) atteinte lors de cette carbonisation est dans la plage 100-250°C correspondant aux phases de séchage et de déshydratation notables dans la carbonisation du bois (Khelfa, 2009; Collard et Blin, 2014). Ainsi, lors de ladite phase de séchage (jusqu'à 100°C), l'eau contenue dans les pommes de cajou se vaporiserait sous l'effet de la chaleur. Cette perte d'eau libèrerait des gaz combustibles H₂, CO et CH₄. Dans la phase de déshydratation (100-250°C), il y aurait la décomposition des hémicelluloses

et celluloses amorphes. Cela produirait la formation de certains produits tels que l'acide acétique, le méthanol, l'acide formique.

Concernant la caractérisation des biocharbons et des briquettes, elle était basée essentiellement sur la quantité de chaleur dégagée lors de la combustion, la durée de la combustion, le temps d'ébullition, le dégagement de la fumée, la masse de suie après combustion et le taux de cendres. Il ressort des résultats que les quantités de chaleur dégagées suggéreraient des réactions exothermiques de tous les combustibles avec l'oxygène (Augou et al., 2009). Ces combustibles se seraient donc consumés par conversion thermochimique (Zellagui, 2016). Pour la quantité de chaleur, il s'en vient que le charbon de bois enregistre la plus forte valeur (1122,27 kJ). Ce résultat s'expliquerait par une oxydation accélérée du carbone et l'hydrogène provenant du charbon (Gagné, 2007). En effet, toute oxydation, c'est à dire l'activité de l'oxygène sur le carbone et l'hydrogène dégage de la chaleur. Cependant, une accélération de cette oxydation dégage encore plus de chaleur. Ce qui signifierait selon la même source que le charbon de bois a chauffé à une température suffisante pour que l'oxydation soit si rapide qu'elle se communique spontanément à tout le reste du charbon de bois. Par ailleurs, les quantités de chaleurs considérables (supérieurs à 850 kJ) dégagées par les autres combustibles résulteraient d'un bon ratio oxygène/combustible, d'un bon mélange de l'air et du combustible et enfin d'une bonne température d'ignition (Gagné, 2007). Entre les briquettes confectionnées, il est noté une augmentation de la quantité de chaleur lorsque la proportion de sciure de bois carbonisée augmente et que celle de la pomme de cajou carbonisée diminue dans la briquette. Ce résultat serait dû au taux de carbone de la sciure de bois (Dusabe, 2014 ; Mari, 2014). En effet, l'apport de plus de sciure de bois entraîne aussi une augmentation du taux de carbone. Cela rendra meilleure la combustion car plus de carbone réagira avec l'oxygène. D'où un dégagement de plus en plus élevé de chaleur lorsque la proportion de sciure de bois augmente dans les briquettes. La quantité de chaleur (853,10 kJ) dégagée par la BPC100 est similaire à celle obtenue avec les briquettes en papier (Dusabe, 2014). Il est également observé que les pommes de cajou fermentées non carbonisées (PCFNC) ont dégagées la plus grande quantité de chaleur par rapport aux autres combustibles de pomme de cajou. Cela résulterait de la fermentation et la non fermentation des pommes de cajou qui auraient favorisé les réactions de combustion.

Concernant la durée de combustion, les PCSNC, PCFC et PCFNC se consument plus vite (moins de 45 minutes) que les autres combustibles probablement dû au fait qu'ils auraient un taux élevé en matières volatiles. Ce qui fait que ces combustibles s'enflamment facilement et rapidement (Augou et al., 2009).

Pour la durée d'ébullition, le temps le plus court (10,98 minutes) enregistré par la briquette comportant 100% de pommes carbonisées (BPC100) s'expliquerait par une forte intensité du rayonnement du feu issu de ce combustible (Ouattara et al., 2020). Cette intensité va donc permettre de chauffer plus la casserole. Par ailleurs, le temps le plus long (15,45 minutes) observé avec le charbon de bois est pareil que celui notifié dans les travaux de Ouattara et al. (2020).

A l'exception du charbon de bois, la combustion des autres combustibles dégage de la fumée. Ce qui suggèrerait une forte teneur en matières volatiles dans ces combustibles (Godjo et al., 2015; Ganhoun, 2020.). En effet ces matières entraîneraient une combustion incomplète avec émission de particules imbrûlées. Ces particules seraient nocives pour la santé et l'environnement car constituées de monoxyde de carbone, d'acroléine d'hydrocarbures aromatiques polycycliques (Zhang et al., 2020). Les symptômes causés sont par exemple l'irritation des yeux, du nez et de la gorge, les maux de tête, la nausée et l'étourdissement (Rabot-Querci, 2006 ; Bølling et al, 2009; Kwas et al., 2017 ; Smith et Pillarisetti, 2017). De plus, ces particules imbrûlées pollueraient l'air (Rogaume, 2009; Organisation Mondiale de la Santé, 2018,).

Les taux de cendres des combustibles BPC100 (20%), PCFNC (16,25%) et BPC80 (15,83%) sont supérieurs à ceux des autres combustibles. Ce résultat pourrait être dû à plus de matières minérales et d'impuretés dans les combustibles BPC100, PCFNC et BPC80 (Augou et al., 2019). Les taux de cendres des différents combustibles de la présente étude sont supérieurs aux valeurs typiques de taux de cendres (5-6%) (Abo et al., 2020). Ainsi, les combustibles BPC100, PCFNC et BPC80 seraient moins denses et plus friables vraisemblablement dû à leur faible teneur en lignine (Ganhoun, 2020). Cependant, ces cendres issues des combustibles étudiés sont valorisables en agriculture à l'instar des cendres de bois. En effet, les cendres contiendraient plus ou moins des éléments fertilisants tels que le calcium et le potassium (Hébert et Breton, 2008; Kebli et al., 2017). Par ailleurs, selon la littérature. Ainsi l'utilisation des cendres neutraliserait l'acidité des sols et augmenterait le rendement des cultures. Ces taux sont également plus élevés que ceux des coques de grains de *Balanites Eagyptiaca* (6,66%) et de *Zizyphus Mauritiana* (7,33%) provenant d'un marché de fruits et légumes de Niamey (Mamane et al., 2016). Par contre ces taux sont similaires à ceux obtenus avec les charbons par le pyrolyseur Nad & Co au Benin (Godjo, 2015).

Conclusion

La valorisation de la pomme de cajou a longtemps été orientée vers l'agroalimentaire et vers l'agriculture biologique dans la production de matières organiques agronomiques. Quant à la coque de cajou, seule sa

valorisation énergétique est bien connue et a fait l'objet de beaucoup de recherches. Mais dans cette étude, il s'est agi de montrer que la pomme de cajou pourrait être valorisée sur le plan énergétique dans la production de charbon vert ou biocharbon au bénéfice des populations, surtout celles qui se trouvent dans les zones de production de cajou. En outre, cette forme de valorisation de la pomme de cajou pourrait réduire la pression exercée par lesdites populations sur la forêt, contribuant ainsi à préserver le patrimoine forestier ivoirien. Les principaux résultats obtenus sont les suivants :

- les pommes de cajou fermentées séchées dégagent une quantité de chaleur non négligeable ; ce qui en fait un potentiel combustible qui peut être amélioré ;
- les pommes de cajou carbonisées peuvent être utilisées pour la fabrication de briquettes ayant des potentiels énergétiques appréciables, surtout quand les carbonisats sont mélangés à la sciure de bois ;
- le test relatif à la quantité de chaleur dégagée a montré que les valeurs maximales sont de 1122,27 kJ pour le charbon de bois contre 963,27 kJ pour la pomme de cajou fermentée non carbonisée;
- au niveau de la durée de combustion, les briquettes à base de pomme de cajou ont mis pratiquement le même temps à se consumer que le charbon de bois (environ 60 minutes) ;
- pour le temps d'ébullition de l'eau, tous les combustibles à base de pomme de cajou ont présenté des résultats meilleurs au charbon de bois (moins de 13 min pour les pommes de cajou contre 15 min pour le charbon de bois témoin) ;
- les tests d'appréciation du dégagement de fumée et du dépôt de suie ont montré que tous les combustibles de pomme de cajou dégagent de la fumée et laissent une masse de suie après combustion, contrairement au charbon de bois témoin.

En comparant les différents combustibles de pomme de cajou, il apparaît que la plupart des meilleurs résultats ont été obtenus avec les briquettes comportant 60% de pommes de cajou carbonisées et 40% de sciure de bois carbonisée (BPC60) ; surtout pour ce qui concerne les tests relatifs à la durée de combustion, le dégagement de fumée, le dépôt de suie. Les briquettes comportant 70% de pommes de cajou carbonisées et 30% de sciure de bois carbonisée (BPC70) ont présenté également de bons résultats après les BPC60.

Ainsi, la valorisation énergétique de la pomme de cajou permet d'obtenir des combustibles. En améliorant certaines caractéristiques de ces

combustibles, ceux-ci pourraient substituer le charbon de bois. Dans cette optique, les perspectives suivantes peuvent être proposées :

- déterminer les propriétés physico-chimiques tel que le taux d'humidité, la densité apparente, les teneurs en matières volatiles, en carbone fixe et le pouvoir calorifique supérieur des combustibles de pomme de cajou ;
- d'étudier l'influence d'autres liants sur les combustibles de pomme de cajou.

References:

1. Abdelkader, A. S., Oumarou, S. S., Maârouhi, I. M., Ali, D. B., & Yacoubou, B. (2017). Prévalence Et Diversité De *Salmonella* En Afrique : Analyse Qualitative Et Quantitative. European Scientific Journal, ESJ, 13(30), 250-270
2. Abo, E. A., Yobouet, Y. A., Kouakou, Y. U. & Trokourey, A., (2020). Optimisation de la préparation de charbons activés à base d'épis de maïs et caractérisation physico-chimique. International Journal of Innovation and Applied Studies, 29 (4) : 1161-1171.
3. ARECA (2006). Bilan diagnostic et perspectives de développement de la filière anacarde en Côte d'Ivoire. Atelier national sur la filière anacarde, Rapport général, 48 p.
4. Augou, O. S. F., Ouattara, S., Serifou, M. A., Kouakou, C. H., Djohore, A. C. & Emeruwa, E. (2019). Influence de l'amidon de manioc sur la qualité d'un biocharbon à base de sciure de bois et d'amidon de manioc. Revue RAMReS – Sciences Appliquées de l'Ingénieur, 1(1) : 01-05.
5. Bølling, K. A., Pagels, J., Yttri, K., Barregar, L., Sallsten, G., Schwarze, P. E., & Boman, C. (2009). Health effects of residential wood smoke particles: the importance of combustion conditions and physicochemical particle properties. Particle and Fibre Toxicology, 6(1), 29-49
6. Cluet, B. & Pénot, R., (2011). Valorisation énergétique du typha. Rapport de projet de fin d'étude – Ingénieur. Université Henri Poincaré, Nancy, France. 50 p.
7. Collard, F.-X. & Blin, J. (2014). A review on pyrolysis of biomass constituents: Mechanisms and composition of the products obtained from the conversion of cellulose, hemicelluloses and lignin. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 38: 594-608.
8. Dusabe, M. S., (2014). Étude de faisabilité technique et financière de la valorisation des déchets ménagers organiques, papiers et cartons pour la fabrication des briquettes combustibles à Bujumbura, Burundi.

- Mémoire de master en Ingénierie de l'eau et de l'environnement, Institut international d'ingénierie, Ouagadougou, Burkina Faso. 68 p.
9. Etsè, A., Sanonka, T., Kokou, S., Magnoudéwa, B. B., Kokou, D., Koffi, K. A., Gado, T., & Gnon, B. (2014). Étude de la disponibilité du phosphore assimilable des composts de déchets urbains dans deux sols différents. European Scientific Journal, ESJ, 10(6), 156-167
10. Gagné, D. (2007). Principes de combustion appliqués au chauffage au bois. Direction de santé publique, Agence de services de santé et de services sociaux de l'Abitibi-Témiscamingue. 27 p.
11. Ganhoun, G. (2020). Influence de l'essence de bois et de la température de carbonisation sur le rendement pondéral et la qualité du charbon de bois. Thèse de doctorat. Université d'Abomey-Calavi, Abomey-Calavi, Benin. 144 p.
12. Godjo, T., Tagutchou, J.-P., Naquin, P. & Gourdon, R., (2015). Valorisation des coques d'anacarde par pyrolyse au Bénin. Déchets Sciences et Techniques, 70 : 11-18.
13. Guillaume, K. B., Serpokrylov, N. S., Smolyanichenko, A. S., Cheblakova, E. G., Gorina, V. A. & Yoboué, D. V. (2019). Caractéristiques physico-chimiques du charbon de pyrolyse de coques de noix d'anacarde et des charbons actifs qui en sont dérivés. Déchets Sciences et Techniques, 82 : 17-24.
14. Hébert, M. & Breton, B. (2008). Recyclage agricole des cendres de bois au Québec- état de la situation, impacts et bonnes pratiques agro-environnementales. Agrosolutions, 19(2) : 18-33
15. Hirczàk, M. & Mollard, A. (2004). Qualité des produits agricoles et de l'environnement : le cas de Rhône-Alpes. Revue d'Économie Régionale et Urbaine, 5 : 845-868.
16. Institut National de la Statistique (2016). RGPH-2014 Résultats globaux [En ligne], Disponible sur : <https://www.ins.ci/documents/rgph /ivoirien18plus.pdf>, [consulté le 26 janvier 2021].
17. Kebli, H., Maltais, A. & Sinaj, S. (2017). Potentiel agronomique des cendres issues de bois recyclé. Recherche Agronomique Suisse, 8 (1): 30-37
18. Khelfa, A. (2009). Étude des étapes primaires de la dégradation thermique de la biomasse lignocellulosique. Université Paul Verlaine, Metz, France. 216 p
19. Kouassi, A. K. E. (2018). Contribution à la valorisation des sous-produits agricoles en bioproduits. Thèse de doctorat en Sciences des Agroressources. Université de Toulouse, Toulouse, France. 169 p.

20. Kwas, H., Guermazi, E., Zendah, I., Khattab, A., & Ghédira, H. (2017). Symptômes respiratoires et exposition à la biomasse. *Revue Des Maladies Respiratoires*, 34 : A297- A298.
21. Mamane, O. S., Zanguina, A., Daou, I. & Natatou, I. (2016). Préparation et caractérisation de charbons actifs à base de coques de noyaux de *Balanites Eagyptiaca* et de *Zizyphus Mauritiana*. *Journal de la Société Ouest-Africaine de Chimie*, 41 : 59- 67.
22. Mari, R. (2014). Torrefied and carbonized wood, fuel properties and turn of exothermic reaction. Master's Thesis, University of Helsinki, Helsinki, Finlande. 77 p.
23. Michodjehoun-Mestres, L., (2009). Étude des composés phénoliques de la pomme cajou (*Anacardium occidentale* L.). Thèse de doctorat, Université de Montpellier 2, Montpellier, France. 194 p.
24. Ministère de l'Agriculture et du Développement Rural (MINADER) (2020). Rapport annuel d'activités de la Direction Départementale de l'Agriculture et du Développement Rural (DDADER) de Tanda. 66 p.
25. Organisation Mondiale de la Santé (2018). Pollution de l'air et santé de l'enfant : prescrire un air sain. Résumé. Genève: WHO/CED/PHE/18.01. Licence: CC BY-NC-SA 3.0 IGO.32p
26. Programme Global Business Network (2020). Partnership Ready Côte d'Ivoire : Gestion et recyclage des déchets organiques. Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ).8 p. [consulté le 15 mai 2021].
27. Rabot-Querci, M. L., (2006). Etude d'un dispositif de traitement des imbrûlés des appareils de chauffage indépendants au bois. Thèse de doctorat en sciences du bois, Université Henri Poincaré, Nancy, France. 246 p.
28. Rogaume, Y. (2009). La combustion du bois et de la biomasse. Pollution Atmosphérique - numéro spécial. 65-81
29. Sangaré, A., Koffi, E., Akamou, F. & Fall, C. A. (2009). État des ressources phytogénétiques pour l'alimentation et l'agriculture. Second rapport national. Ministère de l'Agriculture, Côte d'Ivoire. <http://www.fao.org/pgrfa-gpa-archive/mar/maroc2.pdf>
30. Sarra, M., Chafia, Z., & Mostefa, B. (2018). Y A-T-II Une Relation Entre Teneur En Chlorophylle Et Accumulation De La Proline Chez Les Céréales À Paille Sous Déficit Hydrique?. European Scientific Journal, ESJ, 14(15), 234-245
31. Smith, K. R. & Pillarisetti, A. (2017). Household Air Pollution from Solid Cookfuels and Its Effects on Health. In: Injury Prevention and Environmental Health. 3rd ed. The International Bank for Reconstruction and Development / The World Bank, Washington (DC); PMID: 30212117.

32. Toundou, O., Tozo, K., Amouzouvi, K. A. A., Kolani, L., Tchangbedji, G., Kili, K., & Gnon, B. (2014). Effets de la biomasse et du compost de cassia occidentalis l. sur la croissance en hauteur, le rendement du maïs (*zea mays l.*) et la teneur en npk d'un sol dégradé en station expérimentale. European Scientific Journal, ESJ, 10(3),294-308
33. YEYA NEGOCE (2020). Étude sur la diversification du cacao et de la noix de cajou, Rapport final,
34. https://www.kakaoforum.de/fileadmin/Redaktion/Studien/Rapport_final_revise_sur_la_diversification_cacao-anacarde_28_01_2021.pdf [consulté le 28 janvier 2021]
35. Zellagui, S. (2016). Pyrolyse et combustion de solides pulvérisés sous forts gradients thermiques : Caractérisation de la dévolatilisation, des matières particulaires générées et modélisation. Thèse de doctorat en Génie des procédés. Université de Haute Alsace, Alsace, France. 215 p.
36. Zhang, L., Yang, L., Zhou, Q., Zhang, X., Xing, W., Wei, Y., Hu, M., Zhao, L., Toriba, A., Hayakawa, K. & Tang, N. (2020). Size distribution of particulate polycyclic aromatic hydrocarbons in fresh combustion smoke and ambient air: A review. Journal of Environmental Sciences, 88 : 370-384

Estimates of Genetic Variability in a Collection of Amaranths (*Amaranthus* ssp) Cultivated in Burkina Faso

Ouedraogo Jacques

Kiebre Zakaria

Université Joseph KI-ZERBO, Ecole Doctorale Sciences et Technologies,
Equipe de Génétique et Amélioration des Plantes, Ouagadougou,
Burkina Faso

Sawadogo Pingawinde

Université Thomas SANKARA,
Centre Universitaire de Tenkodogo, Burkina Faso

Kabre Vonogo Nikodeme

Centre Universitaire de Manga, Université Norbert ZONGO, Equipe de
Génétique et Amélioration des Plantes, Koudougou, Burkina Faso

Kiebre Mariam

Bationo Kando Pauline

Université Joseph KI-ZERBO, Ecole Doctorale Sciences et Technologies,
Equipe de Génétique et Amélioration des Plantes, Ouagadougou,
Burkina Faso

[Doi:10.19044/esj.2022.v18n27p165](https://doi.org/10.19044/esj.2022.v18n27p165)

Submitted: 21 February 2022

Copyright 2022 Author(s)

Accepted: 11 August 2022

Under Creative Commons BY-NC-ND

Published: 31 August 2022

4.0 OPEN ACCESS

Cite As:

Ouedraogo J., Kiebre Z., Sawadogo P., Nikodeme K.V., Mariam K. & Bationo Kando P. (2022) *Estimates of Genetic Variability in a Collection of Amaranths (Amaranthus ssp) Cultivated in Burkina Faso*. European Scientific Journal, ESJ, 18 (27), 165.

<https://doi.org/10.19044/esj.2022.v18n27p165>

Abstract

In Burkina Faso, little information is available on morphological variability of amaranth and the association of different genetic traits. This has been a constraint to its genetic improvement for yield potential, whereby the necessity of this study which aimed at assessing 80 accessions of amaranth collected in the three agro-climatic zones of Burkina Faso. The study was conducted in 2019 during the rainy season. The experimental design was a Randomized complete block design (RCBD) with three replicates. A total of 12 quantitative descriptors related to the vegetative system, flowering cycle,

and leaf and seed yield were assessed. The level of variation of each descriptor, their correlations, and their importance in the structure of agro-morphological variability of amaranths was studied. Significant morphological variability was observed among the accessions. The most discriminating and heritable traits were leaf blade length, number of primary branches bearing an inflorescence, number of leaves per plant, and fresh leaf weight. Late maturing accessions with many branches and long leaves were the best accessions for leaf biomass production. Early maturing accessions with fewer primary branches had better seed production. Two accessions, namely BOB4 and BOB5 of *Amaranthus hypochondriacus* were identified as the best seed yielding. Breeding programs to facilitate parental selection and increase genetic diversity in breeding populations can use these data.

Keywords: Leaf biomass, Variability, Heritability, *Amaranthus*, Burkina Faso

Introduction

Leafy vegetables play an important role in diets across the world, particularly in Africa, Asia, and Oceania, where they provide a significant proportion of nutritional and medicinal needs (Kahane *et al.*, 2005, Andini *et al.*, 2013; Dinssa *et al.*, 2016). Among these leafy vegetables, amaranth is very rich in β -carotene, iron, calcium, vitamin C, and folic acid (Varalakshmi, 2004). In Africa, more than 15 species of amaranth are described (Das, 2016). In Burkina Faso three of these species are cultivated. They are *Amaranthus cruentus*, *Amaranthus hypochondriacus* and *Amaranthus dibius* (Somtore *et al.*, 2019). *Amaranthus cruentus* is widely cultivated by a high number of urban and peri-urban market gardeners and is much appreciated and consumed by the population in Burkina Faso (Hama-Ba *et al.*, 2017; Somtore *et al.*, 2019). In many countries across the world, amaranth production (seed and/or leaf) is booming thanks to its high nutritional value, and its great capacity to adapt to different agro-climatic conditions (Katiyar *et al.*, 2000; Shukla *et al.*, 2000; Snezana *et al.*, 2012). As C4 plants, amaranths have a carbon sequestration capacity, which allows them to have high dry matter and protein production per unit area (Caburet *et al.*, 2002). Leaf biomass yield in China can reach 90000 to 180000 kg/ha and 2200 to 5,500 kg/ha for grain yield (Corke *et al.*, 2016) and is highly related not only to genotype but often to agronomic practices and environmental conditions (Rita *et al.*, 2008; Joshua, 2017; Dinssa, 2018).

In Burkina Faso, few studies have been done on the morphological variability of amaranth species. Nevertheless, an ethnobotanical study and the genetic diversity of 54 accessions collected in two climatic zones of Burkina Faso were reported by Somtore *et al.* (2019) and Ouedraogo *et al.* (2019), respectively.

A better knowledge of the morphological variables of the different production zones and the association of the different quantitative variables will allow the development of conservation strategies and selection programs for these resources. The objective of this study is to characterize a collection of accessions of amaranth (*Amaranthus ssp*) grown in Burkina Faso. The specific objectives were to (i) assess the morphological variability of cultivated amaranths using quantitative descriptors, and (ii) establish the structure of this variability of the accessions studied.

Material and Methods

Plant material

The plant material used in this study consisted of 80 amaranth accessions collected in 2017 from market gardeners in the three agro-climatic zones of Burkina Faso (Table 1). The accessions were collected from ten provinces where amaranth cultivation is widely practiced.

Table 1. Distribution of accessions number and their collection locations in agro-climatic zones

Agro-climatic zones	Province	Number of accessions
Sahelian zone	Yatenga	14
	Bam	06
	Seno	03
Sudano-sahelian zone	Kadiogo	12
	Sanguié	19
	Oubritenga	11
	Gourma	01
	Bazèga	03
	Kouritenga	04
sudanian zone	Houet	06

Experimental site

The trial was conducted in the experimental site at the "Institute of Development Rural" (IDR) at Gampèla. The "Institute of Development Rural" (IDR) site is 20 km far from Ouagadougou, geographical coordinates are 12°15' North latitude and 1°12' West longitude. The climate is of the Sudano-Saharan type with rainfall that varies greatly from month to month throughout the year. The average rainfall and temperature for the two years are presented in Table 2.

Table 2. Temperature and rainfall data for 2019

Month	Temperatures (°C)	Rainfall (mm)
January	25.6	0
February	27.7	0
March	31.6	8.9
April	34.7	33.5

May	33.5	71.6
July	28	215.5
August	27.4	335.3
September	29	111.7
October	29.2	3

Methods

Experimental design and cultural practices

The experimental design was a Randomized Complete Block Design (RCBD) with three replicates. The blocks were 2 m apart. Each accession constituted an experimental plot composed of 07 rows of 5.25 m long. Spacing between and within lines was 0.75 m.

Before sowing, the seeds of each accession collected were wrapped in a cotton cloth and soaked in hot water (100°C) for five (5) seconds to break seed dormancy. The seeds were then nursed in pots and transplanted 30 days later to the experimental plot. Before transplanting, the soil was deeply ploughed and levelled. Organic fertilizer at the dose of 20 t/ha was applied before transplanting. NPK fertilizer (15-15-15) was applied (100 kg/ha) two weeks after transplanting.

Data Collection

Measurements and observations were done on 12 quantitative variables. Except for the number of days to 50 % heading and the number of days to 50 % flowering, all the parameters were measured at 120 days after sowing on three (3) plants per row and per accession for a total of 21 plants per plot. The days to 50 % flowering were determined as the ratio of the number of flowering plants over the total number of plants on the plot. The other variables measured were:

- variables measured on the stem: plant height at maturity (PH), stem height (SH) measured from the collar to the last leaf, stem diameter (SD) between 3rd and 4th nodes (at the end of flowering), number of primary racemes (NPR);
- leaf variables (03 adult leaves per plant per row): petiole length (PL) at the heading stage, leaf blade length (LBL) at the heading stage, leaf blade width (LBW) at the heading stage, number of leaves per plant at maturity (NLP);
- yield components: total fresh leaf weight per plant averaging three plants per accession (FLW) and 1000 seed weight per accession (1000SDW);
- inflorescence variables: length of inflorescence (LI), number of days to 50 % heading (HEAD50), and number of days to 50 % flowering (FLO50).

Data Analysis

Statistical analyses were performed to estimate the variability among accessions. An analysis of variance (ANOVA) was performed using GenStat v4.10.3 software (VSN International, 2011) to determine the traits that

discriminate between accessions. Mean separation at a 5 % threshold was done using the Newman-Keuls test for both variables and genetic groups derived from cluster analysis.

For each discriminating character, genotypic variance (GV), phenotypic variance (PV), and, the error variance was determined. In addition, the genotypic coefficient of variation (GCV), the phenotypic coefficient of variation (PCV), and the broad heritability (H^2) were calculated. The expected genetic gain with respect to the trait mean (GA) was also calculated. Coefficients of variation were calculated using the formula of Bruton (1952). PCV and GCV values less than 15 % (<15 %) were considered as low. Moderate PCV and GCV values ranged between 15 and 20 % (15-20 %), and high PCV and GCV were greater than 20 % (>20 %).

Broad sense heritability was calculated using the formulas by Lush (1940). It was classified into three categories: low (<50 %), moderate (50-70 %) and high (>70 %).

The expected genetic gain was estimated according to Johnson *et al.* (1955). The different classes of genetic gain are as below:

<25 % = low genetic advance,

25-40 % = moderate genetic advance,

>40 % = high genetic advance.

The XLstat Pro 7.1 software was used to determine the relationships between variables using the Pearson total correlation matrix. A principal component analysis (PCA) was also performed with this software and the coordinates of the individuals were used to group the accessions through cluster analysis.

Table 3. Formulas used to estimate genetic parameters

Parameters	Formulas
Phenotypic Variance (PV)	$PV = VG + \frac{MSE}{r} = \frac{MSG}{r}$
Genotypic Variance (GV)	$GV = \frac{MSG - MSE}{r}$
Heritability (Broad sense) (H^2)	$H^2(\%) = \frac{VG}{VP} * 100$
Phenotypic Coefficient of variability (PCV)	$PCV (\%) = \frac{\sqrt{VC}}{X} * 100$
Genotypic Coefficient of variability (GCV)	$GCV (\%) = \frac{\sqrt{VG}}{X} * 100$
Genetic Advance (GA)	$GA = H^2 X \sqrt{VP} * I$
Genetic advance expected over the GA mean	$GA (\% \text{ mean variable}) = \frac{GA}{X} * 100$

Legend: MSG: mean square of genotypes; MSE: mean square of error; r: number of replications; I: constant, with a selection coefficient of 5 %, I is 2.06; X: mean of the character; \sqrt{GV} : standard deviation of genotypic variance; \sqrt{PV} : standard deviation of phenotypic variance

Results

Genetic variability within accessions of *Amaranthus* in Burkina Faso

Results of the analysis of variance of the quantitative variables are presented in Table 4. This analysis revealed a highly significant difference between mean squares of genotypes for all variables. This indicates the existence of a large variability among the studied material.

The analysis of variance showed that all the characters significantly discriminate the accessions at the 1 % threshold. The diameter of the plants varied from 19.00 to 67.67 cm with an average of 39.51 cm. Plant height ranged from 113.33 to 346.7 cm with a mean of 216.97 cm. The number of branches bearing an inflorescence ranged from 7.67 to 85. The fresh weight of the leaves ranged from 77.00 g to 678 g with an average of 330.34 g. The coefficient of variation for the different variables shows a variation ranging from the lowest 11.3% to the highest 34.6%. The highest variations above 25% were observed for number of leaves per plant ($R^2 = 30.7\%$), stem diameter ($R^2 = 25.9\%$), blade width ($R^2 = 25.4\%$), number of primary branches bearing an inflorescence (31%) and fresh leaf weight ($R^2 = 34.6\%$). The smallest variations, less than 15%, were observed for the number of days to 50% flowering ($R^2 = 11.3\%$), the number of days to inflorescence onset ($R^2 = 12.2\%$) and 1000 seed weight ($R^2 = 12.2\%$). Moderate variations between 15% and 25% were observed on plant height at maturity ($R^2 = 21.7\%$), petiole length ($R^2 = 21.7\%$), blade length ($R^2 = 16.9\%$), and Length of inflorescence ($R^2 = 18.5\%$)

Table 4. Analysis of variance of *Amaranthus ssp* accessions grown in Burkina Faso

Variable	Mini-Maxi	Mean sum of squares				CV %	R ²
		Blocs	Climate	Genotypes	Error		
(df)		(2)	(2)	(72)	(144)	(
Number of days to 50% heading	41 - 75	55.51	552.87**	127.95**	20.15	12.2	0.76
Number of days to 50% flowering	51 - 87	39.00	579.21**	146.44**	23.10	11.3	0.76
Number of leaves per plant	80 - 756	41215.53	412383.8**	41178.16**	6682.73	30.7	0.75
plant height at maturity	113.33 - 346.7	1496.12	12731.37*	4500.9**	1060.71	21.7	0.68
Stem diameter	19- 67.7	249.69	511.07*	162.46**	74.60	25.9	0.52
Number of primary racemes	7.67 - 85	18.21	1720.92**	363.7**	60.72	31	0.75
Blade width	5.63 - 17.82	18.21	51.44*	16.94**	3.37	25.4	0.71
Blade length	14.12- 33.50	52.14	169**	33.46**	9.91	16.9	0.62
Petiole length	8 - 22.10	235.32	48.22*	14.26	10.39	21.7	0.40
Length of inflorescence	30.67- 84.50	105.21	784.74*	173.61**	72.60	18.5	0.54
Fresh leaves weight per plant	77 - 678	40933.52	172524.21**	26971.4**	5968.89	34.6	0.69
1000 seed weight	0.25 - 0.8	0.02	0.08**	0.02**	0.00	12.2	0.92

Legend: *: significant at the 0.05 threshold, **: significant at the 0.001 threshold

Mini: Minimum, Maxi: Maximum, CV: coefficient of variation, R²: Coefficient of Determination, df: degree of freedom

Estimation of genetic variability of cultivated amaranth accessions

The results showed higher coefficients of phenotypic variation than genotypic variation for all variables (Table 5). The coefficient of phenotypic variation ranged from 9.89% for the trait (FLO50) to 28.7% for the variable (FLW). As for the genotypic coefficient of variation, it ranged from 7.25% for the (PL) variable to 25.34% for the (FLW) variable. Low values (<15%) were registered by cycle-related traits such as the number of days to 50% flowering (FLO) and a number of days to 50% heading (HEAD50), Leaf blade length (LBL) and length Petiole (LP).

Estimated 1000 seed weight per accession, plant height at maturity, and Stem diameter have been a relatively moderate influence on genetic variability. The variables showed high phenotypic and genotypic coefficients of variation above 20% for the number of leaves per plant (26.6% - 24.35%), the number of primary racemes (26.75% - 24.41%) and the fresh leaves weight per plant (28.7% - 25.34%).

Heritability and Genetic Advance

Broad sense heritability was very high for all variables. It ranged from 27.10 % for Petiole length to 95.66 % for 1000 seed weight (Table 5). The expected genetic gain compared to the observed mean was low for the number of days to 50 % flowering (17.16 %) and the number of days to 50 % heading (18.53 %). As for 1000 seeds' weight, plant height and leaf blade width; the expected genetic gain compared to the average was moderate (35%, 28.11% and 35.67% respectively). The number of primary branches, Number of leaves per plant, and fresh leaf weight showed genetic gains of 45.90%, 45.90%, and 46.04% respectively. When combining expected genetic gain and broad sense heritability, the variables with a highly significant share of genotypic variance were a number of primary branches, leaf blade width, fresh leaf weight and a number of leaves per plant.

Table 5. Genetic parameters of cultivated amaranth accessions from Burkina Faso

Variables	PV	GV	PCV %	GCV %	H ² %	GA %
Number of days to 50 % heading	35.94	42.65	10.66	9.8	84.25	18.53
Number of days to 50% flowering	41.12	48.82	9.89	9.08	84.23	17.16
Number of leaves per plant	11498.48	13726.05	26.60	24.35	83.77	45.90
Plant height	1146.73	1500.30	17.85	15.61	76.43	28.11
Stem diameter	29.29	54.15	18.63	137	54.08	20.75
Number of primary racemes	100.99	121.23	26.75	24.41	83.30	45.90
Leaf blade width	4.52	5.65	21.62	19.35	80.09	35.67
Leaf blade length	7.85	11.16	13.36	11.21	70.38	19.37
Petiole length	1.29	4.75	13.92	7.25	27.10	7.77
Length of inflorescence	33.67	57.87	13.61	10.38	58.18	16.32
Fresh leaves weight per plant	7000.84	8990.47	28.70	25.34	77.87	46.04
1000 seeds weight	0.00	0.01	17.76	17.37	95.66	35

Legend: GV: Genotypic Variance, PV: Phenotypic Variance, GCV: Genotypic Coefficient of variance, PCV: Phenotypic Coefficient of Variance, H²: Heritability in the broad sense, GA %: Expected genetic advance over the mean

Relationship between the quantitative characters studied

Table 6 shows the correlations obtained between the different variables studied. These results showed many significant correlations at 1 % threshold. Maturity cycle was strongly and positively correlated with number of leave per plant. Plant height and number of primary racemes. The number of days to 50 % flowering was significantly correlated with fresh leaf weight ($r = 0.57$). Number of primary racemes ($r = 0.59$), number of leaves per plant ($r = 0.5$). Stem height was highly significantly and positively correlated with the number of leaves per plant ($r = 0.80$), the number of primary branching ($r = 0.86$) and the fresh leaves weight per plant ($r = 0.93$).

Fresh leaves weight per plant was significantly and positively correlated with the number of leaves per plant ($r = 0.92$), plant height ($r = 0.73$) and number of primary racemes ($r = 0.86$). The variables measured on the leaf were strongly and positively correlated with each other. The 1000 seed weight per plant showed very low correlations, most of its correlations were negative except for the variables measured on the leaf.

Table 6. Pearson correlation matrix between the characters of the studied accessions at the 1% threshold

Variables	HEAD50	FLO50	NPL	PH	SD	NRP	LBW	LBL	PL	LI	FLW	1000SDW
HEAD50	1											
FLO50	0.99**	1										
NPL	0.51**	0.50**	1									
PH	0.27	0.25	0.70**	1								
SD	0.09	0.09	0.58**	0.68**	1							
NRP	0.60**	0.59**	0.85**	0.78**	0.62**	1						
LBW	-0.04	-0.09	0.18	0.58**	0.30	0.27	1					
LBL	0.29	0.25	0.41	0.63**	0.54**	0.62**	0.58**	1				
PL	-0.02	-0.02	0.22	0.49	0.57**	0.34	0.64**	0.68**	1			
LI	-0.07	-0.07	0.54**	0.71**	0.54**	0.47	0.30	0.23	0.28	1		
FLW	0.50**	0.49	0.92**	0.73**	0.51**	0.86**	0.28	0.49	0.26	0.51**	1	
1000SDW	-0.096	-0.09	-0.23	-0.03	-0.06	-0.10	0.19	0.26	0.11	-0.18	-0.16	1

Legend: **: significant at the 0.001 threshold

HEAD50 : Number of days at 50 % heading, FLO50 : Number of days at 50 % flowering, NPL: Number of leaves per plant, PH : Plant height; SD : Stem diameter, NRP : Number of primary racemes, PL : Petiole length; LBL : Leaf blade length; LBW : Leaf blade width; LI : Length

Association between the quantitative traits studied

The three axes of the principal component analysis (PCA) explain 79.68% of the total variability.

In the $\frac{1}{2}$ plane (Figure 1), axis 1 with 47.09% of the total inertia, was positively associated with plant height, number of primary branches, number of leaves per plant, fresh leaf weight, and inflorescence length.

Axis 2, which accounted for 20.09% of the total variance, was positively correlated several days to 50% heading and a few days to 50% flowering and negatively correlated with petiole length and leaf blade width. Axes 1 and 2 explained most of the traits related to biomass production.

In the $\frac{1}{3}$ axis 3 with 12.59% of the total inertia, was positively associated 1000 seed weight. Leaf blade width was associated with axis 2 only. In addition to axis 1, petiole length was negatively associated with axis 2. The length of the inflorescence was negatively correlated with axis 3.

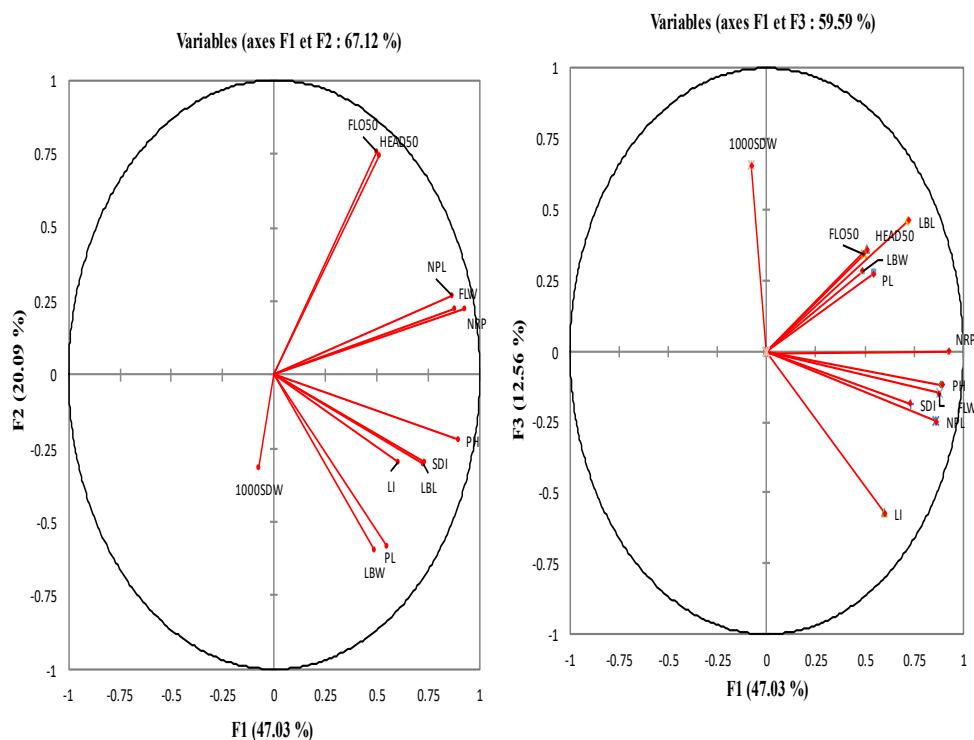


Figure 1. Projection of the discriminant variables in the plane formed by two axes

Structure of the genetic variability within accessions based on quantitative variables

The dendrogram resulting from the cluster analysis shows a structuring of the 73 accessions into four groups independently of the morphotypes and species identified (Figure 2). Group 1, comprising of 35 accessions presented the best agronomic performances except for 1000 seeds weight and leaf blade. Group 2 composed of only two accessions from the Sudanian zone, characterized by their short maturing cycle (47.97 days), and seedlings' short height (164.48 cm). The accessions of this group presented the widest (14.36 cm) leaves. They recorded a very low number of primary racemes. These accessions were the best seed yielding (0.79 g per 1000 seeds) conversely their leaf biomass yield was very low (89.5 g). Group 3 is heterogeneous in terms of the geographical distribution of accessions. This group consisting of 36 accessions, showed average agronomic performance.

Except petiole length, the other variables significantly discriminate the three groups at the 1% threshold. The values of the coefficient of determination R^2 showed that only the variables such as number of leaves ($R^2 = 57\%$), number of primary branches ($R^2 = 39.5\%$), fresh weight of leaves ($R^2 = 46.6\%$) and weight of 1000 seeds ($R^2 = 75.8\%$) would better explain the intergroup variability (Table 7).

Table 7. Mean performance of the groups from the hierarchical ascending classification

Variable	Group 1	Group 2	Group 3	$R^2 \%$	Pr > F
	35	02	36		
Number of days to 50 % heading	63.13a	47.97b	60.01a	13.10	< 0.0001
Number of days to 50% flowering	72.71a	56.64b	69.41a	12.90	< 0.0001
Number of leaves per plant	535.75a	97.50c	366.74b	57.00	< 0.0001
Plant height	243.38a	167.48b	194.04b	30.20	< 0.0001
Stem diameter	43.07a	31.33b	36.49ab	12.00	< 0.0001
Number of primary racemes	48.66a	14.36c	35.36b	39.50	< 0.0001
Leaf blade width	11.64b	14.09a	10.19b	10.00	< 0.0001
Leaf blade length	26.25a	25.50a	23.75a	8.70	< 0.0001
Petiole length	16.26a	16.91a	15.01a	3.70	0.018
Length of inflorescence	59.73a	44.64c	52.77b	14.60	< 0.0001
Fresh leaves weight per plant	405.00a	89.50c	271.14b	46.60	< 0.0001
1000 seeds weight	0.41b	0.79a	0.38c	75.80	< 0.0001

Legend: *a, b, and c: classes of values resulting from the comparison by the Newman and Keuls test such that a>b>c., Means followed by the same letter in each class are not significantly different at the 1 % threshold. R^2 : Coefficient of Determination, Pr > F: Fisher's F*

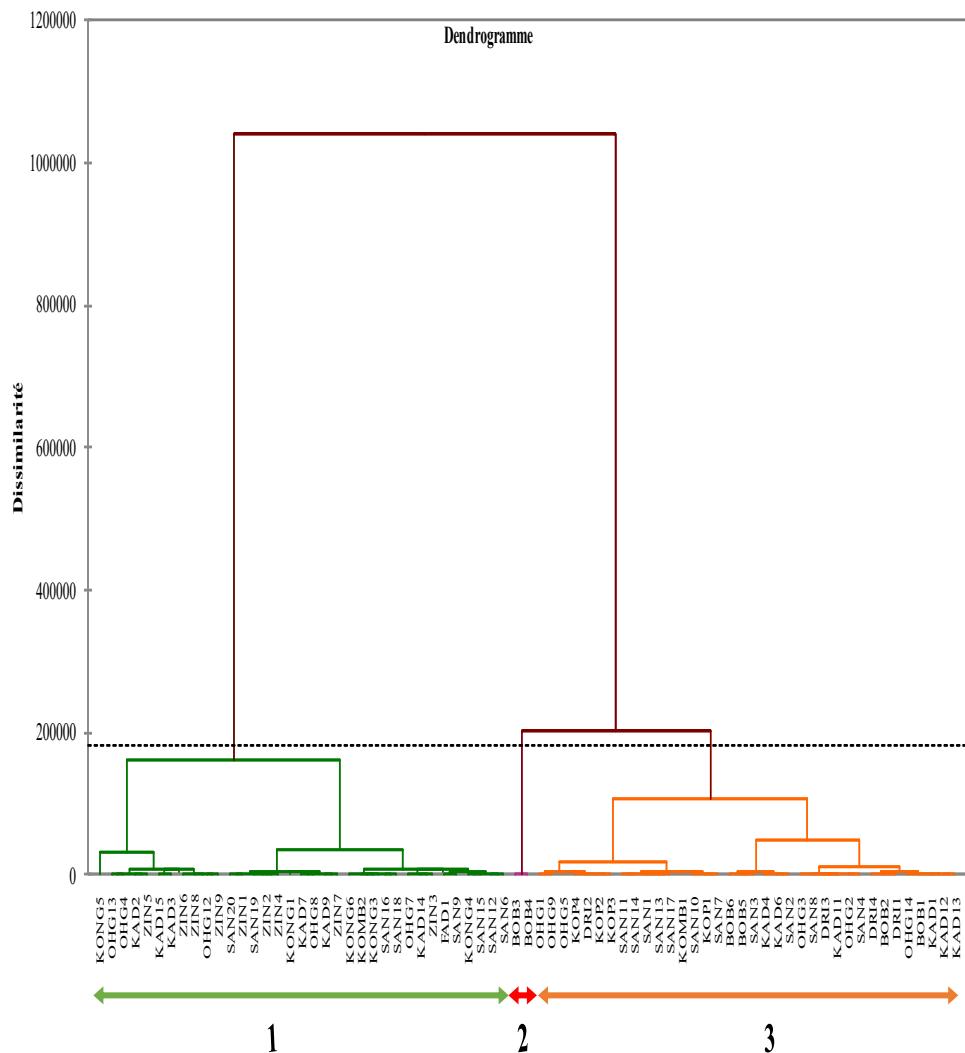


Figure 2. Dendrogram showing the different classes of amaranth accessions grown in Burkina Faso

Discussion

The results revealed the existence of a large variability within amaranths from qualitative descriptors. The high rate of open pollination, which is around 33 % in some cases, could explain this diversity (Lanta *et al.*, 2003). In addition, these species can adapt to many types of environments across the world (Kumar, 2015; Lavernee *et al.*, 2016). The analysis of quantitative descriptors revealed significant variability within Burkina Faso collection. These quantitative variables can often be influenced by the growing environment, but some traits were found to be very interesting for estimating variability within accessions in local or global collections. The findings of this

study likewise by Shukla *et al.* (2003) and Khurana *et al.* (2014) revealed large variability for plant height, number of primary branches, leaf blade length, fresh leaf weight, and number of leaves per plant. These variables recorded coefficients of variation values greater than 20 %. Leaf biomass was a complex quantitative trait highly associated with stem height which in turn is associated with the characters number of branches, leaf blade length and stem diameter as reported in previous studies (Akaneme and Anni, 2013; Sarker *et al.*, 2014; Kumar, 2015). The positive correlation between the number of days to 50 % flowering and the variables number of primary branches, leaf blade length, plant height and fresh leaf weight shows that the late maturing accessions are those possessing greater height with more branched stems bearing many leaves with large dimensions. Indeed, late maturing accessions have more time for vegetative development in contrast to early maturing ones. Late maturing is a very important parameter in amaranth cultivation, especially in Burkina Faso where it is widely cultivated as a leafy vegetable and consumed in urban and peri-urban areas (Somtore *et al.*, 2019). Some early maturing accessions were high yielding and could be subjected to selection in Burkina Faso. In fact, these are cereal amaranths with pale yellow seeds whose starch is reportedly more digestible than other amaranth seeds (Misra *et al.*, 1971).

The agro-morphological variability clustered independently from collection sites, can be explained by farmers' seeds management practices. An ethnobotanical study conducted by (Somtore *et al.*, 2019) reported important exchanges of genetic material in the markets or through family ties or during population movements. About clusters obtained, there are opportunities for genetic improvement either the green morphotype of *Amaranthus cruentus* species for leaf biomass production or the light green morphotype of *Amaranthus hypochondriacus* species for seed production.

The phenotypic coefficient of variation was higher than the genotypic coefficient of variation for all discriminating variables but with a very small difference. Variables such as number of primary branches bearing inflorescence, number of leaves per plant, fresh weight of leaves and length of leaf blade showed very high PCV and GCV. Shukla *et al.* (2006) and Kumar (2015) also reported very high PCV and GCV for these variables. In fact, the expression of these variables is less influenced by the environment whereby the high values of broad sense heritability and very high expected genetic gain. The high heritability suggests an important additive genes effect for these traits inferring that biomass yield could be indirectly improved through leaf blade length and the number of primary branches.

Conclusion

This study revealed the existence of high genetic variability within *Amaranthus* collection in Burkina Faso. The study revealed significant

correlations between several variables such as the vegetative cycle, leaf biomass, and grain yield.

The agro-morphological diversity was clustered into four groups. The population structure is not influenced by the collection area of the accessions. Accessions in group 1 and group 2 showed better agronomic potential and could be used in the extension of amaranth cultivation in Burkina Faso. Group 1 was characterized by individuals with a long flowering cycle and a large number of leaves per plant and could be used in future breeding programs as a leafy vegetable. Group 2 was characterized by short-cycle individuals with high grain yields, which could be used in future breeding programs as a pseudo-cereal.

References:

1. Akaneme FI and Ani GO (2013). Morphological assessment of genetic variability among accessions of *Amaranthus hybridus*. *World Applied Sciences Journal*. 28(4): 568-577.
2. Andini R, Yoshida S and Ohsawa R (2013). Variation in Protein Content and Amino Acids in the Leaves of Grain, Vegetable and Weedy Types of Amaranths. *Agronomy*. 3(2): 391–403. <https://doi.org/10.3390/agronomy3020391>
3. Caburet A, Daly P Bon H, Huat J, Langlais C, Lyannaz J P and Ryckewaert P (2002). Les légumes in: *MEMENTO de l'Agronomie*. CIRAD-GRET/ MFAE, Ed ISBN: 2-86844-129-7, 1023-1050.
4. Corke H, Cai YZ and Wu HX (2016). The legumes and pseudocereals | amaranth: overview. *Module in Food Sciences*, pp. 10. <http://dx.doi.org/10.1016/B978-0-08-100596-5.00032-9>
5. Das S (2016). Taxonomy and phylogeny of grain amaranths. In: *Amaranthus: A Promising Crop of Future*. Singapore: Springer, pp. 57–94. doi: 10.1007/978-981-10-1469-7_5.
6. Dinssa FF, Hanson P, Dubois T; Tenkouano A, Stoilova T, Hughes Jd'A and Keatinge JDH (2016). AVRDC - The World Vegetable Center's women-oriented improvement and development strategy for traditional African vegetables in sub-Saharan Africa. *European Journal of Horticultural Science*, 81(2): 91-105. Doi: 10.17660/eJHS.2016/81.2.3
7. Dinssa FF, Yang RC, Ledesma DR, Mbwambo O and Hanson P (2018). Effect of leaf harvest on grain yield and nutrient content of diverse amaranth entries. *Scientia Horticulturae*. 236 : 146-157. Doi : 10.1016/j.scienta.2018.03.028
8. Hama-Ba F, Parkouda C, Kamga R, Tenkouano A and Diawara B (2017). Disponibilité, modes et fréquence de consommation des légumes traditionnels africains dans quatre localités du Burkina Faso a

- diverses activités de maraîchage : Ouagadougou, Koubri, Loumbila, Kongoussi. *African Journal of Food Agriculture Nutrition and Development* 17 (1): 11552-11570
- 9. Johnson HW, Robinson HF and Comstock RE (1955). Estimation of genetic and environmental variability in Soybean. *Agronomy Journal*, 47: 314-318.
 - 10. Joshua Omondi Otieno (2017). *Phenotypic variation in morphology, yield and seed quality in selected accessions of leafy amaranths*. Thesis, Department of Applied Plant Sciences, Maseno University, 96 pp.
 - 11. Kahane R, Ludovic T, Brat P and Hubert DB (2005). Les légumes feuilles des pays tropicaux : diversité, Richesse économique et valeur sante dans un Contexte très fragile. Colloque Angers 7-9 septembre 2005-03-14.
 - 12. Katiyar RS, Shukla S and Rai S (2000). Varietal performance of grain amaranth (*A. hypochondriacus*) on sodic soil. *Proceedings of the National Academy of Science*, 70(b) II: 185–187.
 - 13. Khurana DS, Sing J and Kaur B (2013). Genetic variability, correlation and path coefficient analysis in *Amaranthus*. *Vegetable Science*, 40 (2): 238-240.
 - 14. Lanta V, Havranek P and Ondrej V (2003). Morphometry analysis and seed germination of *Amaranthus cruentus*, *A. retroflexus* and their hybrid (*A. x turicensis*). *Plant Soil and Environment* 49: 364–369.
 - 15. Lavernee SG, Teresita B and Constacio DG (2016). Diversity in the morphology of Amaranth (*Amaranthus* sp.) germplasm Collection in the Philippines. *Asian Journal of Agriculture and Food Sciences*. 4, 7p. ISSN: 2321 – 1571.
 - 16. Lush JL (1940). Intro-site correlation and regression of off spring on corn as a method of estimating heritability of characters. *Proceedings Amer Society of Animal Production*. 33: 293-301.
 - 17. Misra PS, Pal M, Mitra CR et al (1971). Chemurgic studies on some diploid and tetraploid grain amaranths. *Proceedings of the Indian Academy of Science*, 74:155–160.
 - 18. Ouédraogo J, Kiébré M, Kiébré Z, Sawadogo B and Bationo-Kando P (2019). Genetic diversity of a collection of amaranth (*Amaranthus* spp) of Burkina Faso using ISSR markers. *American Journal of Innovative Research and Applied Sciences*. 9(3): 257-265.
 - 19. Rita RA, Piergiorgio G, Susanna DM and Salvatore P (2008). Field Evaluation of *Amaranthus* Species for Seed and Biomass Yields in Southern Italy. *Italia Journal of Agronomy / Riv. Agronomy*. 3: 225-229.

20. Sarker U, Islam MT and Oba S (2014). Genotypic variability for nutrient, antioxidant, yield and yield contributing traits in vegetable amaranth. *Journal of Food Agriculture and Environment*. 12 (3 and 4): 132-139. <https://www.researchgate.net/publication/267509472>.
21. Shukla A, Bhargava A, Chatterjee, Srivastava A and Singh SP (2006). Estimates of genetic variability in vegetable amaranth (A. tricolor) over different cuttings. *Horticultural Science (PRAGUE)* 32 (2): 60-67.
22. Shukla S, Pandey V, Pachauri G, Dixit BS, Banerji R and Singh SP (2003). Nutritional contents of different foliage cuttings of vegetable amaranth. *Plant Foods for Human Nutrition*, 58: 1-8.
23. Shukla S, Singh SP (2000). Studies on genetic parameters in vegetable amaranth. *Journal of Genetics and Breeding*, 54:133-135.
24. Snezana DM, Kostadinovic M, Ristic D, Simic M and Stefanovic L (2012). Assessment of genetic relatedness of the two *Amaranthus retroflexus* populations by protein and random amplified polymorphic DNA (RAPD) markers. *African Journal of Biotechnology*, 11(29): 7331-7337.
25. Somtore H, Sawadogo B, Bationo-Kando P, Kiebre M, Ouedraogo J and Kiebre Z (2019). Ethnobotanical Investigation of Amaranth (*Amaranthus spp*) Cultivated in Burkina. *International Journal of Applied Agricultural Sciences*. 2 (5) : 50-55. doi: 10.11648/j.ijaa.20190502.14.
26. Varalakshmi B (2004). Phenotypic stability for economic traits in vegetable amaranth (*Amaranthus tricolor*). *Indian Journal of Agricultural Sciences* 73(2): 114- 115.
27. Yogendra Kumar (2015). *Collection, evaluation and identification of Suitable genotypes of Amaranthus (Amaranthus Spp.) for chhattisgarh plain condition*. Master of Science in Agriculture, Department Of Horticulture College Of Agriculture Faculty Of Agriculture Indira Gandhi Krishi Vishwavidyalaya Raipur (Chhattisgarh). 86p.

Agromorphological Characterization of *Hibiscus sabdariffa* L. Collection from Burkina Faso

Wendpingrenoma Jocelyne Ouangraoua

Renan Ernest Traore

Université Joseph KI-ZERBO, Ecole Doctorale Sciences et Technologies,
Laboratoire Biosciences, Equipe Génétique et Amélioration des Plantes
(EGAP), Ouagadougou, Burkina Faso

Boukaré Kabore

Institut de l'Environnement et de Recherches Agricoles (INERA) Farakoba,
Centre National de Spécialisation en Fruits et Légumes (CNS-FL),
Burkina Faso

Pingawindé Sawadogo

Université Thomas SANKARA,
Centre Universitaire de Tenkodogo, Burkina Faso

Mahamadou Sawadogo

Université Joseph KI-ZERBO, Ecole Doctorale Sciences et Technologies,
Laboratoire Biosciences, Equipe Génétique et Amélioration des Plantes
(EGAP), Ouagadougou, Burkina Faso

[Doi:10.19044/esj.2022.v18n27p184](https://doi.org/10.19044/esj.2022.v18n27p184)

Submitted: 01 March 2022

Copyright 2022 Author(s)

Accepted: 12 August 2022

Under Creative Commons BY-NC-ND

Published: 31 August 2022

4.0 OPEN ACCESS

Cite As:

Ouangraoua W.J., Traore R.E., Kabore B., Sawadogo P. & Sawadogo M. (2022) *Agromorphological Characterization of Hibiscus sabdariffa L. Collection from Burkina Faso*. European Scientific Journal, ESJ, 18 (27), 184.<https://doi.org/10.19044/esj.2022.v18n27p184>

Abstract

Hibiscus sabdariffa L. or roselle is an important vegetable crop in several African countries. It is rich in vitamins and minerals and is widely used in the diet of local populations in Africa, especially in Burkina Faso. However, up to now, there is no in-depth study describing roselle genetic diversity that has been carried out to assess ecotypes cultivated in Burkina Faso. Thus, this study aims to contribute to providing more insights into *Hibiscus sabdariffa* genetic variability in Burkina Faso through an agromorphological characterization. For this purpose, a trial was carried out using a Randomized Complete Block Design (RCBD) with three replications. 48 accessions

collected from farmers were assessed. Agromorphological data collection involved 12 qualitative and 18 quantitative traits. The qualitative traits analysis showed high variability in leaf, stem, and flower color and shape. Analysis of variance (ANOVA), hierarchical cluster analysis (HCA), and principal component analysis (PCA) were performed using quantitative data. The results indicated significant differences among all genotypes for all the traits measured. The first three axes of the PCA explain 69.62% of the genetic variability. Furthermore, the results showed a high agromorphological variability which is structured in three (03) groups. This variability will contribute to the enhancement and genetic improvement of *Hibiscus sabdariffa*.

Keywords: *Hibiscus sabdariffa*, *Malvaceae*, agromorphological characterization, Burkina Faso

Introduction

Hibiscus sabdariffa L. commonly known as roselle or Guinea sorrel is a relatively drought tolerant plant that grows well in mostly all types of soils. This adaptation could justify its distribution along tropical and subtropical areas (Edmonds, 1991). Roselle belongs to *Malvaceae* family, genus *Hibiscus* and section *Fucaria* (Morton, 1987). *Hibiscus sabdariffa* is an important leafy vegetable in the dry regions of West and Central Africa. The plant is potentially rich in minerals, vitamin C and especially anthocyanin (Cisse *et al.*, 2009; Da-Costa-Rocha *et al.*, 2014) which have antioxidant properties that is due to its strong scavenging effect on reactive oxygen and free radicals acting against cellular aging (Hirunpanich *et al.*, 2005). Its chemical structure is comparable to the one of hydroxy-chloroquine and acetylsalicylic acid, all antiviral compounds, so it could be used in the treatment of Covid-19 (Parga-Lozano *et al.*, 2021; Mahmoudi *et al.*, 2021).

In Burkina Faso, roselle leaves, young shoots, flowers, and seeds are commonly used in human consumption (Konkobo-Yameogo *et al.*, 2002; Bengaly *et al.*, 2006; Hama-Ba *et al.*, 2017). It has an important economic impact due to the dried calyxes exported from African countries (Senegal, Burkina Faso, Mali, Côte d'Ivoire, and Sudan) to Europe and the United States of America (Cisse *et al.*, 2009). Industrially, the plant's fibers are mixed with jute fibers to manufacture ropes and bags (Ahmed and Salaheldeen, 2010). Genetic diversity studies on *Hibiscus sabdariffa* carried out in Niger (Bakasso *et al.*, 2013), India (Sharma *et al.*, 2016), and Ghana (Tetteh *et al.*, 2019) have proven to be significant. However, in Burkina Faso, the genetic diversity of the specie is not referenced. According to Pernes (1983), the conservation and improvement of any plant material require suitable knowledge of its genetic pattern. One of the important steps in conserving diversity studies is collecting

and assessing local ecotypes or cultivars held by farmers. This current study aims to contribute to the knowledge of the genetic variability of *Hibiscus sabdariffa* L. cultivated on the western side of Burkina Faso. It is specifically to (i) identify the differential characters of accessions, (ii) determine the relationships between the studied characters, (iii) and establish the level and structure of the diversity of the accessions collected.

1. Materials and methods

1.1 Plant material and collection site

The plant material involved 48 accessions of *Hibiscus sabdariffa* collected in eight (08) provinces located in two different climatic zones of Burkina Faso, Soudano-Sahelian, and Soudanian zones (table 1). Sudano-Sahelian zone completely covered the central part of the country with a rainfall of around 600 and 900 mm per year, with temperatures between 20 and 30°C. Four (04) provinces were concerned in this zone: Balé, Mouhoun, Kossi, and Banwa. The second zone is the Sudanian zone with also four (04) provinces (Ioba, Houet, Poni and Bougouriba). Annual rainfall can reach 1100mm of water with an annual average of temperatures between 20 and 25°C. (figure 1).

Table 1. *Hibiscus sabdariffa* L accessions code with geographical origins

Climatic zones	Provinces	Number of accessions	Code of accessions
Sudano-sahelian	Balé	11	BOR1, BOR2, BOR3, BOR4, BOR5, BOR6, BOR7, BOR8, BOR9, BOR10, BOR12
	Mouhoun	2	DED2, DED3
	Kossi	7	NOU1, NOU2, NOU3, NOU4, NOU5, NOU6, NOU7
Sudanian	Banwa	9	SOL1, SOL2, SOL3, SOL4, SOL5, SOL6, SOL7, SOL8, SOL9
	Houet	11	BOB1 BOB2 BOB3 BOB4 BOB5 BOB6 BOB7 BOB8 BOB9, BOB11 BOB12
	Ioba	4	DAN1, DAN2, DAN3, DAN4
	Bougouriba	2	DIE1, DIE2
	Poni	2	GAO1, GAO2

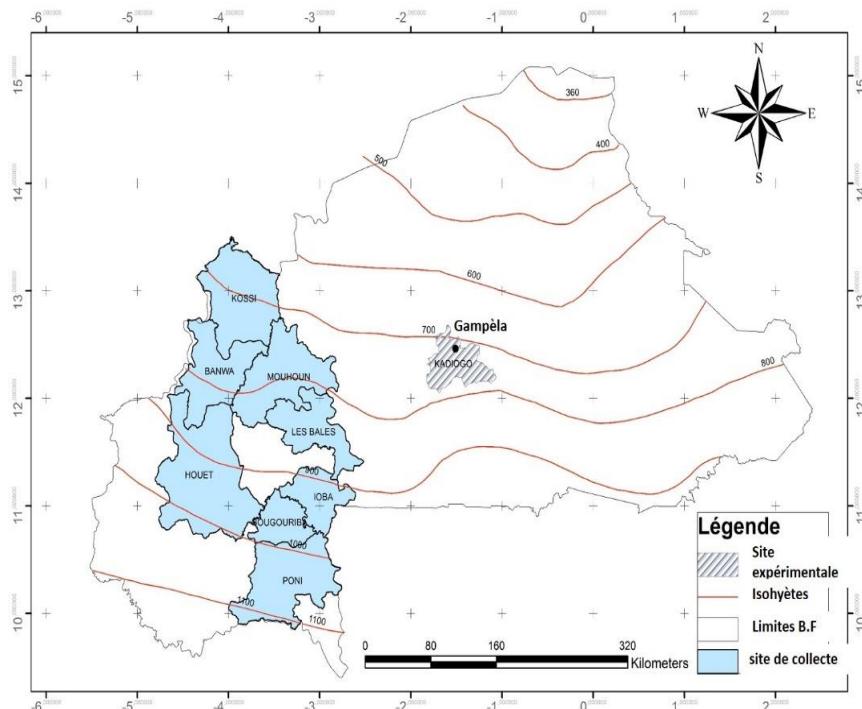


Figure 1. Collection and experimental site of *Hibiscus sabdariffa* accessions

1.2 Study site and experimental design

Agromorphological characterization was carried out in 2019 during the rainy season, from July to January on the experimental station of the Institute of Rural Development (IRD) located in Gampela ($12^{\circ} 24' 29''$ north latitude and $1^{\circ} 21' 8.6''$ west longitude). The climate of the site belongs to the Sudano-Sahelian type, characterized by annual rainfall between 600 and 900 mm (Thiombiano and Kampmann, 2010). 852.7 mm of water was recorded during the assessment.

The experimental design was a completely randomized block design with three (03) replications. Each block was divided into two (02) sub-blocks and the spacing was one meter. There were 25 rows in each sub-block of five (5) meters in length and each row was assigned to a randomly drawn accession. Plant-to-plant spacing in the row was 60cm and one meter between rows.

1.3 Data Collection

Eighteen (18) quantitative and twelve (12) qualitative traits were studied. These morphological traits were recorded according to the National Bureau of Plant Genetic Resources (Mahajan *et al.*, 2000), and based on previous studies on the plant (Anjah *et al.*, 2012, Satyanarayana *et al.*, 2017, Sharma *et al.*, 2016).

1.3.1 Qualitative traits

Qualitative traits were observed in the field on the whole row throughout the plant cycle. These are mainly leaf color (LCO); leaf shape and pubescence (LSH and LPU), stem color and pubescence (STC and SPU), petal color (PCO), calyx shape, color, and pubescence (CSH, CCO and CPU). Seed shape (SES), seed color (SEC), and seed pubescence (SEP) were assessed using a LEICA EZ4HD magnifying glass.

1.3.2 Quantitative traits

Quantitative traits such as the number of days when 50% of seedlings in the row have emerged (NDE); the number of days between sowing and 50% of flower bud formation in the row (NDB); the number of days from sowing to time when 50% of the plants per row start to flower (NDF), and the number of days from sowing to time when 50% of the plants in the row start to maturity (NDM) were measured on the entire row.

The other morphological quantitative traits were recorded on four randomly selected plants per row at different stages of the plant's development cycle.

At 60 days after sowing the quantitative traits collected are:

- ✓ Plant height (PLH): measured from the ground to the last leaf of the main stem.
- ✓ Stem diameter (STD): measured at the collar level with a caliper.
- ✓ Number of primary branches (NPB): assessed by counting on the main stem.
- ✓ Petiole length (PEL), limb width (LIW), and limb length (LIL) were measured on 3 leaves per plant using a double decimeter.
- ✓ Fresh leaf weight per plant (FLW): the estimation of fresh leaf weight (leaf biomass) per plant was done by weighing after harvesting all leaves using an electronic scale.

According to Hien (2012), 60 days after sowing is the time when the growth of *Hibiscus sabdariffa* starts to stabilize. In addition, this period is part of the time interval during which the leaves of this species can be harvested for consumption.

At plant maturity, the quantitative traits measured were:

- ✓ Calyx length (CAL), calyx diameter (CAD) has been measured on three fruits per plant using a double decimeter and a caliper.
- ✓ Number of capsules per plant (NCP), determined by counting the number of capsules produced per plant.
- ✓ Fresh and dry calyx weights (FCW, DCW), seed weight per plant (SWP), and 100 seeds weight (100SW) were measured using an electronic scale after harvesting.

1.4 Statistical analysis

Excel was used to calculate the frequencies of qualitative traits to assess the level of phenotypic variability. Analysis of Variance (ANOVA) was performed using GenStat v4.10.3 to determine traits that discriminate accessions and to assess accessions effects and their interaction. Multivariate analyses such as principal component analysis (PCA) and cluster analysis (dendrogram) based on the Euclidean distance between individuals at the 5% threshold were done using XLSTAT Version 2016.02. Principal component analysis was conducted to assess the correlations between quantitative variables, and clustering analysis was run to establish the structuration of variability among accessions.

2. Results

2.1. Agromorphological variation related to the qualitative traits of *Hibiscus sabdariffa*

The analysis of the qualitative traits (table 2) showed an important variability within the studied collection of *Hibiscus sabdariffa*. This variability is mainly observed with leaf and calyx shape, leaf, stem, petal, and calyx color. According to the leaf shape, all genotypes display simple leaves, but the color and shape of limbs vary from one genotype to another one. The majority (52.08%) of accessions have palmate and deeply divided leaves (Figures 2d, 2e, and 2f). 33.33% of accessions have palmate and fully divided leaves (figure 2g). Accessions with oval leaves (8.33%) have also been observed (figure 2a). A minority of accessions have palmate and weakly divided leaves (figure 2b), and very broad palmate and weakly divided leaves (figure 2c). The color of leaves, veins, and petioles depends on the stem color which varied from green to crimson.

Table 2. Distribution of frequency for qualitative traits of *Hibiscus sabdariffa* L.

Traits	Modalities	Percentages
Leaf color (LCO)	Uniformly green	14.58
	Green with purplish veins	22.92
	Green with red veins	18.75
	Dark green with red veins	25
	Green- purplish with red veins	2.08
Leaf pubescence (LPU)	Variable	12.5
	Glabrous	94
Leaf shape (LSH)	Pubescent	6
	Oval	8.33
	Palmate and weakly divided leaves	4.17
	Very broad palmate and weakly divided leaves	2.08
	Palmate and deeply divided leaves	52.08
Stem color (STC)	Palmate and fully divided leaves	33.33
	Green	14.58

	Green with red spot at the knot	4.17
	Purplish green	33.33
	Red	8.33
	Dark red	22.92
	Crimson	10.42
	Variable	6.25
Stem pubescence (SPU)	Glabrous	89.58
	Pubescent with S	10.42
Sepals color (SCO)	Light green	12.5
	White- greenish	2.08
	Green with red spots	20.83
	Light green with red stripe	8.33
	Pink	2.08
	Red	8.33
	Dark red	22.92
	Crimson	10.42
	Variable	12.5
Petals color (PCO)	Yellow	14.58
	Yellow with red throat	22.92
	Light purple with red throat	25
	Pink with red throat	37.5
Calyx shape (CSH) and Calyx pubescence (CPU)	Long and glabrous	68.75
	Long and pubescent	6.25
	Short and glabrous	6.25
	Short and pubescent	18.75
Seed shape (SES)	Kidney form	52.08
	Angular	47.92
Seed color (SEC)°	Brown	39.58
	Grey	52.08
	Variable	8.33
Seed pubescence (SEP)	Hairy	6.25
	pubescent	41.67
	Weakly pubescent	37.5
	Glabrous	14.58

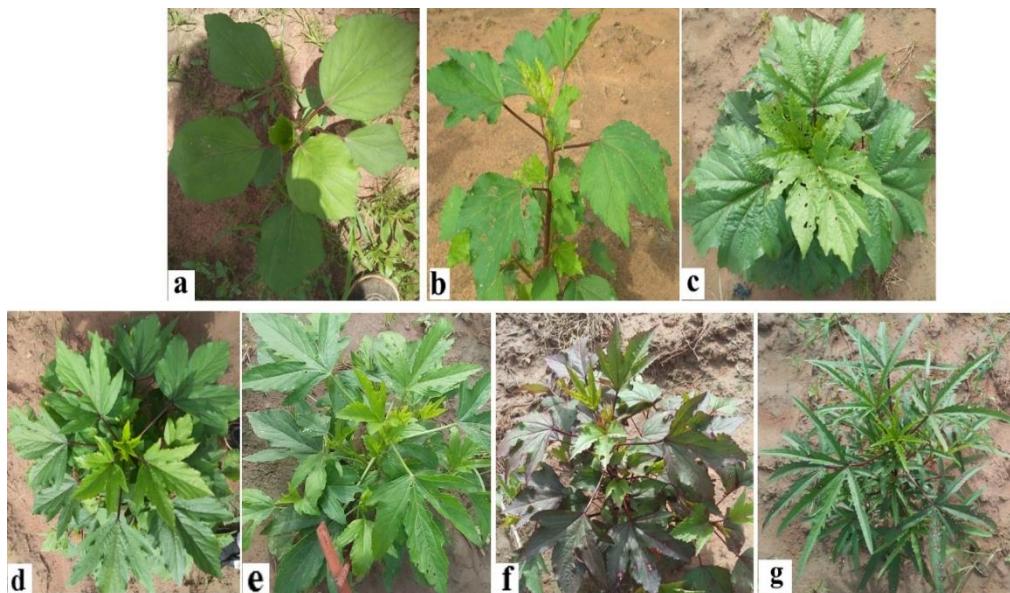


Figure 2. Different form and color of *Hibiscus sabdariffa* leaves

Legend: a) plant with oval and green leaves, b) plant with palmate and weakly divided green leaves, c) plant with very broad palmate and weakly divided green leaves, d) plant with palmate and deeply divided green leaves, e) plant with Palmate and deeply divided light green leaves, f) plant with Palmate and deeply divided Green- purplish leaves, g) plant with Palmate and fully divided green leaves

The result showed an important genetic variability in calyx shape and color being light green to very dark red (figure 3). The petals (figure 4) are yellow (14.58%), yellow with red throat (22.92%), light pink with red throat (25%) or pink with red throat (37.5 %).

Presence of pubescence of varying density have been observed on leaves, stem, calyx and seed.

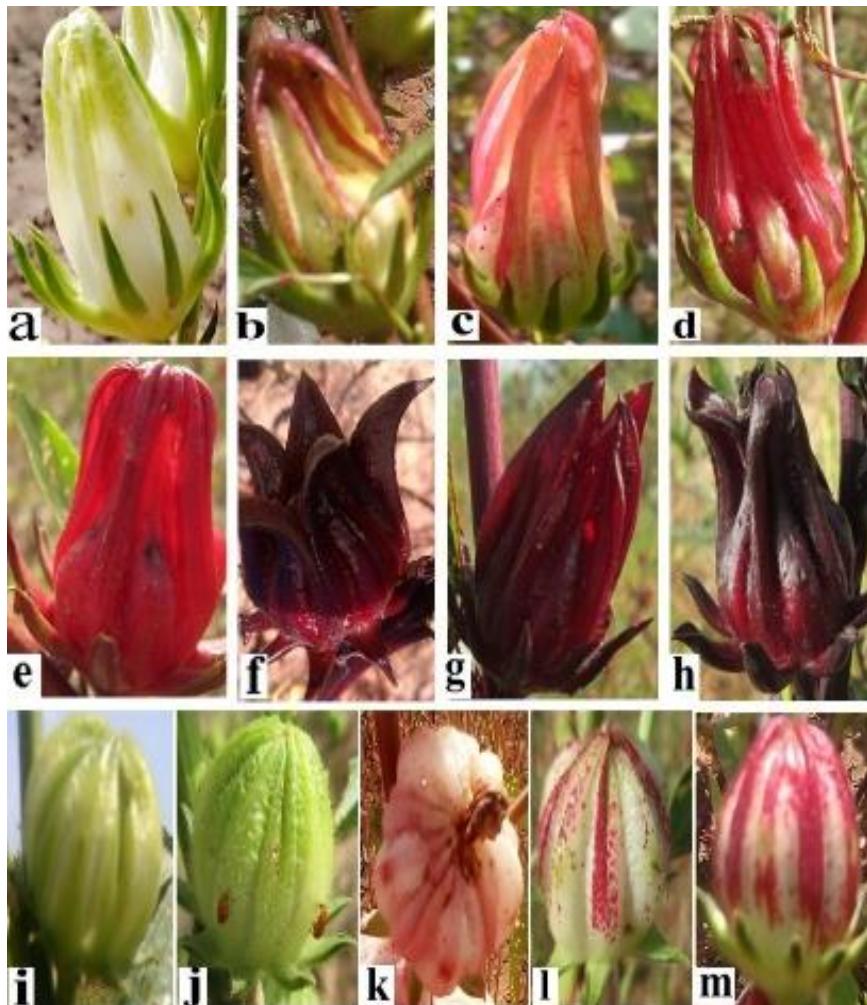


Figure 3. Different colors, forms and pubescence of *Hibiscus sabdariffa* calyxes

Legend: long calyx: a) light green and glabrous; b) red-green and glabrous; c) light green-pink and glabrous; d) red-green and glabrous; e) red and glabrous; f) red with spines; g) red with weak pubescence; h) purple and glabrous;

Short calyx: i) light green and glabrous; j) light green with spines, k) light pink and glabrous; l) light green-pink with spines; (m) light green-red and glabrous

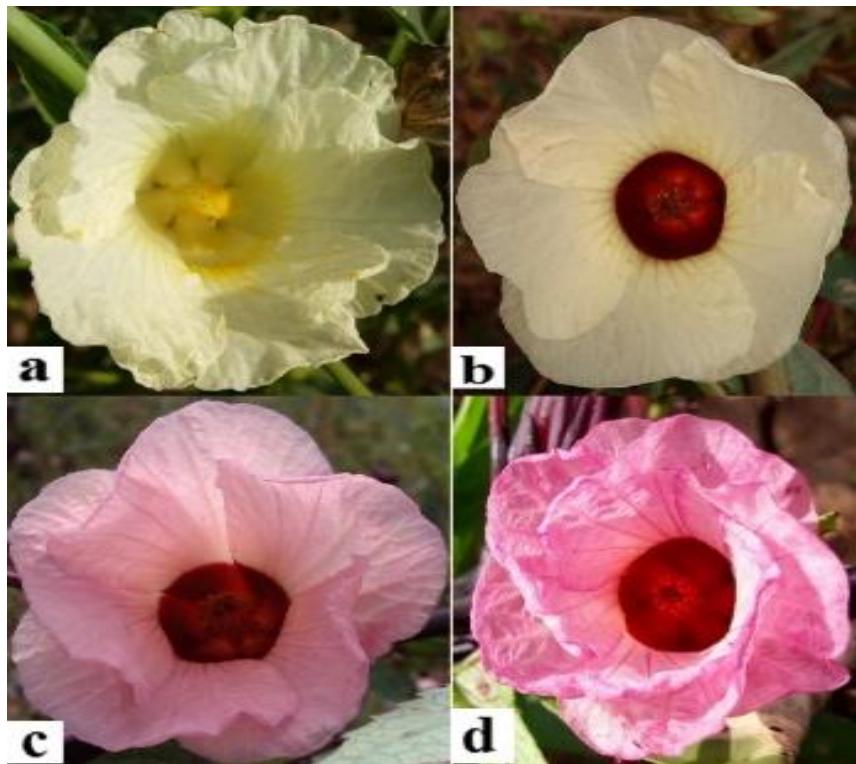


Figure 4. Different colors of *Hibiscus sabdariffa* corolla

Legend: a) yellow, b) yellow with red throat, c) light purple with red throat,
d) pink with red throat

2.2 Genetic variability revealed by quantitative traits

2.2.1. Analysis of variance

Analysis of variance (ANOVA) revealed significant differences among the forty-height genotypes for all quantitative traits studied (table 3). This significant difference suggests a large genetic variability in the collection of *Hibiscus sabdariffa*.

The number of days 50 % emerged varied from two (02) to four (04) days. Sixty days after sowing, the average plant height was about 1.37m with an average leaf production of 0.542 kg per plant. Flowering occurs 70 to 117 days after sowing, and about twenty days after flower bud formation. Flower buds ripen on average 30 days after flowering. The average yield of dry calyxes was 26 g per plant and the average weight of 100 seeds was 2.67 g. The coefficients of variation also showed significant variability for the traits studied and varied from 3.03% to 70.07%.

Table 3.Analysis of variance of the collection of *Hibiscus sabdariffa* L.

Variables	Min.	Mean	Max.	CV (%)	R ² (%)	F	P-value
PEL (cm)	8	11.84	17.23	9.17 ± 1.09	65.6	11.61**	< 0.0001
LIF(cm)	10.83	16.05	23.67	7.74 ± 1.24	76.8	18.43**	< 0.0001
LIW (cm)	6.17	11.27	21.33	8.55 ± 0.96	84.9	32.16**	< 0.0001
CAL(cm)	1.83	4.75	9.17	10.37 ± 0.49	88.6	50.64**	< 0.0001
CAD (cm)	1.93	2.884	4.06	8.59 ± 0.25	65	10.15**	< 0.0001
FLW (g)	129.8	541.9	1324	34.68 ± 187.9	43.9	4.02**	< 0.0001
PLH (cm)	70	137.4	200	12.84 ± 17.65	64	9.28**	< 0.0001
STD (cm)	1.4	2.552	4	16.8 ± 0.43	42.9	3.90**	< 0.0001
NPB (nbr)	11	24.68	41	18.15 ± 4.48	52.2	5.91**	< 0.0001
NCP (nbr)	6	53.56	339	61.35 ± 32.86	46.4	4.30**	< 0.0001
FCW (g)	24.1	158.6	1002	66.59 ± 105.6	44.3	3.53**	< 0.0001
DCW (g)	4.5	26.2	106.6	54.72 ± 14.33	50.9	4.54**	< 0.0001
100SW (g)	1.7	2.67	4.2	4.36 ± 0.12	97.6	183.08**	< 0.0001
SWP (g)	3.7	31.99	260.2	70.07 ± 22.41	41	3.09**	< 0.0001
NDE (nbr)	2	3.306	4	11.76 ± 0.39	79.1	21.37**	< 0.0001
NDB (nbr)	59	73.57	95	3.64 ± 2.68	92.2	62.24**	< 0.0001
NDF (nbr)	70	92.05	117	3.08 ± 2.84	93.4	79.98**	< 0.0001
NDM (nbr)	92	121.2	152	3.38 ± 4.10	91	53.87**	< 0.0001

Legend: PEL: petiole length; LIF: leaf length, LIW: leaf width; CAL: calyx length; CAD: calyx diameter; FLW: fresh leaf weight per plant or fresh leaf biomass per plant; PLH: Plant height ; STD: stem diameter; NPB: number of primary branches; NCP: number of capsules (fruits) per plant, FCW: fresh calyx weight; DCW: Dry calyx weight; 100SW: hundred seeds weight; SWP: seeds Weight per plant; NDE: Number of days at 50% emergence; NDB, number of days at 50% flower bud formation; NDF: Number of days at 50% flowering; NDM: Number of days at 50% maturity; **: Significant difference at 1% level; F: Fisher's F, CV: coefficient of variation ± standard error, R²: coefficient of determination.

2.2.2. Principal component analysis

Principal component analysis was conducted using quantitative traits. The first three (03) components F1, F2, and F3 explained 69.62% of the total variability.

F1 axis with 31.41% of the total variability had significantly positive correlation with leaf biomass ($r = 0.65$), plant height ($r = 0.70$), main stem diameter ($r = 0.74$), number of primary branches ($r = 0.78$), number of capsules per plant ($r = 0.88$), fresh calyx weight ($r = 0.67$), dry calyx weight ($r = 0.71$) and seed weight per plant ($r=0.86$). Axis 1 is therefore the yield axis or productivity axis. The second factor (F2) accounted for 22.30% of the total variability. The traits of a number of days to 50% flower bud formation

($r=0.78$), number of days at 50% flowering ($r=0.77$), and the number of days to maturity ($r=0.77$) are positively correlated with this factor. On the other hand, the variable hundred seed weight ($r = -0.72$) is negatively correlated with factor F2. The second factor defined the cycle of the genotypes studied. The third factor (F3) with 15.98% of the total variability associate's petiole length ($r = 0.80$), leaf length ($r=0.61$), leaf width ($r=0.69$), calyx diameter ($r = 0.78$). Axis 3 can be considered as the factor of leaf development (figure 5).

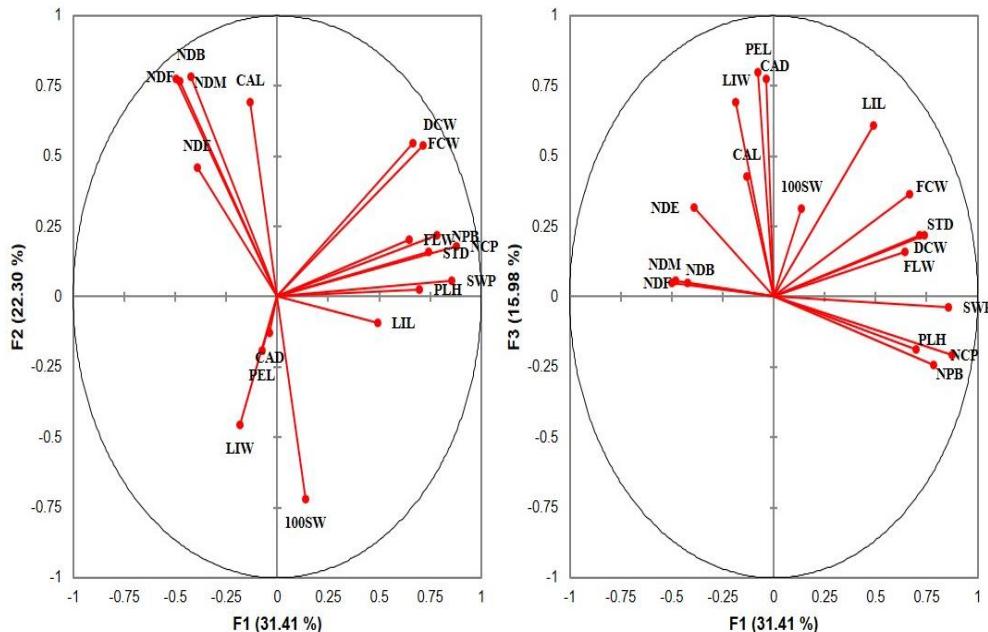


Figure 5. Principal component analysis of *Hibiscus sabdariffa* L quantitative traits

2.2.3. Cluster analysis

Hierarchical cluster analysis (figure 6) based on six quantitative traits grouped 48 accessions of *Hibiscus sabdariffa* into three clusters formed by accessions from diverse geographical origins except accessions of cluster III formed by five (05) accessions (10.47% of the collection) that provided to Banwa province (table 4). Cluster I formed by 21 accessions (43.75% of the collection) and cluster II consisted of 22 accessions (45.83% of the collection). In addition, the Fisher's statistic values, and coefficient of determination (R^2) (table 5) showed that the traits such as: plant height (PLH), calyx length (CAL), hundred seeds weight (100SW), number of days at 50% emergence (NDE), number of days at 50% flower bud formation (NDB), number of days at 50% flowering (NDF), Number of days at 50% maturity (NDM); discriminate the groups with relatively high F and R^2 values. Thus, cluster I is composed of accessions with low height (128.4 cm) and a relatively long cycle (132 days to reach 50% maturity). These accessions developed boll with long calyxes (5.5

cm) which had the lowest hundred seed weight (100SW= 2.3 g). Cluster III is consisted of accessions all from the same locality and had the same color (uniformly green). These was tall morphotypes (146.9cm) that are early matured (96 days to reach 50% maturity) and produced boll with short calyxes and had high hundred seed weight (PCG= 3.4 g). Cluster II contained accessions with a medium cycle (116 days to reach 50% of maturity). This group contained both morphotypes with well-developed long calyxes and morphotypes with short calyxes.

Table 4. Accessions of *Hibiscus sabdariffa* grouping into three clusters according to hierarchical cluster analysis

Cluster	I	II	III
Accession names	NOU2, BOB8, BOR7, SOL9, DIE1, BOB3, BOB7, NOU7, BOR1, NOU3, BOR2, BOB11, BOB4, NOU1, DAN4, BOB6, DAN1, DAN2, DIE2, DAN3, BOB1	BOR9, BOR10, DED3, BOR4, SOL7, BOB5, BOB2, BOR5, BOR12, BOR8, BOR12, DED2, GAO1, NOU4, BOR3, NOU5, NOU6, SOL6, GAO2, SOL2, BOR6, BOB9	SOL4, SOL1, SOL5, SOL3, SOL8

Table 5. Evaluation of the average performance of the three groups by the Newman Keuls test

Variables	Group 1	Group 2	Group 3	R ²	F
PEL (cm)	11.54a	12.21a	11.44a	0.054	1.27 ^{ns}
LIL(cm)	15.51a	16.20a	17.66a	0.088	2.18 ^{ns}
LIW(cm)	11.15a	10.9a	13.3a	0.108	2.73 ^{ns}
CAL(cm)	5.45c	4.53b	2.75a	0.341	11.66***
CAD (cm)	2.93a	2.78a	3.13a	0.115	2.73 ^{ns}
FLW(g)	505.34a	565.63a	590.56a	0.047	1.11 ^{ns}
PLH (cm)	128.41a	143.90b	146.93ab	0.138	3.60*
STD (cm)	2.48a	2.58a	2.72a	0.049	1.17 ^{ns}
NPB (nbr)	23.76a	25.16a	26.43a	0.042	0.99 ^{ns}
NCP (nbr)	44.24a	60.08a	64.03a	0.084	2.05 ^{ns}
FCW (g)	160.32a	168.46a	108.01a	0.041	0.97 ^{ns}
DCW (g)	26.55a	27.57a	18.66a	0.057	0.865 ^{ns}
100SW (g)	2.32a	2.85b	3.35b	0.275	8.53***
SWP (g)	25.26a	36.67a	39.65a	0.120	3.068 ^{ns}
NDE (nbr)	3.50b	3.40b	2.05a	0.358	12.54***
NDB (nbr)	81.20c	69.24b	60.51a	0.714	56.12***
NDF (nbr)	101.20c	87.32b	74.41a	0.761	71.77***
NDM (nbr)	131.97c	116.49b	196.29a	0.858	136.3***

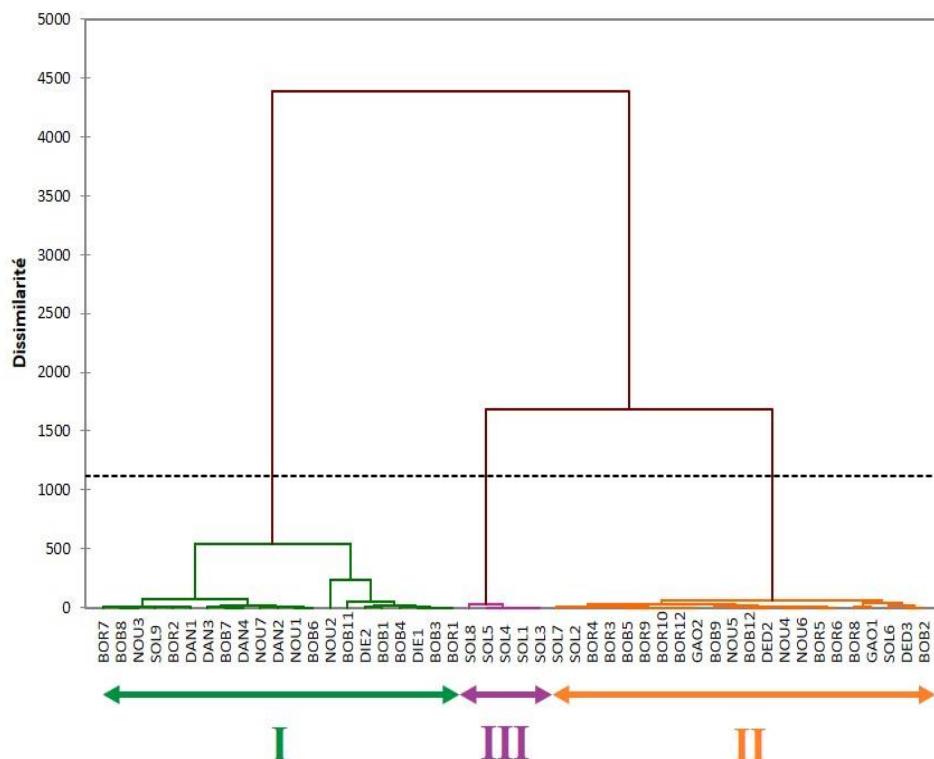


Figure 6. Dendrogram of 48 accessions of *Hibiscus sabdariffa* L.

3. Discussion

Agromorphological characterization revealed a wide morphological variability within *Hibiscus sabdariffa* accessions collected in western Burkina Faso. Color variation was observed on organs such as leaves, stems, and flowers. This diversity is linked to the plant's mode of reproduction (autogamy), which favorize homogeneity between plants in a population but can contribute to increasing diversity between ecotypes (Bakasso, 2010). The red, pink, and violet colors observed on leaves, stems, sepals, and petals result from the synthesis of anthocyanins by the species (Mazza & Miniati, 1994; Pale *et al.*, 2004) and constitute a factor of drought tolerance for the plant (Bricage, 1984). Moreover, the different calyx shapes observed show the great genetic variability of the plant. An important genetic variability in *Hibiscus sabdariffa* germplasm was also reported by Bakasso (2010), Sharma *et al.* (2016), and Ankrah *et al.* (2018) respectively in Niger, India, and Ghana.

In addition to the variability of the qualitative traits, there is a variation between accessions for all quantitative traits studied as denoted through analysis of variance.

The high values of coefficients of variation of traits such as fresh leaf weight per plant, number of bolls per plant, fresh calyx weight, dry calyx weight, and seed weight per plant show a wide dispersion of these variables around the mean. According to Aljane and Ferchichi (2007), a high value of the coefficient of variation ($>30\%$) reflects the heterogeneity of the material studied. The mixing of several morphotypes within the same accession and the spontaneous ginning at maturity of some accessions, which leads to seed loss, can also explain these results. Furthermore, the high values of the coefficient of determination ($R^2>60$) for leaf length and width, calyx length and width, plant height, hundred-seed weight, and plant cycle show that the expression of these traits could be under genetic control. Thus, a good knowledge of the genetic parameters is necessary for the choice of optimal selection criteria (Merour *et al.*, 2008).

Accessions collected have a 50% flowering date comprised between 70 and 117 days. Our results differ from those of Bakasso (2010) and Satyanarayana *et al.* (2017) who found respectively a cycle of 65 to 97 days to 50% flowering for genotypes grown in Niger and 153 to 163 days to 50% flowering for genotypes grown in India. According to Islam *et al.* (2008), the flowering date of *Hibiscus sabdariffa* depends not only on environmental conditions and genotypes but also on the sowing date because *Hibiscus sabdariffa* is sensitive to day's duration as well as it is a short-day plant and blooms when the day length shortened (Mansour, 1975; Hacket and Carolene, 1982).

The grouping of accessions into three groups was done independently of the provenance of the samples but according to the length of the calyx and the cycle, this result could be linked to the management of seed by farmers through exchanges that take place among and between communities (Kiébré *et al.*, 2015; Ouangraoua *et al.*, 2021). In addition, calyx size is a parameter used by farmers in Burkina Faso and Niger to identify the morphotypes of *Hibiscus sabdariffa* (Bakasso, 2010; Ouangraoua *et al.*, 2021). According to the same authors, farmers distinguish two morphotypes based on the shape of the calyx. These are genotypes with a long, highly developed calyx and a genotype with a short calyx that adheres directly to the capsule. The high diversity observed in *Hibiscus sabdariffa* L. provides a broad genetic base for the possible selection and development of suitable varieties that farmers and consumers need.

Conclusion

Agromorphological characterization of *Hibiscus sabdariffa* revealed significant variability within accessions studied. According to the identification of more discriminant traits, we denoted that, traits such as color and shape of the leaves, stem, flowers, and seeds, plant height, calyx length,

hundred seed weight, and days to 50% flowering could be used as descriptors of *Hibiscus sabdariffa*. Concerning the determination of the relationships between the studied characteristics, it appeared some significant correlations between leaf weight per plant, number of primary branches, number of capsules per plant, fresh and dry calyx weight, seed weight per plant, and the cycle of the plant. The structuration of the variability highlighted three distinct agromorphological groups based on quantitative data. These results can contribute to the genetic improvement of the plant. Further analysis such as the use of microsatellites and sequencing for SNP selection could help to better understand the genetic diversity of *Hibiscus sabdariffa* in Burkina Faso.

References:

1. Ahmed M. E. N. & Salaheldeen E. A. (2010): Effect of weeding frequencies on growth and yield of two roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.) varieties under rain fed, *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*, 4(9): 4250-4255.
2. Anjah G. M., Ogunsanwo O. Y., Jimoh S. O., Forjoh J. N. & Tsombou F. M. (2012): Assessment of regeneration potential of *Hibiscus sabdariffa* L. under established ecosystems in Cameroon, *Journal of Horticulture and Forestry*, 4 (6): 96-102.
3. Aljane F. & Ferchini A. (2007): Caractérisation et évaluation de six cultivars du caprifiguier (*Ficus carica* L.) en Tunisie, *Plant Genetic Resource Newsletter*, 151: 22-26.
4. Ankrah N. A., Antonia Y., Tetteh A. Y., Coffie N. & Niagiah A. (2018): Characterization of Roselle (*Hibiscus sabdariffa* L. Var. *Altissima* Wester) accessions in Northern Ghana by Agromorphological Traits, *Journal of Agricultural Science*, 10 (9): 64-75.
5. Bakasso Y. (2010): *Ressources génétiques des roselles (Hibiscus sabdariffa L.) du Niger: Evaluations agromorphologique et génétique*. Thèse unique, Université de Ouagadougou, 102p.
6. Bakasso Y., Zaman-Allah M., Mariac C., Billot C., Vigouroux Y., Zongo J. D. & Saadou M. (2013): Genetic diversity and population structure in a collection of roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.) from Niger, *Plant Genetic Resources: Characterization and Utilization*: 1–8, doi:10.1017/S1479262113000531.
7. Bengaly M., Béré A. & Traoré A., (2006): The chemical composition of bikalga, a traditional fermented roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.) seeds condiment. Part II: evaluation of mineral, total polyphenols and phytic acid content, predicting the iron bioavailability. *Electronic Journal of Food and Plants Chemistry*, 1(1): 7-11.
8. Bricage P. (1984): Influences of the seed-bed density, the parental phenotype and the surrounding on the seeding efficiency of *Hibiscus*

- sabdariffa* L. seeds. *Bulletin de l'Institut Fondamental d'Afrique Noire Série A Sciences Naturelles*, 40 (1-2): 728-730.
- 9. Cisse M., Dornier M., Sakho M., Mar Diop C., Reynes M. & Sock O. (2009).: La production de bissap (*Hibiscus sabdariffa* L.) au Sénégal, *Fruits*, 64 (1): 1-14.
 - 10. Da-Costa-Rocha I., Bonnlaender B., Sievers H., Pischel I. & Heinrich M. (2014). *Hibiscus sabdariffa* L. – A phytochemical and pharmacological review. *Food Chemistry*, 165: 424–443.
 - 11. Edmonds J.M. (1991): *The distribution of Hibiscus L. section furcaria in tropical East Africa, Systematic and Ecogeographic Studies on Crop Genepools 6*, International Board for Plant Genetic Resources, ISBN: 9290432063, 68p.
 - 12. Hacket C. & Carolene J. (1982). Edible horticultural crops: A compendium of information on fruits, vegetables, spice and nut species. *Academic Press Australia*, 17p.
 - 13. Hama-Ba F., Parkouda C., Kamga R., Tankouano A. & Diawara B. (2017): Disponibilité, modes et fréquence de consommation des légumes traditionnels africains dans 4 localités du Burkina Faso à diverses activités de maraîchage Ouagadougou, Koubri, Loumbila et Kongoussi. *African Journal of Food, Agriculture, Nutrition and Development*, 17(1): 11552-11570.
 - 14. Hirunpanich V., Utaipat A., Morales N. P., Bunyapraphatsara N., Sato H. & Herunsalee A. (2005): Antioxidant effects of aqueous extracts from dried calyx of *Hibiscus sabdariffa* Linn. (Roselle) in vitro using rat low-density lipoprotein (LDL). *Biological & Pharmaceutical Bulletin*, 28(3): 481–484.
 - 15. Islam M. M., Islam A., Islam F. & Fakir M. S. A. (2008): Effect of planting date on canopy characters and capsules production in *Hibiscus sabdariffa* (var. *Sabdariffa*) grown in the boundaries of rice field. *Journal of Agroforestry and Environment*. 2 (1): 1-6.
 - 16. Kiébré Z., Bationo/Kando P., Sawadogo N., Sawadogo M. & Zongo J-D. (2015): Selection of phenotypic interests for the cultivation of the plant *Cleome gynandra* L. in the vegetable gardens in Burkina Faso. *Journal of Experimental Biology and Agricultural Sciences*, 3(3): 288-297.
 - 17. Konkobo -Yaméogo C., Karimou AR., Kaboré S., Diasso K., Diawara B. & Ouedraogo JB. (2002). Les pratiques alimentaires à Ouagadougou, Burkina Faso: Céréales, légumineuses, tubercules et légumes, CNRST, CIRAD, 148p.
 - 18. Mahadevan N., Kamboj S. & Kamboj P. (2009): *Hibiscus sabdariffa* Linn. -An overview. *Natural product radiance*, 8(1): 77-83.

19. Mahajan R. K., Sapra R.L., Srivastava, U., Singh, M. & Sharma G.D. (2000): Minimal Descriptors (for Characterization and Evaluation) of Agri-Horticultural Crops (Part-I). *National Bureau of Plant Genetic Resources*, New Delhi, 230p.
20. Mahmoudi S., Balmeh N., Mohammadi N. & Sadeghian-Rizi T. (2021): The Novel Drug Discovery to Combat COVID-19 by Repressing Important Virus Proteins Involved in Pathogenesis Using Medicinal Herbal Compounds, *Avicenna Journal of Medical Biotechnology*, 13 (3):107-115. <http://dx.doi.org/10.18502/ajmb.v13i3.6370>.
21. Mansour B.M.M. (1975): Effects of temperature and day length on growth and flowering of Roselle, *Hibiscus sabdariffa* L. *Scientia Horticulturae*, 3: 129-135.
22. Mazza G. & Miniati E. (1994): Anthocyanin in fruits, vegetables, and grains. 362 Seiten, zahlr. Abb. Und Tab. CRC Press, Boca Raton, Ann Arbor, London, Tokyo 1993. Preis: 144.
23. Merour I., Bernard E., Canario L. & Bidanel J.-P. (2008): Analyse génétique de la productivité numérique et pondérale et de la durée de mise bas de truies Large White et Landrace Français, *Journées de la Recherche Porcine*, Paris, France, hal-02755802, 40: 133-136.
24. Morton, J. F. (1987): Roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.). In *Fruits of warm climates*, ed. C.F.Dowling. Greensboro, NC: Media, Inc.: 281-286. Miami, United States, 505p.
25. Ouangraoua W. J., Kiebre M., Traore R. E., Ouedraogo M. H. & Sawadogo M. (2021): Caractérisation ethnobotanique de l'Oseille de Guinée (*Hibiscus sabdariffa* L.) à l'ouest du Burkina Faso, *International Journal of Innovation and Applied Studies*, 32 (3): 437-448.
26. Palé E., Kouda-Bonafos M. & Nacro M. (2004): Caractérisation et mesure des activités anti-radicalaires d'anthocyanes de plantes du Burkina Faso, *C.R. Chimie*, 7: 973-980.
27. Parga-Lozano C. H. & Guerrero N. E. S. (2021): Combination of two promising methodologies for possible treatment against COVID-19, *Biomedical Journal of Scientific & Technical Research*, 35(5): 28000-280004.
28. Pernes J. (1983). La génétique de la domestication des céréales [histoire des céréales cultivées]. *Agris FAO*, 14(146): 910-919.
29. Satyanarayana H. N., Visalakshmi V., Ramana M. K. V., Kumar M. K., Rao A. U. & Venugopala R. N. (2017): Genetic variability, heritability and genetic advance for seed yield and its components in roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.) in North Coastal Zone of Andhra

- Pradesh India, *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 6 (5): 242-248.
30. Sharma H. K., Sarkar M., Choudhary S. B., Kumara A. A., Maruthia R.T., Jiban Mitra J. & Karmakar G. P. (2016): Diversity analysis based on agro-morphological traits and microsatellite-based markers in global germplasm collections of roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.) *Industrial Crops and Products*, 89: 303–315.
 31. Tetteh A.Y., Ankrah N. A., Nancy N. & Niagiah A. (2019): Genetic diversity, variability and characterization of the agro-morphological traits of Northern Ghana Roselle (*Hibiscus sabdariffa* var. *altissima*) accessions, *African Journal of Plant Science*, 13(6): 168-184.
 32. Thiombiano A. & Kamppmann D. (2010): *Atlas de la biodiversité de l'Afrique de l'Ouest, Tome II : Burkina Faso*, Ouagadougou et Frankfurt/Main.

Formulation et Fabrication des Suppositoires à Visée Antipaludique à Base du Beurre de Karité Contenant *Artémisia annua* Cultivé à L'ouest Cameroun

Lionel Tematio Nague

Emmanuel Mpondo

Emmanuel Nnanga Nga

Laboratoire de Pharmacie Galénique et Législation Pharmaceutique,

Faculté de Médecine et des Sciences Biomédicales,

Université de Yaoundé I, Yaoundé, Cameroun

Clautaire Mwebi Ekengoue

Association Scientifique Africaine pour l'Innovation et l'Entrepreneuriat (ASAIE), Yaoundé, Cameroun

Richard Vivien Youagam

Association Scientifique Africaine pour l'Innovation et l'Entrepreneuriat (ASAIE), Yaoundé, Cameroun

Ministère des Finances (MINFI), Cameroun

[Doi:10.19044/esj.2022.v18n27p204](https://doi.org/10.19044/esj.2022.v18n27p204)

Submitted: 08 June 2022

Copyright 2022 Author(s)

Accepted: 11 August 2022

Under Creative Commons BY-NC-ND

Published: 31 August 2022

4.0 OPEN ACCESS

Cite As:

Nague L.T., Mpondo E., Nga E.N., Ekengoue C. M. & Youagam R.V. (2022) *Formulation et Fabrication des Suppositoires à Visée Antipaludique à Base du Beurre de Karité Contenant *Artémisia annua* Cultivé à L'ouest Cameroun*. European Scientific Journal, ESJ, 18 (27), 204. <https://doi.org/10.19044/esj.2022.v18n27p204>

Résumé

Le but de la présente étude est de formuler et fabriquer des suppositoires à visée antipaludique à base de matières premières locales afin d'améliorer la prise en charge du paludisme, essentiellement chez les enfants âgés de moins de 5 ans. Pour faire cela, on a utilisé comme principe actif la poudre de feuilles et tiges sèches de *Artémisia annua* provenant de la Région de l'Ouest-Cameroun et comme excipient le beurre de karité en provenance de la région du Nord Cameroun puis amélioré à 4% de silice colloïdale. Les essais organoleptiques ont mis en évidence une poudre de couleur grisâtre, de saveur amère et très odorante. L'analyse granulométrique a montré que la poudre de feuilles et tiges sèches de *Artémisia annua* a une granulométrie allant de très

fine à fine. La concentration en flavonoïdes totaux de la poudre de feuilles et tiges sèches de *Artémisia annua* est de 76,9 µg/ml d'équivalent de quercétine. Les suppositoires à visée antipaludique fabriqués à partir de 250mg de poudre de feuilles et tiges sèches de *Artemisia annua* et 1820mg de beurre de karité+4% de silice colloïdale ont suivi un contrôle pharmaceutique. Ce contrôle qualité des suppositoires à visée antipaludique contenant *Artémisia annua* fabriqués en utilisant le beurre de karité comme excipient a donné des valeurs des paramètres physico-chimiques en adéquation aux valeurs standards. La forme galénique issue de cette formule pourrait présenter une meilleure prise en charge thérapeutique des patients et particulièrement les enfants, au Cameroun et ailleurs en Afrique.

Mots-clés: Paludisme, enfants, *Artemisia Annua*, Beurre de Karité, suppositoires, prise en charge thérapeutique, Cameroun

Formulation and Manufacture of Suppositories for Antimalarial Purposes Containing *Artemisia annua* Cultivated at West Cameroon

Lionel Tematio Nague

Emmanuel Mpondio

Emmanuel Nnanga Nga

Laboratoire de Pharmacie Galénique et Législation Pharmaceutique,

Faculté de Médecine et des Sciences Biomédicales,

Université de Yaoundé I, Yaoundé, Cameroun

Clautaire Mwebi Ekengoue

Association Scientifique Africaine pour l'Innovation et l'Entrepreneuriat
(ASAIE), Yaoundé, Cameroun

Richard Vivien Youagam

Association Scientifique Africaine pour l'Innovation et l'Entrepreneuriat
(ASAIE), Yaoundé, Cameroun

Ministère des Finances (MINFI), Cameroun

Abstract

This paper focuses on formulating and manufacturing antimalarial suppositories based on local materials in order to improve the management of malaria mainly for children under 5 years of age. Doing it, we used as active principle the powder of leaves and stems of *Artemisia annua* from Western Cameroon and, as an excipient, shea butter improved with 4% colloidal silica from the Northern Cameroon. The tests revealed a greyish-coloured powder

with a bitter taste and a very fragrant one. The particle size analysis showed that the powder of leaves and stems of *Artemisia annua* has a particle size ranging from very fine to fine. The concentration of total flavonoids in the powder of leaves and stems of *Artemisia annua* is 76.9 µg/ml of quercetin equivalent. Antimalarial suppositories made from 250mg of *Artemisia annua* leaf and stem powder and 1820mg of shea butter, enhanced with 4% colloidal silica, have undergone pharmaceutical control. This quality control of *Artemisia annua* antimalarial suppositories, manufactured using shea butter as an excipient, gave values of the physico-chemical parameters in line with the standards values. The galenic form resulting from this formula could offer better therapeutic management of patients, particularly children, in Cameroon and elsewhere in Africa.

Keywords: Malaria, children, *Artemisia Annua*, Shea Butter, suppositories, therapeutic management, Cameroon

1. Introduction

Le paludisme reste la principale cause de mortalité dans le monde (Talapko et al., 2019). C'est la maladie la plus courante en Afrique et dans certains pays d'Asie. Les principales victimes sont les enfants de moins de 5 ans (Danis & Genetilini, 1998). Plus de la moitié de la population mondiale souffre du paludisme. Près de 99 % des décès concernent l'Afrique dont 86 % des décès concernent des enfants de moins de 5 ans. Il s'agit d'une érythrocytopathie due à un hématozoaire du genre plasmodium (Danis & Genetilini, 1998). Le paludisme est une maladie grave qui se transmet à l'homme par la piqûre d'un moustique femelle infecté de l'espèce Anophèles (Talapko et al., 2019).

Le traitement du paludisme repose sur le traitement curatif d'une part et préventif d'autre part. Dans l'ensemble, l'arsenal antipaludique comporte plusieurs molécules classées, selon l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) en fonction de leur mode d'action et leur structure chimique. Le choix d'une molécule antipaludique dépend de plusieurs critères (SPILF, 2008). L'objectif étant la guérison sans rechute, tout en évitant des complications iatrogènes (SPILF, 2008). Malheureusement, les efforts déployés pour lutter contre le paludisme sont contrariés par l'apparition et la propagation de résistance à la plupart des molécules présentes sur le marché avec pour conséquence une proportion importante de décès dans les pays en développement (Basco, 2003).

Face à l'augmentation progressive de cette résistance, il a été nécessaire de réagir à deux niveaux (Chekem & Wierucki, 2006). D'abord, proposer l'utilisation de nouvelles molécules reconnues comme efficaces pour le traitement du paludisme. Ensuite, valoriser les traitements combinant plusieurs

molécules reconnues efficaces afin de diminuer la probabilité de résistances du parasite (Chekem & Wierucki, 2006). De nos jours, de nouvelles méthodes de lutte contre le paludisme reposent sur le développement de nouvelles molécules et surtout le développement de combinaisons thérapeutiques reposant sur l'association d'un dérivé d'Artémisinine avec une ou plusieurs autres molécules connues sous le nom de Artemisinine-based Combination Therapy (ACT) (Davis et al., 2005), suivant les recommandations de l'OMS en vue de sa rapidité d'action et l'impact sur la transmission.

L'Artémisinine est une molécule issue de *Artemisia annua*, d'activité très rapide. Pour plus de détails sur *Artemisia annua*, les lecteurs sont invités à lire les travaux de Chougou et al. (2012) et Lutgen (2009). L'Artémisinine est une lactone sesquiterpénique isolé de *Artemisia annua* et de formule brute $C_{15}H_{22}O_5$ (Robert et al., 2005). L'Artémisinine a une action sur les trophozoïtes jeunes et empêche leur évolution vers les trophozoïtes tardifs responsables des complications de l'accès palustre. Cette molécule pénètre dans les globules rouges parasités et arrête précocement la maturation des schizontes. Elle a également un effet gamétoctycide qui diminue le risque de transmission de l'infection (Barbara et al., 2008). Les molécules d'Artemisinine sont des substances qui agissent comme schizonticides sanguins. Toutefois, chez les enfants de moins de 5 ans, les plus concernés par la pandémie, il se pose non seulement le problème de dose mais aussi de forme de médicaments. Chougou et al. (2013) démontrent en 2011 que la limonade de *Artemisia annua* sous sa forme suppositoire est plus acceptée par les enfants et plus efficace que lorsqu'il est sous la forme de tisane (Chougou et al., 2013).

Les suppositoires sont des préparations unidoses. Leur forme, volume et consistance sont adaptés à l'administration par voie rectale. Ils contiennent une ou plusieurs substances actives, dispersées ou dissoutes dans une base appropriée qui est plus souvent fusible à la température du corps, parfois soluble ou dispersible dans l'eau (Pharmacopée Européenne, 2011). Il existe deux mécanismes de libération du principe actif à partir des suppositoires. Le premier correspond à la libération du principe actif par fusion (à 37°C). Le second repose sur la libération du principe actif par dissolution de l'excipient dans l'ampoule rectale. Par conséquent, les suppositoires renferment le plus souvent d'autres excipients tels que les absorbants, les tensioactifs, les conservateurs antimicrobiens, antioxydants et les colorants autorisés (Le Hir, 1981; Allen, 2000; Readon, 1997; Schoonon, 1979). Ces derniers sont des substances inactives par elles-mêmes mais qui facilitent l'administration et la conservation du principe médicamenteux (Le Hir, 1981; Readon, 1997). Parmi ces substances, on distingue les excipients hydrophiles et les excipients lipophiles (Liversidge, 1981).

Les excipients lipophiles sont constitués essentiellement des glycérides hémisynthétiques et des glycérides naturelles tel que le beurre de cacao. Djoko et al. (2018) dans leurs travaux portant sur la formulation des suppositoires et ovules à base de beurre de karité comme excipient, ont montré que ce dernier présente de grandes similitudes d'utilisation en cosmétique et en agroalimentaire avec le beurre de cacao. Après une analyse physique, chimique et pharmacotechnique, des échantillons de beurre de karité en provenance de la Région du Nord Cameroun ont été améliorés respectivement par la cire blanche et la silice colloïdale aux taux respectifs de 1, 2, 4 et 6 %. Ces auteurs sont parvenus à la conclusion que le beurre de karité amélioré avec 4% de silice colloïdale peut être valablement utilisé comme excipient pour suppositoires. Ce résultat scientifique associé à l'intérêt de l'Artemisinine dans le traitement du paludisme constitue notre motivation à mener cette étude. L'objectif de la présente étude est de formuler et fabriquer les suppositoires à visée antipaludique sous la base de matières premières locales disponibles telles que le beurre de karité et l'Artemisinine, composés chimiques extraits des plantes karité et *Artemisia annua* respectivement. Ce faisant, nous allons déterminer dans un premier temps le caractère organoleptique (couleur, odeur et saveur), les paramètres physicochimiques (granulométrie, humidité résiduelle, masse volumique apparente par tassemement) et les indices caractéristiques (Indice de Carr et Indice de Hausner) de la poudre de feuilles et tiges de *Artémisia annua*. Par la suite, nous allons procéder au dosage de l'Artémisine contenue dans la poudre de feuilles et tiges de *Artémisia annua* ainsi qu'à la formulation, dont la détermination des proportions des réactifs à utiliser (Poudre de feuilles et tiges de *Artémisia annua* et beurre de karité amélioré avec 4% de Silice colloïdale). Enfin, nous procéderons à la fabrication des suppositoires à visé antipaludique en utilisant comme principe actif la poudre de feuilles et tiges sèches de *Artémisia annua* et comme excipient le beurre de karité dans les proportions convenablement définies.

Cet article est constitué de cinq parties. La première partie est détaillée ci-dessus. La seconde partie porte sur la méthodologie de recherche. Dans cette partie sont présentés de manière détaillée l'ensemble du matériel utilisé ainsi que les différentes méthodes de collecte, d'analyse et de traitement des données. Tour à tour, nous avons présenté la méthode de collecte, de séchage et de préparation de la poudre des feuilles et tiges de *Artémisia annua*, les méthodes d'analyses physicochimiques (humidité résiduelle, granulométrie et volume apparent par tassemement) et de détermination des indices caractéristiques (indices de Carr et de Hausnerr) de ladite poudre. Toujours dans cette même partie sont présentés les méthodes d'extraction et détermination de la teneur en flavonoïdes totaux par le Trichlorure d'Aluminium ($AlCl_3$) ainsi que celle de dosage de l'Artemisinine contenue dans cette poudre de feuilles et tiges de *Artémisia annua*, suivie de la

formulation et de la fabrication des suppositoires. La troisième partie présente de manière claire, précise et concise les différents résultats de l'étude et leur interprétation. Ces résultats sont discutés dans la quatrième partie. L'étude s'achève à la cinquième partie par une conclusion.

1. Méthodologie

1.1. Collecte et séchage du matériel végétal

Le matériel végétal est constitué essentiellement des feuilles et des tiges de *Artemisia annua* (Figure 1a) récoltés dans la ville de Bangangté, à l'Ouest du Cameroun. La récolte des feuilles et tiges de *Artemisia annua* s'est faite dès l'apparition du premier bouton floral, dans l'après midi (entre 13h et 15h) correspondant à la période de la journée où la plante accumule le plus de composés actifs dans sa partie aérienne. Les plantules utilisées pour la culture venaient du CIPCRE (Cercle International pour la Promotion de la Création) et identifiées à l'HNC (Herbier National du Cameroun) sous le numéro Voucher 65647/HNC. Après la récolte du matériel végétal a suivi le séchage. Le séchage a été effectué dans une salle bien aérée et ventilée d'air ambiant pendant 3 jours à l'abri du soleil. Pendant ce temps, la plante a été conservée à température ambiante (25°C) dans des sachets plastiques en polyéthylène de densité faible, solidement noués. Après transformation du matériel végétal (feuilles et tiges de *Artemisia annua*) en poudre (Figure 1b), une série de contrôles ont été effectués et exploités dans la suite.



a)



(b)

Figure 1: Matière première constituant le principe actif lors de la formulation et de la fabrication des suppositoires à visée antipaludique à l'aide du beurre de karité contenant *Artémisia annua* cultivé à l'Ouest Cameroun comme excipient. (a) Feuilles et tiges de *Artemisia annua* ; (b) poudre de feuilles et tiges de *Artémisia annua*.

1.2. Essai organoleptique et détermination du taux d'humidité

L'essai organoleptique a consisté en la détermination du caractère macroscopique de la poudre des feuilles et tiges de *Artemisia annua*. Il s'est agit essentiellement d'apprécier la couleur, la texture, la saveur et l'odeur de la poudre obtenue après avoir séché et écrasé au moulin le mélange de feuilles et tiges de *Artemisia annua*. Le mode opératoire a consisté à observer la poudre des feuilles et tiges de *Artemisia annua*, à la toucher, à la sentir et à la gouter. Pour ce qui est du taux d'humidité, la méthode indiquée par Le Hir et al. (2009) a été utilisée. Au laboratoire, l'analyse s'est déroulée en deux intervalles: T=145°C, temps=10min; T=135°C, temps=30min. Le couvercle du dessiccateur infrarouge ouvert, une coupelle en aluminium a été placée sur ce dernier, puis taré. Enfin, 1g d'échantillon déjà préparé dans la coupelle en aluminium a été pesé.

1.3. Mesure de la masse volumique apparente par tassemement

La mesure du volume en fonction du tassemement a été effectuée à l'aide d'un voluménomètre. Ce dernier est une éprouvette graduée subissant des vibrations d'amplitude standardisée. La mesure du volume en fonction du tassemement s'est faite sous très faible contrainte de manière à analyser l'aptitude de la poudre à se réarranger. Le mode opératoire a consisté à introduire, dans une éprouvette normalisée de 200ml, 50g de poudre de feuilles et tiges de *Artemisia annua* non lubrifiée. La compressibilité de la poudre a été évaluée à partir de divers indices tels que l'indice de Carr (I_{Carr}) (Eq.1), l'indice de Hausner ($I_{Hausner}$) (Eq.2) et la quantité $V_{10}-V_{500}$ dans laquelle V_{10} est le volume de la poudre après 10 tassemements et V_{500} le volume de la poudre après 500 tassemements. Dans les équations précédentes (Eq.1), V_0 est le volume sans tassemement:

$$I_{Carr} = \frac{V_0 - \text{Volume}_{\text{tassé}}}{V_0} \times 100 \quad (1),$$

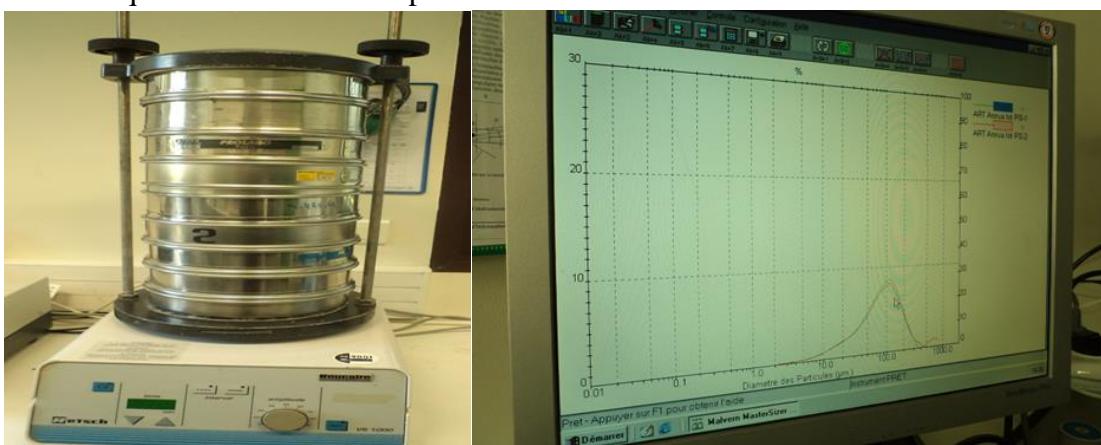
$$I_{Hausner} = \frac{\text{Volume}_{\text{aérée}}}{\text{Volume}_{\text{tassée}}} \quad (2).$$

1.4. Analyse granulométrique

L'analyse granulométrique de la poudre de feuilles et tiges de *Artemisia annua* s'est faite de deux manières afin de s'assurer de la véracité des résultats obtenus: d'abord la méthode directe ou tamisage puis la méthode indirecte ou diffraction laser. Dans le premier cas, chaque tamis a été pesé à 0,1g près. Un échantillon de poudre de 51g exactement pesé a été déposé dans le tamis du haut et recouvert d'un couvercle (Figure 2a). La colonne de tamis a été agitée pendant 5min puis chacun des tamis a été séparé avec précaution,

sans perte de matière. Le refus de chaque tamis a été de nouveau pesé et la masse déterminée. La même masse du produit collectée dans la base a été déterminée. La colonne de tamis a été réassemblée et agitée pendant 5min. Ensuite ; on a séparé et pesé à nouveau pour ledit tamis comme décrit précédemment. L'opération a été répétée autant de fois que nécessaire pour atteindre le dernier tamis. L'analyse une fois terminée, les masses obtenues ont été additionnées. Pour valider l'analyse granulométrique, un histogramme du pourcentage de poudre retenue en fonction du diamètre des tamis a été tracé (Figure 2b).

La diffraction laser quant à elle mesure les distributions granulométriques des particules, en mesurant la variation angulaire de l'intensité de lumière diffusée lorsqu'un faisceau laser traverse un échantillon de particules dispersées. Le principe de la méthode consiste à disperser un échantillon représentatif à concentration adéquate dans un gaz approprié (voie sèche) ou un liquide approprié (voie humide). Celui-ci est traversé par un faisceau de lumière monochromatique, généralement produit par une source laser. Les grosses particules diffractent la lumière à de petits angles par rapport au faisceau laser et les petites particules diffractent la lumière à des angles supérieurs. Les données relatives à l'intensité diffusée en fonction de l'angle sont analysées pour calculer la taille des particules qui ont créé l'image de diffraction sous la base de la théorie de Mie. La taille des particules est représentée par le diamètre de la sphère équivalente, ayant le même volume que la particule (Pharmacopée Européenne, 2011). Au laboratoire, deux échantillons de 1g et 2g respectivement de poudre de feuilles et de tiges de *Artemisia annua* non lubrifiée ont été dispersés dans la cellule de mesure avec une pression d'air de 0,8; 1 et 1,2 bar pour la méthode par voie sèche, à partir de laquelle le diamètre des particules a été déterminé.



a)

b)

Figure 2: (a) colonne de tamis utilisé pour l'analyse granulométrique ; (b) histogramme du pourcentage de poudre retenue en fonction du diamètre des tamis.

1.5. Dosage de l'Artémisinine

Le dosage de l'Artémisinine s'est effectué en plusieurs phases. La première est la chromatographie sur couche mince densitométrie (CCMD). Cette phase a permis d'identifier et de déterminer la teneur en Artémisinine dans la gamme d'étalonnage de la poudre de feuilles et tiges de *Artemisia annua*. Le principe de la méthode est basé sur les différences d'affinité des substances à l'égard de deux phases dont l'une est stationnaire ou fixe et l'autre mobile. La CCMD s'effectue pour analyser un mélange. Sur la phase fixe sont déposées des microquantités du mélange à séparer et cette phase est mise au contact de la phase mobile. La phase mobile migre de bas en haut par capillarité le long de la phase fixe en entraînant les constituants du mélange. Chaque constituant migre à une certaine distance, caractéristique de la substance qui est appelée rapport frontal ou rétention frontale (R_f). Chaque tache correspond à un constituant et peut être identifiée par comparaison de son R_f avec celui d'un témoin. Au laboratoire, afin de déterminer la teneur en Artémisinine, une CCMD a été effectuée avec comme phase mobile un solvant constitué d'hexane/diéthyléther (1,2/1) et comme phase stationnaire de la silice sur support d'Aluminium. Cette opération a permis de vérifier la présence d'Artémisinine dans les différents échantillons. Une fois la plaque révélée, avec de l'Anisaldéhyde en milieu acide (acide acétique + acide sulfurique), elle a été chauffée à 100°C puis balayée afin d'obtenir un support numérique. Le logiciel MESURIM a été utilisé pour la lecture du scan de manière à tracer les courbes en fonction des absorbances au niveau de chaque tache sélectionnée. Ces absorbances correspondent à la teneur du composé étudié.

La seconde phase porte en la vérification de la présence d'Artémisinine dans la poudre de feuilles et tiges de *Artemisia annua*. Pour ce qui est du mode opératoire, 100mg de poudre de feuilles et de tiges ont été mixés pendant 30s dans 5ml de Toluène. L'extrait a été centrifugé (3770trs/min) pendant 5min. La concentration en Artémisinine a été établie en se référant à la droite d'étalonnage. Une solution mère d'Artémisinine à 1mg/ml a été préparée dans du Toluène. 5 standards ont été préparés à partir de cette solution pour être déposés sur la plaque de silice. Leurs concentrations en Artémisinine étant de 50, 100, 150, 200, et 250 μ g/ml. La lecture a été faite par le logiciel MESURIM. La droite d'étalonnage a été tracée en rapportant avec la concentration en Artémisinine à la surface de la tache du dépôt. Sur une plaque avec gel de silice (10x20cm), ont été déposés des extraits à 15mm du bord inférieur de la plaque à 5mm, 15mm, à 25mm, 35mm, 45mm, 55mm de largeur. Le développement ayant duré 60min. La révélation a été effectuée en pulvérisant sur la plaque une solution composée d'acide acétique, d'acide sulfurique et d'anisaldéhyde pendant 10s, puis en portant pendant 10min à l'étuve à 100°C. Après migration, la plaque a été révélée et les R_f des différentes taches ont été calculés.

Le dosage de l'Artemisinine dans la poudre de feuilles et de tiges de *Artemisia annua* par la CCMD représente la troisième phase du dosage de l'Artemisinine. Cette phase consiste à déterminer la capacité de la méthode d'analyse à donner des résultats proportionnels à la concentration de la substance à analyser. Pour cette phase, la solution standard a été préparée à partir de 1mg d'Artémisinine pure dissout dans 1ml de Toluène. Quant à la gamme d'étalonnage, celle-ci a été faite dans une série de tubes de concentrations croissantes. Ensuite, des dépôts ont été effectués sur la plaque CCMD équivalent à 2 μ l d'Artémisinine. Les aires sous la courbe lues à l'aide du logiciel MESURIM ont permis de tracer la droite de régression à partir de laquelle le coefficient de corrélation a été calculé. 2 μ l de chaque solution ont été déposés sur la plaque de silice préalablement activée (c'est-à-dire chauffé à l'étuve à 100°C pendant 1h). Après migration et révélation, la plaque a été scannée et lue avec le logiciel MESURIM. Les valeurs obtenues ont été utilisées pour tracer la droite d'étalonnage. La migration a été effectuée dans le mélange hexane/acétate d'éthyle (1,2/1). La révélation de la plaque a été faite avec de l'acide acétique + acide sulfurique + l'anisaldéhyde dans les proportions (10/0,2/0,1) avant d'être chauffée à 100°C sur une plaque chauffante. 03 essais ont été réalisés. Après la CCMD et la lecture au densitomètre, des valeurs pour chaque tache de chacune des plaques ont été obtenues. Par la suite, la moyenne des valeurs pour chaque tache ainsi que l'écart-type et le coefficient de variation de chacun ont été calculés. En utilisant la droite d'étalonnage $Y = a + bX$, la limite de détection est la plus petite concentration que l'on peut distinguer du blanc. C'est la valeur à partir de laquelle un test statistique de comparaison de la réponse à la valeur 0 devient significatif. Il vient donc les équations ci-dessous (Eq.3 et Eq.4) dans lesquelles Y_{LD} est la densité optique pour $X = 0$ et S_a l'écart-type sur l'ordonnée à l'origine de la droite de régression.

$$Y_{LD} = a + 3S_a \quad (3),$$

$$X_{LD} = \frac{a + 3S_a}{b} \quad (4).$$

1.6. Extraction et détermination de la teneur en flavonoïdes totaux par le Trichlorure d'Aluminium (AlCl₃)

L'extraction des flavonoïdes est basée sur leur solubilité dans les solvants polaires tels que l'eau et l'alcool. 4g de poudre de feuilles et tiges séchées ont été macérés dans 100ml du mélange éthanol/eau distillée (7/3) à froid avec renouvellement deux fois de suite du solvant laissé à 4°C pendant 24h à chaque renouvellement. Cette opération a permis de solubiliser les

flavonoïdes. Après filtration, les solvants ont été évaporés à l'étuve à 35°C. Ensuite chaque extrait a été repris dans 25ml d'éthanol à 70°C et débarrassé de la chlorophylle, des lipides, des cires et des graisses par lavage avec 25ml d'éther de pétrole. La teneur en flavonoïdes a été déterminée dans la phase aqueuse. En revanche, la détermination de la teneur en flavonoïdes totaux par le trichlorure d'Aluminium ($AlCl_3$) est une méthode de dosage basée sur la formation d'un complexe de couleur jaune résultant de la liaison entre l' $AlCl_3$ et les doublets libres de l'oxygène des groupements OH des flavonoïdes. A 1ml de chaque extrait préalablement dissout est ajouté 1ml de solution d' $AlCl_3$. Après 1h d'incubation à température ambiante, l'absorbance est mesurée à 420nm. La teneur en flavonoïdes est calculée en termes de mg d'équivalent de quercétine par g de matière sèche.

1.7. Formulation galénique

En vue de la formulation galénique, le choix de l'excipient a été fait en fonction des caractéristiques du principe actif, de l'indice d'hydroxyle, du point de fusion et de la température de coulée et de prise en masse. Pour la détermination du facteur de déplacement, deux séries de six suppositoires pour enfant ont été préparées. La première série ne contenant que de l'excipient (beurre de karité+4% de silice colloïdale) et la seconde série contenant de l'excipient additionné à la poudre de feuilles et tiges de *Artemisia annua*. La masse des deux séries de suppositoires ainsi que la masse totale de poudre de *Artemisia annua* ont permis par la suite de déterminer le facteur de déplacement suivant l'équation 5. Dans cette équation, les paramètres x , y , p et $y - p$ représentent respectivement le poids de l'excipient pur, le poids des six suppositoires (poudre de feuilles et de tiges de *Artemisia annua* additionnée à l'excipient) de la série, la quantité de principes actifs à répartir dans la série ainsi que la masse en grammes d'excipient.

$$f = \frac{x - (y - p)}{p} \quad (5).$$

1.8. Préparation des suppositoires

La préparation des suppositoires n'est réellement possible qu'après détermination de la formule unitaire des suppositoires. Connaissant le facteur de déplacement et la quantité de poudre de feuilles et tiges de *Artemisia annua* par suppositoire, la masse exacte d'excipient à utiliser est donnée par l'équation 6 dans laquelle M est la quantité totale d'excipient à utiliser en grammes, F la contenance du moule pour le nombre de suppositoires à fabriquer, f le facteur de déplacement du principe actif et S la quantité de principe actif pour le nombre de suppositoire à fabriquer. $M(g)$ de beurre de

karité+4% de silice colloïdale et S(g) de poudre de feuilles et tiges de *Artemisia annua*, quantités majorées à 10% pour couvrir les pertes, ont été utilisés pour préparer 6 suppositoires. Après fonte du beurre de karité dans un mortier préalablement chauffé, la silice colloïdale à 4% a été ensuite ajoutée, puis la poudre de feuilles et tiges de *Artemisia annua* sous agitation constante. L'agitation a été maintenue jusqu'au début de l'épaississement de la préparation, moment où a eu lieu la coulée dans les alvéoles des moules. Après 10min, l'excédent de masse a été raclé et les moules ont été laissés à la température du laboratoire jusqu'à durcissement complet. Le Tableau I présente les étapes détaillées de fabrication des suppositoires à visée antipaludique pédiatriques à base de *Artemisia annua* en prenant le beurre de karité amélioré avec 4% de silice colloïdale comme principal excipient.

$$M = f - (F \times S) \quad (6).$$

Tableau I. Synoptique de fabrication des suppositoires à visée antipaludique chez les enfants à l'aide du beurre de karité+4% de silice colloïdale contenant *Artemisia annua* cultivé à l'Ouest Cameroun. **Source :** Travail original.

Etape	Lieu	Parcours des produits
1	Mortier	Introduction de la masse d'excipient (beurre de karité) avec un excédent de 10 %, préalablement chauffé, dans le mortier puis de 4% de silice colloïdale anhydre. ↓
2		Ajouter de la quantité de poudre de feuilles et tiges de <i>Artemisia annua</i> nécessaire pour remplir les six (6) alvéoles du moule, puis agitation.
3		Couler du mélange dans le moule avant prise totale en masse. ↓
4	Moule	Refroidissement jusqu'à la prise totale en masse. ↓
5		Démoulage et conditionnement du produit fini.

2. Résultats

Dans cette partie, l'ensemble des résultats présentés regroupe :

- Le caractère organoleptique de la poudre de feuilles et tiges de *Artemisia annua* ;

- Les résultats d'analyse physicochimique de la poudre de feuilles et tiges de *Artémisia annua* ;
- Les valeurs des indices caractéristiques de la poudre de feuilles et tiges de *Artémisia annua* ;
- La concentration en flavonoïdes totaux par le AlCl_3 et d'Artémisinine dans la poudre de feuilles et tiges de *Artémisia annua*;
- Les résultats de formulation, de fabrication et du contrôle pharmaceutique des suppositoires.

2.1. Caractère organoleptique de la poudre de feuilles et tiges de *Artémisia annua*

Le caractère organoleptique de la poudre de feuilles et tiges de *Artémisia annua* utilisée pour la formulation et la fabrication des suppositoires à visée antipaludique en utilisant le beurre de karité amélioré à 4% de Silice colloïdale comme excipient est indiqué dans le Tableau II. Le Tableau II montre que la poudre des feuilles et tiges de *Artemisia annua* utilisée pour la fabrication des suppositoires à visée antipaludique est de couleur grisâtre, très odorante et de saveur amère.

Tableau II. Caractères organoleptiques de la poudre de feuilles et tiges de *Artémisia annua* utilisée pour la formulation et la fabrication des suppositoires à visée antipaludique. **Source :** Résultat original.

Paramètre	Couleur	Saveur	Odeur
Caractère organoleptique	Grisâtre	Amère	Très caractéristique

2.2. Analyse physicochimique de la poudre de feuilles et tiges de *Artémisia annua*

Les résultats d'analyse physicochimiques de la poudre de feuilles et tiges de *Artémisia annua* utilisée pour la formulation et la fabrication des suppositoires à visée antipaludique en utilisant le beurre de karité amélioré à 4% de Silice colloïdale comme excipient sont indiqués dans les Tableaux III à VI. Ces résultats montrent que la poudre de feuilles et tiges de *Artémisia annua* utilisée a une granulométrie allant de très fine à fine. L'humidité résiduelle moyenne de la poudre de *Artemisia annua* est de 12,35 % par séchage à l'étuve et 12,69 % par séchage à l'infrarouge. Le volume moyen obtenu sans tassemement est de $V_0 = 200\text{ml}$ et ceux obtenus après 10, 500 et 1250 tassemements (V_{10} , V_{500} , V_{1250}) sont respectivement 192, 156 et 154ml.

Tableau III. Granulométrie de la poudre de *Artémisia annua* obtenue par tamisage. **Source :** Résultat original.

Numéro ou diamètre tamis (μm)	Refus (g)	Pourcentage de poudre retenue (%)	Refus cumulé (g)	Pourcentage de refus cumulé (%)	Pourcentage des tamisats cumulés (%)
1000	0,6	1,17	0,6	1,88	98,81
710	0,65	1,27	1,25	2,47	96,36
500	0,6	1,17	1,85	3,66	92,7
315	0,45	0,8	2,3	4,55	88,15
250	0,75	1,47	3,05	6,03	82,11
125	2,4	4,7	5,45	10,79	71,32
63	28,75	56,37	34,2	67,76	3,55
Fond du tamis	16,35	32,05	50,45	100	96,44

Tableau IV. Granulométrie de la poudre de *Artémisia annua* obtenue par diffraction laser.
Source : Résultat original.

Paramètre	Essai 1	Essai 2	Essai 3	Moyenne
Pression (bar) en fonction du diamètre D du tamis utilisé	0,8	1	1,2	/
D(10)	19,6	18	19,1	$18,9 \pm 0,8$
D(50)	84,5	84	86,1	$84,8 \pm 1,1$
D(90)	188,4	202	216	$202,1 \pm 9,8$

Tableau V. L'humidité résiduelle de la poudre en fonction des méthodes de séchage.
Source : Résultat original

Méthode de séchage	Essai 1	Essai 2	Essai 3	Moyenne de l'humidité résiduelle (%)
Etuve 105 °C pendant 24 h	12,60	12,26	12,21	$12,35 \pm 0,27$
Infra rouge	12,66	12,72	/	$12,69 \pm 0,04$

Tableau VI. Différents volumes obtenus après tassemement. **Source :** Résultat original

Volume (ml)	Essai 1	Essai 2	Essai 3	Essai moyen
V_0	200	200	200	$200,00 \pm 0,00$
V_{10}	192	190	194	$192,00 \pm 1,41$
V_{500}	156	156	156	$156,00 \pm 0,00$
V_{1250}	154	154	154	$154,00 \pm 0,00$

2.3. Indices caractéristiques de la poudre de feuilles et tiges de *Artémisia annua*

Les indices caractéristiques (indices de Carr et de Hausner) de la poudre de feuilles et tiges de *Artémisia annua* utilisée pour la formulation et la fabrication des suppositoires à visée antipaludique en utilisant le beurre de karité amélioré à 4% de Silice colloïdale comme excipient sont indiqués dans le Tableau VII.

Tableau V. Indices caractéristiques de la poudre de *Artemisia annua* comparés aux valeurs indiquées par la Pharmacopée Européenne. **Source :** Résultat original

Indices	Résultats	Intervalles de valeurs des indices caractéristiques de la poudre de <i>Artémisia Annua</i> selon la Pharmacopée Européenne (2011).
Indice de Hausner (I_{Ha})	1,3	$1 < I_{Ha} < 1,2$ légèrement compressible et cohésive $1,2 < I_{Ha} < 1,4$ compressible et cohésive
Indice de Carr (I_{Carr})	23	23-35 coulabilités médiocres
V₁₀-V₅₀₀	36	< 20 ml bonne réorganisation de la Poudre

2.4. Extraction, détermination de la teneur en flavonoïdes totaux par le Trichlorure d'Aluminium (AlCl₃) et dosage de l'Artémisinine

Les résultats d'extraction et la détermination de la teneur en flavonoïdes totaux par le $AlCl_3$ ainsi que ceux du dosage d'Artémisinine contenue dans la poudre de feuilles et tiges de *Artémisia annua* utilisée pour la formulation et la fabrication des suppositoires à visée antipaludique en utilisant le beurre de karité amélioré à 4% de Silice colloïdale comme excipient sont indiqués dans les Tableaux VIII et IX. Ces tableaux montrent que la concentration en flavonoïdes totaux de la poudre de feuilles et tiges sèches de *Artémisia annua* est de 76,9 $\mu\text{g}/\text{ml}$ d'équivalent de quercétine. Par ailleurs, le coefficient de variation moyen inférieur à 5 % (3,94 %) traduit une bonne répétabilité de la méthode.

Tableau VIII. Evaluation de la répétabilité de la méthode de dosage de l'Artemisinine.

Source : Résultat original.

Concentration en Artémisinine ($\mu\text{g}/\text{ml}$)	Moyennes des surfaces sous la courbe	Ecart type	Coefficient de variation (%)
50	601	0,5	0,08
100	1112	0,53	0,04
150	1518	0,53	0,03
200	1965	0,53	0,02
250	2457	0,52	0,02
Moyenne			0,03

Tableau IX. Évaluation de la répétabilité de la méthode de dosage des flavonoïdes. **Source :** Résultat original.

Concentration de quercétine ($\mu\text{g/ml}$)	Absorbance (429 nm)	Coefficient de variation (%)
5	$0,150 \pm 0,002$	1,73
10	$0,317 \pm 0,014$	4,41
15	$0,499 \pm 0,023$	4,66
20	$0,671 \pm 0,029$	4,32
25	$0,852 \pm 0,039$	4,58
Moyenne		3,94

2.5. Formulation, fabrication et contrôle qualité des suppositoires

Suite aux résultats d'analyse du principe actif présentés dans les sections précédentes ainsi que ceux de l'excipient obtenu par Djoko et al. (2018), la formule obtenue pour un suppositoire consiste à additionner 250mg de poudre de feuilles et tiges de *Artemisia annua* à 1820mg de beurre de karité+à 4% de silice colloïdale. Après fabrication, les suppositoires obtenus sont illustrés à la Figure 3. Le contrôle qualité des produits finis a porté essentiellement sur le caractère organoleptique, l'uniformité de masse, le temps de désagrégation, le temps de fusion ainsi que la détermination de la teneur en Artémisinine du produit. Dans le premier cas, les suppositoires à visée antipaludique contenant *Artemisia annua* fabriqués sont de forme torpille, d'aspect brillant, de couleur noirâtre, de texture lisse, sans fissures et homogène. La masse moyenne des suppositoires fabriqués à visée antipaludique à l'aide du beurre de karité contenant *Artémisia annua* est de 2,15g avec un écart maximum tolérable $e = 5\%$, soit $e = 0,10\text{g}$. Pour ce qui est du temps de désagrégation, le test a été effectué sur une série de 6 suppositoires. Au bout de 8min16s, tous les suppositoires se sont désagrégés. Pour ce qui est du point de fusion, une valeur moyenne de $35,7 \pm 0,3^\circ\text{C}$ a été obtenue. Les suppositoires fabriqués ont été conservés à l'abri de la lumière. Au bout de 4 semaines, le dosage de l'Artémisinine a été effectué dans le but d'apprécier la stabilité de la teneur en Artémisinine. Le résultat obtenu a révélé une teneur en Artémisinine de 6,35% pour un suppositoire de 2g dosé à 250mg de poudre totale de feuilles et tiges de *Artémisia annua*, ce qui représente 0,5% d'Artémisinine comme dans la matière première. Ces différentes valeurs obtenues suite au contrôle qualité des produits finis sont dans les plages de valeurs que recommande la Pharmacopée Européenne (2011). Le conditionnement des produits finis a consisté à les conserver dans des moules emballages et conditionnés dans une boîte portant chacune une étiquette sur laquelle sont mentionnées les informations indiquées dans le Tableau X.



Figure 3: Suppositoires à visée antipaludique fabriqués à base du beurre de karité+4% de silice colloïdale et contenant *Artemisia Annua* cultivé à l'Ouest-Cameroun

Tableau X. Informations inscrites sur les étiquettes des moules emballages des suppositoires à visée antipaludique formulés et fabriqués à l'aide du beurre de karité contenant *Artémisia annua* cultivé à l'Ouest Cameroun. **Source :** Résultat original.

Désignation	Information
Nom du médicament	Palustop Plus
DCI	Poudre de <i>Artemisia annua</i>
Excipient	Beurre de karité + 4 % de silice colloïdale
Forme galénique	Suppositoire
Dosage	250 mg
Numéro de lot	14S - 001
Date d'expiration	/
Présentation	Boîte de 12 suppositoires enfants
Composition	250mg de poudre de <i>Artémisia annua</i> exprimée en 1,25 mg d'Artémisinine et 0,03 mg équivalent de quercétine
Indication	Palustop Plus est indiqué pour le traitement du paludisme simple

3. Discussion

La Détermination du caractère organoleptique a montré que la poudre des feuilles et tiges de *Artemisia annua* utilisée pour la fabrication des suppositoires à visée antipaludique est de couleur grisâtre, très odorante et de saveur amère. Cette amertume a été également confirmée par Willcox et al. (2011) et N'Guessan et al. (2019). Ce goût désagréable peut être la cause du refus par les enfants de la limonade de *Artémisia Annua* sous forme de tisane. Une remarque qui a été également faite par N'Guessan et al. (2019) qui, dans leur étude ont relevé que l'amertume de la poudre de feuilles et tiges de *Artémisia Annua* pourrait influencer négativement l'observance du traitement par les tisanes notamment chez les enfants. Suite à cette amertume, Willcox et al. (2011) ont proposé l'ajout d'un édulcorant pour faciliter l'administration des tisanes tandis que N'Guessan et al. (2019) ont vu en la formulation des comprimés un moyen d'améliorer cet inconvénient surtout à l'aide d'un enrobage.

Les valeurs moyennes de taux d'humidité résiduelle de la poudre de *Artémisia annua*, obtenues par séchage à l'étuve à 105°C pendant 24h et par séchage par rayonnement infra-rouge sont respectivement 12,35% et 12,69 %. Ces valeurs du taux d'humidité résiduelle de la poudre de feuilles et tiges de *Artémisia annua* sont très proches de la valeur indiquée par la littérature, qui prévoit un taux d'humidité de 11,4% (Agarwal et al., 2009). Cette valeur élevée de la teneur en eau dans la poudre de feuilles et tiges de *Artémisia annua* peut favoriser d'éventuelles réactions enzymatiques ainsi que le développement de microorganismes (Iqbal et al., 2012). Toutefois, des valeurs plus faibles, et particulièrement en dessous de 10% sont recommandées par Pharmacopée Européenne (2011). La faible teneur en eau de poudre de feuilles et tiges de *Artémisia Annua* laisse présager pour une bonne conservation des suppositoires à température ambiante.

Pour évaluer les propriétés rhéologiques de la poudre de *Artémisia annua*, le test de compressibilité sur la poudre a permis de déterminer les indices de Carr et de Hausner qui sont respectivement de $23 \pm 0,9$ et $1,3 \pm 0,5$. Ces résultats sont en adéquation avec ceux de N'Guessan et al. (2019), et traduisent selon Blanco et al. (2020), la médiocrité de la poudre de feuilles et tiges de *Artémisia annua* à l'écoulement. En revanche, la différence des volumes moyens obtenus après 10 et 500 tassements (V_{10} et V_{500}) a donné une valeur de 36, caractéristique d'une réorganisation moyenne de la poudre de *Artémisia annua* selon la Pharmacopée Européenne (2011).

L'analyse granulométrique de la poudre de feuilles et tiges de *Artémisia annua* montre que cette dernière a une granulométrie allant de très fine à fine. Ce résultat est en accord avec celui obtenu par Begat et al. (2004). Ces derniers ont montré qu'une telle finesse de la poudre de feuilles et tiges de

Artémisia annua pourrait expliquer sa mauvaise aptitude à l'écoulement et à contraria, traduire sa forte cohésivité.

Le dosage de la poudre de feuilles et tiges de *Artémisia annua* au AlCl₃ par la CCMD a permis de mettre en évidence la présence de flavonoïdes équivalents de quercétine par gramme de matière sèche. Les travaux de Ogwang et al. (2011) ont également révélé la présence des flavonoïdes dans la poudre de feuilles et tiges sèches de *Artémisia annua*. Dans la poudre de feuilles et tiges de *Artémisia annua*, ce sont l'Artémisinine et les flavonoïdes qui agissent en synergie (Bilia et al., 2006). En effet, les flavonoïdes présents dans la poudre de feuilles et tiges de *Artémisia Annua* favoriseraient l'absorption intestinale de l'Artémisinine en inhibant les enzymes responsables de la métabolisation de l'Artémisinine (N'Guessan et al., 2019). Les flavonoïdes présents dans la poudre de feuilles et tiges de *Artémisia annua* auraient également des propriétés immunomodulatrices bénéfiques chez les sujets atteints de maladies parasitaires (Ferreira et al., 2010 ; Bilia et al., 2006). La poudre de feuilles et tiges sèches de *Artémisia annua* utilisée comme matière première pour la formulation et la fabrication des suppositoires à visée antipaludique a une concentration en flavonoïdes de 76,9µg/ml d'équivalent de quercétine. Ce résultat est très différent de ceux obtenus par Weathers et Towler (2012), Weathers et Towler (2014) et N'Guessan et al. (2019) qui ont obtenu respectivement des taux de 2,97mg/g ; 5,04mg/g ; 18,32mg/g et 8,8mg/g . Cette différence s'explique par plusieurs facteurs, et notamment l'origine des variétés de *Artémisia annua* utilisées dans les différentes études, les conditions de croissance mais aussi les variations saisonnières et géographiques de ces plantes comme le montre bien Iqbal et al. (2012) et Soni et al. (2015). Toutefois, la valeur de la concentration en flavonoïdes dans la poudre de feuilles et tiges de *Artémisia annua* est 03 fois plus faible que celle obtenue par Chougou et al. (2012), ce qui peut être justifié par le fait que la poudre utilisée soit un mélange de feuilles et de tiges de *Artémisia annua*.

Le caractère organoleptique et les valeurs limites des masses des suppositoires à visée antipaludique formulés et fabriqués à l'aide du beurre de karité contenant *Artémisia annua* cultivé à l'Ouest Cameroun sont en conformité aux exigences de la Pharmacopée Européenne (2011). L'élévation du point de fusion facilite l'administration du suppositoire.

Conclusion

Il a été question dans cette étude de formuler et fabriquer les suppositoires à visée antipaludique à l'aide du beurre de karité contenant *Artémisia annua* cultivé à l'Ouest Cameroun comme principe actif. La poudre de feuilles et tiges sèches de *Artémisia annua* utilisée est de couleur grisâtre, de saveur amère et très odorante. L'analyse granulométrique a montré qu'il s'agit d'une poudre à granulométrie allant de très fine à fine. La concentration

en flavonoïdes totaux de la poudre de feuilles et tiges sèches de *Artémisia Annua* est de 76,9µg/ml équivalent de quercétine. La formule retenue pouvant permettre une fabrication des suppositoires à visée antipaludique a consisté à additionner 250mg de poudre de feuilles et tiges de *Artemisia annua* à 1820mg de beurre de karité+4 % de silice colloïdale anhydre. Le contrôle pharmaceutique des suppositoires fabriqués a donné des valeurs des paramètres pharmacotechniques en adéquations aux valeurs standards. La forme galénique issue de cette formule pourrait présenter d'énormes avantages pour la qualité de prise en charge des patients et essentiellement les enfants.

Conflits d'intérêt

Les auteurs ne déclarent aucun conflit d'intérêt.

References:

1. Agarwal, S.P., Ali, A., Dua, Y. & Ahuja, S. (2009). Determination of artemisinin in bulk and pharmaceutical dosage forms using HPTLC. Indian journal of pharmaceutical sciences. 71 (1) : 98-100. DOI : 10.4103/0250-474X.51948
2. Allen, L.V. (2000). Compounding suppositories Part I: Theoretical considerations. Int J Pharm compd, 4(4):289-293. PMID: 23985394.
3. Basco, L.K. (2003). Molecular Epidemiology of Malaria in Cameroon: Longitudinal surveillance of in vitro pyriméthamine resistance in *Plasmodium falciparum*. American Journal of Tropical Medicine and Hygiene, 69(2): 174-78. ISSN : 0002-9637.
4. Begat, P., Morton, D.A.V., Staniforth, J.N. & Price, R. (2004) The Cohesive-Adhesive Balances in Dry Powder Inhaler Formulations I: Direct Quantification by Atomic Force Microscopy. Pharmaceutical Research. [Online] 21 (9), 1591–1597. Doi:10.1023/B:PHAM.0000041453.24419.8a
5. Bilia, A.R., de Malgalhaes, P.M., Bergonzi, M.C., Vincieri, F.F. (2006) Simultaneous analysis of artemisinin and flavonoids of several extracts of *Artemisia annua* L. obtained from a commercial sample and a selected cultivar. Phytomedicine. 13 (7), 487–493. DOI : 10.1016/j.phymed.2006.01.008
6. Blanc, B., Weniger, B., Nicolas, J.-P². (2008). Réflexions autour de la culture d'*Artemisia annua* et de la production d'artémisinine, Ethnopharmacologia, 41: 82-88. [En ligne]. Consulté le 10 Mai 2022. URL : <https://www.jardinsdumonde.org/wp-content/uploads/2016/03/R%C3%A9flexions-autour-de-la-culture-Artemisia-annua-Barbara-Blanc-Bernard-Weniger-Jean-Pierre-Nicolas.pdf>

7. Blanco, D., Antikainen, O., Räikkönen, H., Mah, P.T., et al. (2020) Image-based Characterization of Powder Flow to Predict the Success of Pharmaceutical Minitablet Manufacturing. International Journal of Pharmaceutics 581, 119280 : 1-10. DOI : 10.1016/j.ijpharm.2020.119280
8. Chekem, L., Wierucki, S. (2006). Extraction de l'Artémisinine et synthèse de ses dérivés Artésunate et Artéméthér. Med. Trop. 66: 602-605. DOI : 10.1007/s10298-007-0218-6
9. Chougouo, R., Chupet, G., Kouamouo, J., Fomekong, D., Lutgen, P., Kouemeni, L. et al. (2013). Validation of pediatric galenic form of antimalarial with *Artemisia annua*>> 6th MIM Pan-African Malaria Conference, Durban in South Africa, 143. [En ligne]. Consulté le 02 Juin 2022. URL : <https://mesamalaria.org/sites/default/files/2018-12/MIM%20abstract%20book%20Oct%202013.pdf>
10. Chougouo, R., Kouamouo, J., Moyou- Somo, R. A. (2012). Penge on'Okoko: Comparative Study of the therapeutic efficacy of artesunate alone or in combination with amodiaquine and tea of *Artemisia annua* cultivated in West Cameroon. Journal of Pharmaceutical, Biomedical and Natural Sciences, Annals of Pharmacy, University of Kinshasa, 4(1) : 127-48.
11. Danis, M., Genetilini, M. (1998). Le paludisme, ce fléau mondial. Revue du praticien 48: 254-56.
12. Davis, T.M., Karunajeewa, H.A., Ilett, K.F. (2005). Artemisinin-based combination therapies for uncomplicated malaria. Med. J. Aust, 21 : 181-5.
13. Djoko, E., Tematio, N.L.F., Chougouo, R., Wouessidjewe, D. (2018). Essai de formulation de suppositoires et ovules à base de beurre de karité utilisé comme excipient. Phytothérapie : 1-7. DOI : 10.3166/phyto-2018-0065.
14. Ferreira, J.F., Luthria, D.L., Sasaki, T., Heyerick, A. (2010) Flavonoids from *Artemisia annua* L. as antioxidants and their potential synergism with artemisinin against malaria and cancer. Molecules, 15 (5), 3135–3170. DOI : 10.3390/molecules15053135
15. Iqbal, S., Younas, U., Chan, K.W., Zia-Ul-Haq, M., et al. (2012) Chemical Composition of *Artemisia annua* L. Leaves and Antioxidant Potential of Extracts as a Function of Extraction Solvents. Molecules. [Online] 17 (5), 6020–6032. Available from: Doi:10.3390/molecules17056020.
16. Le Hir, A. (1981). Abrégé de pharmacie galénique formes pharmaceutiques. 3^e édition Revue et Complétée. Édité par Masson : 295-306. ISBN 10 : 2225676399ISBN 13 : 9782225676390.

17. Le Hir, A., Chaumeil, J.-C., Brossard, D. (2009). Contrôle granulométrique des poudres. In: Janot M. dir. Pharmacie Galénique: Bonne pratique de fabrication des médicaments, Paris, Masson : 126-128.
18. Liversidge, G.G., Grant, D.J.W., Padfield, J.M. (1981). Influence of physico-chemical interactions on the properties of suppository I. Interactions between the constituents of fatty suppository bases. *International Journal of Pharmaceutics*, 7(3): 211-223. DOI : [https://doi.org/10.1016/0378-5173\(81\)90107-1](https://doi.org/10.1016/0378-5173(81)90107-1).
19. Lutgen, P. (2009). La tisane de *Artemisia annua* une puissante polythérapie: Maladies tropicales, aspects humanitaires et scientifiques; Luxembourg, 4:24-56.
20. N'Guessan, A., Chougouo Nkutchou, R.D.K., Any-Grah, S.A., Dally, I.L., Tuo, A., Lia, A.J.L., N'Guessan, C., Koffi, A.A. (2019). Formulation de comprimés à base de feuilles et de tiges à base d'*Artémisia Annua*. *Cah. Santé Publique*, 1(18) : 59-74.
21. Ogwang, P.E., Ogwal, J.O., Kasasa, S., Ejobi, F., et al. (2011). Use of *Artemisia annua* L. infusion for malaria prevention: mode of action and benefits in a Ugandan community. *Journal of Pharmaceutical Research International*, 1 (4) : 124-132. DOI : 10.9734/BJPR/2011/392
22. Pharmacopée européenne, 7^{ème} édition. (2011). Edition du conseil de l'Europe, Strasbourg, 602-608.
23. Realdon N., Ragazzi, E., Dal Zotto, M., Dalla Fini, G. (1997). Layered excipient suppositories: the possibility of modulating drug availability. *International Journal of Pharmaceutics*, 148(2): 155-163. DOI : [https://doi.org/10.1016/S0378-5173\(96\)04841-7](https://doi.org/10.1016/S0378-5173(96)04841-7)
24. Robert, A., Benoit-Vical, F., Claparols, C., Meunier, B. (2005). The antimalarial drug artemisinin alkylates heme in infected mice. *Proc Natl Acad Sci USA*, 102(38):13676-13680. DOI : 10.1073/pnas.0500972102
25. Schoonon, A.J.M., Moolenaar Internal person, F., Huizinga, T. (1979). Release of drugs from fatty suppository bases I: the release mechanism. *International Journal of Pharmaceutics*, 4(2), 141-152. DOI : [https://doi.org/10.1016/0378-5173\(79\)90062-0](https://doi.org/10.1016/0378-5173(79)90062-0)
26. Soni, U., Brar, S. Gauttam, V.K. (2015). Effect of seasonal variation on secondary metabolites of medicinal plants. *International journal of pharmaceutical sciences and research*. 6 (9), 3654–3662.
27. SPILF (Société de Pathologie Infectieuse de la Langue Française). (2008). Prise en charge et prévention du paludisme d'importation à *plasmodium falciparum* : recommandations pour la pratique clinique 2007 (révision de la conférence de consensus 1999) texte long. *Réanimation* 17 : e1-e54. DOI : 10.1016/j.reaurg.2008.03.004.

28. Talapko, J., Skrlec, I., Alebic, T., Jukic, M., Vcev, A. (2019). Malaria : the past ans the present. *Microorganisms*, 7(179) : 1-17. Doi : 10.3390/microorganisms7060179
29. Weathers, P.J., Towler, M.J. (2012). The flavonoids casticin and artemetin are poorly extracted and are unstable in an *Artemisia annua* tea infusion. *Planta medica*. 78 (10), 1024–1026. DOI : 10.1055/s-0032-1314949
30. Weathers, P.J., Towler, M.J. (2014). Changes in key constituents of clonally propagated *Artemisia annua* L. during preparation of compressed leaf tablets for possible therapeutic use. *Industrial crops and products*. 62, 173–178. DOI : 10.1016/j.indcrop.2014.08.033
31. Willcox, M.L., Burton, S., Oyweka, R., Namyalo, R., et al. (2011). Evaluation and pharmacovigilance of projects promoting cultivation and local use of *Artemisia annua* for malaria. *Malaria journal*. 10(84): 1-6. [En ligne]. Consulté le 03 Septembre 2021. URL : <https://malariajournal.biomedcentral.com/track/pdf/10.1186/1475-2875-10-84.pdf>

Importance Socioéconomique et Ethnomédicinale de *Haematostaphis barteri* Hook F. dans les Localités de Bidzar, Figuil, Boula-ibbi et Lagam, Nord-Cameroun

Tsobou Roger, PhD

Faculté des Sciences, Département de biologie végétale,
Université de Dschang, Cameroun

Fawa Guidawa, PhD

Faculté des Sciences, Université de Ngaoundéré, Laboratoire de Biodiversité et Développement Durable, Ngaoundéré, Cameroun, Ngaoundéré, Cameroun

Tiokeng Bertine, PhD

Anouma'a Mariette, PhD

Faculté des Sciences, Département de biologie végétale,
Université de Dschang, Cameroun,

Dawai Richard, Msc

Faculté des Sciences, Université de Ngaoundéré, Laboratoire de Biodiversité et Développement Durable, Ngaoundéré, Cameroun, Ngaoundéré, Cameroun

Sonkoué Njiméli Patrick, Doctorant

Faculté des Sciences, Département de biologie végétale,
Université de Dschang, Cameroun

Mapongmetsem Pierre-Marie, Professeur

Faculté des Sciences, Université de Ngaoundéré, Laboratoire de Biodiversité et Développement Durable, Ngaoundéré, Cameroun, Ngaoundéré, Cameroun

[Doi:10.19044/esj.2022.v18n27p227](https://doi.org/10.19044/esj.2022.v18n27p227)

Submitted: 11 July 2022

Copyright 2022 Author(s)

Accepted: 11 August 2022

Under Creative Commons BY-NC-ND

Published: 31 August 2022

4.0 OPEN ACCESS

Cite As:

Roger T., Guidawa F., Bertine T., Mariette A., Richard D., Patrick S.N. & Pierre-Marie M.(2022). *Importance Socioéconomique et Ethnomédicinale de Haematostaphis barteri Hook F. dans les Localités de Bidzar, Figuil, Boula-ibbi et Lagam, Nord-Cameroun*. European Scientific Journal, ESJ, 18 (27), 227. <https://doi.org/10.19044/esj.2022.v18n27p227>

Résumé

L'étude avait pour but de documenter les connaissances des populations locales sur l'intérêt socioéconomique et médicinales de *Haematostaphis barteri* dans les localités de Bidzar, Figuil, Boula-ibbi and Lagam, au Nord-Cameroun. Elle s'est déroulée entre septembre et novembre

2018 et a impliqué 93 personnes de trois groupes ethniques (Guidar, Peulh et Guiziga) et choisies de façon aléatoire. Constitués d'hommes, de femmes, de jeunes, des personnes âgées et des tradithérapeutes. La collecte des données a été faite par des entrevues semi-structurées. Ces entretiens ont été conduits en langues française et locale, avec recours parfois à un interprète. Des paramètres ethnobotaniques comme la valeur d'usage et consensuelle, le taux de réponse, l'indice culturel d'importance, le niveau de fidélité et le degré de consensus sur la médication ont été utilisés pour évaluer l'importance de *H. barteri* dans les localités étudiées. Les résultats obtenus révèlent sur le plan ethnique et genre, une forte participation des Guidars et une dominance du genre masculin. Ces enquêtés pour la plupart étaient analphabètes et exerçaient comme activité principale l'agriculture (68,82%) soutenue par un système d'entraide appelé « Sourgha ». Le nom local de *H. barteri* variait d'une ethnie à l'autre et était, soit une combinaison de la saveur des fruits et de sa disposition sur l'arbre, ou alors un assemblage couleur et nombre de fruits par grappe. Cette espèce est employée dans quatre (04) domaines d'utilisations, avec un large consentement pour les usages alimentaires (VUE = 4) et médicinaux (VUE = 3). Le faible consentement (VUE = 1,33) est enregistré pour son utilisation sous forme de bois d'énergie. Les fruits sont majoritairement utilisés dans l'alimentation (37%) et sa vente procure aux ménages des moyens de subsistance ; alors dans la catégorie médicinale, ce sont les racines, les écorces et les feuilles sous forme de décoction qui sont sollicitées pour traiter dix (10) affections ; dont l'anémie, la fièvre, le mal de ventre, la typhoïde, le mal d'estomac et le paludisme comme maladies les plus traitées. Pour booster l'effet du phytomédicament, *H. barteri* est parfois associée à *Tamarindus indica*, *Acacia nilotica* et au miel. Aucune mesure de gestion durable et rationnelle de l'espèce n'a été déclarée par nos enquêtés, toutefois, ils disent avoir mis en place des stratégies comme la multiplication des champs et la diversification de cultures et l'abandon des terres pauvres au profit de nouvelles terres fertiles, pour faire face aux impacts négatifs des changements globaux. Les multiples utilisations et très variées, associées à l'absence de mesures adéquates de gestion soutenable et aux effets du changement climatique affectent les individus de cette espèce dans les localités investiguées ; ainsi des mesures de préservations s'imposent.

Mots clés: *Haematostaphis barteri*, ethnomédicinale, socioéconomique, Bidzar, Figuil, Boula-ibbi et Lagam, Nord-Cameroun

Socioeconomic and Ethnomedicinal Importance of *Haematostaphis barteri* Hook F. in the Localities of Bidzar, Figuil, Boula-ibbi and Lagam, North-Cameroon

Tsobou Roger, PhD

Faculté des Sciences, Département de biologie végétale,
Université de Dschang, Cameroun

Fawa Guidawa, PhD

Faculté des Sciences, Université de Ngaoundéré, Laboratoire de Biodiversité
et Développement Durable, Ngaoundéré, Cameroun, Ngaoundéré, Cameroun

Tiokeng Bertine, PhD

Anouma'a Mariette, PhD

Faculté des Sciences, Département de biologie végétale,
Université de Dschang, Cameroun,

Dawai Richard, Msc

Faculté des Sciences, Université de Ngaoundéré, Laboratoire de Biodiversité
et Développement Durable, Ngaoundéré, Cameroun, Ngaoundéré, Cameroun

Sonkoué Njiméli Patrick, Doctorant

Faculté des Sciences, Département de biologie végétale,
Université de Dschang, Cameroun

Mapongmetsem Pierre-Marie, Professeur

Faculté des Sciences, Université de Ngaoundéré, Laboratoire de Biodiversité
et Développement Durable, Ngaoundéré, Cameroun, Ngaoundéré, Cameroun

Abstract

The aim of the study was to document the socio-economic and medicinal use of *Haematostaphis barteri* by local populations of Bidzar, Figuil, Boula-ibbi and Lagam, in North Cameroon. A total of 93 respondents in three groups (Guidar, Peulh and Guiziga) in North Cameroon were randomly selected to participate in the survey. A semi-structured questionnaire was administered to a randomly selected men, women, young, elderly and traditional healers between September and November 2018. These interviews were conducted in French and local languages, sometimes with the need of an interpreter. Ethnobotanical parameters such as use value, consensus value, response rate, cultural importance index, fidelity level and medication consensus level were used to evaluate the importance of *H. barteri* in the investigated localities. made and served as analyzing basis. On the ethnic and gender level, the result showed a strong participation of Guidars group and male gender. Most of the respondents were illiterate and their main activity was agriculture (68,82%) which is supported by mutual aid system called

“Sourgha”. *H. barteri* local name varied from one group to another and was either a combination of the flavor of the fruit and its arrangement on the tree, or else a combination of color and number of fruits per cluster. This species is used in four (04) categories (food, medicinal, economic and fuelwood), with broad consent for food (EUV = 4) and medicinal (EUV = 3) uses. Low consent (EUV = 1,33) was recorded for fuelwood use. Fruits were the most frequently used part in food category (37%) and its commercialization provides means of subsistence to many households. In medicinal category, roots, barks and leaves were used in form of decoction to treat ten (10) diseases, with anemia, fever, stomach ache, typhoid, stomach ache and malaria as the most treated diseases. To boost the effect of herbal medicine did by *H. barteri* parts, respondents sometimes added honey and some parts of *Tamarindus indica* and *Acacia nilotica*. No measure of sustainable and rational management of the species has been declared by our respondents, however, they say they have put in place strategies such as the multiplication of fields, diversification of crops and abandonment of poor land in favor of new fertile lands, in order to cope with the negative impacts of global changes. Multiple uses, associated with the absence of adequate measures of sustainable management and the effects of climate change affect individuals of this species in the investigated localities, therefore, preservation measures are needed.

Keywords: *Haematostaphis barteri*, ethnomedicinal, socioeconomic, Bidzar, Figuil, Boula-ibbi et Lagam, North-Cameroon

Introduction

Les plantes font partir des composantes culturelles des différents peuples depuis des temps immémoriaux (Mwaikambo, 2006). Elles constituent une ressource inestimable pour de nombreuses communautés rurales (Mapongmetsem et al., 2012). Car elles fournissent à travers la vente des revenus aux ménages et contribuent à la sécurité alimentaire, à l'amélioration de la santé et à la qualité de vie des populations, grâce à une diversité intéressante (Bowe et Haq, 2010 ; Dan Guimbo et al., 2012 ; Sourou et al., 2016). Les bienfaits de cette ressource restent pour la plupart méconnus et sous-exploitées pour certaine. De plus, d'aucuns sont menacées de disparition, avant même leur valorisation à l'échelle planétaire (Akpagana 2006). Au cameroun, plus spécifiquement dans la zone septentrionale, les écosystèmes savanicoles sont diversifiés et riches en essences d'intérêt socio-économique exploitées par les paysans (Mapongmetsem et Laissou, 2010). Ces espèces subissent une pression croissante, due aux besoins des populations en produits végétaux. Créant diverses pressions sur ces dernières et provoquant de ce fait une inquiétude sur la stabilité environnementales, sociales et économiques (Mapongmetsem et al., 2000; Cardinale, 2012). Cette exploitation non soutenable préoccupe à la fois la communauté scientifique, mais également le politique (Chatelain et al., 1996). A fin de contribuer à la sauvegarde de cette biodiversité végétale, de nombreuses études ont été menées dans diverses communautés locales et ce, sur les arbres fruitiers. Notre étude a pour but de valoriser l'utilité de *Haematostaphis barteri* sur le plan local. Selon Mapongmetsem et al. (2012), *H. barteri* fait partir des fruitiers locaux les plus appréciés par les populations au nord du Cameroun. Elle fait partie de la grande famille des Anacardiaceae, et n'est rencontrée qu'en Afrique tropicale (Côte d'Ivoire, Ghana, Togo, Bénin, Cameroun et Tchad), où elle pousse sur les collines rocheuses et éboulées, dans les savanes boisées (Arbonnier, 2002 ; Sourou et al., 2016). Cette plante est très prisée dans les domaines alimentaires et médicinales certaines localités des zones sahéliennes (Hamawa et al., 2018). Ces usages sont illustrés part de nombreux travaux ethnobotaniques. A titre illustratif, Asase et al. (2005) rapportent l'utilisation de *H. barteri* au Ghana contre la malaria. Les travaux d'Arbonnier (2005) et Nwodo et al. (2015) révèlent son emploi dans le traitement de la trypanosomiase et de l'hépatite. Les feuilles sont usitées comme antipyrrétique et comme remède contre les coliques (Amana, 2007 ; Boampong et al., 2015). Ses écorces traitent les maladies du foie et de la rate, et la jaunisse (Ghazanfar, 1998). Du point de vue phytochimique, ces écorces ont révélé la présence des flavonoïdes, des glycosides cardiaques et des tannins (Ezekiel et al., 2016). Au nord du Nigeria, les tradipraticiens emploient les écorces des tiges pour traiter les cancers (Kubmarawa et al., 2007), le mal d'estomac et arrêter les vomissements (Rabo & Sanusi, 2001), l'anémie et les hémorroïdes (Ezekiel et

al., 2016). Diverses propriétés nutritionnelles sont également reconnues à cette plante (Atato et al., 2010 ; Yunana et al., 2015). Elle est l'une des espèces du septentrion qui fournit à la communauté locale une grande utilité du point de vue alimentaire et médicinal. Contrairement à certaines espèces telles que *Adansonia digitata*, *Balanites aegyptiaca*, *Parkia biglobosa*, *Vitellaria paradoxa* qui sont prioritaires dans la zone sahélienne du Cameroun (Fondoun, 2001), peu d'attention particulière a été allouée à *H. barteri*, qui est pourtant une espèce surexploitée et en danger (Adomou, 2005 ; Garnier, 2006). En absence de mesure conservatoire, cette espèce risque de disparaître et entraînerait la perte de tous son importance socio-économique, écologique et médicinal. Pareillement, le savoir scientifique relatif à la vertueuse intérêt de *H. barteri* au niveau local n'est pas encore documenté. Dès lors, dans une perspective de valorisation et de gestion soutenable, la documentation des connaissances ethnobotaniques s'avère nécessaire. Cependant, cela ne peut se faire sans prise en compte des connaissances endogènes, des valeurs économiques, sociales et culturelles des populations qui coévoluent avec cette espèce. Dans cette optique, une étude ethnobotanique apparaît comme une bonne démarche pour combler ce vide et sauvegarder les connaissances ancestrales que les populations locales ont de cette plante en vue d'une gestion soutenable. C'est dans ce sens que s'inscrit la présente étude qui a pour but l'analyse des connaissances traditionnelles des populations locales sur l'usage de *H. barteri* et les stratégies de préservation mises en place.

Matériels et Méthodes

Matériel végétal

Haematostaphis barteri est un petit arbuste de 2,0-8,0 m de hauteur et avec une circonférence du tronc qui excède rarement 65 cm (Hamawa et al., 2018) (Figure 1). C'est une espèce dioïque, en raison de l'existence d'un pied mâle et d'un pied femelle. De façon globale, les arbres de *Haematostaphis barteri* perdent toutes leurs feuilles pendant la saison sèche, de décembre à février. La floraison et la fructification démarrent vers la fin de la saison sèche (février à avril) bien avant l'apparition de nouvelles feuilles (Arbonnier, 2005). La floraison et la fructification sont retardées par les feux de végétations tardives. La feuillaison a lieu en même temps que le développement des fruits de février à mai. Les feuilles sont glabres, alternes, imparipennées et ayant 20 à 35 cm de long. Elles sont également composées avec 17 à 25 folioles alternes ou subopposées, étroitement elliptiques ou oblongues de 5-8 x 1,5-3 cm à sommet échancré et à base arrondie ou en coin. Le jeune feuillage est souvent rouge. Les folioles sont pennées et comportent 5 à 8 paires de nervures secondaires fines et irrégulières, se raccordant vers le sommet. (Arbonnier, 2005 ; Hutchinson, 1958). Les inflorescences sont terminales, pendantes, grêles, glabres et ayant la forme de panicule atteignant

30 cm de long. Les fleurs mâles d'une couleur crème et de 3 mm de diamètre, comportent trois sépales et trois pétales imbriquées avec six étamines. Les fleurs femelles sont apétales avec environ 3 mm de diamètre. Elles renferment un ovaire glabre, surmonté par des étamines stériles de taille très réduites. La floraison et la fructification commence en fin de saison sèche, généralement avant l'apparition des premières feuilles (Arbonnier, 2005 ; Hutchinson, 1958). Les fruits sont portés par de longues grappes pendantes. Ce sont des drupes ellipsoïdes, glabres, de couleur pourpre à maturité et ayant environ 2,5 cm de long. Ils renferment un noyau dur noyé dans une pulpe mince, comestible avec un goût acide mais résineux (Arbonnier, 2005 ; Hutchinson, 1958). Le fruit de *Haematostaphis barteri* débarrassé de sa pulpe laisse apparaître un noyau très dur (c'est-à-dire à endocarpe lignifié), constitué d'une loge contenant une graine. La graine est allongée, de forme conique, composée d'une enveloppe très mince recouvrant la partie charnue formée de deux cotylédons. Les graines renferment une huile comestible. (Arbonnier, 2005 ; Hutchinson, 1958). Les racines possèdent un système racinaire développé au niveau des couches superficielles à cause probablement du caractère squelettique et du fort taux de concréctions qui caractérisent les sols sous *Haematostaphis barteri*. Son système racinaire est donc essentiellement traçant (Arbonnier, 2005 ; Hutchinson, 1958).



a

b



Figure 1: Pieds (b), grappes immatures et matures (a & c) de *Haematostaphis barteri*

Milieu d'étude

L'étude a été conduit dans quatre localités de la région du nord Cameroun (Bidzar, Figuil, Boula-ibbi et Lagam) (Figure 2). Ces localités font respectivement parties des départements du Mayo-louti et de la Bénoué. La zone s'étend entre le 8° et 10° de latitude Nord et entre 12° et 16° de Longitude Est, et est limitée au Nord par la région de l'Extrême-Nord, au Sud par la région de l'Adamaoua, à l'Est par les Républiques du Tchad et de la Centrafrique et à l'Ouest par la République Fédérale du Nigéria (Djoufack et al., 2011). Le climat dans cette partie du pays est de type tropical soudanien classique, avec des longues saisons sèches et courtes saisons pluvieuses (850 mm). La pluviométrie annuelle oscille autour de 850 mm. Au sud de Garoua, une savane boisée aux forêts claires recouvre le sol, mais au nord, elle fait place à une steppe très riche en épineux rabougris et pauvre en espèces feuillues (*Balanites aegyptiaca*, *Ziziphus mauritiana* et *Acacia senegalensis*).

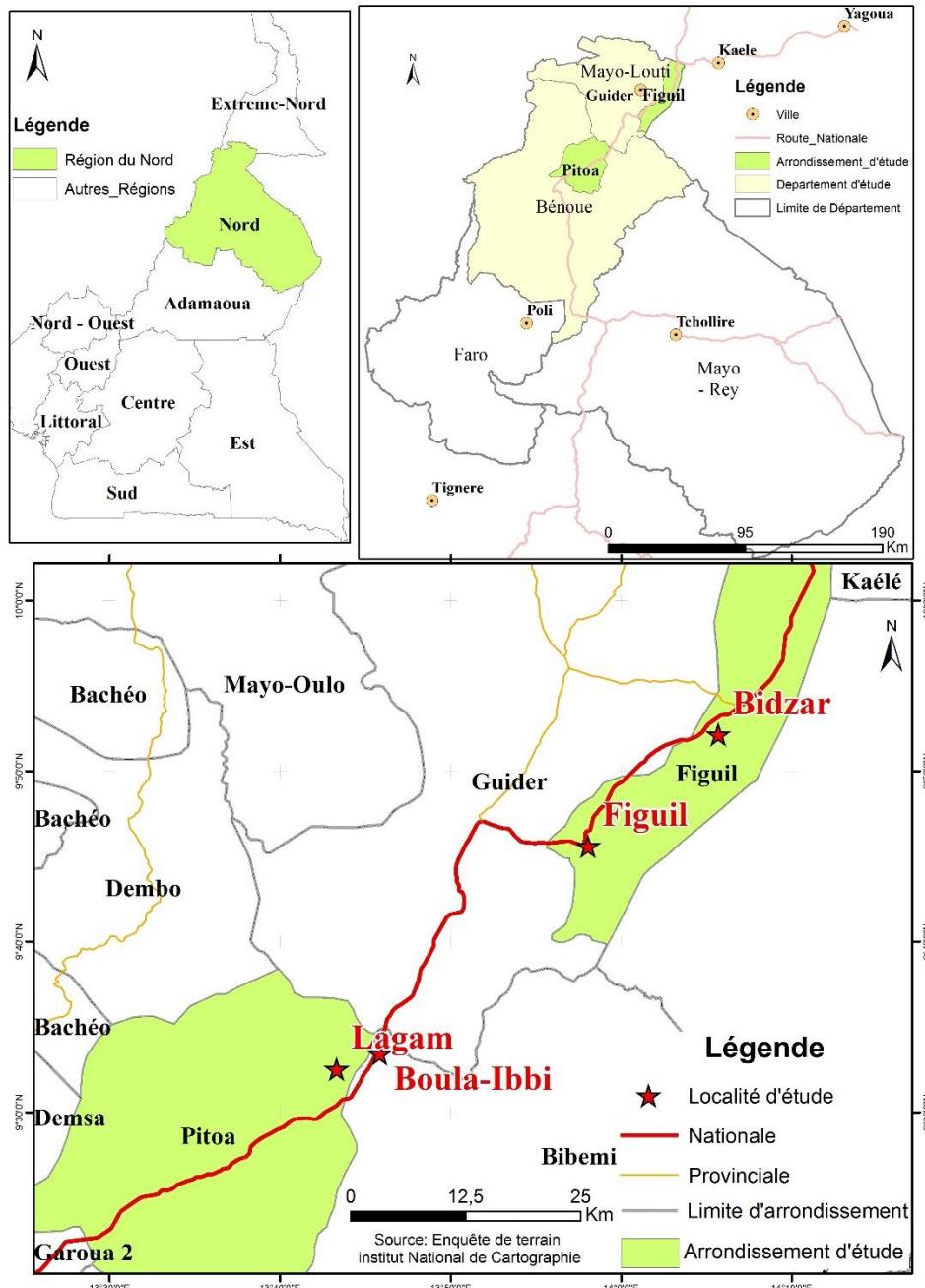


Figure 2. Localisation de la zone d'étude

Nous avons choisi de travailler dans ces localités du fait de la présence des pieds de *H. barteri* dans les formations végétales et également de la présence sur les étalages des marchés locaux d'au moins un de ces organes. Mais aussi du fait de la présence des personnes ressources. Ces raisons de

choix permettent de nous assurer de l'importance économique et sociale de cette espèce pour les populations locales.

Les groupes socioculturels dominants dans le milieu d'étude sont les Guidar, les Guiziga et les peulhs ; ces derniers vivent de l'agriculture et du petit commerce.

Méthode de collecte des données

Les données ont été collectées entre septembre et novembre 2018 à travers des interviews individuelles et par focus group, dans quatre villages des départements du Mayo-louti (villages Bidzar et Figuil) et de la Bénoué (villages Boula-ibbi et Lagam). L'âge minimal des enquêtés était de 20 ans, car selon Bouayyadi et al. (2015), les informateurs à partir de cet âge ont en leur mémoire des évènements qui se sont produits il y a 10 ans. De plus, l'IUCN (2014), à partir de 15 ans, l'individu est capable d'expliquer l'utilisation qu'il fait d'une espèce. Un total de 93 personnes ont été interviewées à travers une enquête semi-structurée au moyen d'un questionnaire; le choix de ces enquêtés s'est fait de façon aléatoire, mais aussi sur la volonté de ces derniers de consacrer son temps à l'interview. L'enquête a été faite en langue locales avec parfois recours à un interprète. Les fiches d'enquête conçues en français ont servi de support pour les entretiens. Les informations recherchées portent sur les caractéristiques sociodémographiques des répondants (ethnie, localité, identité, sexe, âge, fonction, niveau d'instruction, situation matrimoniale), la parataxonomie de l'espèce (nom vernaculaire de la plante et signification, critère de reconnaissance), les différents usages et formules d'utilisation de l'espèce (alimentation, médecine traditionnelle, commerce et autres usages), les savoirs endogènes, la date de floraison, l'état des peuplements et les menaces qui pèsent sur ces espèces. Un accent particulier a été mis sur la valeur économique de l'espèce et les mécanismes locaux mis en place pour préserver l'espèce.

Traitement des données

Pour évaluer les utilisations et l'importance de *H. Barteri* différents paramètres ont été calculés. Il s'agit entre autres des taux de réponses et des indices ethnobotanique à savoir: la valeur d'usage ethnobotanique (VUE), la valeur consensuelle de type d'usage (Vc), l'indice culturel d'importance (CI), le degré de fidélité (Fl) et le degré de consensus sur la médication (IAR). Les données collectées ont été dépouillées, saisies et analysées à l'aide Microsoft Office Excel 2010.

Valeur d'usage ethnobotanique de *H. barteri* dans l'ethnie

L'importance des catégories d'usages a été évaluée à l'aide d'une grille proposée par Philips & Gentry (1993) et Fandohan et al. (2017). Cette grille

affecte le score 0 pour la non utilisation dans la catégorie, le score 1 pour les types d'usages peu utilisés, le score 2 pour les types d'usages moyennement pratiqués dans la catégorie, le score 3 pour ceux les plus pratiqués, et le score 4 pour les types hyper utilisés dans la catégorie. Cette valeur (VUE) représente la somme des scores d'usage « S » assignés par les personnes interviewées à une catégorie d'usages indexée « i » divisée par le nombre total de personnes interviewées. Elle s'exprime par la formule suivante :

$$VUE = \sum_i^k \frac{Sik}{N}$$

Si = score d'utilisation attribué par les enquêtés/nombre d'usages où l'espèce est mentionnée par chaque ethnie; et N = Nombre d'enquêtés pour une catégorie/ nombre d'ethnie utilisant l'espèce

Valeur consensuelle des types d'usage (Vc) de H. barteri

Elle mesure le degré de similitude entre les informateurs au regard des utilisations faites de l'espèce (Monteiro et al., 2006 ; Thomas et al., 2009). Elle s'exprime par la formule :

$$Vc = \frac{2n}{N - 1}$$

Où 'ni' est le nombre de personne utilisant H. barteri dans un domaine d'utilisation donnée et 'N' le nombre total des informateurs. Elle est comprise entre [-1 et 1]. Si ni = 0 ; Vc = -1 ; ni = N ; Vc = 1. Ceci traduit le degré de consensus des informateurs sur tel ou tel utilisation.

Indice culturel d'importance (CI) de H. barteri

Selon Tardio & Pardo-de-Santayana (2008), cet indice permet d'apprécier l'importance de H. barteri dans chacune des catégories recensées.

$$CI = \sum_{u=u1}^{UNC} \sum_{I=1}^{IN} UR/N$$

Nc : Nombre total de catégories d'usage ; N : Nombre d'informateurs

Degré de Fidélité

Cet indice a été utilisé pour mesurer le niveau de relation que les informateurs établissent entre H. barteri et son rôle dans l'une des catégories. Ce paramètre est basé sur le pourcentage des informateurs qui ont confirmé

l'utilisation de la plante étudiée dans une catégorie donnée (Friedman et al., 1986; Ugulu, 2012). Il est calculé par la formule suivante:

$$Fl = \frac{Np}{N} \times 100$$

Np : le nombre d'informateurs qui mentionnent une espèce pour un certain usage p; N : le nombre d'informateurs qui mentionnent l'espèce pour n'importe quel usage

Degré de consensus sur la médication (IAR)

Ce degré permet nous permet d'identifier les espèces ayant un indice thérapeutique significatif au sein des informateurs. Il est calculé suivant la méthode ci-dessous proposée par Trotter & Logan (1986).

$$IAR = \frac{Nr - Na}{Nr - 1}$$

Avec Nr = nombre total de citations de l'espèce et Na = nombre de maladies traitées par l'espèce.

Résultats

Caractéristiques sociodémographiques des répondants

Le tableau 1 présente la répartition des répondants en catégories socioculturelles. Il apparaît que les personnes interviewées appartiennent à trois ethnies (Guidar, Peulh et Guiziga). Les Guidar sont les plus représentés (70,96%), suivis des Peulhs (21,50%). L'âge des répondants était compris entre 20 ans et plus de 80 ans. Les personnes les plus représentées dans cette étude étaient les hommes (73,57%). Quant au niveau d'instruction, la majorité des personnes enquêtées n'avaient aucun niveau d'éducation (55,81%), et seuls quelques-uns ont atteint le niveau primaire et secondaire (27,80% et 16,39%).

Tableau 1. Caractéristiques sociodémographiques des informateurs

	Nombre de répondants	Proportion (%)
Localités enquêtées		
Figuil	34	36,56%
Boula-ibbi	24	25,80%
Bidzar	23	24,73%
Lagam	12	12,90%
Groupes socioculturels		
Guidar	66	70,96%
Peulh	20	21,50%
Guiziga	7	7,53%
Sexe		
Hommes	68	73,57%
Femmes	25	26,41%
Age		
[20 - 35 ans[	7	7,53%
[35 - 50 ans[	32	34,41%

[50 - 65 ans[	29	31,18%
≥ 80 ans	25	26,88%
Niveau d'instruction		
Analphabètes	52	55,81%
Primaire	26	27,80%
Secondaire	15	16,39%
Catégories Socioprofessionnelle		
Agriculteur	64	68,82%
Eleveur	15	16,13%
Tradithérapeute	4	4,30%
Commerçant	10	10,75%

Parataxinomie et reconnaissance de *H. barteri*

Les noms vernaculaires/locaux de cette espèce varient d'une ethnique enquêtée à l'autre, et parfois d'une localité à une autre. Les noms donnés sont fonction du goût du fruit, de la forme, de la disposition des fruits et du nombre de fruits par grappe. Ainsi, Chez les Guidar, cette plante est désignée « tonzock » par la population de Figuil, Lagam et Boula-ibbi et « tenze » par la population de Bidzar. L'appellation, « tonzock » chez les guidars combine à la fois le goût acidulé des fruits et la disposition des fruits sur l'arbre (portés par de longues grappes pendantes qui sont des drupes ellipsoïdes et glabres) tel que perçu par les populations locales. Le second nom vernaculaire se rapporte à la couleur rouge des fruits matures et celle des jeunes feuilles. Chez les Peulhs, elle est appelée « toursoudjé ou toursouhi » et se rapporte à la forme du fruit et au nombre de fruits par grappe pendante. Les Guiziga quant à eux utilisent le nom « trouss » qui signifie prune. Cette appellation à la même signification que celle donnée par les Guidar, elle renvoie à la description des fruits sur l'arbre (fruits sont regroupés par grappe).

Tableau 2. Valeur d'usage en fonction de la catégorie et de l'ethnie

Groupes ethniques	Alimentaire	Médicinale	Economique	Energétique	Total (Si)
Guidar	4	4	2	2	12
Peulhs	4	2	2	1	9
Guiziga	4	3	2	1	10
Total	12	9	6	4	31
Moyenne	4	3	2	1,33	10,33

Valeur d'usage ethnobotanique de *H. barteri* dans l'ethnie

Les valeurs d'usages ethnobotaniques ont été plus importantes dans les catégories alimentaires (VUE=4) et médicinales (VUE= 3) (Tableau 2). Par contre, la plus petite valeur a été enregistré dans le domaine d'énergie (VUE=1,33).

Valeur consensuelle des types d'utilisation de *H. barteri*

Le tableau 3 présente le degré de consensus accordé par les informateurs à chaque domaine d'utilisation. L'analyse de ce tableau montre que l'alimentation (-0,22) occupe la première place. En ce qui concerne la catégorie énergie, une faible valeur consensuelle a été enregistrée (-0,74), selon Yévide et al. (2022) cette faible degré consensuel signifierait, que seule une minorité de personnes ont connaissance de ce type d'usage.

Degré de Fidélité et degré de consensus sur la médication

Les catégories alimentations et médicinales ont présenté des degrés de fidélité élevé, respectivement 78,49% et 73,12%. quant au degré de consensus sur l'utilisation thérapeutique de *H. barteri* il est de 0,87 (Tableau 3).

Tableau 3. Quelques indices de quantification de l'importance de *H. barteri* dans la zone d'étude

Catégories d'utilisation	Nombre de réponses	Valeur consensuelle (Vc)	Indice culturel d'importance	Degré de fidélité	Degré de consensus sur la médication (IAR)
Médicinale	68	-0,27	0,73	73,12%	0,87
Alimentaire	73	-0,22	0,78	78,49%	NA
Energétique	24	-0,74	0,26	25,81%	NA

NA: non concerné

Catégories d'usages de *H. barteri* et organes recherchés

Selon les informations recueillies auprès des enquêtés, *H. barteri* est sollicitée dans les domaines alimentaire, médicinal, économique et énergétique. Pour ces domaines d'utilisation, diverses parties sont recherchées à des fréquences différentes. Les fruits sont majoritairement (37%) employés en alimentation ; quant au domaine médicinal, 13%, 19% et 25 % utilisent respectivement les racines, les écorces et les feuilles. Dans le domaine énergétique, seule 6% utilisent les tiges comme bois de chauffe (Figure 3). Pour ce qui est du commerce de cette espèce, les fruits sont les seules parties commercialisées par les enquêtés. Ces fruits sont collectés par ramassage/cueillette par les femmes et les enfants et vendus en tas dans les marchés locaux. Le prix des tas de 5 à 10 fruits est de 25 FCFA, soit 0,039 USD. Le revenu issu de cette vente permet à certaines femmes de subvenir aux besoins primaires du ménage et aux enfants de se procurer quelques fournitures

scolaires. Il est également à noter que parmi ces domaines d'utilisation, cette espèce présente une plus grande importance alimentaire et médicinale.

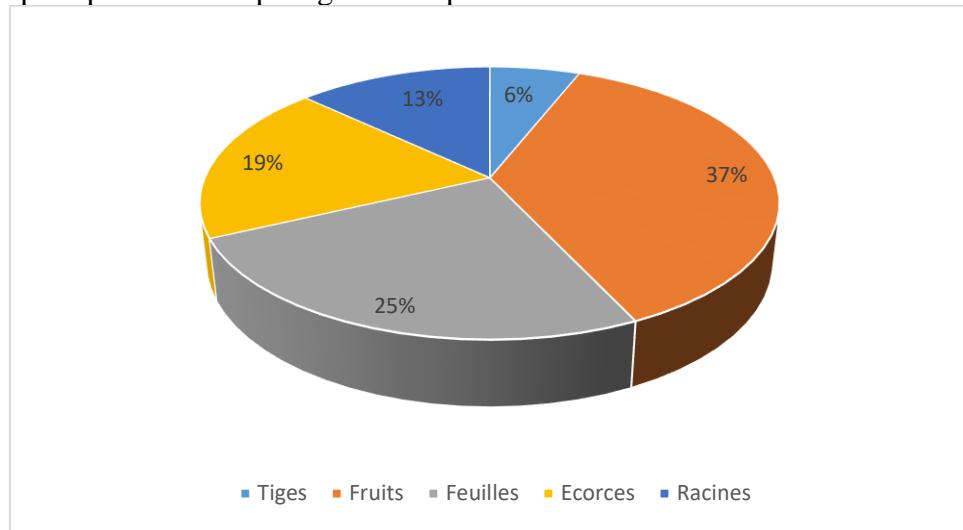


Figure 3. Proportion d'usages des organes de *H. barteri* dans la zone d'étude

Pathologies traitées par *H. barteri*, organes utilisés et mode préparation des phytomédicaments

Divers organes de *H. barteri* sont utilisés seuls ou en association avec ceux d'autres plantes pour traiter 10 affections (tableau 4), avec l'anémie, la fièvre, le mal de ventre, la typhoïde, le mal d'estomac et le paludisme comme maladies les plus traitées. Le spectre des affections traitées par cette espèce reflète le pattern des pathologies courantes au Cameroun (OMS, 2018). Les organes fréquemment utilisés sont respectivement les feuilles, les écorces, les racines et les graines ; avec une forte prédominance des feuilles. Le mode de préparation le plus utilisé demeure la décoction. Cette plante est prise en combinaison ou non avec d'autres plantes ou ingrédients pour soigner plusieurs pathologies. A l'instar, des fruits de *Tamarindus indica*, *Acacia nilotica*, et le miel.

Tableau 4. Affections traitées par *Haematostaphis barteri* dans la localité d'étude

Pathologies	Partie utilisée	Mode de préparation	Mode d'administration
Paludisme	Feuilles	Décoction	Oral
Anémie	Feuilles, Ecorces	Décoction	Oral
Fièvre	Feuilles, Ecorces	Décoction	Oral
Mal de ventre	Feuilles, Racines	Décoction	Oral
Filaire	Feuilles	Décoction	Oral
Typhoïde	Ecorces	Décoction	Oral

Gonococcie	Ecorces	Décoction	Oral
Dysménorrhée	Ecorces	Décoction	Oral
Mal d'estomac	Ecorces, Racines	Décoction	Oral
Toux	Fruits	Décoction	Oral

Habitat de *Haematostaphis barteri*

La quasi-totalité des personnes enquêtées (98%) indépendamment du groupe sociolinguistique ont affirmé que *Haematostaphis barteri* affectionne des sols gravillonnaires et préfère les collines et les montagnes rocheuses. Elle pousse dans les jachères, dans les champs et les jardins de case. Il a été également reconnu par la plupart des populations (89%) que les jeunes pieds de *Haematostaphis barteri* ne bénéficient pas d'un entretien particulier. Toutefois, ces jeunes pieds sont souvent épargnés lors du désherbage des champs. Trente-cinq pourcent (35%) de nos répondants révèlent que certaines techniques traditionnelles sont mises en place pour permettre le rajeunissement de l'arbre ou pour éliminer les individus infestés. Seuls 2,15% des enquêtés ont déclaré avoir planté eux-mêmes les pieds de *H. barteri* dans leur jardin de case ou champs, et 97,85% déclarent les avoir obtenus naturellement et non par plantation.

Évolution des peuplements de *Haematostaphis barteri*

Près de 80% des populations interviewées affirment que *H. barteri* subit une pression sans précédent dans leur environnement. Elles déclarent que la plante subit l'action anthropique dans son habitat naturel (les versants des montagnes rocheuses). Parlant de cette pression, ils font référence à l'émondage, la coupe complète de l'arbre, l'écorçage, les feux de brousse dans différents peuplements à des degrés divers. Ils révèlent aussi que l'intensité d'émondage et de coupe est la plus importante au niveau des mi-hauteurs et au pied des collines ; et que les individus visés sont ceux qui ne produisent plus de fruits. Toutefois, dans les sommets des plateaux, le phénomène est moins ressenti à cause des difficultés pour y arriver. Les feux de végétation ont également un impact sur les individus de *Haematostaphis barteri*. Les paysans n'ont aucun savoir endogène sur la conservation de la plante. Les raisons qui les animent sont les suivantes : la plante est sauvage et n'a pas besoin d'être conservée, manque de connaissances sur les itinéraires techniques de propagation de la plante.

Variation climatique

D'après les enquêtes, plus de 85% des populations enquêtées de la zone d'étude déclarent être affectées par les effets des changements climatiques. Elles affirment que la quantité des pluies a baissé depuis les

années 1999. Depuis cette date, les fortes précipitations ont été notée en 2008, 2012 et 2018 tandis que celles de fortes sécheresses ont été enregistrées de 2013 à 2017. D'après les paysans, l'année 2012 fût catastrophique à cause des inondations. Ces inondations ont causé de nombreux dégâts matériels en milieu rural (destruction des habitations et des champs complètement inondés par les eaux). Ce qui a entraîné une grande famine en fin 2012 et début 2013. A cela s'est ajouté une longue période de sécheresse en 2013, qui a accentué le manque d'eau. A cet effet, les paysans ont dû creuser des petits puits de fortune dans le sable du lit des rivières pour pouvoir se ravitailler en eau. A en croire les informations, *H. barteri* a subi une pression croissante due aux changements climatiques depuis les années 2000.

Stratégies endogènes mises en place par les enquêtés pour faire face aux changements climatiques

La majorité des personnes enquêtées, déclarent que les stratégies endogènes développées pour faire face aux impacts négatifs des changements climatiques sont entre autres, la multiplication des champs et la diversification de cultures et l'abandon des terres pauvres au profit de nouvelles terres fertiles. Sur le plan culturel, les paysans font des rituels traditionnels, en cas de manque de pluies. Pour le faire, ils se regroupent sous un grand *Ficus playphylla* ou *Ficus sycomorus* où ils sacrifient un coq ou un bétail et préparent un mélange de produits de récoltes habituellement cultivés. Ils partagent ensuite cette concoction/ nourriture entre eux et implorent la clémence de Dieu par le sang de l'animal versé pour qu'il leur donne la pluie.

Discussion

Selon les personnes interviewées, *H. barteri* est très prisée pour ses propriétés nutritionnelles et médicinales, mais aussi pour ses valeurs socio-économiques. Ces répondants appartiennent à quatre catégories socioprofessionnelles, dominés par les agriculteurs. Ce constat est conforme à celui rapporté par Tabue (2013) dans la réserve de Dja où l'agriculture reste la principale activité économique des populations. Le système d'entraide mis en place par la population étudiée est en droite ligne avec les résultats des travaux de Mapongmetsem et al. (2009) dans la zone soudano-guinéenne du Cameroun. Les appellations locales de *H. barteri* propre à chaque ethnique, traduisent comment les populations locales perçoivent la plante et son potentiel, sur le plan alimentaire et médicinal (Fandohan et al., 2017). La forte représentation des Guidars à l'étude serait due au fait qu'ils sont autochtones du Mayo-louti, contrairement aux ethnies Guiziga et Peulh qui sont par ailleurs de l'Extrême-Nord pour les premiers et transhumants pour les seconds. Ce résultat est en conformité avec ceux de Nguenang et al. (2010) et Ogougbe et al. (2019) qui ont souligné que, plus une communauté co-évolue avec une

espèce, plus elle l'exploite abondamment. L'utilisation de cette espèce varie suivant l'âge, le sexe et le niveau d'instruction. Cette diversité observée témoigne d'une incorporation de cette espèce dans la culture du terroir (Logbo et al., 2020) et est conforme aux résultats obtenus par Awas et al. (2010) en Ethiopie. Ces derniers ont rapporté que les connaissances ethnobotaniques dépendent de l'âge et du niveau d'instruction. De plus, la forte participation des hommes (73,57%), s'expliquerait par le fait que, ces derniers sont les détenteurs de la tradition ancestrale (Ngoule et al., 2015). Les personnes interviewées, appartenaient majoritairement aux tranches d'âges 35 à 49 ans et 50 à 64 ans et sont suivies par ceux dont l'âge était compris entre 80 ans et plus. Cette observation pourrait s'expliquer par le fait que l'âge mur prédispose à une bonne connaissance sur les différents usages de plantes (Tsobou et al., 2013). En sus, les enquêtés de ces tranches d'âges partageraient ou échangerait le même savoir sur cette espèce, ce qui se comprend en partie par la transmission de ce savoir à travers les générations (Abderrahim & Abdelaziz, 2019). Le fait que les jeunes de 20 à 34 ans soient moins présents dans cette étude se justifierait par un désintérêt au profit de leur scolarisation et divers autres loisirs, baissant à cet effet les niveaux de connaissances entre les adultes et leur génération (Gnagne et al., 2017 ; Logbo et al., 2020). Malgré les programmes d'alphabétisation mis en place par l'Etat du Cameroun, nombreux de nos informateurs restent encore analphabètes (55,81%). Raison pour laquelle, aucune trace écrite n'existe sur les usages de *H. barteri*. Ce résultat est similaire à celui obtenu par Benkhnigue et al. (2011) et Doh (2015). Ces auteurs ont fait savoir que l'absence des informations écrites sur une espèce représente un problème majeur à travers le continent ou même au sein d'une ethnique donnée. La majorité (97,85%) de nos informateurs disent avoir obtenu naturellement les pieds de *H. barteri*, ce constat serait lié au fait que, ces derniers ne maîtriseraient pas les itinéraires techniques de plantation de cette espèce ou manqueraient de stratégies soutenables. Ce constat est en concordance avec les résultats des travaux de nombreux chercheurs (Arbonnier, 2002 ; Akoègninou et al., 2006 ; Eyana, 2007 ; Agbogan et al., 2012), qui ont aussi rapporté que cette espèce est obtenue naturellement et ne bénéficie d'aucune conservation. De même, le mécanisme de rajeunissement mis en place par les informateurs, permettrait de débarrasser celle-ci des parasites afin d'éviter aux consommateurs une infestation qui causerait selon eux la fièvre. Cette faible adoption de mécanisme durable affecterait certainement leur soutenabilité si rien n'est fait, et pourra même réduire son aire de répartition naturelle. Cette situation a été rapportée pour de nombreuses espèces (Hamilton 2004 ; Abderrahim & Abdelaziz, 2019). L'illusion d'abondance de l'espèce dans la nature alléguée par les répondants, associée aux mauvaises techniques de prélèvements (émondage, coupe, écorçage) et culturales (feux de végétation) impacteraient négativement les individus de *H.*

barteri dans ces localités. Ce constat a également été fait par Medeton (2017) au Nord-Ouest du Bénin. Bien qu'acceptable, la vision stratégique de nos informateurs sur les méthodes endogènes telles que la multiplication des champs, la diversification des cultures et les jachères pratiquées dans la zone d'étude, restent insuffisantes, car on s'attendrait à une intégration de la culture de cette plante dans les pratiques agroforestières, ce qui accentuerait sa sauvegarde, tel que révélé par Achigan-Dako et al. (2015), pour l'espèce *Synsepalum dulcificum*; et empêcherait son passage dans la liste des plantes en danger (Gautier et al., 2002).

La forte sollicitation des fruits par la population locale serait tributaire de sa période de fructification qui se situe entre mai et juin, et coïnciderait avec le début des travaux champêtres. Période considérée comme moment de disette dans plusieurs zones sahéliennes. La maturation des fruits à cette période contribuerait à l'alimentation des populations (Sourou et al., 2016). Ce constat a été rapporté dans d'autres études similaires (Arbonnier, 2002 ; Akoègninou et al., 2006 ; Eyana, 2007 ; Agbogan et al., 2012). Presque tous les personnes interviewées (98%) sont unanimes sur l'utilisation locale des fruits à des fins alimentaires et 2% le sont pour les feuilles. Ce fort consensus est accompagné d'un degré de fidélité élevé (78,49%). Ce qui pourrait témoigner d'une part de l'innocuité de ces fruits, mais aussi de sa forte valeur nutritionnelle. En effet, Amoo & Lajide, (1999) et Aremu et al. (2015) ont montré que la pulpe de cette plante est riche en glucides, protéines, lipides, vitamine A et C. En addition, Amouzou et al., (2006) ont rapporté que les fruits contiennent l'azote, les protéines brutes, les sucres réducteurs (glucose, fructose, mannose et galactose), la vitamine A, la vitamine C et les éléments minéraux. Malgré la faible sollicitation des feuilles, elles constituent selon Kubmarawa et al. (2007) une excellente source d'éléments nutritifs. Les valeurs 0,78 et 0,73 ont respectivement été relevées comme meilleures valeurs chiffrées de l'importance culturelle sur le plan alimentaire et médicinal. Ces fortes valeurs enregistrées traduiraient l'intérêt de chacune des catégories d'usage de *H. barteri* dans la localité et son utilisation très prisée dans le domaine alimentaire et ethnomédicale (Houéhanou et al., 2016). Par ailleurs, la faible utilisation du bois comme source d'énergie est en affinité avec les résultats de Sourou et al. (2016) au Bénin. En ce qui concerne les usages, une forte relation existe entre la communauté enquêtés et *H. barteri*, du fait des fonctions écosystémiques et socioéconomiques assurées par celle-ci dans la localité. Ce constat vient soutenir l'idée selon laquelle, il existe une relation intrinsèque entre l'homme et son environnement et entre les connaissances sur les plantes et leurs utilisations (Bahuchet et al., 2019). Sur les marchés locaux, le prix des tas de fruits de cette espèce coûte 25 FCFA ; et le revenu issu de cette vente permet aux femmes de subvenir aux besoins primaires du ménage. Ce qui traduit selon Dossou et al. (2012) le degré de satisfaction des

populations par rapport à cette espèce. Pour ce qui est du domaine médicinal, le paludisme, l'anémie, la fièvre, le mal de ventre, la typhoïde et le mal d'estomac sont parmi les maladies traitées par cette plante. Ce qui témoignerait de la fréquence de ces affections dans les localités étudiées. De même, son usage pourrait être associé à la pauvreté et la précarité de la population (Abderrahim & Abdelaziz, 2019) et aussi des propriétés analgésiques qu'elle renferme (Ameyaw et al., 2016). L'utilisation de *H. barteri* dans le traitement du paludisme, l'anémie et le mal d'estomac concorde parfaitement avec ce qui a été rapporté dans des recherches antérieures (Boampong et al., 2013 ; Ezekiel et al., 2016). Ce résultat reflète le pattern des pathologies courantes au Cameroun et en Afrique tropicale (OMS, 2018 ; Akhénaton et al., 2019)) ; et est en concordance avec les résultats des travaux des autres recherches. A l'instar des travaux de Fourn et al. (2001), et Akhénaton et al. (2019) au Bénin. Ces différents emplois ethnomédicinaux étaient jusqu'alors peu documentés et pourraient être investigués sur les plans chimiques, pharmacologiques et nutritionnels. Les feuilles sont les parties les plus sollicitées pour la confection des phytomédicaments à base de cette dernière. L'utilisation fréquente des feuilles a été révélé par diverses autres études ethnobotaniques (Srithi et al., 2009 ; Yetein, 2012). Toutefois, afin de faciliter l'administration des principes actifs contenus dans les organes indiqués, les informateurs procèdent par décoction. Ces résultats sont en accord avec ceux d'Amana (2007) et Zanvo (2013) qui ont rapporté que cette forme de préparation des phytomédicament favorise l'extraction des principes actifs et atténue ou annihile l'effet des substances toxiques de certaines recettes. La préparation de ces phytomédicaments se fait souvent en combinant les parties d'autres plantes comme *Tamarindus indica*, *Acacia nilotica*, mais aussi du miel. Cette adjonction permettrait de donner un goût agréable au médicament final ou alors elle permettrait de booster l'efficacité du médicament. Cette prédominance d'utilisation des feuilles à la fois dans le traitement et dans la nutrition s'expliquerait par le fait que, pour une perspective de gestion soutenable, le recours aux feuilles est plus acceptable que celui des autres organes des plantes (Srithi et al. 2009 ; Yetein, 2012). L'importance médicinale de cette plante est également rapportée dans d'autres pays, c'est le cas du Nigéria, où elle est employée pour soigner les maladies dégénératives comme les cancers, l'anémie, les hémorroïdes, la trypanosomiase et le mal d'estomac (Ezekiel et al., 2016) ; au Ghana elle est rapportée pour son usage dans les hépatites et la malaria (Boampong et al., 2013). L'activité antioxydante et hépatoprotectrice ont aussi été rapportée par ces auteurs (Ameyaw et al., 2016). De même le screening phytochimique a révélé la présence des flavonoïdes, des glycosides cardiaques et des tannins. Le fort degré de consensus (0,87) sur la médication de *H. barteri*, associé à sa valeur d'usage (VUE = 3) traduirait son importance dans le traitement des 10

pathologies recensées et ouvre de ce fait la voie à des investigations dans divers domaines scientifiques. De même, les valeurs consensuelles légèrement élevées (-0,22 et -0,27), obtenues dans les catégories alimenatires et médicinales reflèteraient la bonne maîtrise des potentialités nutritionnelles et thérapeutiques que détiennent les enquêtés, mais aussi un échange de connaissances entre les personnes interrogées (Gazzaneo et al., 2005; Shalukoma et al., 2015).

Conclusion

Le présent travail sur l'importance socioéconomique et ethnomédicinale de *H. barteri* dans le Nord Cameroun a révélé que l'espèce est employée à divers buts dont l'alimentation, la pharmacopée, le commerce et l'énergie. En alimentation les fruits sont largement consommés et sont même vendus dans les marchés locaux et régionaux, ceci en raison de leur forte valeur nutritives et économiques. Le reste des organes sont recherchés pour leurs activités contre l'anémie, la toux, le paludisme, la fièvre, la dysménorrhée, les filaires, la fièvre typhoïde, la gonococcie, le mal de ventre et d'estomac. L'usage de *H. barteri* varie d'une ethnie à une autre. Malgré l'intérêt accordé à cette plante dans la communauté enquêtée, aucune mesure de gestion soutenable n'a été mis en œuvre par la population locale. Ainsi, cette dernière pourrait se retrouver dans la liste des espèces menacées et vulnérables. Dès lors, la gestion durable de *H. barteri* nous interpelle et nécessite par ailleurs, la définition d'une méthode appropriée incluant aussi bien l'espèce que son habitat. Ce travail pourrait contribuer à une base solide pour la valorisation de cette plante au moyen de la domestication et de son intégration dans les systèmes agroforestiers locaux. Aussi, des études bien menées permettra de déceler son potentiel nutritionnel et son rôle dans la sécurité alimentaire.

References:

1. Abderrahim, O. & Abdelaziz, A. (2019). Etude ethnobotanique, ethnotaxonomique et ethnoécologique de *Anacyclus pyrethrum* var *pyrethrum* (L.) Link. (Asteraceae) dans la vallée d'Ait. Revue d'Ethnoécologie, 16: 1-12.
2. Achigan-Dako E.G., Tchokponhoué D.A., N'Danikou S., Gebauer J. & Vodouhè R.S. (2015). Current knowledge and breeding perspectives for the miracle plant *Synsepalum dulcificum* (Schum. et Thonn.) Daniell. Genetic Resources and Crop Evolution, 62 (3): 465-476.
3. Adomou A.C. (2005). Vegetation Patterns and Environmental Gradients in Benin Implications for Biogeography and Conservation. Ph.D. Thesis, Wageningen University, Wageningen, 136 p.

4. Agbogan A., Tozo K., Wala K., Batawila K., Dourma M. & Akpagana K. (2012). Abondance et structure des populations d'un fruitier spontané : *Haematostaphis barteri* Hook. F. dans deux sites rocheux en région soudanienne au Togo. International Journal of Biological and Chemical Sciences, 6(6): 604-6048.
5. Akhénaton A.M.B.A., Romaël B.B., Dègninou Y.I.A. & Adomou C.A. (2019). Connaissances ethnobotaniques et conservation de *Uvariodendron angustifolium* (Engl. & Diels) R.E. Fries (Annonaceae) dans l'îlot forestier Ewe-adakplame au sud-Est du Bénin, Afrique de l'Ouest. Revue Ivoirienne des Sciences et Technologie, 34 :328-348.
6. Akoègninou A., Adjakidje V., Essou J.P., Sinsin B., Yedomonhan H., Van Der Brug W.J. & Van Der Maesen L.J.G. (2006). Flore Analytique du Bénin. Backhuys Publishers: Cotonou & Wageningen; 1034 p.
7. Akpagana K. (2006). Savoirs locaux et gestion de la biodiversité : habitudes alimentaires et utilisation des plantes alimentaires mineures ou menacées de disparition au Togo. Rapport année III, projet CRDI n° 101517, 101 p.
8. Amana K.E. (2007). Les Anacardiaceae du Togo : Etudes botaniques, écologiques et propriétés antifongiques. Thèse de doctorat, Université de Reims, 183.p.
9. Ameyaw E.O., Koffuor G.A., Asare K.K., Konja D., Dubois A. & Kyei S. (2016). Cryptolepine, an indoloquinoline alkaloid, in the management of diabetes mellitus and its associated complications. Journal of Intercultural Ethnopharmacology, 5: 263.
10. Amoo I.A. & Lajide L. (1999). Chemical composition and nutritive significance of underutilized *Haematostaphis barteri* fruit. Rivista Italiana Delle Sostanze Grasse, 76 (10) : 441-442.
11. Amouzou K., Adaké B., Batawila K., Wala K., Akpavi S., Kanda M., Odah K., Kossi K., Titrikou, Butaré I., Bouchet P. & Akpagana K. (2006). Études biochimiques et évaluation des valeurs nutritionnelles de quelques alimentaires mineures du Togo. Acta Botanica Gallica, 153 (2), 147-152.
12. Arbonnier M. (2002). Arbres arbustes et lianes des zones sèches d'Afrique de l'Ouest. CIRAD-MNHN-UICN, 573.
13. Arbonnier M. (2005). Arbres arbustes et lianes des zones sèches d'Afrique de l'Ouest. CIRAD- MNHN.
14. Aremu O.M., Oko J.O., Ibrahim H., Basu K.S., Andrew C., Ortutu S. C. (2015). Compositional evaluation of pulp and seed of Blood Plum (*Haematostaphis barteri*), a wild tree found in Taraba State, Nigeria. Advances in Life Science & Technology, 33: 9-17.

15. Asase A., Oteng-yeboah A., Odamten T & Simmonds M. (2005). Ethnobotanical study of some Ghanaian anti-malarial plants. *Journal of Ethnopharmacology*, 99(2): 273-279.
16. Atato A., Wala K., Batawila K., Woegan Y.A. & Akpagana K. (2010). Diversité des fruits ligneux spontanés du Togo. *Fruit. Vegetable and Cereal Science & Biotechnology*, 4(1):1-9.
17. Awas T., Asfaw Z., Nordal I. & Demissew S. (2010). Ethnobotany of Berta and Gumuz people in Western Ethiopia. *Biodiversity*, 11(3-4):45–53.
18. Bahuchet S., Blanc J., Hoare C., Juraver S., Kourdouri M & Pennec F. (2019). Des hommes et des plantes. *Revue d'ethnoécologie*, 16 : 1-45.
19. Benkhnigue O., Zidane L., Fadlil M., Elyacoubi H., Rochdi1 A. & Douira1 A. (2011). Etude ethnobotanique des plantes médicinales dans la région de Mechraâ Bel Ksiri (Région du Gharb du Maroc). pp. 192-216
20. Boampong J.N., Karikari A.A. & Ameyaw E.O. (2015). In vivo antiplasmodial and in vitro antioxidant properties of stem bark extracts of *Haematostaphis barteri*. *Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine*, 5(6): 446–450.
21. Boampong, J.Nyarko., Karikari A.A. & Ameyau, E.A. (2013). In vivo Antiplasmodial and in vitro antioxidant properties of stem bark extracts of *Haematostaphis barteri*. *Asian Journal of Tropical Biomedicine*, 5(6): 446-450.
22. Bouayyadi L., El Hafian M. & Zidane L. (2015). Etude floristique et ethnobotanique de la flore médicinale dans la région du Gharb, maroc. *Journal of Applied Biosciences* 93: 8760 –8769.
23. Bowe C. & Haq N. (2010). Quantifying the global environmental niche of an underutilized tropical fruit tree (*Tamarindus indica*) using herbarium records. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 139(1-2): 51-58.
24. Cardinale B.J. (2012). «Impacts of biodiversity loss». *Science*, 336 (6081): 552-553.
25. Dan Guimbo I., Barage M. & Douma S. (2012). Etudes préliminaires sur l'utilisation alimentaire des plantes spontanées dans les zones périphériques du parc W du Niger. *Internatioanl Journal of Biological and Chemical Sciences*, 6(6):4007-4017.
26. Djoufack V., Fontaine B., Martiny N. & Tsalefac M. (2012). Climatic and demographic determinants of vegetation cover in northern Cameroon. *International Journal of Remote Sensing*, 21:6904-6926.
27. Doh K.S. (2015). Plantes à potentialité antidiabétique utilisées en médecine traditionnelle dans le District d'Abidjan (Côte d'Ivoire) : étude ethnobotanique, caractérisation tri phytochimique et évaluation

- de quelques paramètres pharmacodynamiques de certaines espèces. Thèse de Doctorat de l'Université Félix Houphouët Boigny de Cocody-Abidjan (Côte-d'Ivoire), UFR Biosciences, 150 p.
28. Dossou M.E., Houessou G.L., Lougbégnon O.T., Tenté A.H.B. & Codjia J.T.C. (2012). Etude ethnobotanique des ressources forestières ligneuses de la forêt marécageuse d'Agonvè et terroirs connexes au Bénin. *Tropicultura*, 30(1) : 41-48.
29. Eyana KA. (2007). Les Anacardiaceae du Togo : Études Botaniques, Écologiques et Propriétés antifongiques. Thèse de doctorat, Université de Reims, 183p.
30. Ezekiel J.S., Adamu H.M., Chindo, I.Y & Garba, I.H (2016). Phytochemical profile and antioxidant activities of solvent-solvent fractions of *Haematostaphis barteri* Hook F. (Anacardiaceae) Stem bark extracts. *International Journal of Pharmacognosy and Phytochemical Research*, 8(1): 51-56.
31. Fandohan A.B., Gouwakinnou G.N., Tovissode C.F., Bonou A. Djonlonkou S.F.B., Houndelo L.F. & Assogbadjo A.E. (2017). Usages traditionnels et valeur économique de *Synsepalum dulcificum* au Sud-Bénin. *Bois Forêts Tropiques*, 332 (332) :17-30.
32. Fondoun J.M. (2001). Situation des Ressources Génétiques Forestières du Nord Cameroun préparé pour l'Atelier sous-régional FAO/IPGRI/ICRAF sur la conservation, la gestion, l'utilisation durable et la mise en valeur des ressources génétiques forestières de la zone sahélienne (Ouagadougou, 22-24 sept. 1998). Note Thématique sur les Ressources Génétiques Forestières. FAO, IPGRI/SAFORGEN, DFSC et ICRAF, Document FGR/ 15F. 28p.
33. Fourn L., Sakou G. & Zohoun T. (2001). Utilisation des services de santé par les mères des enfants fébriles au Sud du Bénin. *Santé publique*, 13 (2) : 161-168.
34. Garnier A. (2006). Qu'est-ce qu'une espèce rare ? Origines et fonctionnement de la rareté naturelle. Travail Bibliographique, DEA BEFA ; 2008.
35. Gautier D., Hautdidier B., Ntoupka M., Onana J., Perrot N. & Tapsou T. (2002). Fiches techniques des arbres utiles aux paysans du Nord Cameroun. Caractéristiques de l'arbre, ce qu'en font les paysans et ce qu'ils pourraient en faire, 2002.
36. Gazzaneo L.R., Lucena R.F. & Albuquerque U.P. (2005). Knowledge and use of medicinal plants by local specialists in a region of Atlantic Forest in the state of Pernambuco (Northeastern Brazil). *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine*, 1: 1-9.
37. Ghazanfar S.A. (1998). Status of the flora and plant conservation in the Sultanate of Oman. *Biological Conservation*, 85: 287-295.

38. Gnagne A.S., Camara D., Fofie N.B.Y. Bene K. & et Zirihi G.N. (2017). Étude ethnobotanique des plantes médicinales utilisées dans le traitement du diabète dans le Département de Zouénoula (Côte d'Ivoire). *Journal of Applied Biosciences*, 113 : 11257 – 11266.
39. Guèye M. (2012). Contribution à l'étude ethnobotanique chez les Malinkés de la communauté rurale de Tomboronkoto (Région de Kédougou) et valorisation des collections historiques de l'Herbier de l'Institut fondamental d'Afrique noire Cheikh Anta Diop (IFAN Ch. A. Diop) / UCAD. Thèse doctorat d'Etat, FST, UCAD, 18: 142.
40. Hamawa Y., Balna J. & Souare K. (2018). Structure écologique et production fruitière de *Haematostaphis barteri* Hook. F en la zone sahélienne du Cameroun. *Journal of Applied Biosciences*, 130: 13232 – 13243.
41. Hamilton A.C. (2004). Medicinal plants conservation and livelihoods. *Biodiversity and conservation*, 18 (8): 1477-1517.
42. Houéhanou D.T., Assogbadjo A.E., Chadare F.J. & Zanvo S. (2016). Approches méthodologiques synthétisées des études d'ethnobotanique quantitative en milieu tropical. *Annales des Sciences Agronomiques* 20, Spécial Projet Undesert-UE : 187-205.
43. Hutchinson J. & Dalziel, J.M. (1958). *Flora of West Tropical Africa*, vol 1 part 2. London: Crown Agents. 532 pp.
44. IUCN (International Union for Conservation of Nature) (2014). IUCN evaluations of nominations of natural and mixed properties to the World heritage List. Report to the World heritage Committee twenty-Sixth session, 24-29 June 2002, Budapest, Hungary. UNESCO, World Heritage Convention, 148 p.
45. Kubmarawa D., Ajoku, G.A., Nwerem N.M. & Okorie, D.A. (2007). Preliminary phytochemical and antimicrobial screening of 50 medicinal plants from Nigeria. *African Journal of Biotechnology*, 6(14):1690-1696.
46. Logbo J., Yedomonhan P., Tente B. & Akoegninou A. (2020). Distribution et habitats de *Newbouldia laevis* (P.Beauv.) Seemann ex Bureau et de *Dracaena arborea* (Willd.) Link dans les zones bioclimatiques du Bénin. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 14(8): 2903-2927
47. Mapongmetsem P.M. & Laissou M. (2010). Contribution à la domestication des fruitiers indigènes des savanes soudano-guinéennes : influence du substrat et des substances de croissance sur l'enracinement des marcottes. Allada, Benin, 12p.
48. Mapongmetsem P.M., Avana T.M.L., Bellefontaine R., Djoumessi M.C., Doumara G. D., Fawa G., Noubissié T.J.B. & Tonleu Y.M. (2012). Domestication de *Vitex doniana* Sweet. (Verbenaceae)

- Influence du type de substrat, de la stimulation hormonale, de la surface foliaire et de la position du nœud sur l'enracinement de boutures uninodales. *Journal of agriculture and Environment for international development*, 106 (1): 23-45.
49. Mapongmetsem P.M., Hamawa Y., Baye Niwah C., Froumsia M., Zigro L. & Meiga O.S. (2009). Conservation de la biodiversité dans les Agroforêts de case de la zone soudano guinéenne. In : Van der Burgr X., Van der Maesen J. and Onana J.M. (eds) , *Systematic and conservation of African plants*. Royal Botanic Gardens, Kew. pp. 375-384
50. Mapongmetsem P.M., Mbofung G., Ibrahima A., Tchuenguem Fohouo F.N., Alexandre D.Y. & Mefeng O. (2000). Situation et dynamique des jardins de case dans les savanes soudano-guinéennes de l'Adamaoua : cas de la zone périurbaine de Ngaoundéré (Adamaoua, Cameroun). In Mbofung, C.M. et Etoa, F. X. (éd.). *Biosciences Proceeding*, 7: 403-412.
51. Medeton B., Samadori S., Biaou H., Ewedje E. & Natta A.K. (2017). Potentiel semencier et contraintes à la régénération par graines de *Haematostaphis barteri*, espèce fruitière autochtone au Nord-Ouest Bénin. *Ann. UP, Série Sciences Naturelles & Agronomie*, Pp. 98-103.
52. Monteiro J.M., De Almeida C.F., De Albuquerque U.P., De Lucena R.F., Florentino A.T. & De Oliveira R.L. (2006). Use and traditional management of *Anadenanthera colubrina* (Vell.) Brenan in the semi-arid region of northeastern Brazil. *Journal of Ethnobiology & Ethnomedicine*, 2.
53. Ngoule C., Ngene J., Kidick P., Ndjin R., Dibong S. & Mpondo Mpondo E. (2015). Inventaire et caractérisation floristiques des plantes médicinales à huiles essentielles des marchés de Douala Est (Cameroun). *Internatioanl Journal of Biological and Chemical Sciences*, 9 (2) :874 – 889.
54. Nguenang G.M., Fongnzossie F.E. & Nkongmeneck B.A. (2010). Importance des forêts secondaires pour la collecte des plantes utiles chez les Badjoué de l'Est Cameroun. *Tropicultura*, 28 (4) : 238-245.
55. Nwodo J.N., Ibezim A., Ntie-Kang F., Adikwu U.M. & Mbah J.C. (2015). Anti-trypanosomal activity of Nigerian Plants and their constituents. *Molecules*, 20:7750-7771.
56. OMS, (2018). Stratégie de coopération, 2p.
57. Ogoube R., Aïtondji L., Deleke-Koko I. & Djego J. (2019). Valeurs ethnobotaniques, écologie et statut de conservation de *Harrisonia abyssinica* Oliv. (Simaroubaceae) au Sud et au Centre de la République du Bénin. *Afrique Science*, 15(1) :417 – 431.

58. Phillips O. & Gentry A.H. (1993). The useful plants of Tambopata, Peru: Additional hypothesis testing in quantitative ethnobotany. *Economy Botany*, 47: 33-43.
59. Rabo, E. T. and Sanusi, S. S. (2001). An Inventory of medicinal Plants of Nigerian Savannah. Leviathan Books, 21- 24.
60. Shalukoma C., Bogaert J., Duez P., Stévigny C., Pongombo C. & Visser M. (2015). Les plantes médicinales de la région montagneuse de Kahuzi-Biega en République démocratique du Congo: utilisation, accessibilité et consensus des tradipraticiens. *Bois et Forêts des Tropiques*, 326 (4): 43- 55.
61. Sourou N.B., Yabi J., Ouinsavi N.I.A.C. & Sokpon N. (2016). Importance socio-économique de la prune rouge (*Haematoxaphis barteri* Hook F.) au Bénin. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 10(1) :326-343.
62. Srithi K., Balsev H., Wangpakattanawong P., Srisanga P. & Trisonthi C. (2009). Medicinal plant knowledge and its erosion among the Mien (Yao) in northem Thailand. *Journal of Ethnopharmacology*, vol. 123 :335–342.
63. Ta Bi I.H., N'Guessan K., Bomisso E.L., Assa R. & Aké S. (2016). Etude ethnobotanique de quelques espèces du genre *Corchorus* rencontrées en Côte d'Ivoire. *European Scientific Journal*, 12(24):1-17.
64. Tardio J. & Pardo-de-Santayana M. (2008). Cultural Importance Indices: A comparative analysis based on the useful wild plants of Southern Cantabria (Northern Spain) 1. *Economic Botany*, 62 (1): 24–39.
65. Tabue M.R.B. (2013). Diversité floristique et Stock de carbone dans la partie Est de la réserve de faune du Dja. Mémoire de fin d'étude, Université de Yaoundé I, Cameroun, 54p.
66. Thomas E., Vandebroek I., Sanca S. & Van Damme P. (2009). Cultural Significance of Medicinal Plant Families and Species Among Quechua Farmers in Apillacampa, Bolivia. *Journal of Ethnopharmacology*, 122 (1) : 60–67.
67. Trotter R & Logan M. (1986). Informant consensus : a new approach for identifying potentially effective medicinal plants, In: *Plants in indigenous Medicine and Diet: Biobehavioural Approaches*. Redgrave Publishers, Bedfort Hills, New York, pp. 91–112.
68. Tsobou R., Mapongmetsem P.M. & Van Damme P. (2013). Medicinal plants used Against typhoid fever in Bamboutos Division, Western Cameroon. *Ethnobotany Research & Applications*, 11:163–174.

69. Ugulu I. (2012). Fidelity level and knowledge of medicinal plants used to make therapeutic turkish baths. *Journal of Ethnobiology & Medicine*, 6(1), pp. 1-9.
70. Yetein H.M. (2012). Perception locale du paludisme et étude ethnobotanique des plantes médicinales utilisées dans son traitement sur le plateau d'Allada au Bénin. *Mémoire de maîtrise en géographie*, FLASH/UAC. Ab-Calavi, Bénin.
71. Yevide S.I.A., Gbesso G.H.F., Aïdjihounde S.V.N. & Djossa B.A. 2022. Étude ethnobotanique et conservation de *Beilschmiedia mannii* (Meisn.) Benth. et Hook. F. au Sud-Est du Bénin. *Revue Marocaine des Sciences Agronomiques & Vétérinaires*, 10(2) :312-318.
72. Yunana Y. & Umaru H.A. (2015). Effect of *Haematoxaphis barteri* fruits on some selected cardiovascular risk factors. *Journal of Cell Biology & Biochemistry Research* 2(1):1-5.
73. Zanvo G.M. (2013). Etude ethnobotanique des plantes qui traitent l'hypertension artérielle sur le plateau d'Abomey. *Rapport de fin de formation pour l'obtention du diplôme de Licence professionnelle*. EPAC-UAC, 52 p.

Impact de la Variabililité Climatique sur les Calendriers Agricoles dans la Sous-prefecture de Vavoua (Centre-Ouest Ivoirien)

Adou Aka Giscard, Maître-Assistant

Université Jean Lorougnon Guédé, Daloa, Côte d'Ivoire

N'da Kouadio Christophe, Assistant

Attah Abinan Romaric Rodolphe, Doctorant

Université Félix Houphouët-Boigny, Abidjan, Côte d'Ivoire

[Doi:10.19044/esj.2022.v18n27p255](https://doi.org/10.19044/esj.2022.v18n27p255)

Submitted: 12 February 2022

Copyright 2022 Author(s)

Accepted: 27 August 2022

Under Creative Commons BY-NC-ND

Published: 31 August 2022

4.0 OPEN ACCESS

Cite As:

Giscard A.A., Christophe N.K. & Rodolphe A.A.R..(2022). *Impact de la Variabililité Climatique sur les Calendriers Agricoles dans la Sous-prefecture de Vavoua (Centre-Ouest Ivoirien)*. European Scientific Journal, ESJ, 18 (27), 255.

<https://doi.org/10.19044/esj.2022.v18n27p255>

Résumé

Les études en climatologie sur les zones de transition forêt-savane de la Côte d'Ivoire ont démontré que les différents paramètres climatiques, notamment la pluviométrie et la température, ont considérablement varié depuis la fin des années 1960. Vavoua, étant dans cette zone de transition forêt-savane, les activités agricoles dont dépend la région font également face aux effets de la variabilité climatique. En vue d'anticiper sur les potentielles conséquences qui peuvent être catastrophiques pour les populations, la présente étude se propose d'analyser les impacts de la perturbation du climat sur les activités agricoles dans la sous-préfecture de Vavoua. Pour l'atteinte de cet objectif, une méthodologie basée sur une combinaison de démarches climatique, agronomique et socio-anthropologique est adoptée. La première approche s'appuie sur les méthodes de traitement comme les indices climatiques et la détermination des saisons végétatives pour mettre en évidence les tendances climatiques à Vavoua de 1981 à 2019. La seconde mobilise les données agronomiques et les critères de Stern et Morel pour apprécier la répercussion des anomalies climatiques sur les calendriers cultureaux. Les données d'enquêtes de terrain ont, quant à elles, permis de

connaitre les impacts ressentis de la variabilité climatique sur les activités des paysans dans la troisième approche. Les résultats obtenus à la suite de ces analyses font ressortir l'instabilité des saisons humides sur la période d'étude. De ce fait, le calendrier des activités agricoles est très perturbé (tantôt précoce, tantôt tardif). Cela rend la réalisation des activités agricoles de plus en plus difficile et occasionne de façon récurrente des pertes de semis et une baisse des rendements agricoles.

Mots clés: Vavoua, Côte d'Ivoire, Activité agricole, Impact climatique, Variabilité climatique

Impact of Climate Variability on Agricultural Calendars in the Vavoua Sub-perfecture (Center-West Ivorian)

Adou Aka Giscard, Maître-Assistant

Université Jean Lorougnon Guédé, Daloa, Côte d'Ivoire

N'da Kouadio Christophe, Assistant

Attah Abinan Romaric Rodolphe, Doctorant

Université Félix Houphouët-Boigny, Abidjan, Côte d'Ivoire

Abstract

Climatological studies on the forest-savanna transition zones of Côte d'Ivoire have shown that the various climatic parameters, notably rainfall and temperature, have varied considerably since the late 1960s. As Vavoua is in this forest-savanna transition zone, the agricultural activities on which the region depends are also subject to climate variability. To anticipate the potential consequences, which could be catastrophic for the population, the present study aims to analyze the impacts of climate disruption on the agro-climatic potential of agricultural activities in the sub-prefecture of Vavoua. A methodology based on a combination of climatic, agronomic, and socio-anthropological approaches is adopted to achieve this objective. The first approach relies on processing methods such as rainfall indices and the Sivakumar model to highlight interannual trends in meteorological parameters and the evolution of climatic seasons from 1981 to 2019. The second approach uses agronomic data and the Stern and Morel criteria to assess the impact of climatic anomalies on cropping calendars. Field survey data were used to determine the impact of climate variability on farmers' activities. The results obtained from these analyses show that the climatic seasons are disturbed during the study period. As a result, the calendar of agricultural activities is very disrupted (sometimes early, sometimes late). This makes it increasingly

difficult to carry out agricultural activities and leads to recurrent losses of seedlings and a drop in agricultural yields.

Keywords: Vavoua, Côte d'Ivoire, Agricultural activity, Climate impact, Climate variability

1. Introduction

La variabilité du climat est une réalité sur l'étendue du territoire ivoirien quand on s'en tient aux fluctuations observées au niveau des principaux paramètres climatiques (pluviométrie et température). En effet, la Côte d'Ivoire, tout comme l'ensemble des pays de l'Afrique de l'Ouest et de l'Afrique Centrale, connaît une modification importante de ses conditions climatiques (Brou et al., 2005, p. 533) depuis la fin des années 1960 (Servat et al., 1998, p. 326). Cette modification climatique se manifeste généralement par une tendance à la baisse des hauteurs des pluies, par la hausse des températures moyennes mensuelles ainsi que par la perturbation des saisons humides (Diarra et Tagbo, 2020, p. 46).

La sous-préfecture de Vavoua, la zone d'étude, est située dans la région ivoirienne du Haut-Sassandra. Elle n'est donc pas en marge de cette situation parfois dramatique. En effet, la zone d'étude bénéficie d'un climat tropical humide de transition (Balliet et al., 2016, p. 74) avec deux saisons humides (Coulibaly, 2021, p. 189). La plus importante de la région part de la première décennie d'avril et prend fin à la deuxième décennie de juillet. La seconde saison humide démarre généralement dans la deuxième décennie du mois d'aout et s'achève à la fin novembre. Mais, au cours de ces quatre dernières décennies, la zone d'étude connaît une perturbation régulière de ces saisons de pluie et la récurrence des périodes sèches.

L'agriculture, qui fait vivre les populations et occupe une place importante dans l'économie du pays et particulièrement de Vavoua, est l'activité la plus impactée étant donné que 75 % de celle-ci est tributaire de la pluviométrie (N'Da, 2016, p. 23). Les conséquences directes sont entre autres la perte de semis, la baisse des rendements agricoles, la perte de la récolte conduisant à la famine des populations. Pourquoi ces variations climatiques saisonnières sont-elles si dommageables pour l'agriculture pluviale de Vavoua ? La question qui sous-tend cette étude a pour objectif de faire ressortir les impacts de la variabilité climatique sur les calendriers agricoles dans la sous-préfecture de Vavoua ? Plus précisément, il sera question de présenter les tendances climatiques actuelles, l'évolution des saisons pluvieuses entre 1981 et 2019, l'impact de ces anomalies sur les potentiels hydriques des cultures et les impacts ressentis de la variabilité agroclimatique par les paysans de la zone d'étude.

La sous-préfecture de Vavoua est située au centre-ouest de la Côte d'Ivoire, dans la région du Haut-Sassandra, entre les latitudes 7° 05 et 7°28 Nord, 6° 17 et 6°43 Ouest. Elle s'étend sur une superficie de 690,653 Km² avec une population estimée à 134 651 habitants selon le Recensement General de la Population et de l'Habitat 2014. Cette sous-préfecture regroupe 14 localités dont deux ont fait l'objet d'enquêtes (Figure 1). Vavoua, de sa position de transition climatique tropical humide, elle balance entre des régimes pluviométriques bimodaux et unimodaux (Tera, 2016. p. 23). La température moyenne quant à elle varie entre 19 et 33°C (Amani, 2013, p. 4).

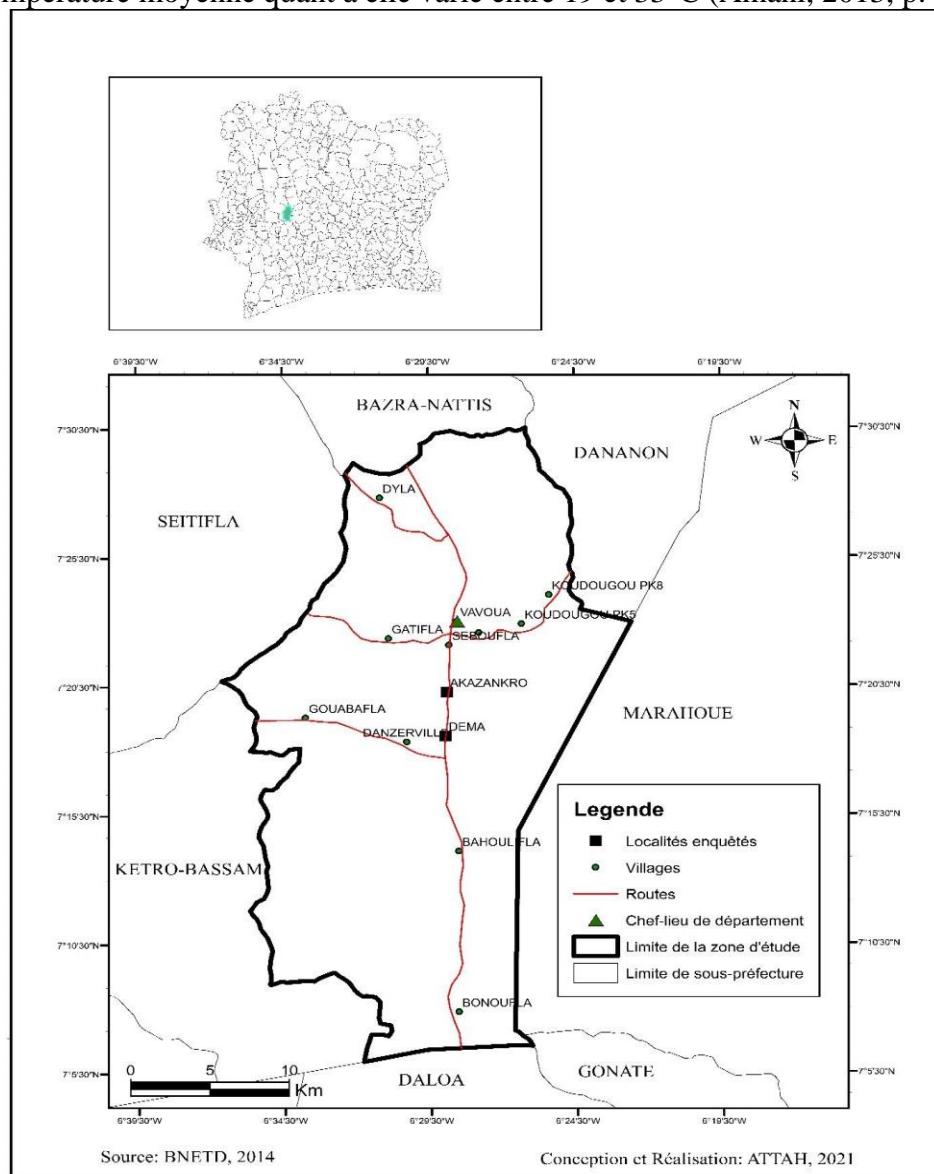


Figure 1. Localisation de la zone d'étude

2. Méthodologie

La réalisation de cette étude a suscité la mobilisation de trois démarches notamment climatique, agronomique et socio-anthropologique (Diomandé, 2013, p. 34 ; N'Da, 2016, p. 67 ; Dagnogo, 2019, p. 26). Cette combinaison d'approches a pour but respectivement de montrer les tendances climatiques actuelles, l'évolution des saisons pluvieuses entre 1981 et 2019, de caractériser l'impact des anomalies du climat sur les potentiels hydriques des cultures et de connaître les impacts ressentis de la variabilité agroclimatique par les paysans.

2.1. Démarche climatique : données et méthodes de traitement

2.1.1. Données climatiques

Les analyses climatiques se basent sur les données pluviométriques, de température et d'évapotranspiration (ETP) moyennes mensuelles de 1981 à 2019. Elles proviennent de la station synoptique de Daloa de la SOciété de Développement et d'Exploitation Aéroportuaire, aéronautique et Météorologique (SODEXAM) gérée par la Direction de la Météorologie Nationale (DMN) et la National Aeronautics and Space Administration (GPCP/NASA). Les données de températures étant disponibles uniquement que dans les stations synoptiques, celles utilisées pour Vavoua sont issues de la station de Daloa. En effet, la station synoptique de Daloa a été choisie parce qu'elle est la plus proche, situé à 58 Km de Vavoua, sachant que ces stations sont représentatives sur 100 à 150 km.

2.1.2. Méthode de mise en évidence des tendances climatiques de 1981 à 2019 à Vavoua

Elle consiste à déterminer les périodes sèches et humides à partir de méthodes statistiques adéquates. A cet effet, nous avons calculé les indices pluviométriques annuels (Lambs, 1982, Noufé et al., 2011, p. 155 ; Diomandé, 2011, p. 20) à partir de la formule suivante :

$$I_{ij} = \frac{x_{ij} - \bar{x}_i}{\sigma_i} ;$$

Avec I_{ij} : Indice de la variable à la station i , au cours de l'année j étudiée ; x_{ij} : Cumul de la station i et de l'année j étudiée ; \bar{x}_i : Moyenne pluviométrique annuelle à la station i ; σ_i : Valeur interannuelle de l'écart-type de la variable.

L'observation de meilleures fluctuations interannuelles s'obtient en éliminant les différentes variations saisonnières pas l'emploi du filtre non récursif passe-bas de Hanning d'ordre 2 (moyenne mobiles pondérées centrées réduites) comme recommandé par Assani (1999) et Dagnogo (2019, p. 30).

Dans ce cas, les totaux pluviométriques annuels sont pondérés en utilisant les équations suivantes :

$$X_t = 0,06X_{(t-2)} + 0,25X_{(t-1)} + 0,38X_t + 0,25X_{(t+1)} + 0,06X_{(t+2)}$$

Pour $3 \leq t \leq (n-2)$ où x_t est le total pluviométrique pondéré du terme t , représente l'année courante. Les valeurs obtenues sont interprétées suivant quatre classes : $0 < I_{ij} < 1 \Rightarrow$ humidité moyenne ; $1 < I_{ij} < 2 \Rightarrow$ humidité forte ; $-1 < I_{ij} < 0 \Rightarrow$ sécheresse moyenne ; $-2 < I_{ij} < -1 \Rightarrow$ sécheresse forte ; les valeurs supérieures à 2 n'existent pas.

2.1.3. Méthode d'analyse de la variabilité des saisons climatiques de 1981 à 2019 à Vavoua

La variabilité des régimes pluviométriques et de températures est évaluée en référence d'une période mobile de 30 ans. Par la méthode des moyennes mobiles, les moyennes de 30 ans sont constituées comme suit : 1970-1999, 1971- 2000, ...1981-2010, ...1984-2013. Les courbes de valeurs de toutes les normales de chacun des paramètres sont superposées sur un seul graphique. Ceci permet de mettre en évidence les variations éventuelles (Goula et al., 2010). À cette fin, des hauteurs moyennes mensuelles de pluies sont comparées graphiquement pour déterminer les variations saisonnières. Une analyse fréquentielle des années bimodales (deux saisons pluvieuses), unimodales (une saison humide) et confuses (plus de deux saisons pluvieuses)

2.2. Démarche agronomique : données et méthodes de traitement

2.2.1. Données mobilisées dans l'approche agroclimatique

Cette approche mobilise des données climatiques présentées plus haut et certaines données agronomiques, comme les capacités de rétention en eau du sol ou la réserve utile (RU). Les RU sont définis selon les zones géographiques de la Côte d'Ivoire (Perrand, 1971 ; Goula et al, 2010 ; Coulibaly 2016 ; Dagnogo, 2019, p. 27). A Vavoua la RU est égale à 60 mm (Morel, 2004, p. 121). Ces données ont permis de déterminer les saisons culturelles au moyen du logiciel INSTAT+ V 3.36. Elles sont caractérisées par les dates de débuts et les dates de fin des saisons humides ou culturelles. Ces paramètres sont déterminés sur la période 1981-2019.

2.2.2. Méthodes pour déterminer les saisons culturelles

Les dates de début et de fin ont été déterminées en s'appuyant sur les critères de Sivakumar (1988, p. 298) adaptés par Goula et al., (2010), par Dagnogo (2019, p33). Ainsi, la date de début de la première saison pluvieuse correspond à la date X1 après le 11 Mars quand il y a au moins 20 mm de plus en deux jours consécutifs et sans une période sèche de plus de sept jours consécutifs dans les trente jours suivants. La date de fin de la première saison pluvieuse intervient après le 1er Juillet lorsque le stock d'eau du sol est

inférieur ou égal à 0,5 mm. La date de début de la deuxième saison pluvieuse commence à la date X2 à partir du 1er Août lorsqu'il y a au moins 20 mm de pluie en deux jours consécutifs et sans une période sèche de plus de 7 jours consécutifs dans les 30 jours suivants. La date de fin de la deuxième saison pluvieuse intervient à partir du 1er Novembre lorsque le stock en eau du sol est inférieur ou égale à 0,5 mm.

2.3. Démarches socio-anthropologiques : Données d'enquêtes et méthodes de traitement

Les données d'enquêtes concernent principalement la perception paysanne de la variabilité climatique et son impact sur la production agricole. Pour la collecte des informations, une enquête de terrain a été effectuée et a permis de récolter les informations à partir d'un questionnaire et des guides d'entretiens adressés aux populations locales et aux cadres locaux. A cet effet, les enquêtes ont été effectuées sur la base d'un échantillonnage raisonné et/ou par quota définie selon les critères suivants : la frange de la population qui s'adonne effectivement à l'activité agricole dans les localités d'Akazankro et de Déma ; l'âge minimal des paysans concernés par nos enquêtes estimé à 45 ans ; et une ancienneté dans l'exploitation à des fins agricoles d'au moins dix ans. Au total, 50 paysans issus des localités d'Akazankro et de Déma ont accepté d'apporter des éléments de réponses à nos différentes questions. La combinaison des analyses statistiques, des données climatologiques et de la perception paysanne nous a permis d'obtenir des résultats qui seront discutés.

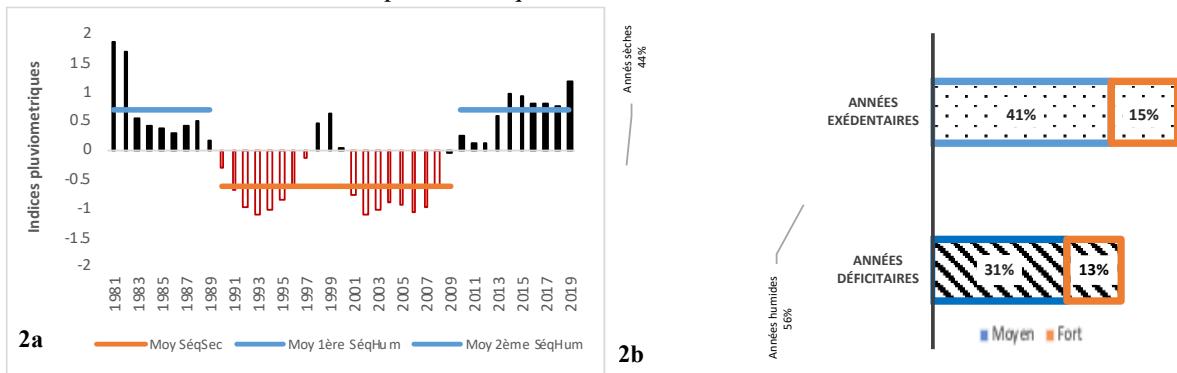
3. Résultats

3.1. Tendance et variabilité climatiques de 1981 à 2019 de la sous-préfecture de Vavoua

3.1.1. Évolution interannuelle des pluies et température à Vavoua

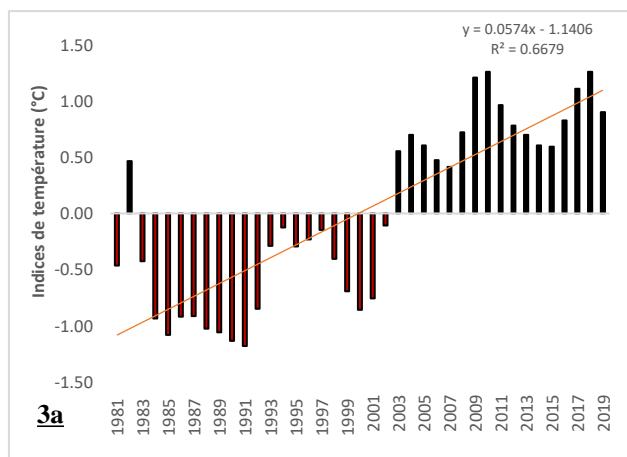
L'évolution des cumuls pluviométriques à Vavoua sur une période de 1981 à 2019, montre d'importantes variations interannuelles des cumuls pluviométriques (Figure 2a). Ces variations s'observent à travers une alternance périodes humides (périodes excédentaires), périodes déficitaires (périodes sèches). L'analyse indique une prédominance des années excédentaires. En effet celles-ci représentent 56 % de la série étudiée, dont 41 % moyennement humides et 15 % fortement humides (figure 2b). Ainsi, les périodes 1981-1989, 1998-2000 et 2010-2019 avec respectivement des cumuls pluviométriques moyen de 1526,61 mm ; 1536,12 mm et 1541 mm sont dites excédentaires. Elles enregistrent en effet des cumuls pluviométriques moyens supérieurs à la moyenne de la série (1384,84 mm).

Figure 2. Évolution interannuelle des indice (2a) et fréquence (2b) de sécheresse pluviométrique de 1981 à 2019 à Vavoua



Source : GPCP/NASA, 2020

A l'inverse, les périodes 1990-1997 et 2001-2009 sont qualifiées de périodes déficitaires car elles ont des cumuls pluviométriques inférieurs à la moyenne de la série chronologique. Ces phases ont enregistré respectivement 1205,88 mm et 1060,38 mm de pluie moyenne annuelle, inférieure à la pluviométrie moyenne annuelle de la série. Elles représentent 44% des années de la série chronologique. A ce niveau, on peut constater, comme le montre la figure 2b, que 31% des années déficitaires connaissent une sécheresse modérée tandis que 13% sont soumis à une extrême sécheresse. Dans l'ensemble, la série pluviométrique de Vavoua connaît une tendance générale à la normale sur la période considérée avec une légère prépondérance d'années humides.



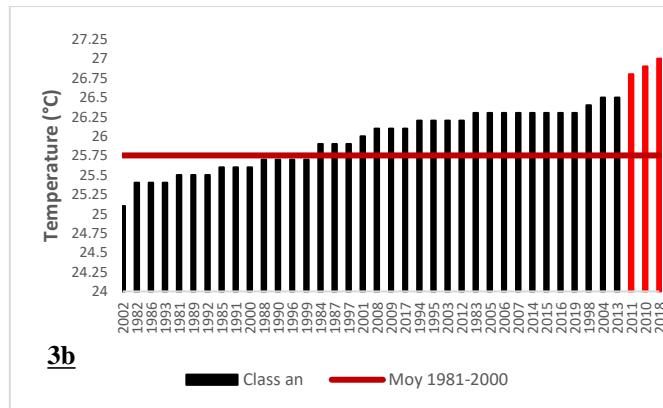


Figure 3. Évolution interannuelle des indices (3a) et des moyennes thermométriques (3b) de 1981 à 2019 à Vavoua

Source : GPCP/NASA, 2020

La température, quant à elle, enregistre une tendance générale à la hausse de 1981 à 2019 (figure 3a). Cette tendance à la hausse laisse entrevoir deux phases distinctes. Une première, moins chaude de 1981 à 2002 où les températures moyennes sont inférieures à la moyenne de la série et une seconde phase, beaucoup plus chaude (2003-2019) marquée par des températures supérieures à la moyenne de la série. La courbe de tendance d'équation $y = 0,0574x - 1,1406$ confirme cette tendance à la hausse des températures. La régression linéaire $R^2 = 0,074$ traduit une évolution progressive des températures au fil des ans. Aussi la moyenne annuelle des températures (figure 3b) indique une prépondérance d'années plus chaude estimée à plus de 25 années sur l'ensemble de la série, soit environ 64% des années. Ces années chaudes s'installent à partir des années 2000. Une augmentation de la température moyenne annuelle de l'ordre de 1,5°C à Vavoua sur la période de l'étude est constatée. Cette tendance au réchauffement est d'avantage accentuée pendant les saisons sèches que pendant les saisons humides (figure 4).

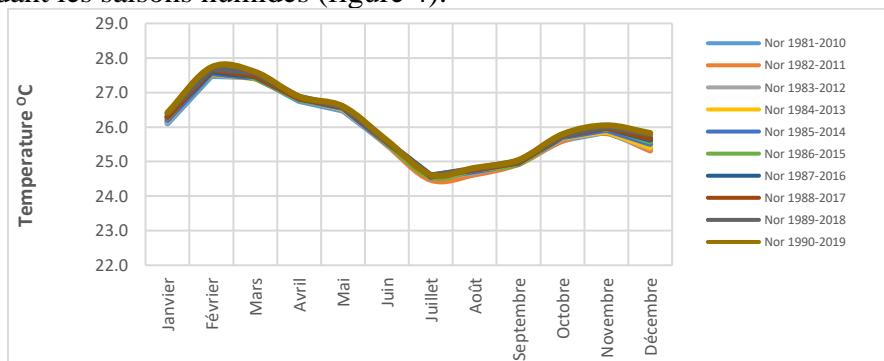


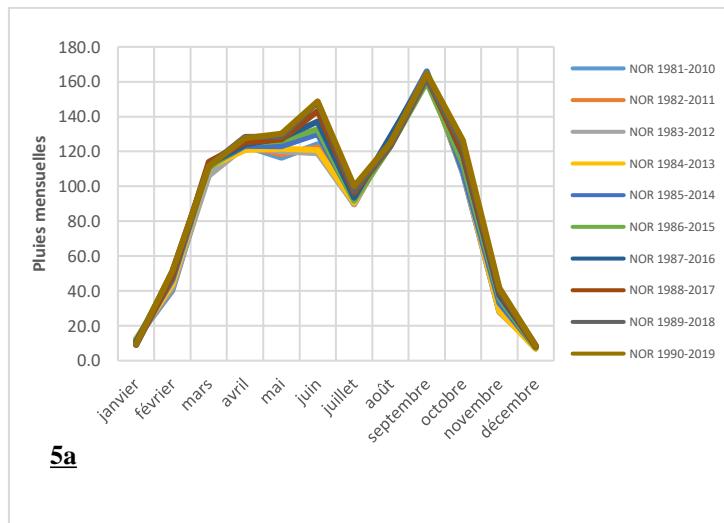
Figure 4. Régime de température mensuelle de 1981 à 2019 à Vavoua

Source : GPCP/NASA, 2020

Les mois les plus chauds sont février, mars et avril avec des températures qui oscillent entre 26 et 28° C. Pendant ces mois, la température est supérieure à la température moyenne mensuelle de la série (25,79°). Les mois les moins chauds sont notamment juillet, août et septembre avec des températures en dessous de la température moyenne. Ils se réchauffent aussi au fil des ans.

3.1.2. Variabilité des régimes pluviométriques et de température de 1981 à 2019

L'agriculture en Afrique tropicale est une activité indispensable à la population paysanne (Doukpolo, 2014 p. 126). En Côte d'Ivoire, les activités agricoles sont fortement dépendantes du régime pluviométrique. Pourtant, ceux de Vavoua sont assez instables (Figure 5). L'analyse de la figure 5a indique une tendance plus ou moins stable du régime pluviométrique normal de Vavoua sur la période 1981-2019. L'analyse montre que la distribution des précipitations a un caractère unimodale dans l'ensemble (46%) (figure 5b). Cependant une tendance bimodale est observée au fil des années (figure 5a). En effet, le pic habituel de la saison humide est atteint au mois de septembre avec environ 170 mm de pluie moyenne. Un second maximum émerge ces trente dernières années autour du mois de juin avec environ 160 mm de pluie moyenne.



5a

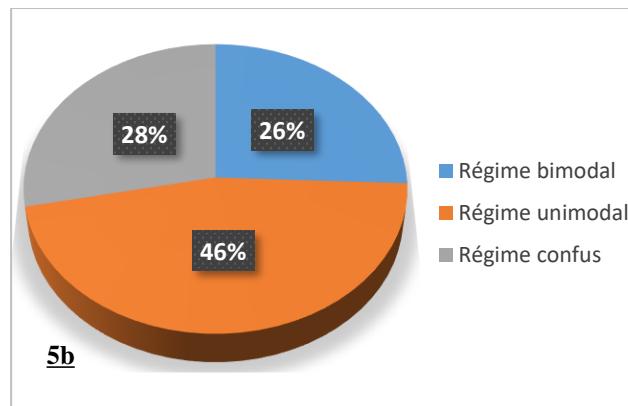


Figure 5. Régime pluviométrique mensuelle (5a) et répartition des régimes pluviométriques (5b) à Vavoua de 1981 à 2019

Source: GPCP/NASA, 2020

Ainsi, le régime pluviométrique ces trente dernières années laisse entrevoir deux saisons humides. La première saison humide, très variable en termes d'intensité, d'une durée de trois mois (Avril à Juin), enregistre des pluies oscillant entre 120 et 160 mm tandis que la seconde saison pluvieuse enregistre des pluies beaucoup plus importantes est plus stable. Au niveau de la seconde saison humide, très peu variable dans le temps, les pluies avoisinent les 180 mm. Au-delà des saisons humides, on constate également deux saisons sèches, elles se concentrent autour des mois de novembre, décembre, janvier, février et mars pour la grande saison sèche et le mois de Juillet pour la petite saison sèche. Les précipitations enregistrées pendant ces mois sont inférieures à la précipitation moyenne mensuelle.

3.2. Impact de la variabilité climatique sur les calendriers cultureaux

La sous-préfecture de Vavoua, zone de contact forêt-savane, se partage entre un régime unimodal et un régime bimodal. La variabilité pluviométrique que connaît la sous-préfecture de Vavoua influence les dates de démarrage des saisons pluvieuses. L'analyse qui suit fera la lumière sur ce lien. Elle concernera d'abord les dates de début et de fin des calendriers cultureaux en années à régime bimodal, puis en années à régime unimodal.

3.2.1. Comportement des calendriers cultureaux pendant les années à régime bimodal

Date de début

L'analyse de la série pluviométrique montre que les dates de démarrage des saisons humides connaissent d'importantes variations (figures 6a et 6b). En effet, la première saison pluvieuse (figure 6a) débute en médiane le 17 avril. Nonobstant ce fait, l'on constate une variation au niveau des dates

de début sur la série étudiée avec une tendance à la précocité (voir la courbe $y = -0,7854x + 1681,6$). Les débuts les plus précoce sont respectivement de 34, 31 et 19 jours (écart de la date moyenne de début), comme le cas des années 1993 (28 mars), 2015 (13 mars) et 2018 (16 mars). Il existe aussi des dates de début tardif de la grande saison des pluies qui avoisinent parfois 30 jours. Les retards les plus significatifs, à l'analyse de la figure 6b, sont ceux des années 1983 (15 mai), 1994 (7 mai), 2004 (27 avril), 2006 (26 avril) et 2018 (16 mai). Quant à la seconde saison humide, la date médiane de début est le 20 septembre. Cependant, elle est autant marquée par une forte instabilité. La tendance globale est également précoce comme en première saison humide. Les débuts les plus précoce sont ceux des années 2004, 2012 et 2018 avec respectivement comme date de démarrage les 29, 23 et 20 août. Concernant, les dates de début tardif significatif de la petite saison de pluie, elles varient entre 07 et 10 jours (écart à la moyenne de la série). Les retards sont ceux des années 1993, 1994, 2005, 2009, 2011 et 2015 avec comme date de démarrage les 21, 24, 25, 26, 27 et 30 Septembre (Figure 6b). La forte variabilité concerne donc les dates de débuts des grandes et petites saisons des pluies.

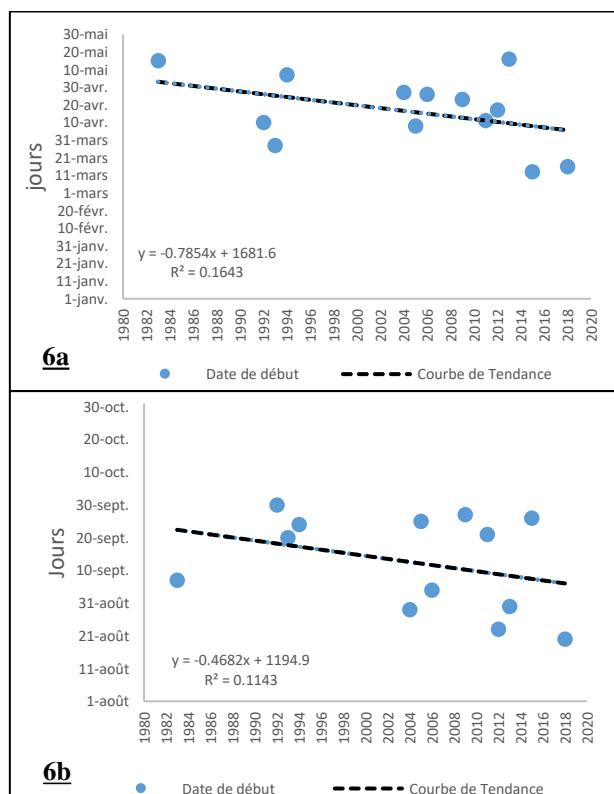


Figure 6. Évolution des dates de début de la grande (6a) et de la petite saison des pluies (6b) de 1981 à 2019

Source : GPCP/NASA, 2020

Dates de fin

Tout comme les dates de début, l'analyse des dates de fin des saisons humides (figures 7a et 7b) révèle qu'elles connaissent également des variations significatives d'une année à l'autre. Cependant, les dates de fin de la première et de la seconde saison pluvieuses sont respectivement le 8 Août et le 9 Novembre. En effet, les dates de fin de la première saison des pluies ont une tendance tardive perceptible à travers la courbe d'équation de la droite $y = 0,6823x - 1147,1$ (figure 7a). La saison s'étend parfois jusqu'en août et de septembre. Les fins les plus précoce par rapport à la date moyenne (8 août) de fin de la grande saison des pluies sont ceux des années 1992 (5 juillet), 1994 (18 juillet) et 2013 (28 juillet). À l'opposé, les dates de fin tardive les plus significatives de la grande saison des pluies avoisinent 13 à 32 jours. Les années 2006 (21 août), 2009 (28 août) et 2015 (9 septembre) sont les plus significatives. Cependant, la petite saison des pluies quant à elle connaît un arrêt tardif sur l'ensemble de la période considérée. L'on constate une variation des dates de fin de la petite saison des pluies avec une courbe d'équation $y = 0,6538x - 983,47$ (figure 7b). Les retards de fin de la petite saison des pluies s'observent au niveau des années 1993 (21 novembre), 1994 (22 novembre), 2004 (27 novembre), 2009 (29 novembre), 2012 (7 décembre) et 2015 (2 décembre).

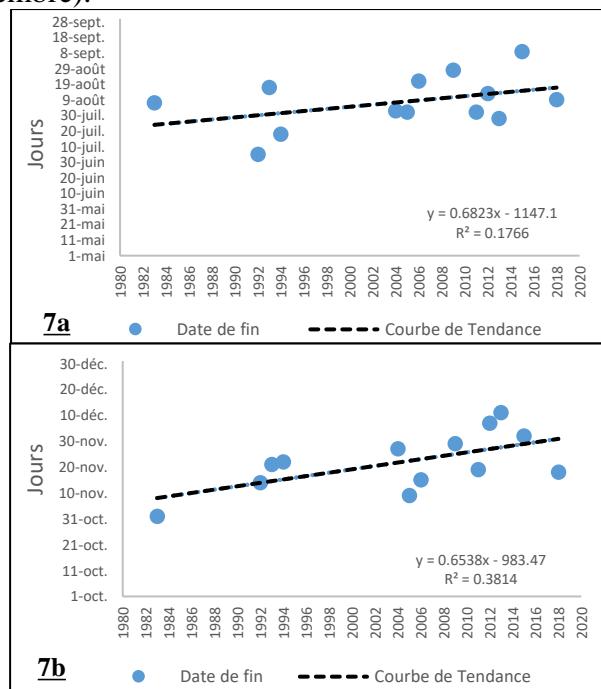


Figure 7. Évolution des dates de fin de la grande (7a) et de la petite saison des pluies (7b) de 1981 à 2019

Source : GPCP/NASA, 2020

Les tendances et variabilités décrites ci-dessus ont un impact positif sur la durée des saisons (Figure 8). En effet, les débuts légèrement précoce et les fins de plus en plus tardives entendent la durée des saisons. La durée médiane de la grande saison agricole est de 115 jours. Les plus courtes durées varient de 72 jours (soit deux mois dix jours) à 112 jours. La plupart de ces années à courte durée de saison humide sont concentrée avant 2005 (figure 8a). Ce même constat est fait pour la seconde saison agricole. Ainsi, les plus longues durées sont rencontrées après 2005 (figure 8b).

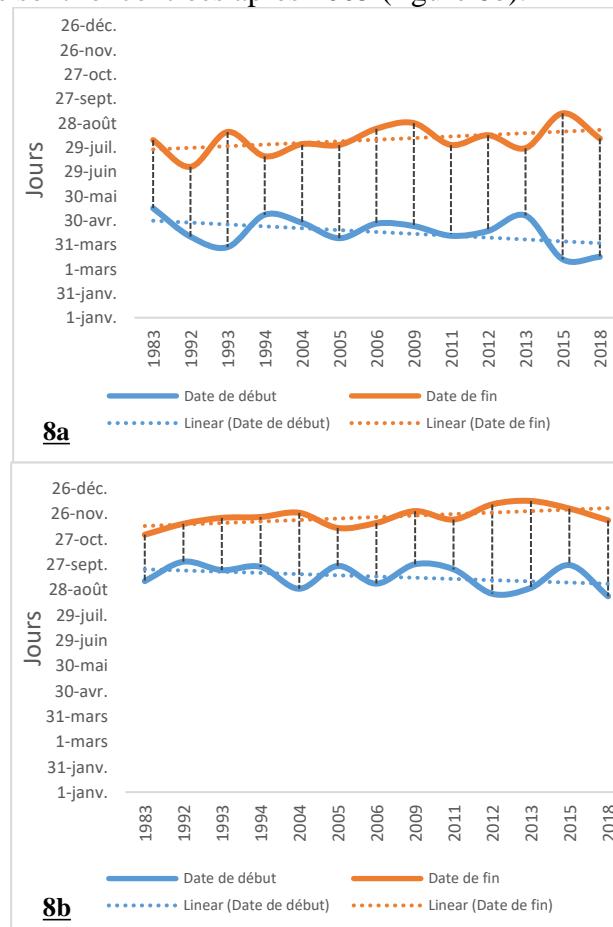


Figure 8. Évolution des durées de la grande (8a) et de la petite saison des pluies (8b) de 1981 à 2019

Source: GPCP/NASA, 2020

3.2.2. Comportement des calendriers cultureaux pendant les années à régime unimodal

Date de début

Le régime unimodal éprouve une perturbation des dates de début des saisons pluvieuses sur la série d'étude (Figure 9). Mais, la tendance globale

présente une stabilité. En comparaison à la date médiane de début des saisons de pluie (13 avril), on constate que les débuts les plus précoces concernent les années 1982 (21 mars), 1984 (12 mars), 1999 (11 mars), 2000 (25 mars), 2016 (18 mars) et 2017 (24 mars) (Figure 9) ou l'écart avoisine les 30 jours. De plus, les dates de début des saisons de pluie connaissent un retard significatif avoisinant les 60 jours (écart de la date médiane de début). C'est le cas des années 1989 (03 juin), 1995 (02 mai), 1996 (06 juin), 2001 (24 mai), 2007 (10 mai), 2008 (09 mai) et 2010 (30 avril).

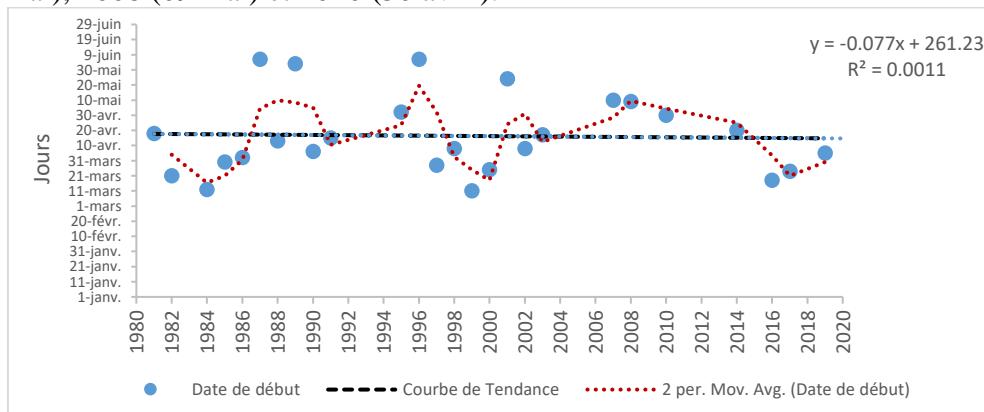


Figure 9. Évolution des dates de début de la saison des pluies de 1981 à 2019 en régime unimodal

Source: GPCP/NASA, 2020

Date de fin

A l'opposé du début des saisons de pluie, les dates de fin de la saison des pluies connaissent un retard significatif (Figure 10). En effet, la date médiane des fins de saison agricole est le 20 novembre dans le secteur de Vavoua. On note cependant des variations des dates de fin sur l'ensemble de la période considérée avec une tendance précoce ($y = 0,617x - 400,11$). Les fins précoces les plus importantes sont celles des années 1984 (10 novembre), 1985 (5 novembre), 1987 (6 novembre), 1991 (2 novembre), 1996 (7 novembre), 2001 (30 octobre), 2002 (2 octobre) et 2007 (novembre). Quant aux retards les plus importants, ils avoisinent les 20 jours (écart de la date moyenne de fin) et concernent les années 1998 et 2014 avec respectivement comme date de fin 15 et 20 décembre. Les résultats analysés montrent une forte variation des dates de début et de fin des saisons de pluie.

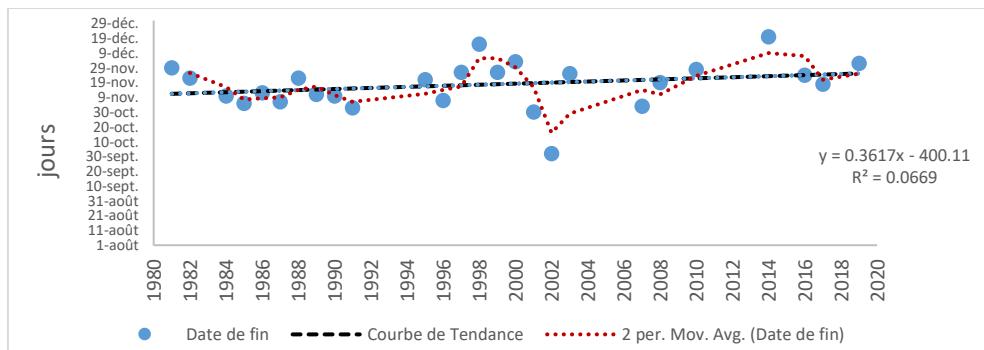


Figure 10. Évolution des dates de fin de la saison des pluies de 1981 à 2019 en régime unimodal

Source: GPCP/NASA, 2020

Les durées sont plus importantes en saison unique à Vavoua. Elle dure en moyenne 215 jours, soit environ six mois (Figure 11). On rencontre les plus longues durées au début de la décennie 1980 et à la fin des décennies 1990 et 2010. Elle varie en fonction des dates de début de saisons.

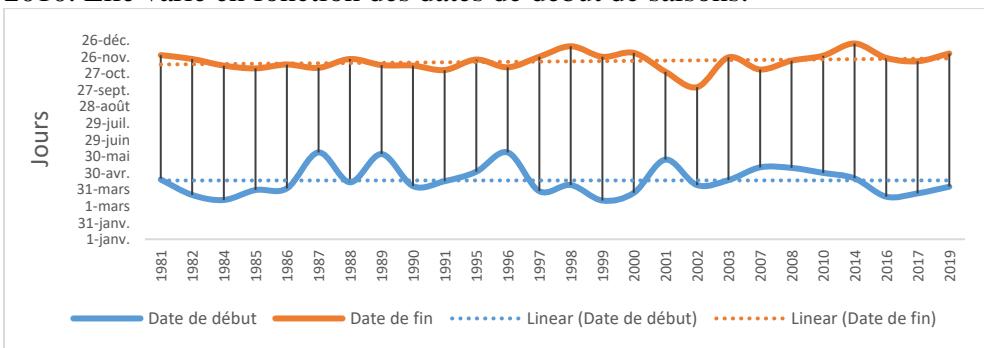


Figure 11. Évolution des durées de la saison des pluies de 1981 à 2019 en régime unimodal

Source: GPCP/NASA, 2020

3.3. Impact ressenti de la perturbation des calendriers agricoles sur les activités

La variation des dates de démarrage et de fin, ainsi que la durée des saisons pluvieuses impactent considérablement le monde agricole notamment les périodes de semis et de récolte. L'incertitude pluviométrique enregistrée dans la zone d'étude met à mal la réalisation des activités agricoles. En effet, la variabilité des jours de pluie bouleverse le calendrier agricole mettant ainsi les paysans en difficulté. En effet, 84 % des paysans enquêtés affirment que les périodes de semis, de façon générale, sont de plus en plus retardées (Figure 12a).

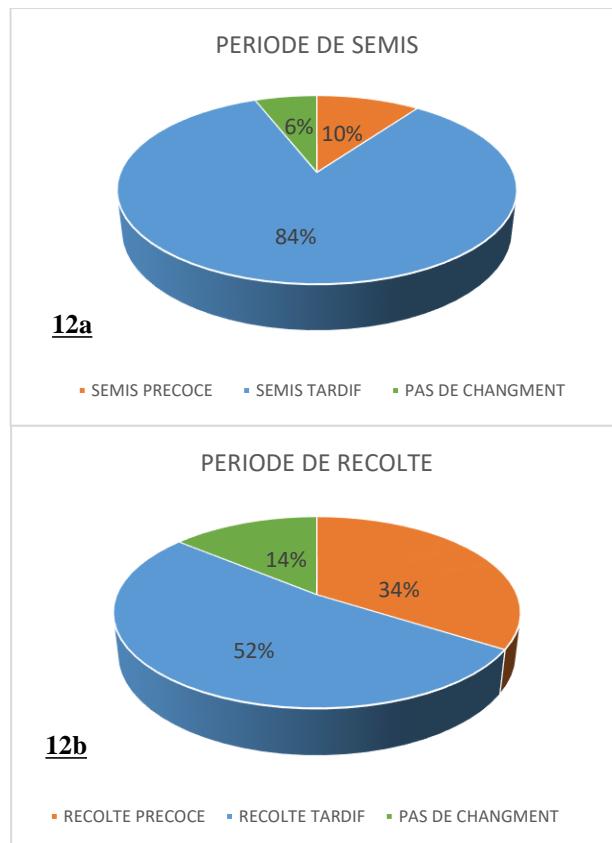


Figure 12. Répartition de la période de semis (12a) et de récolte (12b) selon paysans enquêtés

Source : Enquêtes Personnelles, Novembre et Décembre 2020

Quant aux périodes de récolte, elles connaissent autant de perturbations que les périodes de semis. Cette modification fait suite aux retards enregistrés lors des semis. Les paysans enquêtés (52 %) ont évalué leur période de récolte comme étant tardive tandis que 34 % d'entre eux l'évaluent comme précoce (figure 12b). La grande variabilité des périodes de semis et de récolte constatée chez les paysans de Vavoua affectent considérablement la productivité agricole.

4. Discussion

L'évolution des paramètres climatiques notamment la précipitation et la température dans la sous-préfecture de Vavoua impact considérablement les activités agricoles. Les paramètres climatiques notamment la pluviométrie, la température ont fait l'objet d'analyses dans le but de détecter les différentes évolutions qu'ils connaissent dans le secteur d'étude. Le test statistique de l'indice de Nicholson amélioré par le Filtre passe-bas de Hanning d'ordre 2 a

été utilisées dans le même contexte d'étude d'évolution par Diomandé, (2013, p. 136 ; Noufé et *al.*, 2015, p. 4 ; N'Da, 2016, p. 84 ; Dagnogo, 2019, p. 30). L'application du test statistique indique une tendance à la normale du paramètre pluie et une tendance à la hausse du paramètre température sur la période d'étude 1981-2019. De plus l'analyse de la variabilité interannuelle des indices pluviométriques et de température a révélé une alternance de périodes humides et de périodes sèches sur la série étudiée et une augmentation de la température moyenne annuelle de l'ordre de +1,14°C. Ces résultats sont en accord avec ceux de Yao et *al.*, (2019, p. 330). En effet, selon cette étude réalisée sur le bassin versant de la Lobo couvrant la zone d'étude, la pluviométrie connaît une tendance à la normale de l'ordre de 0,47 % entre 1990 et 2025 mais elle connaîtra une baisse de l'ordre de 10,8 % au cours des décennies à venir (2035-2050). Quant à la température, elle connaît déjà une hausse et continuera pour atteindre les 0,6°C à 1,5°C à l'horizon 2035-2050. Ces différentes variations se répercutent sur les activités agricoles. A ce niveau, l'utilisation des approches agroclimatologiques, socio-anthropologiques et géographiques utilisées par Diomandé (2013, p. 34), N'Da (2016, p. 67) et Dagnogo (2019, p. 26) nous ont permis d'identifier les impacts climatiques sur les calendriers agricoles. L'analyse des données climatiques a révélé des tendances à des démarriages précoces et tardifs et à des fins précoces et tardives des saisons pluvieuses (unimodale et bimodal). Ces résultats sont en phase avec ceux de Kouakou et *al.*, (2017, p. 5) effectué dans le bassin de Sassandra couvrant la zone d'étude. Leur étude révèle un démarrage tardif des saisons de pluie et un arrêt précoce des fins des saisons pluvieuses. L'incertitude climatique conjuguée au démarrage tardif ou précoce des saisons pluvieuses et l'arrêt prématué ou tardif influence négativement les rendements agricoles. Cette situation ne peut que se répercuter sur la réalisation des activités agricoles. Les travaux de Balliet *et al.*, (2016, p. 75) montrent que les alternances que connaît le climat dans le Centre-ouest de la Côte d'Ivoire impactent considérablement les activités agricoles à différentes échelles de temps et d'espaces. Les résultats issus de nos différentes analyses ont établi une conformité avec d'autres travaux scientifiques à l'échelle nationale et internationale.

Conclusion

La recherche de rapport entre climat et calendrier agricole réalisée dans la sous-préfecture de Vavoua, zone à économie agricole, a commencé par la mise en évidence de la variabilité climatique. L'analyse des données climatiques a montré une alternance de périodes pluvieuses et de périodes sèches entre 1980 et 2019. Les dernières années sont plutôt excédentaires. Ce regain de pluviosité s'accompagne d'une perturbation des régimes de pluie et de l'augmentation de +1,14°C au niveau de la température. Cette instabilité

impacte les calendriers cultureaux. Les calendriers agricoles sont à leur tour bouleversés (début précoce, fin tantôt stable, tantôt tardive), rendant les activités agricoles et les populations paysannes vulnérables. L'ensemble des résultats obtenus indiquent une variabilité des paramètres climatiques (pluie et température) qui influence négativement les activités agricoles dans le secteur d'étude Vavoua.

References:

1. AMANI K. (2013). Caractérisation des contraintes pluviométriques en riziculture pluviale au Centre-Ouest de la Côte d'Ivoire, Mémoire de DEA, Université Nangui Abrogoua de Côte d'Ivoire, 59p.
2. ATTAH, ARR. (2021). Variabilité climatique et activités agricoles dans la sous-prefecture de Vavoua : cas des localités d'Akazankro et de Déma (Centre-ouest de la Côte d'Ivoire), Mémoire de Master en Géographie, Université Jean Lorougnon Guédé, 94p.
3. BALLIET, R., MAHAMAN, BS, EVRADE, LAE, MATHUNAISE, VS, N'GUESSAN, HVB, N'DRI, AO, DJE, BK & BIEMI J. (2016). Evolution des extrêmes pluviométriques dans la région du Goh (Centre-Ouest de la Côte d'Ivoire). *European Scientific Journal, édition vol 12, N°23*, 74-87.
4. BROU, YT, AKINDES, F., BIGOT, S. (2005). La variabilité climatique en Côte d'Ivoire : entre perceptions sociales et réponses agricoles. *Cahiers Agricultures vol. 14, n° 6*, 533-540.
5. DAGNOGO, BS, (2019). Variabilité climatique et production agricole en zone forestière : l'exemple du bas-fond de Mahounou (Centre-ouest de la Côte d'Ivoire). Mémoire de Master, Université Jean Lorougnon Guedé, 105p.
6. DIARRA, A., TAGBO, M-PR. (2020). Variabilité climatique et production de riz pluvial en zone humide : cas de la sous-préfecture de Gagnoa (Côte d'Ivoire). *Regardsuds ; Premier Numéro*, 45-60.
7. DIOMANDE, BI, (2011). Evolution climatique récente dans les régions nord-ouest de la Côte d'Ivoire et ses impacts environnementaux et socio-économiques, Thèse de doctorat unique, Université Cheikh Anta Diop de Dakar, 222p.
8. DIOMANDE, M. (2013). Impact du changement de pluviosité sur les systèmes de production agricoles en zone de contact Forêt-savane de Côte d'Ivoire, Thèse de Doctorat, Université Félix Houphouët Boigny, 228p.
9. DOUKPOLO, B. (2014). Changements climatiques et productions agricoles dans l'ouest de la république centrafricaine, Thèse de Doctorat, Université d'Abomey-calavi, 273p.

10. KOUAKOU, KE, KOUASSI, AM, KOUADIO, ZA, ZOURA, LN, BIEMI, J. & GOULA Bi, TA. (2017). Caractérisation des saisons des pluies dans un contexte de changement climatique : cas du bassin versant de Sassandra (Côte d'Ivoire). *EWASH et TI Journal, Vol 1 Issue 1*, 01-10.
11. MOREL, R. (2004). Le climat et l'implantation des hommes : le cas de la Côte d'Ivoire. *Annales de l'Association Internationale de Climatologie, vol 1*, 117-132.
12. N'DA, KC. (2016). Variabilité hydroclimatique et mutations agricoles dans un hydrosystème anthropisé : l'exemple du bassin versant du Bandama en Côte d'Ivoire, Thèse de doctorat, Université Félix Houphouët Boigny, 271p.
13. NOUFE, D., KOUADIO, ZA, SORO, GE, WAYOU, TP, GOULA, BTA & SAVANE, I. (2015). Impact de la variabilité climatique sur la production du maïs et de l'igname en zones Centre et Nord de la Côte d'Ivoire. *Agronomie Africaine 27 (3)*, 241-255.
14. NOUFE, D., LIDON, B., MAHE, G., SERVAT, E., BROU, YT, KOLI Bi, Z. & CHALEARD, J-L. (2011). Variabilité climatique et production de maïs en culture pluviale dans l'est ivoirien. *Hydrological Sciences Journal, 56 :1*, 152-167.
15. SERVAT, E., PATUREL, J-E, BROU, K., TRAVAGLIO, M., OUEDRAOGO M. & BOYER J-F. (1998). Identification, caractéristique et conséquences d'une variabilité hydrologique en Afrique de l'Ouest et centrale. *ORSTOM programme FRIEND AOC*, 323-337.
16. SIVAKUMAR, M. (1988). Predicting rainy season potential from the onset of rains in Southern Sahelian and Sudanian climatic zones of West Africa. *Agricultural and Forest Meteorology, 42, 4*, 295-305.
17. TERA, Y. (2016). Impact du changement climatique sur les pluies extrêmes en Côte d'Ivoire. Mémoire de Master, Université Nangui Abrogoua de Côte d'Ivoire, 63p.
18. YAO, AB, KOUASSI, KL, KOUAKOU, KE, GOULA Bi, TA, & GAYE, TA. (2019). Évolution des impacts potentiels des changements climatiques sur les écoulements de la rivière Lobo, Centre-Ouest de la Côte d'Ivoire. *Afrique Science 15 (4)*, 330-342.

Les Amandes Nues des Graines de *Detarium microcarpum* Guill. et Perr. (Fabaceae) Récoltées en Zone Soudanienne Assurent une Bonne Germination en Pépinière au Bénin, Afrique de l'Ouest

Sinadouwirou Théophile Abaro

Assede Pélagie Eméline

Orou Hidirou

M'mouyoum Kouagou

Dicko Aliou

Biaou Samadori Honoré

Natta Kuyéma Armand

Laboratoire d'Ecologie, Botanique et Biologie Végétale, Bénin
Faculté d'Agronomie, Université de Parakou, Bénin

[Doi:10.19044/esj.2022.v18n27p275](https://doi.org/10.19044/esj.2022.v18n27p275)

Submitted: 10 April 2022

Copyright 2022 Author(s)

Accepted: 27 August 2022

Under Creative Commons BY-NC-ND

Published: 31 August 2022

4.0 OPEN ACCESS

Cite As:

Sinadouwirou T.A., Assede P.E., Orou H., M'mouyoum K., Biaou S. H. & Natta K.A..(2022). *Les Amandes Nues des Graines de Detarium microcarpum Guill. et Perr. (Fabaceae) Récoltées en Zone Soudanienne Assurent une Bonne Germination en Pépinière au Bénin, Afrique de l'Ouest*. European Scientific Journal, ESJ, 18 (27), 275.

<https://doi.org/10.19044/esj.2022.v18n27p275>

Résumé

La régénération par graines de *Detarium microcarpum* Guill. et Perr. est importante dans le contexte de sa conservation et sa domestication qui préserve son patrimoine génétique. La présente étude a pour objectif d'évaluer la germination des graines de quatre (04) provenances (Yeroumaro, Périmètre de reboisement de Parakou, Sinwan-Boumoussou et Triangle du Parc W) de *D. microcarpum* sous l'influence de trois (03) prétraitements. Les graines de chaque provenance ont été scindées en trois lots de 30 graines par prétraitement : i) graines contenues dans l'endocarpe et sans traitement ; ii) graines nues (graines extraites de l'endocarpe et sans traitement); iii) graines contenues dans l'endocarpe et trempées dans l'eau chaude pendant 7min puis dans l'eau tiède pendant 24h. Le dispositif de Fisher a été utilisé avec quatre répétitions, chaque bloc contenant une provenance. Les paramètres considérés

pour chacun des traitements sont le temps mis après le semis pour la germination de la première graine et le taux final de germination. Ces paramètres ont été analysés avec la régression bêta. Les données ont été également soumises à la méthode d'analyse de survie. Au terme de cette étude, il ressort que le taux de germination des graines de *D. microcarpum* varie avec le type de prétraitement et la provenance. Les meilleurs taux de germination des graines de *D. microcarpum* sont observés avec les graines nues ($\beta = 0.865 \pm 0.097$, $Z = 8.957$, $p < 2e-16$) collectées en zone soudanienne. Pour assurer une bonne régénération de *D. microcarpum* en pépinière, l'utilisation des graines nues récoltées dans la zone soudanienne peut être une meilleure option dans le cadre de la conservation et de la domestication de l'espèce au Bénin.

Mots clés: *Detarium microcarpum*, Prétraitement, Provenance, Germination, Bénin

Naked Almond Seeds of *Detarium microcarpum* Guill. et Perr.(Fabaceae) Harvested from the Sudanian Zone Ensure a Good Germination in the Nursery in Benin, (West Africa)

Sinadouwirou Théophile Abaro

Assede Pélagie Eméline

Orou Hidirou

M'mouyoum Kouagou

Dicko Aliou

Biaou Samadori Honoré

Natta Kuyéma Armand

Laboratoire d'Ecologie, Botanique et Biologie Végétale, Bénin

Faculté d'Agronomie, Université de Parakou, Bénin

Abstract

In the context of *Detarium. microcarpum* conservation and domestication that preserves genetic heritage, its regeneration by seeds is important. The present study aims to evaluate the germination of *Detarium microcarpum* Guill. and Perr. (Fabaceae) seeds from four (04) sources, subjected to under the influence of three (03) pretreatments. Seeds from each source were split into three batches of 30 seeds for each pretreatment: (i) seeds with pericarp and no treatment; (ii) naked almond seeds (seeds without pericarp) and without treatment; iii) seeds with pericarp and soaked in hot water for 7 min and then in warm water for 24h. Fisher's device was used with four repetitions; each block containing seeds from an area. The parameters

considered for each treatment are the time taken for the first seed after sowing to germinate and the final germination rate. These parameters were analyzed using beta regression. Data were also subjected to the survival analysis method. At the end of this study, it appears that the germination rate of *D. microcarpum* seeds varies with the type of pretreatment and the source. The best germination rates of *D. microcarpum* seeds are observed with naked almond seeds collected in sudanian zone. ($\beta = 0.865 \pm 0.097$, $Z = 8.957$, $p < 2e-16$) In the context of the conservation and domestication of *Detarium microcarpum* in Benin, the present study suggests, as a best regeneration option in the nursery, the use of naked almonds from seeds harvested in the Sudanian zone.

Keywords: *Detarium microcarpum*, Pretreatment, Source, Germination, Benin

1. Introduction

Les espèces locales font partie de l'écosystème en place et s'intègrent aux différentes fonctions que joue l'écosystème. Elles sont utiles non seulement pour leur bois, mais également en tant que espèces médicinales, fourragères et alimentaires (Ouro-Djeri *et al.*, 2001). C'est le cas de *Detarium microcarpum* de Guill. et Perr. dont l'exploitation se fait toujours à l'état sauvage. Cet arbre des tropiques (Arbonnier, 2002) est une espèce dont le fruit sucré et autres organes sont utilisés pour le traitement de plusieurs maladies telles que la méningite, la tuberculose, l'hémorroïde, etc. (Agbo *et al.*, 2017). Il est une source potentielle de polyphénols possédant des propriétés antioxydantes d'origine naturelle qui justifient son utilisation traditionnelle dans le traitement de nombreuses affections lié au stress oxydatif (Hama *et al.*, 2019). Son bois, assez dur est utilisé comme bois de feu par les populations locales (Ouedraogo, 1997; Agbo *et al.*, 2017). La capacité de *D. microcarpum* à pousser sur tout type de sols, quelques soit la zone agro écologique (Kouyaté et Lamien, 2011; Kouyaté et Van Damme, 2002), fait de lui un bon candidat dans les programmes de plantation et reboisement à base d'espèces autochtones. Les graines sont disséminées par l'homme, les rongeurs, les singes et autres animaux qui se nourrissent de la pulpe du fruit sucré (Bationo et Ouedraogo, 2002).

D. microcarpum est une espèce qui se reproduit aussi bien par voie sexuée que végétative (Bationo *et al.*, 2001; Kouyaté et Lamien, 2011). L'espèce présente une forte capacité à régénérer par voie végétative en émettant rapidement des rejets ou drageons au passage d'une perturbation telles que le feu de brousse et les coupes (Bationo *et al.*, 2010). Cependant, le nombre de rejets émis par la plante diminue avec l'âge (Ouedraogo, 1997). L'individu issu de la reproduction végétative étant identique au parent, les

risques de consanguinité et d'érosion génétique seraient plus élevés (Ricez, 2008). Au Bénin, il existe une assez grande diversité génétique de *D. microcarpum* (Agbo *et al.* 2018). Le mode de reproduction sexué permet le maintien de la variabilité génétique d'une espèce car le patrimoine génétique diffère d'un individu à un autre (Ouedraogo, 1997). Mais dans la nature, la régénération de *D. microcarpum* par la reproduction sexuée est perturbée et compromise à long terme par l'effet des feux de végétation qui surviennent en phase de maturation des fruits et détruisent l'embryon (Dourma *et al.*, 2006; Bastide et Ouedraogo, 2008; Ky-Dembele *et al.*, 2010) et l'action de certains rongeurs tels que *Cricetomys gambianus*, destructeurs du noyau de la graine (Bationo et Ouedraogo, 2002). Les difficultés de régénération par graines dans la nature combinées à la nécessité de conservation du patrimoine génétique confèrent une grande importance à la maîtrise des techniques de reproduction par graines de *D. microcarpum* dans le contexte de sa conservation et de sa domestication. La germination des graines est la première étape du cycle de vie d'une plante (Simão and Takaki, 2008). Elle est l'étape clé pour réussir l'établissement, la croissance et la poursuite de l'expansion des populations végétales (Hao *et al.*, 2017). La germination des graines peut être influencée par divers facteurs intrinsèques (par exemple, la dormance sous ses diverses formes, la qualité des graines, la maturité, la tolérance à la dessiccation, l'âge) et les conditions environnementales (par exemple, l'eau, l'oxygène, la température, la lumière) (Daws *et al.*, 2005; Sata *et al.*, 2020, 2020; Tweddle *et al.*, 2003). Pour de nombreuses essences forestières, un prétraitement spécial des graines est nécessaire pour obtenir une germination satisfaisante. Les prétraitements ne font pas germer les graines, mais les rendent capables de germer ultérieurement quand toutes les conditions requises sont réunies. C'est, par définition, le (ou les) prétraitement(s) réalisé(s) avant, pendant ou après la conservation, qui permettent l'élimination de la dormance par leurs effets mécaniques, chimiques et physiologiques (isolés ou associés) (Barbedo, 2018). C'est en fonction de la constitution de l'endocarpe des graines que le type de prétraitement est défini (Ahoton *et al.*, 2009; Hamawa *et al.*, 2020). Ainsi, pour les graines ayant un endocarpe dur, il est nécessaire d'appliquer des méthodes de scarification mécanique pour la germination (Bationo *et al.*, 2001; Raji and Siril, 2018; Razanameharizaka *et al.*, 2006). Plusieurs autres méthodes de prétraitements des graines sont aussi connues notamment le prétraitement à l'acide sulfurique (Baatuuwie *et al.*, 2019; Kouyaté et Van Damme, 2006) et le choc thermique (Leonor *et al.*, 2016). Dans la nature, la germination de *D. microcarpum* est favorisée par l'intervention des termites phytophages qui enterrent les fruits par leurs construction, humidifiant ainsi l'endocarpe (Bationo *et al.*, 2001).

Par ailleurs, plusieurs études ont rapporté que la provenance des graines/semences est un facteur qui influence le pouvoir germinatif ou taux de

germination, l'établissement et la croissance de la plantule (Akaffou *et al.*, 2019; Pérez-Fernández *et al.*, 2019; Pulatkan and Kamber, 2019; Sata *et al.*, 2020; Yaema *et al.*, 2017). En effet, les caractères génétiques de la population source et l'impact des facteurs environnementaux de la plante mère, impriment des caractères spécifiques et des capacités intrinsèques différentes aux graines à germées (Bewley et Black, 1994; Uniyal *et al.*, 2003; Pérez-Fernández *et al.*, 2019). Au Bénin, *D. microcarpum* présente une variabilité phénotypique assez grande avec les fruits plus longs et plus grands en zone soudanienne, dans le Borgou-Nord, suggérant que les graines de cette zone disposent des meilleures capacité de germination que les autres (Agbo *et al.*, 2018). Une décision critique dans la gestion des ressources forestières est le choix des provenances/sources des semences pour le reboisement (Shu *et al.*, 2012) et des prétraitements appropriés pour assurer une réussite de la germination, de l'établissement et de la croissance des plants.

La présente étude se situe dans ce contexte où elle vise de façon globale l'évaluation des conditions de réussite de la multiplication par graines de *D. microcarpum* pour sa sylviculture dans le but de sa conservation et de sa domestication. A cet effet, deux hypothèses ont été formulées (i) la méthode d'extraction des graines de l'endocarpe lignifié et/ou le trempage à l'eau chaude améliore significativement la durée de germination et le pouvoir germinatif, (ii) les semences provenant de la zone soudanienne ont une durée de germination plus courte, un pouvoir germinatif plus élevé que celles qui proviennent de la zone soudano-guinéenne. Ainsi, l'influence des quatre provenances de graines et des trois types de prétraitements a été évaluée sur la durée de germination et le pouvoir germinatif des graines de *D. microcarpum*.

2. Méthodes

2.1. Milieu d'étude

L'expérimentation a été conduite sur le périmètre de reboisement de Parakou au Bénin. Il présente un climat du type soudanien, caractérisé par deux saisons : une saison sèche (Novembre à Avril) et une saison pluvieuse (Mai à Octobre) avec une variation de pluviométrie moyenne annuelle entre 960 mm et 1050 mm. Le mois de septembre est le plus pluvieux avec la moyenne mensuelle de 211mm. La température moyenne mensuelle varie entre 24,5°C et 28,9°C. Les maxima (36°C) sont enregistrés en Février-Mars, et les minima (18,3°C) en période d'harmattan, les mois de Novembre, Décembre et Janvier. Le Périmètre de Reboisement de Parakou repose sur un sol à texture légère et structure fragile (sablo-argilo).

2.2. Provenance, prétraitements des graines et collecte des données

Site de collecte des graines, prétraitements et dispositif expérimental

La collecte des graines a eu lieu en Février 2018 dans les peuplements d'élites au niveau de quatre sites répartis dans deux zones écologiques : soudanien et soudano-guinéen. La provenance *Yèroumaro* (Prov1 : 9,406°N et 2,378°E) et la provenance *périmètre de reboisement de Parakou* (Prov2 : 9,340°N et 2,613°E) sont du District phytogéographique du Borgou-Sud et de la zone soudanienne alors que les provenances *Sinwan-Boumoussou* (Prov3 : 11,022°N et 3,421°E) et *Triangle dans le Parc W* (Prov4 : 11,423°N et 2,178°E) sont du district phytogéographique Borgou-Nord et de la zone soudano-guinéenne. Tous les fruits ont été récoltés sur plusieurs arbres distants d'au moins 100 mètres et ayant les mêmes caractéristiques dendrométriques. Ensuite les graines ont été conservées dans une même salle à la température ambiante de la salle.

Avant le semis, trois types de prétraitements sont considérés : les graines avec endocarpe sans aucun prétraitements, les graines avec endocarpe prétraitées à l'eau chaude et les graines débarrassées de leur endocarpe (Figure 1).



Figure 1. Types de prétraitements des graines de *Detarium microcarpum* avant la mise en terre : A.:Fruits entiers de *Detarium microcarpum* ; B : Graines avec endocarpe de *Detarium microcarpum* (TO) ; C : Graines et endocarpe de *Detarium microcarpum* trempé dans l'eau chaude (TE) ; D : Graines sans endocarpe de *Detarium microcarpum* (TS).

Les amandes nues c'est-à-dire les graines sans endocarpes, sont obtenues en enlevant l'endocarpe après l'avoir brisé. Le prétraitements à l'eau chaude a consisté à plonger les graines à endocarpe de *D. microcarpum* dans de l'eau bouillante (87,3°C) pendant 7 minutes puis les tremper dans l'eau tiède (29,3°C) pendant 24 heures (Kouyaté et Van Damme, 2002).

Les graines ainsi traitées ont été semées à raison d'une graine par sachet, sur le site de la Pépinière Ecole de l'Inspection Forestière du Borgou. Le substrat utilisé est du terreau prélevé sur place, mélangé de façon homogène dans les sachets polyéthylènes de 8 cm de diamètre et de 20 cm de hauteur. La profondeur de semis est de 6 cm (deux à trois fois son diamètre) afin de maintenir l'humidité favorable à leur germination (AgroBio, 2013). La fréquence d'arrosage est deux fois par jour (7h-8h et 17h-18h, heures locales) comme recommandé par Aho et Kossou (1997). La quantité d'eau apportée au total est de 44 litres par jour (onze litres pour deux blocs comportant 180 pots, donc 22 litres pour les 360 pots).

Le dispositif expérimental est composé de 360 pots (sachets polyéthylènes) répartis en quatre blocs. Chaque bloc ou répétition est composé des trois types de prétraitements : graines à endocarpe sans traitement (TO), graines à endocarpe traité à l'eau chaude (TE) et graines sans endocarpe (TS) ou amandes nues. Chaque prétraitement est constitué de 30 pots disposés de façon aléatoire dans chaque bloc. Le dispositif utilisé est celui de Fisher.

Collecte des données

La collecte des données a été effectuée de façon journalière après le semis en relevant la date de la première émergence des plantules dans chaque lot de 30 graines et le nombre de plantule émergée par prétraitement pendant 30 jours. Les graines considérées germées sont celles dont l'émergence des plantules a été observée (Baatuuwie *et al.*, 2019 ; Dossa *et al.*, 2020).

2.3. Traitement des données

Effet du prétraitement et de la provenance sur la probabilité de germination des graines de *Detarium microcarpum*

Supposant que toutes les graines germées dans le sol n'ont pas eu la capacité d'émerger à la surface et par défaut d'informations sur celles qui ont germé et qui n'ont pas émergé, la méthode d'analyse de survie a été utilisée (Lee et Wang, 2003) pour décrire l'évolution de la probabilité de non germination dans le temps en estimant la fonction de survie.

Les données de survie sont toujours censurées et non normales de telle sorte que les méthodes conventionnelles telles que les régressions linéaires ne sont pas appropriées (Ariyo *et al.*, 2012). Le modèle semi-paramétrique (Pourhoseingholi *et al.*, 2011) à hasard proportionnel développé par (Cox, 1972) a été utilisé.

Les analyses ont été effectuées avec le package survival (Therneau et Grambsch, 2000) sous le logiciel R3.4.2 (R Core Team, 2017). Le package MASS (Venables et Ripley, 2002) a été utilisé pour la sélection des variables qui affectent significativement la germination à partir du modèle saturé. La

fonction «plot ()» du logiciel R a été utilisée pour afficher la courbe de survie de Kaplan-Meier.

Effet du prétraitement et de la provenance sur le pouvoir germinatif des graines de *D. microcarpum*

Le pouvoir germinatif des graines des différentes provenances a été apprécié à travers le taux de germination (TG) et la durée de germination des graines.

$$TG (\%) = \frac{NGG * 100}{NTGS}$$

NGG= Nombre germées par traitement ; NTGS= Nombre total de graines semées par traitement.

La durée de germination est déterminée par la différence en termes de nombre de jours entre la première et la dernière graine germée.

Pour tester l’effet des prétraitements des graines et de leur provenance sur le pouvoir germinatif, la regression beta a été réalisée avec le package betareg (Zeileis et al., 2010). Quatre modèles ont été construits puis le Critère d’Information d’Akaike (AIC) a été utilisé pour sélectionner le modèle qui permet d’ajuster au mieux les données. Le modèle sans interactions a été choisi car ayant la plus petite valeur de AIC (Akaike Information Criterion) et le plus petit nombre de paramètre (Burnham et Anderson, 2004).

Les provenances (SINW, TPW et YERI) ont été comparées à la provenance du périmètre de reboisement de Parakou (PRP). Les prétraitements à l’eau chaude (TE) et graine nues (TS) ont été comparés aux graines à endocarpe sans prétraitement (TO).

3. Résultats

3.1. Effet du prétraitement et de la provenance sur la probabilité de germination et le temps de la première germination

La probabilité de germination des graines après semis augmente avec le temps (Figure 2). La probabilité de germination des graines nue (TS) est significativement plus élevée que celle des graines avec endocarpe traitées à l’eau chaude (TE) (Figure 2A, $\beta_{TS \text{ vs. } TE} = 2.132 \pm 0.193$, $Z = 11.057$, $p < 0.0001$) avec respectivement 11 jours et 19 jours de temps minimal de la première germination après le semis. Les graines avec endocarpe prétraitées à l’eau chaude (TE) ont une probabilité de germination faible et inférieur à celle des graines sans prétraitement (TO) (Figure 2A, $\beta_{TE \text{ vs. } TO} = -1.849 \pm 0.204$, $z = -9.068$, $p < 0.0001$) dont le temps minimal de la première germination est de 15 jours après le semis. La provenance ne présente aucun effet significatif sur la probabilité de germination des graines de *Detarium microcarpum* (Figure 2B).

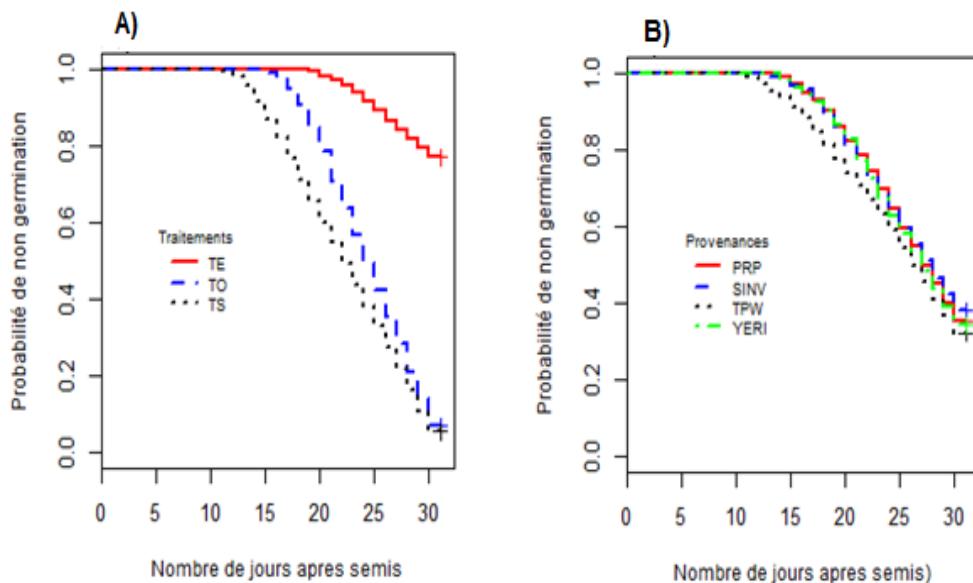


Figure 2. Effet du prétraitement (A) et de la provenance (B) sur la probabilité germination des graines de *Detarium microcarpum*. PRP : Périmètre de reboisement de Parakou ; YERI : Yeroumaro, TPW : Triangle de Parc W et SINW : Sinwan.

3.2. Effet du prétraitement et de la provenance sur le pouvoir germinatif

Les taux de germination varient suivant le type de prétraitement et la provenance (Tableau 1). La germination des gaines nues (TS) se stabilise avec les meilleurs taux de germination suivant la provenance Sinwan (80 %). Par contre, les graines à endocarpe traitées à l'eau chaude présentent les plus faibles taux d'émergence avec une moyenne, toutes provenances confondues, de $5 \pm 2,43$ % contre $53,75 \pm 3,35$ % pour les graines à endocarpe non traitées et $66,25 \pm 7,33$ % pour les amandes nues. La moyenne globale des taux de germination pour tous prétraitements confondus varient de $33,33 \pm 9,42$ % pour la provenance PR-Parakou à $46,67 \pm 14,98$ pour la provenance Sinwan (Tableau 1).

Tableau 1. Pouvoir germinatif (%) selon la provenance et le prétraitement

Prétraitement	Provenances				Moyenne \pm ES
	PR Parakou	Triangle Parc W	Sinwan	Yeroumaro	
TE	5,00	1,67	3,33	10,00	$5,00 \pm 2,43$
TO	41,67	63,33	56,67	53,33	$53,75 \pm 3,35$
TS	53,33	73,33	80,00	58,33	$66,25 \pm 7,33$
Moyenne \pm ES	$33,33 \pm 9,42$	$46,11 \pm 14,81$	$46,67 \pm 14,98$	$40,56 \pm 11,62$	$41,67 \pm 6,12$

ES = Erreur standard.

Le prétraitement des graines a un effet significatif sur le taux de germination. Le prétraitement à l'eau chaude (TE) donne un taux de germination significativement inférieur à celui du témoin (TO), graines avec endocarpe sans prétraitement ($\beta = -2.887 \pm 0.262$, $Z = -11.034$, $p < 2e-16$). Les graines nues germe beaucoup plus que les graines à endocarpe sans prétraitement ($\beta = 0.865 \pm 0.097$, $Z = 8.957$, $p < 2e-16$). Par ailleurs, les graines nues (TS) ont un taux de germination significativement plus élevé que les graines avec l'endocarpe traitées avec de l'eau chaude (TE) ($\beta = 2.751 \pm 0.358$, $Z = 19.991$, $p < 2e-16$) (Tableau 2 ; Figure 3A).

L'effet de la provenance sur l'émergence des graines de *D. microcarpum* est également significatif. En effet, les graines provenant de la zone soudanienne (Sinwan : SINW et Trinagle Parc W : TPW) ont un taux de germination significativement plus élevé que celles provenant de la zone soudano-guinéenne (Périmètre de reboisement de Parakou : PRP et de Yéroumarou : YERI) (Sinwan : $\beta = 0.612 \pm 0.134$, $Z = 4.577$, $p = 0.000005$ et du Triangle du Parc W : $\beta = 0.605 \pm 0.134$, $Z = 4.520$, $p = 0.000006$) (Tableau 2 ; Figure 3B).

Tableau 2. Effet des prétraitements et des provenances sur le taux de germination

Variables	Coefficients	Erreur standard	Z	Pr ($>|z|$)
Intercept	-1.91	0.12	-16.17	< 2e-16 ***
Traitement-TE	-2.88	0.26	-11.03	< 2e-16 ***
Traitement-TS	0.86	0.09	8.96	< 2e-16 ***
Provenance-SINW	0.61	0.13	4.58	4,73e-6 ***
Provenance-TPW	0.60	0.13	4.52	6,17e-6 ***
Provenance-YERI	0.14	0.14	1.02	0.308

PRP : Périmètre de reboisement de Parakou ; YERI : Yeroumaro, TPW : Triangle du Parc W et SINW : Sinwan ; TO : graine à endocarpe sans prétraitement, TE : prétraitement à l'eau chaude et TS : amande nue (Graine sans endocarpe).

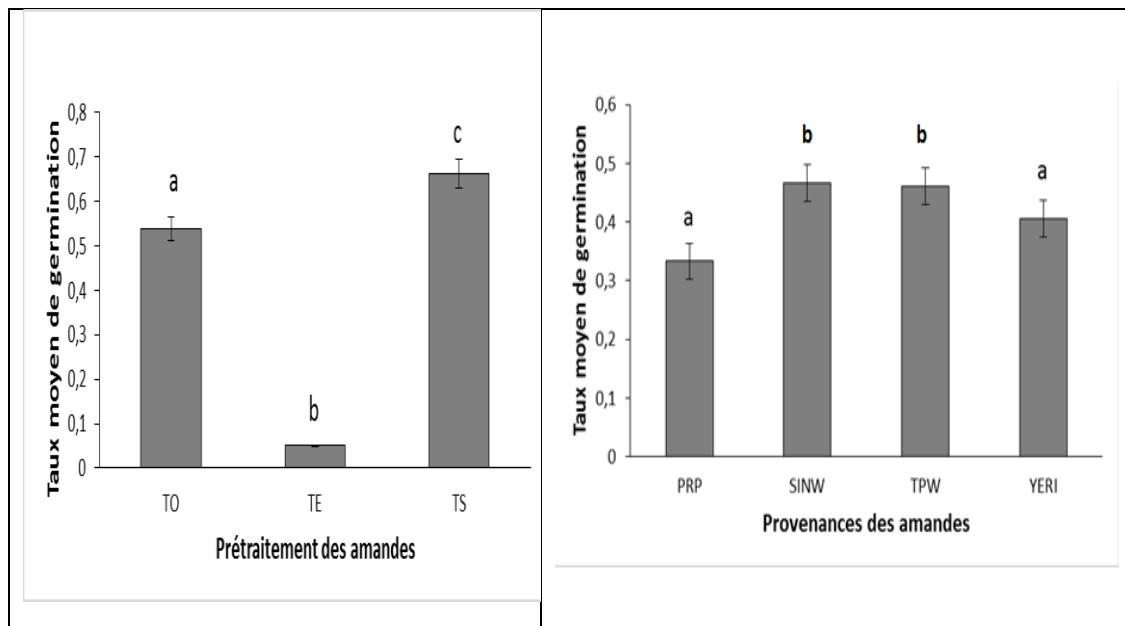


Figure 3. Valeurs moyennes des taux de germination selon les prétraitements (A) et les provenances (B).

4. Discussions

4.1. Effet du prétraitement sur la germination des graines de *Detarium microcarpum*

Les résultats de la présente étude montre que le prétraitement des graines a un effet significatif sur la germination des graines de *D. microcarpum*. La mise à nu des graines réduit le temps de germination et améliore le pouvoir germinatif de *D. microcarpum*. L'effet significatif des prétraitements sur la germination des graines et des spores a déjà été rapporté sur *D. microcarpum* (Baatuuwie *et al.*, 2019), *Elaeocarpus serratus* (Raji *et al.*, 2018), *Lannea microcarpa* (Lombo *et al.*, 2019), *Sclerocarya birrea* (Hamidou *et al.*, 2014), *Nyssa spp* (Balestri *et Graves*, 2016) et sur certains champignons (Kosso *et al.*, 2022 ; Kipyegon *et al.*, 2019).

Le délai de germination ou temps de première germination correspond au temps écoulé entre le semis et la première germination. Selon les résultats obtenus, nous notons que la probabilité de germination et le délai de germination des graines varient suivant les prétraitements. Les graines nues ont la plus grande probabilité de germer avec un plus court délai (11 jours). Cela s'expliquerait par le fait que l'eau pénètre directement la graine sans la barrière de l'endocarpe enlevée permettant ainsi aux échanges gazeux et à l'hydrolyse enzymatique de transformer l'embryon en plantule sans affecter négativement les organes fonctionnels de la graine. L'eau a été indiquée comme une condition nécessaire à la germination des graines de *D.*

microcarpum à endocarpe dur qui doit être rompu avant l'émergence de la radicule et du plumule (Azad *et al.*, 2011). En effet, en milieu naturel, les conditions de germination des graines de *D. microcarpum* sont favorisées par les termites phytophages en induisant une humidification à travers leurs enfouissements (Bationo *et al.*, 2001). Le même nombre de jours de délai de germination a été rapporté au Ghana par Baatuuwie *et al.* (2019) sur les graines de *D. microcarpum* trempées dans de l'acide sulfurique (50%) pendant 1 à 15 minutes ou dans de l'eau chaude pendant 15 à 45 minutes. Compte tenu de ces temps de germination, les graines de *D. microcarpum* pourraient être qualifiées de « graines dormantes », car le délai de germination est supérieur à 7 jours contrairement aux graines de *Saba senegalensis*, qualifiées de « graines non dormantes » (Sata *et al.*, 2020), dont la germination commence, 3 jours après le semis, soit en moins de 7 jours.

Le taux de germination des graines nues est significativement supérieur à celui des graines témoins (graines avec endocarpe et sans traitement). Ces résultats pourraient s'expliquer par la présence de l'endocarpe de la graine qui donne une certaine imperméabilité au tégument des graines. Dans les résultats rapportés par Baatuuwie *et al.* (2019), le traitement témoin (TO) a généralement enregistré un faible pourcentage de germination par rapport à la plupart des prétraitements, ce qui vient confirmer un certain niveau de dormance chez *D. microcarpum*. Les mêmes résultats sont également obtenus avec les essais de germination sur *Neocarya macrophylla* dont le fruit est une drupe et une graine oléagineuse chez qui les graines n'ayant subi aucun prétraitement ont donné un taux de germination inférieur à celui des graines traitées (Guimbo *et al.*, 2011). Chez deux espèces du genre *Nyssa spp*, *le dépulpage des graines influence significativement (p < 0,0001) le pouvoir germinatif en comparaison à celle des graines témoins* (Balestri *et al.*, 2016). Pour *Lannea microcarpa*, le décorticage de l'endocarpe favorise une germination rapide et homogène en comparaison au témoin (Lombo *et al.*, 2019). Aussi le décorticage de l'endocarpe de *Agarnia spinosa* améliorent le taux de germination des graines. Par ailleurs l'action des traitements pré-germinatif permettent de fragiliser les téguments des graines et de faciliter d'une part l'accès à l'eau et l'air dans l'embryon et de la sortie de la radicule d'autre part (M'baya *et al.*, 2002 ; Agboola *et al.*, 2006).

Le taux de germination des graines traitées à l'eau chaude, est nul et est significativement inférieur à celui des témoins et à celui des graines nues ($p < 0,0001$), probablement en raison de la température élevée à laquelle les graines ont été soumises. Ces résultats concordent avec ceux obtenus par Baatuuwie *et al.* (2019) au Ghana sur la même espèce. En effet, les graines du *D. microcarpum* étant une oléagineuses, l'eau chaude peut causer une cuisson de l'amande et la rendre non viable (Ado *et al.*, 2017). Par ailleurs, les conclusions de Singh *et al.* (2019) ont indiqué que l'eau chaude peut avoir

tendance à nuire aux activités enzymatiques à des températures plus élevées lorsqu'elle est utilisée comme prétraitement. Les mêmes résultats ont été obtenus avec les graines d'espèce oléagineuse, *Neocarya macrophylla* (Guimbo *et al.*, 2011) qui, trempées à l'eau chaude pendant 72h et 120h, donnent un pouvoir germinatif nul. Un faible potentiel de régénération des graines de *D. microcarpum* est également observé en milieu périodiquement brûlé après maturation des fruits (Bastide et Ouedraogo, 2008) et des Fabaceae en général (N'golo *et al.*, 2018). Par contre, les taux de germination des graines de *Diospyros mespiliformis* sont améliorés après ébouillantage des graines de l'ordre de 30 % (Ado *et al.*, 2017).

De ces différents rapports, il ressort que les prétraitements influencent le pouvoir germinatif des espèces végétales et qu'il existe une diversité de méthodes/techniques de prétraitements liée à la différence des facteurs inhibiteurs de germination entre les espèces. Cette différence dans les facteurs inhibiteurs de germination entre les plantes est reflétée par la variation de la réponse des espèces végétales aux prétraitements (Baatuuwie *et al.*, 2019), tel que celui à l'eau chaude.

4.2. Effet de la provenance géographique sur la germination des graines de *Detarium microcarpum*

La provenance ne présente aucun effet significatif sur la probabilité/capacité à germer des graines de *D. microcarpum*, cependant, elle a un effet significatif sur le pouvoir germinatif. Néanmoins, les graines de la zone soudanienne (provenance du Triangle Parc W et provenance de Sinwan-Boumoussou) sont les premières à germer quel que soit le traitement appliqué. Ceci pourrait être dû au fait que ces deux provenances sont du même district phytogéographique (Borgou-Nord) et donc ont des conditions climatiques semblables. Par ailleurs, le taux de germination est significativement plus élevé pour les graines provenant de ces deux sites du district phytogéographique Borgou-Nord dans la région soudanienne que celui des graines provenant du district phytogéographique Borgou-Sud dans la région soudano-guinéenne. La variation du délai de germination et du taux de germination serait influencée par la nature du climat que possède chaque zone. La distribution naturelle de l'espèce varie en fonction du type de climat et des facteurs édaphiques. *D. microcarpum* serait plus répartie dans la zone soudanienne que dans la zone soudano-guinéenne (Agbo *et al.*, 2018), ce qui pourrait avoir d'impact sur la germination du fait que les graines ont été récoltées à la même période.

Le résultat d'absence d'un effet significatif de la provenance sur la probabilité/capacité de germer des graines de *D. microcarpum* obtenu dans la présente étude est similaire à celui de Sata *et al.* (2020) qui ont rapporté que la provenance n'a pas d'effet significatif ni sur la capacité de germination ni

sur le temps moyen de germination de *Saba senegalensis*. Toutefois, comme dans la présente étude, l'influence significative de la provenance sur les paramètres de germination, notamment le taux de germination, a été aussi observée et documentée sur plusieurs espèces : *Terminalia superba*, *Mansonia altissima* et *Pterygota macrocarpa* (Akaffou *et al.*, 2019), *Saba senegalensis* (Sata *et al.* 2020), *Pinus densata* (Zuur *et al.*, 2010), *Adansonia digitata* (Assogbadjo *et al.*, 2012) et *Combretum aculeatum* (Bognounou *et al.*, 2010) *Gmelina arborea* (Yaema Fornah *et al.*, 2017), *P. pinaster ater* (Leonor *et al.*, 2016), *Magnolia officinalis* (Shu *et al.*, 2012), *Rumex crispus* (Pérez-Fernández *et al.*, 2019), *Rho-dodendron ponticum* (Pulatkan *et al.*, 2019). En général, les différences des paramètres de germination des graines d'une espèce selon la provenance est attribuable soit (a) aux caractères génétiques de la population / plante source (Bewley et Black, 1994; Witcornbe et Whittington, 1972), soit (b) à l'impact de l'environnement de la plante mère (Andersson et Milberg, 1998; Bhatt *et al.*, 2000; Fenner, 1991; Uniyal *et al.*, 2003). Ces deux facteurs impriment des caractères différents aux graines, à travers les plantes mères. En effet, les graines et les amandes de plantes mères dans des conditions environnementales et agro-climatiques différentes présentent des caractéristiques différentes (Opoku *et al.*, 2015) et des capacités intrinsèquement différentes à germer et à s'établir (Pérez-Fernández *et al.*, 2019).

Au Bénin, les arbres de *D. microcarpum* des phytodistricts du Nord-Borgou et de Bassila appartiennent à la sous-population (I) et ont les meilleures caractéristiques fruitières (Agbo *et al.*, 2018). En effet, les fruits les plus longs (5,6 cm) et les plus grands (3,80 cm) ont été trouvés dans le Nord-Borgou (Agbo *et al.*, 2018) suggérant ainsi que les graines provenant du phytodistrict du Borgou-Nord présenteront les meilleurs paramètres de germination (temps de germination, taux de germination) en comparaison des graines provenant des autres phytodistricts du Bénin. La présente étude suggère que les graines provenant du phytodistrict du Borgou-Nord, de la sous-population (I) définie par Agbo *et al.* (2018) et donc de la région soudanienne, pouvaient être utilisées pour les programmes de conduite des pépinières, de reboisement et de la sélection variétale au Bénin.

Conclusion

Le traitement et la provenance des graines de *D. microcarpum* influencent significativement la germination de ces graines. Ainsi les graines sans endocarpe ou amandes nues (TS) présentent les meilleurs taux de germination dans la présente étude. Les meilleurs taux de germination des graines sont observés avec les graines à amandes nues. Aussi, les graines de la région soudanienne (Sinwan-Boumoussou et le Triangle du parc W) répondent mieux à la probabilité de germination que celles de la région

soudano-guinéenne. Pour assurer un bon rendement de *D. microcarpum* en pépinière, l'utilisation des amandes nues des graines récoltée dans la zone soudanienne peut être une meilleure option dans le cadre de la conservation et de la domestication de *D. microcarpum* au Bénin. Mais il conviendra d'évaluer l'effet de la durée et des conditions de conservation des graines de *D. microcarpum* sur la germination et les zones favorables pour les actions de conservation et de domestication durable (actuelles et futures).

Remerciements

Les auteurs remercient Mr. Orou GAOUE, Mr. Isidore AMAHOUWE pour leurs soutien et collaboration dans la rédaction du manuscrit.

Nous remercions le Laboratoire d'Ecologie, Botanique et Biologie végétal qui a mis à notre disposition les matériels nécessaires pour la conduite de ce travail.

Conflits d'intérêts

Les auteurs déclarent qu'il n'y a pas de conflits d'intérêts.

References:

1. Ado, A., Bil-Assanou, I. H., Iro, D. G., Abdoul Karim, T. D. A., Ali, M., & Mahamane, S. (2017). Effet de prétraitements, de substrats et de stress hydriques sur la germination et la croissance initiale de *Diospyros mespiliformis* Hochst. Ex A. DC. *European Scientific Journal, edition*, 13(21), 251–268.
2. Agbo, R.I., Idohou, R., Vihotogbe, R., Missihoun, A.A., Dagba, R.A., Assogbadjo, A.E., Agbangla, C., 2018. Spatio-temporal dynamics of suitable habitats for *Detarium microcarpum* Guill. & Perr. (Caesalpiniaceae), a priority food tree species in Benin (West Africa). *Modeling Earth Systems and Environment* 0, 0. <https://doi.org/10.1007/s40808-018-0550-x>
3. Agbo, I.R., Missihoun, A.A., Vihotogbe, R., Assogbadjo, E.A., Ahanhanzo, C., Agbangla, C., 2017. Impacts des usages traditionnels sur la vulnérabilité de *Detarium microcarpum* Guill. & Perr. (Caesalpiniaceae) dans le district phytogéographique Zou au Bénin (en Afrique de l'Ouest). *International journal of biological and chemical sciences* 11, 730–742. <https://doi.org/10.4314/ijbcs.v11i2.16>
4. Agboola, D. A., Idowu, W. F., & Kadiri, M. (2006). Seed germination and seedling growth of the Mexican sunflower *Tithonia diversifolia* (Compositae) in Nigeria, Africa. *Revista de biología tropical*, 54(2), 395-402.
5. AgroBio (2013). Faire les tests de germination. Fiche Technique. www.google.com. 4p.

6. Aho, Kossou., 1997. Précis de l'Agriculture Tropicale. *Edition du Flamboyant* : Paris.364 p.
7. Ahoton, L.E., Adjakpa, J.B., M'po, I.M., Akpo, E.L. (2009). Effet des prétraitements des semences sur la germination de *Prosopis africana* (Guill., Perrot. et Rich.) Taub., (Césalpiniacées). *Tropicultura* 27, 233–238
8. Akaffou, S.D., Kouame, A.K., Gore, N.B.B. (2019). Effect of the seeds provenance and treatment on the germination rate and plants growth of four forest trees species of Côte d'Ivoire. *Journal of Forestry Research*, 32(1), 161-169.
9. Andersson, L., Milberg, P. (1998). Variation in seed dormancy among mother plants, populations and years of seed collection. *Seed Science Research* 8, 29–38.
10. Arbonnier, M. (2002). Arbres, arbustes et lianes des zones sèches d'Afrique de l'Ouest, CIRAD. MNHN, 2eme édition, 541 p.
11. Ariyo, J.I., Abodium, A.A., Oyejola, B.A. (2012). Application Analysis on Malaria among Children: A Case Study of University of Ilorin teaching hospital. *Scientia Africana* 11, 22–29.
12. Assogbadjo, A.E., Codjia, J.T.C., Sinsin, B. (2004). Connaissances ethnobotaniques et valorisation du baobab (*Adansonia digitata*) pour la sécurité alimentaire des populations rurales au Benin. *Plant Genetic Ressources and Food Security in West and Central Africa* 26–30.
13. Assogbadjo, A.E., Glele-Kakaï, R., Edon, S., Kyndt, T., Sinsin, B. (2012). Natural variation in fruit characteristics, seed germination and seedling growth of *Adansonia digitata* L. in Benin. *New Forests* 41, 113–125.
14. Azad, S., Manik, M.R., Hasan, S., Martin, A. (2011). Effet de différents traitements pré-semis sur le pourcentage de germination des graines et les performances de croissance d'*Acacia auriculiformis*. *Journal of Forestry Research* 22, 183.
15. Baatuuwie, B.N., Nasare, L.I., Smaila, A., Issifu, H., Asante, W.J. (2019). Effect of seed pre-treatment and its duration on germination of *Detarium microcarpum* (Guill. and Perr.). *African Journal of Environmental Science and Technology* 13, 317–323.
16. Balestri, F., Graves, W.R. (2016). Pretreatment Effects on Seed Germination of Two *Nyssa* Species. *HortScience* 51, 738–741. <https://doi.org/10.21273/HORTSCI.51.6.738>
17. Barbedo, C.J. (2018). A new approach towards the so-called recalcitrant seeds. *J. Seed Sci.* 40, 221–236.
18. Bastide, B., Ouedraogo, S.J. (2008). Rejets de *Detarium microcarpum* et feux précoces. *Bois et forêt des tropiques* 296, 27–37.

19. Bationo, B.A., Ouedraogo, S.J. (2002). Rongeurs fouisseurs et régénération naturelle dans une forêt classée du Burkina Faso. *Bois et forêt des tropiques* 271, 104–106.
20. Bationo, B.A., Ouedraogo, S.J., Guinko, S. (2001). Stratégies de régénération naturelle de *Detarium microcarpum* Guill. et Perr. dans la forêt classée de Nazinon (Burkina Faso). *Fruit* 56, 271–285.
21. Bationo, B.A., Some, N.A., Ouedraogo, S.J., Kalinganire, A. (2010). Croissance comparée des plantules de cinq espèces ligneuses soudanaises élevées en rhizotron. *Secheresse* 21, 196–202.
22. Bewley, J.D., Black, M. (1994). Seeds: physiology of development and germination. *Plenum Press*, New York, 211.
23. Bhatt, I.D., Rawat, R.S., Dhar, U. (2000). Improvement in seed germination of *Myrica esculenta* Buch. Ham ex. D. Don-a high value tree species of Kumaun Himalaya, India. *Seed Science and Technology* 28, 597–605.
24. Bognounou, F., Thiombiano, A., Oden, P.C., Guinko, S. (2010). Seed provenance and latitudinal gradient effects on seed germination capacity and seedling establishment of five indigenous species in Burkina Faso. *Trop. Ecol.* 51, 207–220.
25. Burnham, K.P., Anderson, D.R. (2004). Multimodel inference: understanding AIC and BIC in model selection. *Sociological methods & research* 33, 261–304.
26. Cox, D.R. (1972). Regression Models and Life Tables. *Journal of the Royal Statistical Society B* 34, 187–220.
27. Daws, M.I., Gaméné, C.S., Sacandé, M., Pritchard, H.W., Groot, S.P.C., Hoekstra, F. (2005). Desiccation and storage of *Lannea microcarpa* seeds from Burkina Faso. In Sacandé M., Jøker D., Dulloo M.E., Thomsen K.A. Comparative storage biology of tropical tree seeds 32–39.
28. Dossa, B. A., Sourou, B., & Ouinsavi, C. 2020. Germination des Graines et Croissance en Pépinière et en Champ des Plantules de *Detarium senegalense* au Bénin. *European Scientific Journal*, 16, 12. DOI : 10.19044/esj.2020.v16n12p38.
29. Dourma, M., Guelly, K.A., Kokou, K., Batawila, K., Wala, K., Bellefontaine, R., Akpagana, K. (2006). Multiplication par drageonnage d'*Isoberlinia doka* et *I. tomentosa* au sein des formations arborées du Nord-Togo. *Bois et Forêt des Tropiques* 288, 49–57.
30. Fenner, M. (1991). The effects of the parent environment on seed germinability. *Seed Science Research* 1, 75–84.
31. Guimbo, I.D., Ambouta, K.J.M., Mahamane, A., Larwanou, M. (2011). Germination et croissance initiale de *Neocarya macrophylla*

- (Sabine) Prance, une espèce oléagineuse du Niger. *Tropicultura* 29, 88–93.
32. Hama, H. H., Moussa, I., Ikhiri, K., Ouedraogo, B., Adamou, R. (2019). Activité Antioxydante des Extraits méthanoliques de différents organes de *Detarium microcarpum*. Guill. and Perr. *European Scientific Journal*, 15(12), 1857-7881. Doi: 10.19044/esj.2019.v15n12p159
33. Hamawa, Y., Baye-Niwah, C., Kepwa Fils Bill, F.S., Mapongmetsem Pierre, M. (2020). Effet de Prétraitements sur la Germination des Semences d'*Acacia senegal* (L.) Willd. (Mimosaceae) dans la Zone Sahélienne du Cameroun. *European Scientific Journal* 16.
34. Hamidou A., Dan Guimbo I, Morou B, Mahamane A. (2014). Potential germination and initial growth of *Sclerocarya birrea* (A. Rich.) Hochst, in Niger. *Journal of Applied Biosciences* 76, 6433– 6443.
35. Hao, J.-H., Lv, S.S., Bhattacharya, S., Fu, J.G. (2017). Germination Response of Four Alien Congeneric *Amaranthus* Species to Environmental Factors. *PLoS ONE* 12. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0170297>.
36. Kipyegon, K. E., Musyoki, S. K., Kariuki, S. M. (2017). Detection of *Histoplasma Capsulatum* in domestic chicken droppings in Olenguruone, Nakuru County. *Eu Sci J*, 13, 15. doi: 10.19044/esj.2017.v13n15p119.
37. Kosso Boka N.R., Cherif M., Jean-Martial Kassi K.F., Didier Kouame K., Tuo S., Kouame K.F., Georges Elisee Amari L.D., Camara B., Gilchrist Kouadio E.Y., Emmanuel Dick A.,(2022). Effects of Two Cover Crops [*Arachis Repens* (L.) *Handro* And *Desmodium Ascendens* (SW.) DC.] on The Density of *Arbuscular Mycorrhizal Fungi* in Soils Under Industrial Banana Plantations in Côte d'Ivoire. *European Scientific Journal, ESJ*, 18(11), 222. <https://doi.org/10.19044/esj.2022.v18n11p222>.
38. Kouyaté, A.M., Lamien, N. (2011). Conservation et utilisation durable des ressources génétiques des espèces ligneuses alimentaire prioritaire de l'Afrique Subsaharienne: *Detarium microcarpum*. *Biodiversity International* (Rome, Italie). 4–8.
39. Kouyaté, A.M., Van Damme, P. (2006). *Detarium microcarpum*. Guill.&Perr. PROTA (Plant Resources of Tropical Africa / Ressources végétales de l'Afrique tropicale), Wageningen, Netherlands. <<http://www.prota4u.org/search.asp>>.
40. Kouyaté, A.M., Van Damme, P. (2002). Caractères morphologiques de *Detarium microcarpum* Guill. et Perr. au sud du Mali. *Fruits* 57, 231–238.

41. Ky-Dembele, C., Tigabu, M., Bayala, J., Savadogo, P., Boussim, I. J., & Odén, P. C., 2010. Clonal propagation of *Detarium microcarpum* from root cuttings. *Silva Fennica*, 44(5), 775-786.
42. Lee, E.T., Wang, J.W. (2003). Statistical methods for survival data analysis. *Wiley series in probability and statistics*, 13–16.
43. Leonor, C., Verónica, H., Luz, V., Angela, T. (2016). Provenance and seed mass de-termine seed tolerance to high temperatures associated to forest fires in *Pinus pinaster*. *Annals of Forest Science, Springer Nature* 73, 381–391.
44. Lombo, O., Dimobe, K., Lankoandé, B., & Ouédraogo, A., 2019. Germinative performances of *Lannea microcarpa* Engl. & K. Krause seeds from Sahelo-Sudanian zone of Burkina Faso. *Tropicultura*, 37(3).
45. Mbaye, N., Diop, A. T., Guèye, M., Diallo, A. T., Sall, C. E., & Samb, P. I., 2002. Etude du comportement germinatif et essais de levée de l'inhibition tégumentaire des graines de *Zornia glochidiata* Reichb. ex DC., légumineuse fourragère. *Revue d'élevage et de médecine vétérinaire des pays tropicaux*, 55(1), 47-52.
46. N'golo, B., Noufou, D.O., Djèzou, K., Adama, B., Ferzan, H.T.B. (2018). Effets de cinq prétraitements sur la germination du Vène (*Pterocarpus erinaceus* Poir., Fabaceae) dans la Réserve du Haut Bandama (Côte d'ivoire). *European Scientific Jounal* 14, 438–453.
47. Ouedraogo, A. (1997). L'effet de la coupe de *Detarium microcarpum* Guill. et Perr. sur la régénération de la végétation dans la forêt classée de Nazinon (Thèse de doctorat). Ouagadougou, Burkina Faso.
48. Opoku, H. G. N., Appiah-Opong, R., Kugbe, J., Barnor, M. T., Quarm, P. (2015). Phenotypic traits and chemical properties of *Jatropha curcas* seeds from northern Ghana. *European Scientific Journal*. vol.11, No.9, 327-340.
49. Ouro-Djeri, E., Djagba, T., Sewa, A.A., Ouro-Landjo, S., Albada, A. (2001). Situation des Ressources Génétiques Forestières du Togo.
50. Pérez-Fernández, M., Elliott, C.P., Valentine, A., Oyola, J.A. (2019). Seed provenance determines germination responses of *Rumex crispus* (L.) under water stress and nutrient availability. *Journal of Plant Ecology* 12, 949–961.
51. Pourhoseingholi, M.A., Pourhoseingholi, A., Vahedi, M., Moghimidehkordi, B., Safaee, A., Zali, M.R. (2011). Alternative for the Cox Regression model: using Parametric Models to Analyze the Survival of Cancer Patients. *Asian Pacific Journal of Cancer Prevention* 4, 1–9.

52. Pulatkan, M., Kamber, A.S. (2019). Provenance variation in germination and seedling growth of *Rhododendron ponticum* L. *Šumarski list* 1, 53–57.
53. R Core Team. (2017). R: A language and environment for statistical computing, R Foundation for Statistical Computing. *ed. Vienna, Austria.*
54. Raji, R., Siril, E.A. (2018). Assessment of different pretreatments to breakage dormancy and improve the seed germination in *Elaeocarpus serratus* L. - an underutilized multipurpose fruit tree from South India. *Forest Science and Technology* 14, 160–168. <https://doi.org/DOI: 10.1080/21580103.2018.1507951>
55. Razanameharizaka, J., Grouzis, M., Ravelomanana, D., Danthu, P. (2006). Seed storage behaviour and seed germination in African and Malagasy baobabs (*Adansonia* species). *Seed Science Research* 16, 83–88. <https://doi.org/10.1079/SSR2005231>
56. Ricez, T. (2008). Etude des modes de régénération à faible coût de *Prosopis africana* et *Detarium microcarpum* en forêt classée de Dinderesso (Mémoire de stage). Université Paris XII Val-de-Marne Faculté des sciences et technologies 61, avenue du Général de Gaulle 94010 CRETEIL.
57. Sata, D., Didier, Z., Sidzabda, D.D., Patrice, S., Amadé, O. (2020). Viability and germination capacities of *Saba senegalensis* (A. DC.) Pichon seeds, a multi-purpose agroforestry species in West Africa. *Tropicultura* [En ligne] 38.
58. Shu, X., Yang, S., Yang, Z. (2012). Variation in Seed and Seedling Traits among Fifteen Chinese Provenances of *Magnolia officinalis*. *Not Bot Horti Agrobo* 40, 274–283.
59. Simão, E., Takaki, M. (2008). Effect of light and temperature on seed germination in *Tibouchina mutabilis* (Vell.) Cogn. (Melastomataceae). *Biota Neotropica* 8, 64–68.
60. Singh S, Bharat NK, Singh H, Kumar S, Jakhar S, Vijay (2019). Effect of hot water treatment of seeds on seed quality parameters and seedling growth parameters in bell pepper (*Capsicum annuum*). *Indian Journal of Agricultural Sciences*, 89 (1):133-137.
61. Therneau, T.M., Grambsch, P.M. (2000). Modeling Survival Data: Extending the Cox Model. Springer 39–77.
62. Tweddle, J.C., Dickie, J.B., Baskin, C.C., Baskin, J.M. (2003). Ecological aspects of seed desiccation sensitivity. *J. Ecol.* 91, 294–304.
63. Uniyal, A.K., Bhatt, B.P., Todaria, N.P. (2003). Effect of provenance variation on seed and seedling characteristics of *Grewia oppositifolia* Roxb: a promising agroforestry tree-crop of Central Himalaya (No.

- 136). *Bulletin des ressources phytogénétiques Biodiversité/FAO*, India.
64. Venables, W.N., Ripley, B.D. (2002). Modern Applied Statistics with S. Fourth Edition. Springer, New York.
65. Witcornbe, J.R., Whittington, W.J. (1972). The effects of selection for reduction of dormancy in Charlock (*Sinapis arvensis* L.). *Heredit* 29, 37–49.
66. Yaema, F., Stephen, B.M., Adegboyega, A.O., Ernest, G.K. (2017). Effects of Provenance and Seed Size on Germination, Seedling Growth and Physiological Traits of *Gmelina arborea*, Roxb. *International Journal of Agriculture and Forestry* 7, 28–34. <https://doi.org/doi:10.5923/j.ijaf.20170701.05>
67. Zeileis, A., Cribari-Neto, F., Grün, Kos-midis, I. (2010). Beta regression in R. *Journal of statistical software* 34, 1–24.
68. Zuur, A.F., Ieno, E.N., Elphick, C.S. (2010). A protocol for data exploration to avoid common statistical problems. *Methods in Ecology & Evolution* 1, 3–14.

Analyse de Quelques Caractéristiques de la Filière Maraichage dans Trois Provinces du Gabon

Claude Gnacadja

Institut de Recherche Agronomique et Forestière (IRAF),
Centre National de la Recherche Scientifique et Technologique
(CENAREST), Libreville, Gabon

Armel Mouketou

Institut National Supérieur d'Agronomie et de Biotechnologies (INSAB),
Université des Sciences et Technique de Masuku(USTM),
Franceville, Gabon

Ephrem Nzangue

Institut de Recherche en Ecologie Tropicale (IRET), Centre National de la
Recherche Scientifique et Technologique (CENAREST), Libreville, Gabon

Chamfort Biroungou

Institut National Supérieur d'Agronomie et de Biotechnologies (INSAB),
Université des Sciences et Technique de Masuku(USTM),
Franceville, Gabon

Jacques François Mavoungou

Institut de Recherche Agronomique et Forestière (IRAF),
Centre National de la Recherche Scientifique et Technologique
(CENAREST), Libreville, Gabon

[Doi:10.19044/esj.2022.v18n27p296](https://doi.org/10.19044/esj.2022.v18n27p296)

Submitted: 01 August 2022

Copyright 2022 Author(s)

Accepted: 19 August 2022

Under Creative Commons BY-NC-ND

Published: 31 August 2022

4.0 OPEN ACCESS

Cite As:

Gnacadja C., Mouketou A., Nzengue E , Biroungou C. & Mavoungou J. F. (2022). *Analyse de Quelques Caractéristiques de la Filière Maraichage dans Trois Provinces du Gabon*. European Scientific Journal, ESJ, 18 (27), 296.

<https://doi.org/10.19044/esj.2022.v18n27p296>

Résumé

La filière des cultures légumières est une composante importante de l'agriculture urbaine qui peut contribuer efficacement à la sécurité alimentaire. Cette étude vise à faire l'état des lieux de la filière maraîchère au Gabon afin d'identifier les facteurs d'amélioration et de relance du secteur. Une enquête a été réalisée dans trois provinces (Estuaire, Ngounié et Wolleu

Ntem) selon la méthode probabiliste aléatoire sur la base d'un questionnaire regroupant un ensemble de questions pour la collecte des informations. L'analyse des données a montré que l'activité maraîchère est majoritairement pratiquée par les expatriés (87,87%) sur des sites de moins de 1 ha ; la plupart (53%) ayant une expérience de plus de 10 ans et des pratiques totalement manuelles. Soixante-cinq pour cent (65%) des producteurs enquêtés ont un âge compris entre 30 et 50 ans. Le maraîchage non seulement constitue pour 79,61% des producteurs interviewés une source de revenus pour la famille, mais aussi contribue à 100% aux charges et dépenses de leur famille. Environ neuf pour cent (8,7%) seulement des acteurs sont membre d'une coopérative et 4% sont propriétaires terriens. Les semences utilisées proviennent des structures commerciales et le système d'association et de rotation de cultures est utilisé pour la gestion des cycles. Soixante-huit pour cent (68,44%) de ces producteurs ont pu installer des abris pour leur activité. Et 85,92% exercent leur activité sur financement propre. Concernant la production de tomate, les variétés utilisées généralement par les producteurs enquêtés sont des variétés hybrides F1 à croissance déterminé avec la variété *Lindo* retrouvée sur presque tous les sites de tomates. Les traitements (engrais ou produits phytosanitaires) diffèrent d'un producteur à un autre. La filière tomate ne possède aucun circuit organisé de gestion et transformation post récolte. Les tomates fraîches récoltées sont vendues sur place ou amenées vers le marché de proximité pour la vente.

Mots clés : Produits maraîchers, Tomate, Gabon

Analysis of Some Characteristics of the Market Gardening Sector in Three Provinces of Gabon

Claude Gnacadja

Institut de Recherche Agronomique et Forestière (IRAF),
Centre National de la Recherche Scientifique et Technologique
(CENAREST), Libreville, Gabon

Armel Mouketou

Institut National Supérieur d'Agronomie et de Biotechnologies (INSAB),
Université des Sciences et Technique de Masuku(USTM),
Franceville, Gabon

Ephrem Nzangue

Institut de Recherche en Ecologie Tropicale (IRET), Centre National de la Recherche Scientifique et Technologique (CENAREST), Libreville, Gabon

Chamfort Biroungou

Institut National Supérieur d'Agronomie et de Biotechnologies (INSAB),
Université des Sciences et Technique de Masuku(USTM),
Franceville, Gabon

Jacques François Mavoungou

Institut de Recherche Agronomique et Forestière (IRAF),
Centre National de la Recherche Scientifique et Technologique
(CENAREST), Libreville, Gabon

Abstract

The vegetable crop sector is an important component of urban agriculture that can effectively contribute to food security. This study aims to take stock of the market gardening sector in Gabon in order to identify the factors for improving and reviving the sector. A survey was carried out in three provinces (Estuaire, Ngounié and Wolleu Ntem) according to the random probabilistic method on the basis of a questionnaire comprising a set of questions for the collection of information. Data analysis showed that market gardening is mainly practiced by expatriates (87.87%) on sites of less than 1 ha ; most (53%) having an experience of more than 10 years and totally manual practices. 65% of the producers surveyed are between 30 and 50 years old. Market gardening, not only constitutes (for 79.61% of the producers interviewed) their source of income for the family, but also contributes 100% to the expenses and expenses of the family. Only 8.7% of the producers are in a cooperative and 4% are installed on their personal (or family) domain. The seeds used come from commercial structures and the crop association and rotation system is used for cycle management. 68.44%

of these producers were able to install shelters (greenhouses) for their activity. And 85.92% carry out their activity with own financing. Regarding tomato production, the varieties generally used by the producers surveyed are F1 hybrid varieties (with determined growth) with the Lindo variety found on almost all tomato sites. The treatments (fertilizers or phytosanitary products) differ from one producer to another. The tomato sector has no organized post-harvest management and processing circuit. The fresh tomatoes harvested are sold on site or transported to the local market for sale.

Keywords: Survey, Market garden products, Tomato, Gabon

Introduction

Les données prévisionnelles basées sur l'étude de la croissance démographique indiquent, pour l'année 2030, que la population mondiale pourrait atteindre plus de 9 milliards de personnes (Mougeot et Moustier, 2004). Quatre-vingt-quinze pour cent (95%) de cette croissance démographique devrait avoir lieu dans les pays en développement, plus particulièrement dans les zones urbaines créant une augmentation des besoins alimentaires. (N'Dienor, 2006). En effet, plusieurs travaux ont déjà mis en évidence la corrélation entre cette démographie croissante et la paupérisation en milieu urbain (Ravallion, 2002 ; Padilla, 2004). La question de la sécurité alimentaire en milieu urbain pourrait donc devenir le plus grand défi humanitaire du XXIème siècle (Maxwell, 2000). Pour faire face à ce défi alimentaire quantitatif à relever, la production agricole devra doubler d'ici 2030 (Mougeot et Moustier, 2004). Pour plusieurs auteurs, ce sont les agricultures de proximité des villes qui nourrissent et vont de plus en plus nourrir ces villes dans l'avenir (Bricas et Seck, 2004 ; Lesafre, 2004 ; Padilla, 2004) ; car, selon Cour (2004), l'urbanisation ne cessera d'entraîner l'agriculture urbaine à produire plus. A ce sujet, des études menées en Afrique soutiennent que le maraîchage est la composante importante de l'agriculture urbaine qui peut contribuer efficacement à la sécurité alimentaire (Ouédraogo, 2008).

Le Gabon a connu ces dernières années une augmentation de sa population grâce à la croissance démographique naturelle et les soldes migratoires provenant des pays voisins (Avenot, 2008). Avec près de 2 millions d'habitants, dont 87 % d'urbains (Lefort, 2015), le Gabon a une superficie totale de 267667km². Environ 15,2 millions d'hectares sont considérés comme cultivables et seulement 495 000 hectares sont effectivement exploités. Avec un secteur agricole peu développé, la satisfaction des besoins alimentaires est donc essentiellement tributaire des importations d'aliments (OMC, 2013). Temple et Moustier (2004), avaient déjà remarqué que les croissances démographiques pourraient induire un

besoin d'approvisionnement alimentaire régulier, basé sur les denrées importées et/ou produites par l'agriculture locale. Parmi ces produits alimentaires, les légumes occupent une place importante pour les populations urbaines dont ils satisfont non seulement les besoins en vitamines, en protéines et en autres éléments essentiels à la santé, mais à qui ils procurent également une diversité d'activités agricoles et des revenus substantiels (James *et al.*, 2010). En ce qui concerne la production maraîchère, la FAO a signalé qu'entre 2018 et 2020, la production moyenne en légumes frais était de 49500 tonnes au Gabon, ce pays qui représente 33% des importations de légumes d'Afrique centrale (FAO, 2021). Mais depuis quelques années, le système maraîcher connaît un développement dans et autour des principales villes du Gabon. Les cycles courts des cultures maraîchères et les faibles exigences en capital de départ pour le commerce des légumes frais contribuent aussi au développement du maraîchage urbain et périurbain (Ondo, 2011). Ce développement ne comble pas encore pour les consommateurs, les besoins qui sont toujours grandissants. Toutes les productions maraîchères péri-urbaines et rurales dans le pays ne sont pas en mesure de satisfaire pleinement la demande locale : ceci est dû aux mauvaises techniques culturales, ainsi que les méthodes de gestion post-récolte et de conservation presque inexistantes. Les difficultés d'approvisionnement en semences de qualité et la faible technicité des acteurs sont les principaux obstacles à la production des légumes au Gabon. Tout ceci se traduit par une grande précarité et un caractère largement informel de ce secteur d'activités (Ondo, 2011).

En réponse à cette situation, KAFACI a élaboré un projet pour relancer la production des légumes (principalement la tomate au Gabon) en améliorant les potentielles variétés et en développant des techniques innovantes de production tout en mettant l'accent sur une agriculture entrepreneuriale, efficace et respectueuse de l'environnement. Dans cette étude, l'une des composantes de ce projet, vise donc à faire l'état des lieux de la filière maraîchère au Gabon afin d'identifier les facteurs d'amélioration et de relance du secteur. Au Gabon, hormis les statistiques globales sur la production horticole en général, très peu de données récentes sont disponibles sur les statistiques de la tomate. Les questions sur l'origine des acteurs, leur niveau de qualification, les intrants et techniques utilisés, la typologie d'implantation des unités de production et les stratégies économiques adoptées par les acteurs pour leur survie sont au cœur de cette étude de sondage.

Methodologie

Cadre de l'étude

L'étude a été réalisée dans trois provinces qui font partie des pôles agricoles du Gabon. Il s'agit de : l'Estuaire, la Ngounié et le Woleu Ntem (Figure 1). Ces provinces ont également le plus reçus les appuis et projets agricoles. Cette recherche a été conduite courant la période la période 2020-2022.



Figure 1. Représentation des zones enquêtées (marquées en points rouge)

Outils et mode d'enquête

Un questionnaire regroupant un ensemble de questions (ouvertes, semis ouvertes et fermées) a été établi pour la collecte des informations relatives à : *l'identité, les connaissances et expériences dans la filière, les techniques de culture, les variétés utilisées, les contraintes, etc.* La robustesse de ce questionnaire a été testée sur un échantillon réduit (au centre-ville de Libreville) et des améliorations ont été apportées. Cette phase de test a permis d'ajuster les modalités d'enquête à savoir : nombre d'enquêteurs et temps de travail nécessaires pour enquêter selon les objectifs à atteindre.

Pour chaque province, la base de sondage au premier degré est constituée des localités (Unités Primaires) où l'on retrouve les sites

maraîchers. Les villages retenus dans la base de sondage sont les villages dont les sites sont accessibles. Au second degré, la base de sondage est constituée des producteurs maraîchers (Unités Secondaires) des villages échantillons. Une partie de la liste de sondage est tirée de la base de données des directions provinciales de l'agriculture (DPA). Au premier degré de tri, la base des DPA et au second degré de tri, la base des sites reconnus comme site maraîchers. L'échantillon est constitué par une méthode aléatoire simple. Cette liste de sondage est complétée par les acteurs répertoriés et croisés sur le site au cours de cette enquête. Le tableau 1 suivant présente l'effectif des acteurs enquêtés par site de maraîchage pris en compte dans l'enquête.

Tableau 1. Localisations des sites et nombre d'acteurs enquêtés

N°	Provinces	Localisation des sites	Nombre d'enquêtés
01	Estuaire	Libreville,	171
		Akanda,	
		Owendo,	
		Ntoum,	
		Kango	
02	Ngounié	Mouila, Lébamba	17
03	Woleu-ntem	Mitzik, Oyem, Bitam	19
		Total :	206

Face aux difficultés d'accès aux données démographiques spécifiques pour chaque département provincial, l'enquête a été réalisée selon la méthode probabiliste aléatoire qui consistait à considérer tout producteur maraîcher comme un potentiel individu à enquêter.

Les données collectées sur la base du questionnaire sont relatives aux paramètres suivants : *Données démographiques, Expériences capitalisées, Apport économique, Intrants et outils utilisés, Circuit d'approvisionnement en semences, Types de variété de tomate cultivée, Techniques de production, Système de gestion des cultures, Données de rendement de production, Gestion post-récolte, Appuis et renforcement de capacités, Différentes contraintes de la filière etc.*

Le dépouillement et l'apurement des informations des fiches d'enquête ont permis de construire une base de données dans Excel. Les secteurs et diagrammes interprétant les informations collectées ont été obtenus grâce à une analyse statistique descriptive.

Resultats

Les résultats sont regroupés par variables constituants les marqueurs des différentes caractéristiques prises en compte dans cette enquête de sondage.

1- Données démographiques

Le tableau 2 ci-dessous résume les données démographiques des acteurs enquêtés.

Tableau 2. Données démographiques des acteurs enquêtés

Paramètres	Données démographiques					
	Sexe	Age	Chef de ménage	Nationalité	Niveaux instruction	Activité principale
Variables caractéristiques	H=203 F=03	C1=42 C2=74 C3=60 C4=22 NA=8	OUI=173 NON=33	Gabonaïs=25 Expatriés=181	N0=47 N1=112 N2=39 N3=8	Maraîchage=193 Autres activités=13

Légendes

1^{ère} catégorie (C1) d'âge : <30 1^{ère} groupe : Aucun niveau d'instruction (No)

2^{ème} catégorie (C2) d'âge : 30≤age≤40 2^{ème} groupe : Niveau Primaire (N1)

3^{ème} catégorie (C3) d'âge : 40≤age≤50 3^{ème} groupe : Niveau Secondaire (N2)

4^{ème} catégorie (C4) d'âge : ≥50 4^{ème} groupe : Niveau Universitaire (N3)

❖ Sexe, Age et responsabilité dans le ménage des agents enquêtés

Les données d'enquête montrent que sur 206 producteurs maraîchers enquêtés, trois (03) femmes seulement ont été recensées contre 203 hommes sur l'ensemble des trois provinces. Les données sur l'âge des producteurs ont été regroupées en quatre (04) catégories (Tableau 2).

La suivante illustre la répartition des producteurs selon les tranches d'âge par catégorie. On observe que, environ 36% (74/206) des producteurs maraîchers des zones enquêtées ont un âge compris entre 30 et 40 ans : c'est la classe d'âge ayant l'effectif le plus élevé. Par ailleurs les 2^{ème} et 3^{ème} catégories d'âge (30 à 50 ans) regroupent à elles seules près de 65% de l'effectif total des producteurs enquêtés.

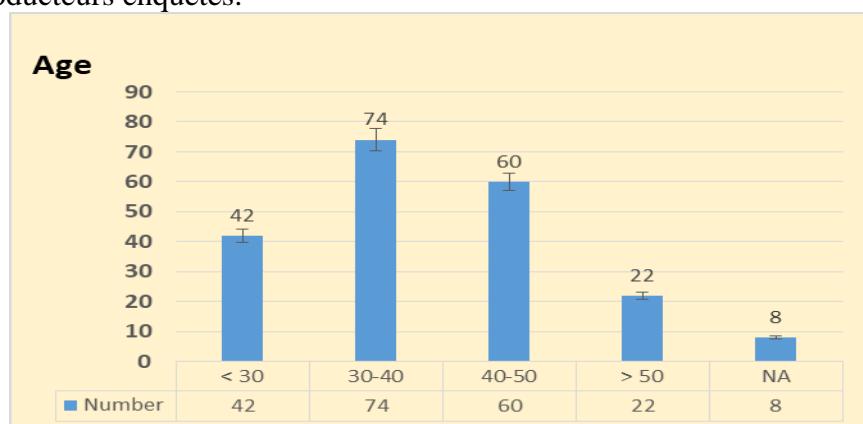


Figure 2. Répartition par catégories d'âge

En ce qui concerne le niveau de responsabilité familiale, sur le nombre total d'enquêtés, 173, soit environ 84% des producteurs rencontrés sont chefs de ménage.

❖ Nationalité et Niveau d'instruction

Les données relatives à la nationalité des acteurs maraîchers montrent que sur l'échantillon prise en compte par cette enquête, 87,87% des maraîchers sont expatriés contre 12,13% qui sont gabonais. La figure 3 ci-dessous illustre la répartition selon les différentes nationalités identifiées.

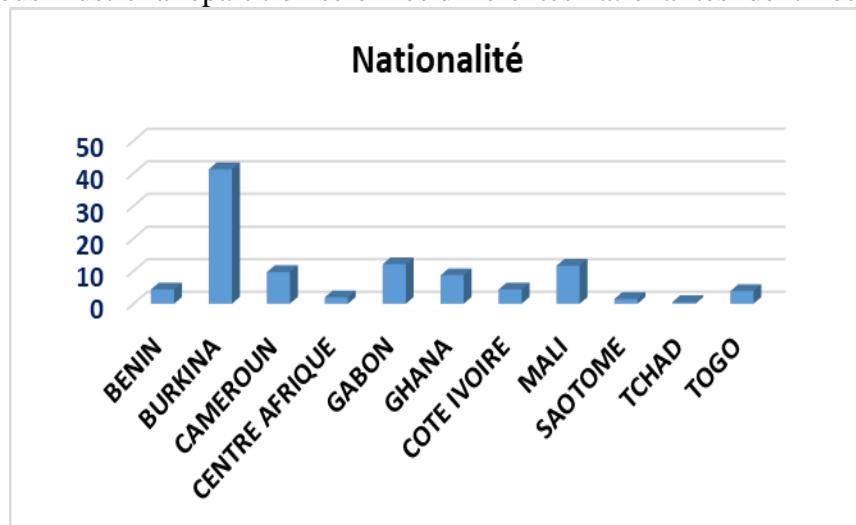


Figure 3. Répartition par nationalité

La figure 4 présente la répartition de l'échantillon d'enquête selon le niveau d'instruction. Le diagramme montre par ailleurs que 54,63% des producteurs de cette étude ont juste le niveau d'étude primaire contre 3,8% seulement qui ont un niveau universitaire.

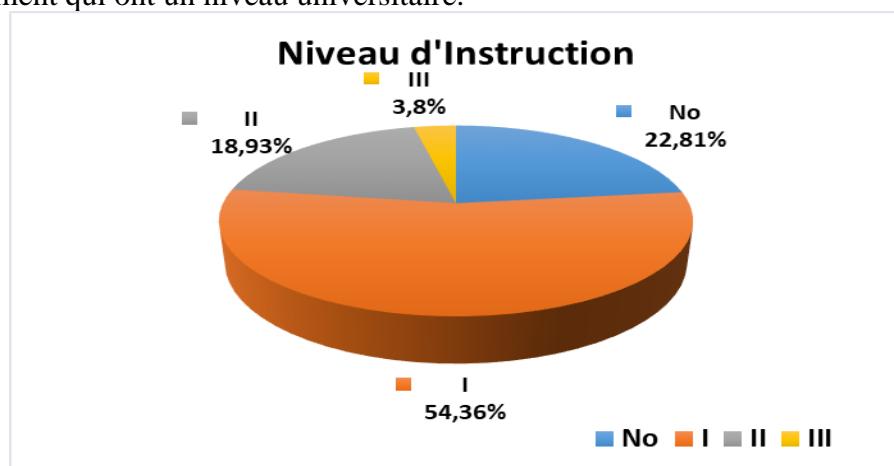


Figure 4. Répartition de l'échantillon d'enquête selon le niveau d'instruction

2. Importance du maraîchage, expérience et gestion des sites

❖ Type d'activité principale et expériences dans l'activité de maraîchage

Les données (Tableau 2) montrent que 93,68% des producteurs enquêtés ont déclaré « le maraîchage » comme leur activité principale et source de revenus. En effet, 164/206 soit 79,61% des producteurs interviewés ont affirmé que le maraîchage non seulement constitue leur source de revenus pour la famille, mais aussi contribue à 100% aux charges et dépenses de la famille.

La figure 5 montre la répartition de l'échantillon d'étude selon le nombre d'année d'expérience dans le maraîchage.

L'observation montre que plus de la moitié de l'échantillon total, soit 53% des producteurs exerce dans le maraîchage depuis plus de 10 ans. 23% fait le maraîchage depuis moins de 5ans et 24% ont une expérience comprise entre 5 et 10 ans.



Figure 5. Répartition selon le nombre d'année d'expérience dans l'activité de maraîchage.

❖ Formation Professionnelle et Fonctionnement en coopérative

174 producteurs enquêtés soit 84,46% des producteurs maraîchers ont déclaré été formés sur le tas en regardant faire. Seulement 15% sont des acteurs ayant reçu une formation professionnelle (dans une école ou centre de formation professionnelle).

En ce qui concerne le fonctionnement en coopérative, on note que seulement 18 producteurs sur les 206 enquêtés, soit un pourcentage de 8,7%, sont membre d'une coopérative.

❖ Propriété foncière du site

La figure 6 montre la répartition selon le type de propriété foncière. L'observation montre que 85% des producteurs maraîchers exerce sur des

sites en contrat de location. Certains se sont installés sur des domaines publics (11% des enquêtés) et sont pour la plupart gardiens des sites où ils font le maraîchage tout en gardant un immeuble public. 4% de l'échantillon représente les producteurs installés sur leur domaine où ils sont propriétaires terriens. Ce sont majoritairement les nationaux Gabonais ayant un titre de propriété.

❖ **Gestion des sites et Main d'œuvre**

Des informations retenues, tous les producteurs maraîchers sont installés sur de petits sites de moins de 1ha. Sur certains grands sites retrouvés (plus de 1ha), il se trouve plusieurs maraîchers chacun ayant sa portion de la parcelle avec une densité moyenne de 20 maraîchers par hectare.

- Généralement aucune délimitation n'est fixe pour tel ou tel légume. Les espaces sont utilisés à la convenance du maraîcher qui décident de faire plus de tomates ou plus de piment au cours d'une campagne.
- Les planches ont des dimensions variantes : entre 4,5 et 8m pour la longueur et 1,5 et 2m pour la largeur.
- Aucun registre n'est disponible ni pour la planification, ni pour la gestion
- Seulement les responsables des rares coopératives ont un registre mais pour le fonctionnement de leur association.

La main d'œuvre utilisée sur les sites maraîchers est constituée essentiellement d'hommes et de femmes. Toutefois, certains producteurs ont recours aux enfants pour les activités d'arrosage et autres. La figure 8 présente les niveaux d'implication de chaque catégorie de main d'œuvre. L'observation montre que 45% des producteurs exploitent les hommes et les femmes, tandis que 18% font recours en plus des hommes et femmes, des enfants.

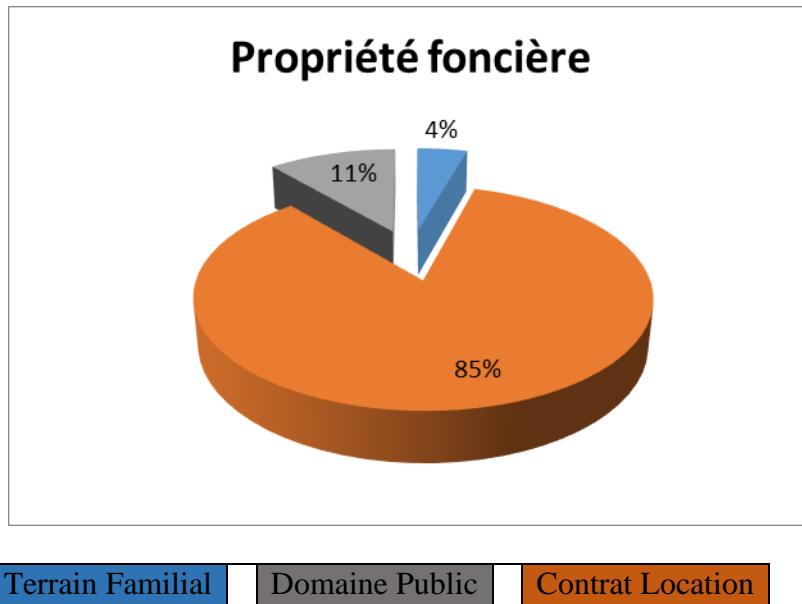


Figure 6. Répartition selon le type de propriété foncière

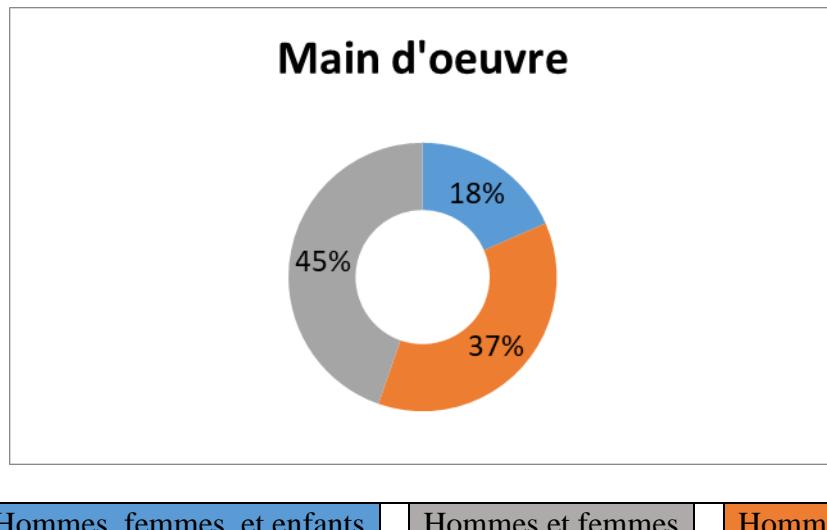


Figure 7. Utilisation de la main d'œuvre

3. Intrants et pratiques culturelles

❖ Origine des semences

Les données d'enquête ont montré que l'activité étant totalement lucrative, les acteurs utilisent tous les semences de variétés hybrides F1

qu'ils se procurent en des lieux différents. Le tableau 3 montre les différentes origines selon les acteurs enquêtés.

L'observation montre que 146 sur 206 enquêtés, soit près de 71% utilisent des semences provenant des structures commerciales. Toutefois certaines semences sont fournies par un marché informel ayant sa source depuis le Cameroun voisin.

Tableau 3. Origines des semences utilisées

	<i>Origines</i>	<i>Effectifs</i>
01	Marché informel	23
02	Structures commerciales	146
03	Agence agricole	37
04	Centre de recherche	00

❖ Modes de culture

Les observations faites sur les sites visités ont permis de constater que :

- Les aménagements et toutes les autres activités sont manuels
- L'association et la rotation de cultures sont pratiquées pour la gestion des cycles,

Tous les producteurs maraîchers pris en compte dans cette étude font l'association de cultures. Selon les saisons, ils cultivent : la tomate, le piment, la laitue, le chou, le gombo, l'amarante, etc. 68,44% de ces producteurs ont pu installer des abris pour leur activité.

4. Source de financement et encadrement institutionnel

Les résultats révèlent que 177 producteurs soit 85,92% exercent leur activité sur financement propre. Environ 14% font recours à des prêts pour soutenir leur activité.

Concernant l'appui technique, les données regroupées dans le tableau 4 montrent que 79 producteurs (soit 38,34%) en ont reçu au moins une fois dans le cadre des actions d'aide (par les ONG) ou d'implémentation des projets de développement.

Tableau 4. Effectif selon les accompagnements reçus

Provinces	Nombre d'enquêtés	Ayant reçu au moins une fois d'appui technique	Appuis donnés par
Estuaire	171	71	Projets ONG IGAD
Ngounié	17	3	Projets
Woleu-ntem	19	5	Projets

5. Production de tomates

Les informations présentées plus haut concernent l'activité maraîchère en général y compris la production de tomate.

Le tableau 5 montre que dans l'estuaire, 59 acteurs maraîchers produisent la tomate au moins une fois dans le cycle des saisons et 4 seulement sont des producteurs exclusifs de tomates. Alors que dans les deux autres provinces, sur l'échantillon enquêtés, il n'y a aucun producteur exclusif de tomates, mais 9 et 10 maraîchers respectivement produisent la tomate au moins une fois dans le cycle des saisons dans la Ngounié et le Woleu-ntem.

Tableau 5. Données sur la production de la tomate

Provinces	Nombre d'enquêtés	Produit la tomate au moins une fois dans le cycle des saisons	Producteur exclusif de tomate
Estuaire	171	59	4
Ngounié	17	9	00
Woleu-ntem	19	10	00

Les rendements de production de tomates varient d'un site à un autre et selon la variété, la densité de semis et la dimension des planches. Les producteurs ont eu de difficultés à estimer leur rendement de production. Toutefois sur la base des réalisations d'une saison, les producteurs ont estimé les chiffres d'affaires (après-vente) qui varient entre 400.000 et 600.000 FCFA sur en moyenne 12 planches de 10 m² environ.

Les variétés de tomates utilisées généralement par les producteurs enquêtés sont des variétés hybrides F1 à croissance déterminé. Il s'agit essentiellement de : *Lindo, Canalago, Mongal, Karakoli, Karioka, Cobra, Tongal, Jaguar, Cœur de lion*. La variété Lindo par ailleurs est celle retrouvée sur presque tous les sites où il y a la tomate.

Les informations prises ont permis également de faire l'inventaire des différents agents nuisibles qui affectent la productivité et le rendement de la tomate. Les producteurs enquêtés ont cité essentiellement : la mouche blanche, les insectes, les acariens, les chenilles, les nématodes. Les symptômes observés souvent sont : le flétrissement et le jaunissement des feuilles, la pourriture des tiges, la pourriture des fruits, les taches brunes ou noires sur les fruits.

Pour le traitement phytosanitaire, les producteurs utilisent les produits proposés par les structures commerciales sur place. Les données recueillies ont permis d'identifier les produits suivants qui sont couramment utilisés :

- Insecticides : Zalang, Cypertop, Taméga,
- Fongicides : Manéga, Manéga+
- Bactéricides : Borbor

Pour la fertilisation, les producteurs utilisent l'engrais chimique NPK à la formulation 15-15-15 et l'urée. Les doses d'application diffèrent d'un producteur à un autre et selon les moyens dont ils disposent.

Au cours de cette enquête, nous avons constaté que les doses (engrais ou produits phytosanitaires) et délais d'application varient d'un producteur à un autre.

Le circuit de gestion et transformation post récolte est inexistant. Les tomates fraîches récoltées sont vendues sur place sur le site ou lorsque le client n'est pas arrivé, le producteur se déplace vers le marché de proximité pour la vente. Le prix d'une caisse de tomates fraîches varie de 15.000 à 45.000 FCFA selon la saison et les périodes de l'année.

Discussion

Sur l'échantillon enquêté, moins de 2% des acteurs (1,45%) représente la gent féminine. L'activité maraîchère est essentiellement masculine dans les régions prises en compte par cette enquête. Cette observation peut s'expliquer par la pénibilité et la disponibilité permanente qu'exigent les activités d'entretien sur un site maraîcher : les femmes généralement sont appelées à exécuter les activités ménagères et à s'occuper aussi des enfants. Ondo (2011) avait rapporté 5,6% comme proportion des femmes dans la zone de Libreville. La différence serait liée à l'étendue et au nombre d'échantillons pris en compte par la présente étude.

Les producteurs maraîchers sont pour la plupart des adultes (65% de l'échantillon entre 30 et 50 ans). En remarquant que 36% des producteurs maraîchers des zones enquêtées ont un âge compris entre 30 et 40 ans et que 21% représente la catégorie des jeunes de moins de 30 ans, l'on peut comprendre que cette activité est aussi pratiquée par la jeunesse qui y trouve un intérêt. Contrairement à Sandrine *et al.* (2017) qui avaient constaté un vieillissement des acteurs maraîchers (63% des acteurs avait plus de 36 ans), cette étude vient montrer que la jeunesse s'intéresse à la filière.

En ce qui concerne le niveau de responsabilité familiale, 84% des producteurs rencontrés sont chefs de ménage. Ce qui justifie également l'effectif le plus élevé de la tranche d'âge de 30 à 50 ans. Cette responsabilité familiale traduit aussi l'importance de l'activité maraîchère dans la prise en charge des dépenses de la famille. En effet 79,61% des producteurs interviewés ont affirmé que le maraîchage constitue leur source de revenus pour la famille et prend à 100% en charge les dépenses de la famille.

L'activité est majoritairement effectuée par les expatriés (87,87% des maraîchers sont expatriés). L'agriculture a pendant longtemps été moins considérée que les autres filières comme le bois et les ressources minières. En effet, les ressortissants de l'Afrique de l'ouest en général, dans la recherche du travail, s'intéressent beaucoup plus à cette activité qui selon eux ne nécessite pas grand investissement. Puisqu'ils sont majoritairement dans la recherche des moyens pour soutenir les familles dans leurs pays respectifs, l'exercice de l'activité devient l'une des premières solutions (surtout pour les burkinabés, 41,26%) lorsqu'ils ont une parcelle sous une forme de contrat ou parfois délaissée par un propriétaire. Ces résultats sont semblables à l'observation faite par Sandrine *et al.* (2017) dans leur étude sur le maraîchage périurbain à Libreville et Owendo. En effet, ces auteurs ont révélé que 40 % des producteurs maraîchers pris en compte par cette étude sont originaires du Burkina Faso. Les proportions de la présente étude (12,13% de nationaux gabonaïs) sont moins élevées que celles rapportées par Ondo (2011) qui indiquait 22 % de maraîchers gabonaïs à Libreville. Cette différence peut être due au fait que notre échantillonnage s'est étendue vers les autres régions périphériques du grand Libreville et dans d'autres provinces. Ces zones sont préférées par les expatriés qui souvent veulent s'éloigner de la ville afin d'éviter les contrôles. Olahan (2010) révèle que cette communauté burkinabé représente 43,5% des producteurs maraîchers non nationaux à Abidjan.

S'agissant du niveau d'instruction, 54,63% des producteurs de cette étude ont juste le niveau d'étude primaire contre 3,8% seulement qui ont un niveau universitaire. Ces valeurs sont inférieures à celles rapportées par Ondo (2011) qui ont montré qu'environ 12% des producteurs dans la zone de Libreville ont un niveau universitaire. La période qui sépare ces deux études avec les zones considérées respectivement expliquerait cette différence. La proportion de 22,81% analphabètes (aucun niveau d'instruction) dans cette étude est légèrement en dessous des 34 % d'illettrés rapportés par Sandrine *et al.* (2017). L'activité agricole ne nécessite pas forcément un niveau d'instruction assez élevé. Toutefois, le niveau d'instruction impacte la maîtrise des techniques agricoles, la gestion d'exploitation agricole, les évaluations et les décisions faces aux contraintes. Le grand pourcentage observé pour le niveau primaire d'instruction explique le fait que les producteurs maraîchers majoritairement étrangers, sont à la base des jeunes déscolarisés, reconvertis dans l'agriculture et qui ont immigré par la suite vers l'Afrique centrale (le Gabon) à la recherche du travail. Cette analyse justifie également le choix porté sur le maraîchage comme activité principale dès leur installation au Gabon. En effet, près de 94% des producteurs enquêtés ont déclaré « le maraîchage » comme leur activité et principale source de revenus.

Le maraîchage représente l'activité principale et source de revenus pour 93,68% des producteurs enquêtés. Et pour 79,61% des producteurs, il contribue à 100% aux charges et dépenses de la famille. Ces données montrent que le maraîchage est une activité économique très importante pour les acteurs. Plusieurs études menées en Afrique soutiennent que le maraîchage est la principale activité de l'agriculture urbaine (Ouédraogo, 2008).

Parmi les enquêtés, 53% des producteurs exercent dans le maraîchage depuis plus de 10 ans. Cette observation justifie en partie le pourcentage élevé de producteurs dont l'âge tourne autour de 40 ans. L'analyse faite est que ces producteurs se sont installés depuis des années sur leur site et ont capitalisé une certaine expérience. Les revenus économiques régulières qu'ils obtiennent à travers les ventes constituent l'une des raisons pour lesquelles ils s'attachent à cette activité même si entre temps ils commencent une autre activité secondaire pour augmenter les revenus pour subvenir aux besoins de la famille.

Concernant la formation professionnelle, seulement 15% des acteurs ont reçu une formation professionnelle (dans une école ou centre de formation professionnelle) contre 84,46% qui n'ont jamais reçu une formation de base. Ces données justifient le faible niveau d'instruction observée chez la plupart des maraîchers. Le faible niveau d'instruction et le manque de formation de base ne favorisent pas la maîtrise des bonnes pratiques et la bonne utilisation des doses d'intrants : ce qui met en cause dangereusement la qualité des légumes récoltés. Selon une étude faite au Burkina, de nombreux maraîchers croient que plus ils mettent d'engrais, plus leur terre va devenir fertile et leur production abondante. Dès lors, les maraîchers qui ont assez de moyens épandent des doses excessives d'engrais chimiques et abîment leur terre (Van Caloen *et al.*, 2015).

Concernant le mode de fonctionnement, 8,7%, sont dans une coopérative. Ce faible taux explique que le secteur du maraîchage n'est pas véritablement organisé ou encadré. Ce secteur est majoritairement animé par des initiatives personnelles ; ce qui pose le véritable problème de formation, d'identification et de vulgarisation des nouvelles techniques. Les rares coopératives observées sur le terrain sont celles laissées par l'Institut Gabonais d'Appui au Développement, et qui peinent à fonctionner. L'une des raisons qui expliquent l'inexistence des coopératives est le fait que le secteur soit majoritairement géré par les étrangers (immigrés) qui parfois n'ont pas de papier de séjour pouvant leur permettre de se faire enregistrer et de participer aux initiatives formelles en coopératives.

Cette étude a révélé que 85% des producteurs maraîchers exercent sur des sites en contrat de location. Ce taux est largement supérieur à celui obtenu dans une autre étude au Burkina où il a été révélé que 49% des

maraîchers reçoivent en prêt les terres qu'ils exploitent, 4% les louent et 44% en sont propriétaires (MAHRH, 2007). Dans une autre étude réalisée en côte d'ivoire, 97,57% des exploitants intra-urbains enquêtés jouissent de leurs exploitations par le moyen de prêt comme mode d'accès au sol (Amany *et al.*, 2017).

Cette observation est due au fait que la majorité des maraîchers au Gabon sont expatriés et ne possèdent pas de terres cultivables au Gabon. Certains qui se sont installés sur des domaines publics (11% des enquêtés) sont pour la plupart gardiens (veilleurs) des sites où ils font le maraîchage. Quatre pour cent (4%) de l'échantillon représente les producteurs installés sur leur domaine personnel ou celui de leur famille. Ce sont majoritairement les nationaux gabonais ayant un titre de propriété. Mais dans le désir de pratiquer le maraîchage certains expatriés producteurs font des contrats de bail avec les nationaux ayant des terres. Dans la province de Wolleu-Ntem, on a noté que le contrat est sous forme d'occupation temporaire dont la contrepartie est le nettoyage de la zone forestière par les maraîchers afin de favoriser l'exploitation pour le manioc. En effet, en quête de terrain neutre pour la fertilité et l'absence de pression parasitaire, ces maraîchers proposent de nettoyer un nouveau site vierge en forêt (appartenant à un particulier) où ils sont autorisés à faire un ou deux cycles avant de libérer le site au propriétaire qui l'exploite à son tour pour la plantation du manioc ou de la banane. Cette démarche les met dans une mobilité et rend difficile leur identification. C'est également l'option pour ces maraîchers (surtout les étrangers sans carte de séjour) de rester à l'abri des contrôles policiers.

Concernant la gestion du site, l'absence de main d'œuvre et la pénibilité de l'entretien des planches (qui nécessite un suivi permanent constituent les éléments qui ne favorisent pas l'utilisation de grands espaces. Aucun producteur enquêté n'a pu s'installer sur un espace de plus d'un hectare en maraîchage uniquement. Contrairement à certains pays comme le Burkina Faso où 90% des surfaces exploitées par les maraîchers ont une superficie qui varie entre 5 et 25 ares (Van Caloene *et al.*, 2015). Les exploitants dans cette étude sont obligés de partager un même espace non seulement pour une action mutuelle de surveillance des planches mais aussi pour une conjugaison des efforts dans la mise en place des dispositifs et équipements importants (abris, réservoir d'eau, matériels agricoles communs, etc.). Selon les saisons et les capacités dont ils disposent, les producteurs maraîchers font l'association et l'alternance des cultures sur les mêmes planches. Cette pratique non seulement appauvrit les planches (obligeant les maraîchers à faire recours aux engrangés à chaque saison), mais aussi rendent difficile la collecte des données d'estimation sur les rendements de production ; car d'une saison à une autre, les dimensions et nombres des planches sont modifiés et ajustés.

En ce qui concerne les intrants agricoles, 71% des acteurs enquêtés utilisent des semences provenant des structures commerciales. Toutefois certaines semences sont fournies par un marché informel ayant sa source depuis le Cameroun ou le Congo voisin. Cette option qui semble ouvrir la porte à la disponibilité des semences pose toutefois un problème d'organisation afin de disposer d'un système semencier correct pour le bonheur des producteurs. La qualité des semences est une question fondamentale pour la productivité et la qualité des produits agricoles.

Les producteurs vivent quotidiennement de leurs activités et donc, pour des ventes régulières, les légumes à cycles courts sont privilégiés. Ce qui explique également l'association de culture afin d'alterner les phases de récolte et d'avoir régulièrement de revenus. Les légumes à cycle court permettent d'obtenir assez rapidement une trésorerie et demandent peu d'engrais et de traitements phytosanitaires (Huat, 2008). De plus, les agriculteurs produisent souvent eux-mêmes les semences (cas de l'amarante et de l'oseille) qu'ils stockent pendant la saison des pluies (Ondo, 2011). Ces critères économique et technique expliquent que l'amarante, l'oseille et la laitue sont présentes sur les sites où elles sont produites tout au long de l'année. Afin de produire en toute saison, 68,44% de ces producteurs ont pu installer des abris pour la production en saison pluvieuse. Le reste soit environ 31% des producteurs qui n'ont pas d'abris sont pour certains des producteurs se déplaçant sur plusieurs sites en forêt, ou pour d'autres, des producteurs n'ayant pas de moyens ou ayant d'autres activités en forte saison pluvieuse.

S'agissant de la source de financement, 177 producteurs soit 85,92% exercent leur activité sur fonds propres. Ce taux élevé est expliqué par le fait que ces acteurs ne sont pas régulièrement inscrits ou ne disposent pas d'agrément officiel pour leur activité (en dehors de quelques coopératives rencontrées). Aucune structure financière ne peut donc accompagner ces acteurs dans leur statut relativement informel. Cette situation engendre parfois une irrégularité dans la production surtout lorsque ces producteurs n'ont pas les moyens de lancer une campagne. L'irrégularité de la production est également renforcée par un environnement déficient en termes d'infrastructures de transport, de stockage et de crédit (Moustier, 1995). Les actions d'accompagnement sont faibles dans la filière horticole. En effet, les grandes actions d'accompagnement agricole se sont orientées vers les filières manioc et bananes qui constituent les produits agricoles de grande production au Gabon. La filière maraîchage reste donc conventionnelle.

Les informations complémentaires collectées au cours de cette étude ont permis de relever les grandes difficultés auxquelles font face les acteurs maraîchers et qui découlent des données analysées. Elles sont principalement liées à la production et au marché de vente. De l'analyse des informations

notées au cours des échanges, on peut retenir : la main d'œuvre difficile à trouver et chère, l'inondation en période de forte pluie, les coûts d'exploitation, le manque de matériels agricoles pour alléger le travail manuel, le marché d'écoulement non disponible parfois après une grande récolte, les insectes et mouches, le problème foncier, les intempéries, et parfois le vol.

Quant à la production de la tomate, les données révèlent que 2% de l'échantillon enquêté cultive exclusivement la tomate. Cette proportion est retrouvée principalement dans l'estuaire. D'autres auteurs ont également fait le même constat. La tomate est surtout retrouvée dans l'espace urbain (Ondo, 2011). La tomate est la plante la plus attaquée, et donc elle n'est cultivée que sur les petites exploitations et les sites industriels. Ce faible taux est dû au choix que font les producteurs maraîchers de faire une association et une alternance de cultures afin d'avoir durant toute l'année des produits maraîchers à vendre pour subvenir à leurs besoins quotidiens. Il faut reconnaître que la vente des légumes à cycle long génère bien plus de revenus. Cependant, les besoins en intrants (semences, engrains, pesticides) et en main-d'œuvre d'entretien sont supérieurs à ceux des cultures à cycle court. Si la marge bénéficiaire est potentiellement supérieure à celle des légumes à cycle court, le risque parasitaire est élevé et les attaques de ravageurs et maladies peuvent conduire à une production très faible voire nulle (Huat, 2008). La tomate est loin d'être le produit maraîcher le plus cultivé par ces acteurs. Dans une étude récente dans l'Estuaire, des auteurs ont révélé que les espèces les plus cultivées tout au long de l'année sont l'amarante (*Amaranthus hybridus L.*), la laitue (*Lactuca sativa L.*), l'oseille de guinée (*Hibiscus sabdariffa L.*), la morelle noire (*Solanum nigrum L.*) (Sandrine *et al.*, 2017). Dans les périmètres maraîchers du sud-Bénin, les rotations sont également pratiquées en alternant généralement entre elles des cultures attaquées par des groupes différents de ravageurs ou des cultures qui exploitent des couches différentes du sol, ainsi que divers types d'éléments nutritifs (Avadí *et al.*, 2020). Cette association de culture et la vente échelonnée des récoltes ne favorisent pas pour les maraîchers enquêtés l'estimation de rendement par planche ou par site. Selon Simeni *et al.* (2009), dans leur étude réalisée au sud bénin, la filière maraîchère étant encore moins structurée, l'estimation des surfaces cultivées en légumes et l'identification des zones de production souffrent d'un manque de précision (Simeni *et al.*, 2009). Ceci est dû au fait que, les informations et données statistiques sur les volumes de production, les rendements et la commercialisation des produits maraîchers sont très limitées. L'analyse et l'organisation de la filière nécessitent que l'on apporte des précisions sur ces éléments pour trouver les contraintes et défis à relever.

L'utilisation exclusive de différents types de variétés hybrides F1 (commerciales) montre non seulement la divergence d'idées dans le choix de la semence, mais aussi l'inexistence de variétés développées et adaptées aux conditions agroécologiques du Gabon, et pouvant améliorer la productivité pour tous les producteurs maraîchers. Dans la recherche de semences assez productives, certains acteurs utilisent plusieurs variétés et se retrouvent face à plusieurs types d'attaques parasites qui sont malheureusement traitées avec des produits phytosanitaires qui ne sont ni adéquats ni maîtrisés. Plusieurs types de pesticides sont utilisés par les maraîchers enquêtés. Ce constat a été fait également sur les systèmes de productions maraîchères au Bénin qui sont basés sur l'utilisation des engrangements organiques et/ou minéraux et des pesticides chimiques de synthèse (Akogbeto et Noukpo 2005 ; Ahouangninou *et al.*, 2011). Si face aux différents contraintes (biotiques et abiotiques) leur utilisation semble indispensable pour garantir des récoltes convenables, ceux-ci ne sont pas sans danger, et ce à trois niveaux : - toxicité pour les utilisateurs en milieu agricole et les professionnels de l'industrie phytosanitaire ; - toxicité pour le consommateur, liée à la présence de résidus toxiques ; - pollution et toxicologie de l'environnement » (Toe, 2010). Williamson *et al.* (2008) avaient rapporté qu'en Afrique surtout, très peu de producteurs se conforment aux règles d'hygiène pendant et après les traitements phytosanitaires : ces comportements augmentent les risques d'intoxication et exposent les producteurs aux diverses pathologies (Sanborn *et al.*, 2004). Certaines pratiques, telles que le non-respect des dosages recommandés et des délais avant récolte, constituent des facteurs de risque pour le consommateur (Wade, 2003). Les considérations sur l'utilisation des pesticides doivent donc être prises au sérieux pour prévenir les intoxications alimentaires en rapport avec les pesticides.

L'analyse globale de cette étude nécessite une redynamisation de la filière à travers des systèmes d'information de marché (SIM). Ces systèmes permettent, d'assurer un suivi des marchés et de fournir des analyses aux décideurs publics, pour orienter les politiques agricoles, alimentaires et commerciales, et apprécier l'impact des mesures qui seront mises en œuvre (AGRIDAPE, 2013)

Conclusion

Le maraîchage joue un rôle économique considérable pour les populations à la base. Il constitue un appoint non négligeable dans l'alimentation. C'est aussi une source de revenus substantiels qui permet à certaines populations locales de gérer les périodes inter-campagnes agricoles. La proportion de Gabonais dans ce secteur est encore très faible mais, grâce à l'IGAD, les nationaux sont de plus en plus propriétaires d'exploitations. Les résultats de cette enquête permettent de dire que le maraîchage participe

partiellement à l'alimentation des ménages producteurs et il représente une activité génératrice de revenus non négligeable dans les zones urbaines. La tomate ne constitue pas la culture majoritaire dans cette filière, du fait de son cycle et de ses exigences. Les producteurs, pour des raisons de subsistance, préfèrent les légumes à cycles courts dans un système d'association de cultures afin d'alterner les phases de récolte et d'avoir régulièrement de revenus. Une démarche de sensibilisation des producteurs doit être conduite, pour insister sur les effets négatifs de la surfertilisation et sur les recommandations (ex : bonnes pratiques agricoles, cultures associées à vocation phytosanitaire, etc.). Au-delà de cet aspect, la question de système semenciers devrait également permettre une redynamisation du secteur à travers l'amélioration de la productivité.

Remerciements: les auteurs remercient le projet KAFACI pour le soutien financier dans la réalisation de cette étude.

Conflits d'intérêt: il n'y a aucun conflit d'intérêt pour la publication de cet article.

References:

1. AGRIDAPE. (2013). Agriculture durable à faibles apports externes VOL. 29.1 - Avril 2013 Édition régionale Afrique francophone des magazines LEISA co-publiée par ILEIA et IED Afrique ISSN n°0851-7932.
2. Ahouangninou, C., Fayomi, B. E., & Martin, T. (2011). Évaluation des risques sanitaires et environnementaux des pratiques phytosanitaires des producteurs maraîchers dans la commune rurale de Tori-Bossito (SudBénin). Cah Agric 20:216–222
3. Akogbeto, M. C., & Noukpo, R. D. H. (2005). Utilisation des insecticides agricoles au Bénin. Bull la Société Pathol Exot 98:400–405
4. Amany Richard, K., Kpan Noël, V., & N'guessan Fabrice, YAO. (2017). Performance de la filière maraîchère dans la commune de Bouaké, Germivoire n°Spécial 7/2017 ISSN 2411-6750.
5. Aurélien, C.V., & Thomas, D. R. (2015). Le maraîchage agroécologique comme réponse à l'insécurité alimentaire au Burkina Faso: analyse et potentiel de création d'une filière commerciale. Louvain School of Management, Université catholique de Louvain, 2015. Prom.: Kestemont, Marie-Paule. <http://hdl.handle.net/2078.1/thesis:3063>
6. Avadí, A., Hodomihou, R., & Feder, F. (2020). Maraîchage raisonné versus conventionnel au sud-Bénin: comparaison des impacts

- environnementaux, nutritionnels et socio-économiques. INRA et CIRAD, Méta programme GloFoodS (<http://www.glofoods.inra.fr>).
7. Avenot, A. F. (2008). La décentralisation territoriale au Gabon – Entre mimétisme et mystification, *Etudes Africaines*, 426 p
 8. Bricas, N., & Seck, P. A. (2004). L'alimentation des villes du Sud: les raisons de craindre et d'espérer. *Cahiers Agricultures*, 13 (1), 10-14.
 9. Cour, J. M. (2004). Peuplement, urbanisation et transformation de l'agriculture: un cadre d'analyse démo-économique et spatial. *Cahiers Agricultures*, 13, (1), 158-65.
 10. Cour, J.M. (2004). Peuplement, urbanisation et transformation de l'agriculture: un cadre d'analyse démo-économique et spatial. *Cahiers Agricultures*, 13, (1), 158-65.
 11. FAO. (2015). FAOSTAT comparer données. Disponible sur <http://faostat3.fao.org/home/F>.
 12. Huat, J. (2008). Diagnostic sur la variabilité des modes de conduite d'une culture et de leurs conséquences agronomiques dans une agriculture fortement soumise aux incertitudes: cas de la tomate de plein champ à Mayotte, Thèse de Doctorat Institut des Sciences et Industries du Vivant et de l'Environnement (Agro Paris Tech), 265 p.
 13. James, B., Atcha-Ahowé, C., Godonou, I., Baimey, H., Goergen, G., Sikirou, R., & al. (2010). Gestion intégrée des nuisibles en production maraîchère : guide pour les agents de vulgarisation en Afrique de l'Ouest. Ibadan, Nigéria : Institut international d'agriculture tropicale (IITA) ed., 120 p.
 14. Lefort, L. (2015). Statistiques mondiales. Disponible sur <http://www.statistiques-mondiales.com/gabon.htm>.
 15. Lesafre, B. (2004). L'alimentation des villes: un nouveau défi pour la recherche. *Cahiers Agricultures*, 13, (1), Éditorial.
 16. MAHRH. (2007). Analyse de la filière maraîchage au Burkina Faso. 1-89 p.30
 17. Maxwell, D. (2000). Sécurité alimentaire dans les centres urbains d'Afrique subsaharienne. Armer les villes contre la faim. Systèmes alimentaires urbains durables. CRDI, 260 p.
 18. Mougeot, L. J. A., & Moustier, P. (2004). Introduction générale – Développement durable de l'agriculture urbaine en Afrique francophone: enjeux, concepts et méthodes, Cirad, CRDI, 11-23.
 19. Moustier, P. (1995). Filières maraîchères à Brazzaville : stratégies des acteurs et dynamiques des échanges. Montpellier : CIRAD-FLHOR, 315 p. Document technique et de recherche Source : Cirad - Agritrop (<https://agritrop.cirad.fr/325700/>)
 20. N'Dienor, M. (2006) Fertilité et gestion de la fertilisation dans les

- systèmes maraîchers périurbains des pays en développement: intérêts et limites de la valorisation agricole des déchets urbains dans ces systèmes, cas de l'agglomération d'Antananarivo (Madagascar), Institut National Agronomique Paris-Grignon. Thèse, 242 p.
21. Olahan, A. (2010). Agriculture urbaine et stratégies de survie des ménages pauvres dans le complexe spatial du district d'Abidjan. *VertigO – La revue en sciences de l'environnement*, 10 (2), 1-15.
 22. OMC. (2013). Organisation mondiale du commerce. Examen des politiques commerciales : rapport des pays de la Communauté économique et monétaire de l'Afrique centrale (CEMAC). Disponible sur https://www.wto.org/french/tratop_f/tpr_f/g285_f.pdf.
 23. Ondo, J. A. (2011). Vulnérabilité des sols maraîchers du Gabon (région de Libreville) : acidification et mobilité des éléments métalliques. Thèse de doctorat, université de provence France.
 24. Ouédraogo, A. (2008). Facteurs de vulnérabilités et stratégies d'adaptation aux risques des maraîchers urbains et périurbains dans les villes de Ouahigouya et de Koudougou. Mémoire de fin d'études, Université Polytechnique de Bobo-Dioulasso, 78 p.
 25. Padilla, M. (2004). Approvisionnement alimentaire et agriculture périurbaine - Interface: agricultures et villes à l'Est et au Sud de la Méditerranée Ed. Nasr J., Padilla M., Delta/Ifpo, 429 p.
 26. Ravallion, M. (2002). On the urbanization of poverty. *Journal of Development Economics*, 68 (2), 435-442.
 27. Sanborn, M., Cole, D., Kerr, K., Akil, C., Sanin, L. H., & Bassil, Koi. (2004). Pesticides literature Review. Toronto: Ontario College of Family Physicians.
 28. Sandrine, M. B. L., Auguste, N. N., & Frédéric, F. C. (2017). Le maraîchage périurbain à Libreville et Owendo (Gabon) : pratiques culturelles et durabilité Cah. Agric. 26, 45002 © DOI: 10.1051/cagri/2017026
 29. Simeni, G.T, Adeoti, R., Abiassi, E., & al (2009). Caractérisation des systèmes de cultures maraîchères des zones urbaine et périurbaine dans la ville de Djougou au Nord-Ouest du Bénin. Bull la Rech Agron du Bénin 34-49
 30. Temple, L., Moustier, P. (2004). Les fonctions et contraintes de l'agriculture périurbaine de quelques villes africaines (Yaoundé, Cotonou, Dakar). *Cahiers Agricultures* 13(1): 15–22.
 31. Toé, M. A. (2010). Étude pilote des intoxications dues aux pesticides agricoles au Burkina Faso. Secrétariat de la convention de Rotterdam. 1-53.) p. 1
 32. Wade, C. S. (2003). L'utilisation des pesticides dans l'agriculture périurbaine et son impact sur l'environnement. Thèse de Pharmacie,

- Dakar. http://indexmedicus.afro.who.int/iah/fulltext/wade_cheikh.pdf
33. Williamson, S., Ball, A., Pretty, J. (2008). Trends in pesticide use and drivers for safer pest management in four African countries. *Crop Protection* 27(10): 1327–1334. Doi: 10.1016/j.cropro.2008.04.006.

ANNEXE

PROJETS KAFACI - GABON
COMPOSANTE : HORTICULTURE

Coordination nationale : IRAF et ADAG



Chercheur Principal : Dr
Contact : +241 066 98 09 44



**ENQUÊTE NATIONALE SUR L'ETAT
DES LIEUX DE LA PRODUCTION DES
FRUITS ET LEGUMES**

FILIERE TOMATE

FICHE D'ENQUETE

**Questionnaire d'enquête n°/...../ NB : n'oubliez pas de prendre
des images**

Date et heure de l'enquête:/...../

Nom de l'enquêteur :

/...../ Contact :...../

Province :...../ Ville:...../ Qtier de
ville :...../

I- INFORMATION SUR L'ENQUETE

- 1- Nom et prénom :
/.....
...../
2- Sexe : M F
3- Age :/ Contacts:/
...../
4- Ethnie d'origine :
/..... Nationalité :
...../
5- Etat civil : *a) Marié b) Célibataire c) Veuf (ve) d) Séparé e) Divorcé*
6- L'exploitant est-il chef du ménage ? *a) Oui b) Non*
7- Quelle est la taille de ménage de l'exploitant :
8- Niveau d'instruction (à encercler) : *a- Aucun ; b- Primaire ; c- Secondaire ; d- Universitaire*
9- Quelle est la place du maraîchage dans vos activités

Place du maraîchage	Préciser l'activité	
Le Marai chag e est l'activité :	a) Principale	Secondaire :.....
	b) Secondaire	Principale :.....

- 10- Expériences en maraîchage (encercler la réponse) :
a- Moins de 5 ans ; b- Entre 5 et 10 ans ; c- Plus de 10 ans
11- Appartenance à une coopérative : *a- Oui b- Non*
12- Formation/Connaissances : *a- acquises sur le terrain ; b- dans une école de formation*

II- DONNEES GENERALES SUR LA CULTURE DES FRUITS ET LEGUMES

- 13- Quelles sont vos motivations qui justifient le choix de cette activité de maraîchage ?
/.....
.....
...../

14- Caractéristiques du site de l'enquête

Localisation du site	Situation foncière du site	Superficie maraîchère (à encercler)	Accessibilité (voie d'accès)
- Lieu :	-a) Propriété personnelle ou familiale	.....m ²	-a) Facile
- Distance Maison-Site :Km	-b) Location .....fcfa/mois -c) Domaine public	-a) Moins d'1 ha -b) Entre 1 et 5 ha -c) Plus de 5 ha	-b) Pas facile

15- Type de culture en général :

a- Sous abris ; b- En plein champ c- Les deux

16- Système de culture :

a- Monoculture ; b- Rotation ; c- Association

17- Principaux fruits et légumes cultivés et rendements (Rdt) moyens ces 5 dernières années (en Kg /m² ou T/ha)

Les cultures de l'enquête			
Fruits et légumes	Cycle de production	Rdt moyen (par planche pour les petits exploitants)	Revenu moyen/an

18- Types et origines des Variétés des fruits et légumes cultivés (à encercler)

Les variétés	Origines
A- Variétés fixes (libre pollinisation) ;	a- Marché informel
B- Variétés hybrides commerciales	b- Structure commerciale
C- Variétés traditionnelles non identifiées	c- Agence agricole d- Centre de recherche

19- Quel type de main d'œuvre utilisez-vous le plus souvent dans les exploitations ?

a) Familiale b) Salarié c) les deux conjointement

20- Comment se présente la structure de main d'œuvre (MO) utilisée dans votre exploitation ?

Activités agricoles	Nbr de MO familiale		Nbr de MO salariée			Rémunération	
	Enfant	Adulte	H	F	Nationalité	Temps de travail/jour	Taux journalier de paiement
Préparation du sol et Transport Matériels							
Semis et repiquage							
Entretien des parcelles							
Récolte							

21- Quel(s) sont souvent vos problèmes(s) par rapport à la main d'œuvre utilisée ?

a) insuffisance des moyens financiers pour les payer ; b) la main d'œuvre est trop couteuse ; c) main d'œuvre moins expérimentée ; d) non-respect des engagements ; e) Indisponibilité de la main d'œuvre locale, f) autres (à préciser):/.....

22- En moyenne combien d'heures par jours vous consacrez dans votre exploitation ?/.....

23- Combien de jours par semaine vous travaillez dans votre exploitation ?/.....

24- Niveau de contribution des revenus de l'activité de maraîchage aux dépenses de la famille

a- moins de 25% ; b- environ 50% ; c- plus de 50% ; d) 100%

25- Avez-vous un registre de gestion des stocks et des comptes ? a- Oui b- Non

26- Si oui, comment se fait la tenue du registre ?

a- Journalière b- hebdomadaire c- Mensuelle

27- Difficultés liées à l'activité

-/.....
-/.....
-/.....
-/.....
-/.....

III- DONNEES SUR LA PRODUCTION DE LA TOMATE

28- Pourcentage de la tomate sur la superficie maraîchère totale :

- a- Environ le tiers ; b- Environ la moitié ; c- Plus de la moitié ; d- Exclusivement la tomate*

29- Superficie cultivée pour la tomate :

- a)planches ou m²; -b) Moins d'1 ha ; -c) Entre 1 et 5 ha ; -d) Plus de 5 ha*

30- Mode utilisé pour la culture de tomate :

- a- Sous abris ; b- En plein champ c- Les deux*

31- Dimension de vos planches

.....m de longeur surm de largeur

32- Noms et origines des Variétés de tomates cultivés (Utiliser les codes pour remplir le tableau en écrivant les lettres)

<u>Types de variétés</u>	<u>Types de croissance</u>	<u>Origines</u>
<i>a)..Variétés fixes ;</i>	<i>a) Déterminée</i>	<i>a- Marché informel</i>
<i>b)..Variétés hybrides</i>		<i>b- Structure</i>
<i>c)..Variétés traditionnelles non identifiées</i>	<i>b) Indéterminée (qu'on taille)</i>	<i>commerciale</i>
		<i>c- Agence agricole</i>
		<i>d- Centre de recherche</i>

Noms de la variété de tomate cultivée	Types de la variété	Types de croissance	Origin es	Durée de cycle de la variété en jours

33- Utilisez-vous des variétés de greffage ? *a- Oui b- Non*
Si oui, précisez-les et décrire la technique :.....
.....
.....

34- Expliquez votre itinéraire technique.

Activités	Description	Matériels/Produits/intrants utilisés
Travail du sol :		
Pépinière :		
Transplantation :		
Irrigation : (Précisez la source d'eau)		
Fertilisation (nom et dose d'engrais utilisé) :		
Désherbage :		
Entretien (taille, tuteurage) :		
Récolte		
Stockage		

- Traitement phytosanitaire :

Maladies rencontrées	Moyens/Produits de lutte

35- Faites une description de votre calendrier culturale : (*s'il fait deux saisons qu'il précise les périodes*)

Activités	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Préparation du sol												
Semis												
1 ^{ère} récolte												
Fin de production												

36- Quels paramètres utilisez-vous pour définir la maturité des plants ?

- /
- /
- /
- /

37- Rendement Production/Economique

Noms des variétés de tomates cultivées	Nombres de planches ou m ² occupées	Rendements par planches ou par m ²	Coûts investis	Quantité perdue	Quantité consommée	Prix moyen vente	Recettes générales d'une saison

38- Trouvez-vous votre production satisfaisante ? *a) Oui b) Non*

39- Avez-vous de matériel de stockage et de conservation approprié ? *a) Oui b) Non*

40- Raisons qui expliquent les baisses de rendement et pertes post récoltes

Baisses de rendement de production	Pertes post-récolte

41- Quels sont les paramètres définissant la qualité de vos tomates ?

- /
- /
- /
- /
- /

42- Quelles sont les préférences de variétés/qualité vos clients ?

- /
- /
- /
- /
- /

43- Comment pouvez-vous conserver durablement la tomate que vous produisez ? et pendant combien de temps maximal.

- /
- /
- /
- /
- /

IV-IMPLICATION INSTITUTIONNELLE ET ACCES AUX MARCHES

- 44-** Avez-vous connaissance du fonctionnement du système semencier ?
--les developpeurs de semences.....
--les origines des semences.....
--les distributeurs
- le circuit de distribution
- les règles appliquées
- 45-** Sources du capital agricole : *a- Fonds propres ; b- Prêts ; c- Appui des institutions financière agricole*
- 46-** Existe-t-il des institutions qui vous accompagnent dans votre activité ? *a) Oui b) Non*
- 47-** Si oui, il s'agit de : *a) Institutions publique ; b) Institutions privées ; c) Organisation paysanne ; d) ONG*
- 48-** Quel genre d'accompagnement vous apportent-ils ? *a) Formation ; b) Vulgarisation des nouvelles techniques ; c) apport d'intrants agricole ; d)*
- 49-** Avez-vous accès facile aux crédits des institutions de micro finances ? *a) Oui b) Non*
- 50-** Trouvez-vous facilement les clients pour votre production ? *a) Oui b) Non*
- 51-** Vos marchés de commercialisation ? :
a- Les commerçants des marchés ; b- les supermarchés ; c- Les restaurants, d- Tous
- 52-** La tomate est vendue sous quel état : *a) Etat frais ; b) Transformé*
- 53-** Quels sont vos stratégies de fidélisation de votre clientèle ?
.....
.....
.....
- 54-** Où se fait la vente de votre production ?
a) Au champ b) Au marché c) A la maison d) Autre à préciser.....
- 55-** Qu'est-ce qui vous lie avec vos clients ?
a) Contrat b) Promesse d'achat c) crédit reçu d'un acheteur d) Confiance e) Autre

56- Quel est le mode de paiement de votre vente ?

- a) Crédit b) cash c) paiement anticipé d) autre

57- Quel type des clients préférez-vous ?Pourquoi ?

.....

D'habitude qui fixe le prix de vente ?

59- Comment appréciez-vous le prix qu'ils vous donnent ?

60- Vous sentez-vous menacé par la concurrence ? a) Oui b) Non

61-Si oui, cette menace vient d'où ?

V- INFORMATIONS DIVERSES

62- Avez-vous autres précisions et informations ?

-
-
-
-
-

63- Quelles sont vos difficultés majeures dans la production de tomates ?

-
-
-
-
-

64- Quelles sont vos propositions pour la revalorisation de votre activité ?

NB : Prendre toujours des images avec l'enquête dans sa parcelle de culture de tomate

Effet de la Profondeur de Semis des Semences sur la Qualité Germinative des Graines de *Pterocarpus Erinaceus* Poir., 1804 (Fabaceae)

Houphouet Yao Patrice

Kouassi Kouadio Henri

Adji Beda Innocent

Akaffou Doffou Sélastique

UFR Agroforesterie,

Université Jean Lorougnon Guédé, Daloa, Côte d'Ivoire

Duminil Jérôme

CIRAD, IRD, Université Montpellier, Montpellier, France

Sabatier Sylvie Annabel

CIRAD, CNRS, INRA, IRD, Université Montpellier, Montpellier, France

[Doi:10.19044/esj.2022.v18n27p330](https://doi.org/10.19044/esj.2022.v18n27p330)

Submitted: 07 July 2022

Copyright 2022 Author(s)

Accepted: 19 August 2022

Under Creative Commons BY-NC-ND

Published: 31 August 2022

4.0 OPEN ACCESS

Cite As:

Patrice H. Y., Henri K.K., Innocent A.B., Sélastique A.D., Jérôme D. & Annabel S. S. (2022). *Effet de la Profondeur de Semis des Semences sur la Qualité Germinative des Graines de *Pterocarpus Erinaceus* Poir., 1804 (Fabaceae)*. European Scientific Journal, ESJ, 18 (27), 330. <https://doi.org/10.19044/esj.2022.v18n27p330>

Résumé

Pterocarpus erinaceus est une espèce largement utilisée par les populations des zones sahéliennes et soudanaises. Cependant, cette espèce est menacée par l'exploitation abusive des peuplements naturels. La présente étude vise à déterminer un idéotype de profondeur de semis des graines de *Pterocarpus erinaceus* pour relever le taux de germination de production des plantules dans le cadre de sa régénération. Pour ce faire, les graines ont été décortiquées et enfouies à différentes profondeurs (0,5 cm, 1 cm, 1,5 cm) sans traitement spécifique. L'évaluation de la vigueur des plantules a été basée sur des paramètres morphologiques qui sont : la hauteur (Ht), le diamètre au collet (Dcol), le nombre de feuille (Nf), la longueur des feuilles (Logfe) et la largeur des feuilles (Largfe). Les résultats ont montré que les meilleurs taux de germination (90,66 %) sont obtenus avec les semis enfouis à 0,5 cm du sol. Les faibles taux (41 %) de germinations ont été obtenus avec

les semences enfouies à 1,5 cm. Cette expérimentation dénote que le semis superficiel des graines de *Pterocarpus erinaceus* est recommandé pour sa multiplication.

Mots clés : *Pterocarpus erinaceus*, profondeur de semis, graines, germination, caractères morphologiques, Côte d'ivoire

Effect of Depth of Sowing of Seed on Germination Quality of the Seeds of Pterocarpus Erinaceus Poir., 1804 (Fabaceae)

Houphouet Yao Patrice

Kouassi Kouadio Henri

Adjii Beda Innocent

Akaffou Doffou Sébastique

UFR Agroforesterie,

Université Jean Lorougnon Guédé, Daloa, Côte d'Ivoire

Duminil Jérôme

CIRAD, IRD, Université Montpellier, Montpellier, France

Sabatier Sylvie Annabel

CIRAD, CNRS, INRA, IRD, Université Montpellier, Montpellier, France

Abstract

Pterocarpus erinaceus is a species widely used by populations in the Sahelian and Sudanese zones. This species, however, is threatened by the abusive exploitation of natural stands. This paper focuses on determining a seedling depth ideotype of *Pterocarpus erinaceus* seeds in recording the germination rate of seedling production as part of its regeneration. In doing this, the seeds were shelled and buried at different depths (0,5 cm, 1 cm, 1,5 cm) without specific treatment. The evaluation of the sturdiness of the seedling was based on morphological parameters which are: height (Ht), neck diameter (Dcol), number of leaves (Nf), length of leaves (Logfe), and width of leaves (largfe). The results showed that the best germination rates (90,66 %) are obtained with seedlings buried at 0,5 cm from the ground. Low germination rates (41 %) were obtained with seeds buried at 1,5 cm. This experiment indicates that the superficial sowing of the seeds of *Pterocarpus erinaceus* is recommended for its multiplication.

Keywords: *Pterocarpus erinaceus*, Depth of sowing, seeds germination, morphological characters, Ivory Coast

Introduction

Les essences forestières indigènes de l'Afrique sub-sahariennes jouent un rôle primordial dans la satisfaction de nombreux besoins des populations (Ahoton *et al.*, 2009). Elles ont une grande valeur commerciale sur le marché national et constituent des produits d'exportation à haute valeur économique (Kakaï *et al.*, 2008). Cependant, certaines de ces espèces indigènes à forte potentialité socio-économique sont menacées de disparition. La fourniture d'excellente qualité de bois par ces espèces constitue l'une des principales causes de leur utilisation accrue (Segla *et al.*, 2015 ; Adjonou *et al.*, 2010). Parmi ces essences indigènes menacées, figure en **pole** position *Pterocarpus erinaceus poir.* (Kakaï *et al.*, 2008). Essence à multiples usages (bois d'œuvre et d'énergie, médecine traditionnelle, alimentation des animaux), elle est prisée par les industriels du bois et la population (Ouedraogo *et al.*, 2006).

En Côte d'Ivoire, cette espèce présente dans les zones savanicoles et les forêts claires fait l'objet d'exploitation abusive et anarchique ces dernières décennies. Fortement repartie au-dessus du huitième parallèle, sa population a régressé considérablement dans plusieurs localités malgré l'interdiction de l'exploitation forestière dans cette zone. La crise militaro-politique de 2002 a favorisé un commerce international autour de l'espèce vers les pays asiatiques, dont les peuplements naturels sont uniquement utilisés pour satisfaire la demande (Goba *et al.*, 2019). L'Etat ivoirien a **de ce fait** interdit depuis 2013, l'exportation de *Pterocarpus erinaceus* de son territoire en vue d'éviter son extinction (MINEF, 2013). Malgré l'importance socio-économique de cette *espèce* en Côte d'Ivoire, très peu d'études scientifiques ont été menées pour sa domestication et son introduction dans les agrosystèmes (Alaba *et al.*, 2020). L'utilisation de *Pterocarpus erinaceus* en agroforesterie serait un moyen efficace pour sa conservation et son exploitation durable. L'agroforesterie s'est révélée ces dernières décennies comme une pratique d'adaptation innovante des cultures et de conservation de la biodiversité (Sarr *et al.*, 2015). Pour ce faire, l'introduction de *Pterocarpus erinaceus* en agroforesterie nécessite dans un premier temps la maîtrise de sa régénération. En effet, la conservation et l'exploitation durable d'une plante passent nécessairement par la connaissance des techniques de régénération.

Materiel et Methodes

Présentation de la zone d'expérimentation

Les travaux se sont déroulés dans la localité de Daloa (Côte d'Ivoire). Situé au Centre Ouest de la Côte d'Ivoire, la végétation de Daloa est caractérisée par une forêt dense humide semi-décidue à évolution régressive et des sols de type ferrallitique (Kouassi *et al.*, 2018). Cette localité bénéficie

de deux saisons pluvieuses (une grande et une petite) et de deux saisons sèches (une grande et une petite). La grande saison des pluies part d'avril à mi-juillet, la petite saison sèche de mi-juillet à mi-septembre, la petite saison des pluies de mi-septembre à novembre et la grande saison sèche de décembre à mars (Kouamé *et al.*, 2015). Les saisons sèches et humides alternent avec une température moyenne annuelle de 26 °C (Tra Bi *et al.*, 2015). Il tombe en moyenne 1371 mm de pluie par an qui varie de 1200 à 1600 mm (Kouamé *et al.*, 2015).

Matériel végétal

Le matériel végétal est composé de graines de *Pterocarpus erinaceus* récoltées à la station forestière du Centre Nation de Recherche Agronomique (CNRA) de Korhogo (Côte d'Ivoire). Ces semences (Figure 1) ont été collectées en avril 2021 sur les individus d'un même peuplement.



(a)



(b)

Figure 1. Semences de *Pterocarpus erinaceus*

(a) Fruits, (b) Graines décortiquées

Méthodes

Protocole expérimental

Les graines ont été décortiquées à l'aide d'un ciseau. La réalisation des semis s'est effectuée en pleine terre sur des planches confectionnées sous ombrière en juillet 2021. Les graines ont été semées à trois (3) différentes profondeurs (0,5 cm, 1 cm et 1,5 cm) sans traitement spécifique. Chaque planche était ensemencée d'environ 100 graines. Trois répétitions par profondeur de semis ont été effectuées au cours de l'essai. Cette organisation a permis de tester au total 900 graines. La principale activité d'entretien des semis a consisté à l'arrosage quotidien. Les jeunes plantes issues de ces semis ont été repiquées au stade deux feuilles. Les sachets (polyéthylène de dimension 15 x 25 x 10/100 cm perforés dans leur moitié inférieure) remplis de terre ont servi pour l'élevage des jeunes plants en pépinière.

Collecte des données

L'observation quotidienne des semis, nous a permis de suivre les paramètres de germination. Les graines germées ont été dénombrées chaque jour après semis. La germination correspond à l'apparition d'une jeune plante avec deux feuilles cotylédonaires au dessus du sol sur la planche de semis (Assongba *et al.*, 2013).

Les paramètres de germination pris en compte au cours de cette expérimentation sont entre autres :

- le délai de germination qui est le temps écoulé entre le semis et la première germination ;
- la vitesse de germination, définie comme le délai entre la première et la dernière germination. Elle est estimée par le pourcentage de graines germées en fonction du temps ;
- le taux de germination (TG) qui est l'évaluation du potentiel de germination des graines. Ce taux est obtenu à partir de la formule suivante :

$$TG = (n / N) \times 100$$

Avec n : nombre de graines germées et N : nombre total de graines semées (Bamba *et al.*, 2018 ; Hamawa *et al.*, 2020 ; Adji *et al.*, 2021).

En plus des paramètres de germination, la vigueur des jeunes plants âgés de trois mois issus de ces semis a été évaluée. Pour chaque niveau de semis, 30 échantillons ont été choisis de façon aléatoire pour l'évaluation. Les mensurations ont concerné la hauteur des jeunes plants (Ht), le diamètre au collet (Dcol), le nombre de feuille (Nf), la longueur des feuilles (Logfe) et la largeur des feuilles (Largfe).

Analyse des données

Les données ont été codifiées pour faciliter leur exploitation. Les moyennes, les pourcentages et les erreurs standards des paramètres étudiés ont été calculés. La différence des valeurs notées a été évaluée par une analyse de la variance (ANOVA) et par le test de Duncan pour le classement des moyennes à l'aide du logiciel statistica version 7.1.

Résultats

Délai de germination

La Figure 2 montre que le délai de germination des graines varie selon la profondeur de semis. La germination est de type épigé. A travers l'analyse de cette figure, le délai de germination se situe entre 4 et 8 jours après semis. Les graines semées à une profondeur de 0,5 cm donnent un délai de germination plus court avec 4,33 jours en moyenne. Quant aux graines enfouies à une profondeur de 1 cm, elles émergent à partir de 6,33 jours en moyenne. Les semis réalisés à 1,5 cm de profondeur ont présenté le plus long délai d'émergence (7,66 jours en moyenne). L'analyse de variance montre que l'influence de la profondeur de semis sur le délai de germination est significative ($P < 0,05$).

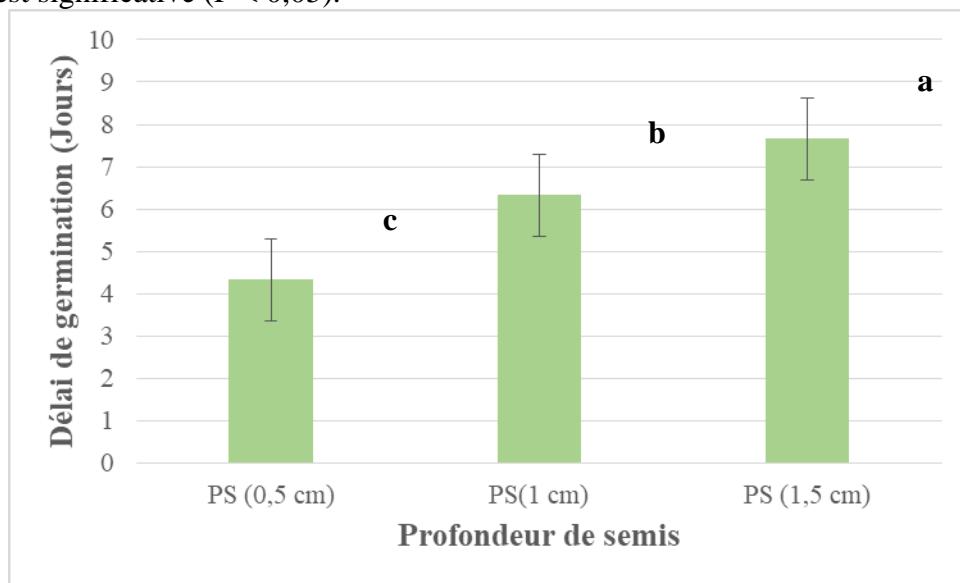


Figure 2. Délai de germination des graines en fonction de la profondeur de semis

Taux de germination

Les analyses effectuées (Figure 3) montrent l'effet de la profondeur de semis sur le taux de germination. Le faible taux de germination (41 %) a été obtenu avec les semis effectués à 1,5 cm de profondeur. En ce qui concerne les semis à 1 cm de profondeur du sol, le taux de graines germées

est estimé à 71,33 %. Celui des graines enfouies à 0,5 cm du sol est élevé et est de l'ordre de 90,66 %.

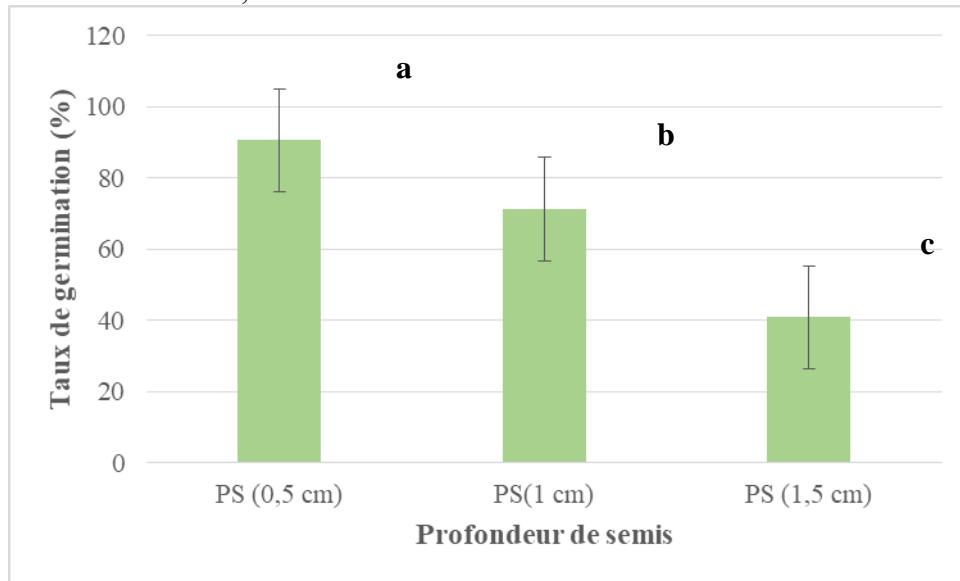


Figure 3. Evolution du taux de germination des graines en fonction de la profondeur des semis

Vitesse de germination

Les graines issues des semis réalisés à la profondeur de 0,5 cm ont émergé 4 jours après semis avec un taux estimé à 2,66 % (Figure 4). Par contre à cette même date, aucune graine n'a germé chez les semis effectués à 1 cm et 1,5 cm de profondeur. Pour les semis à 1 cm de profondeur du sol, l'émergence des graines a été observée à partir de 6 jours après semis avec 3,33 %. Quant aux graines enfouies à une profondeur de 1,5 cm, elles ont germé avec un taux de 0,66 % après 7 jours. Quatorze (14) jours après semis, aucune germination n'a été observée pour les trois traitements. A la fin de l'essai, les taux de germination globaux étaient de l'ordre de 90,66 %, 71,33 % et 41 % pour les semis à 0,5 cm, 1 cm et 1,5 cm de profondeur.

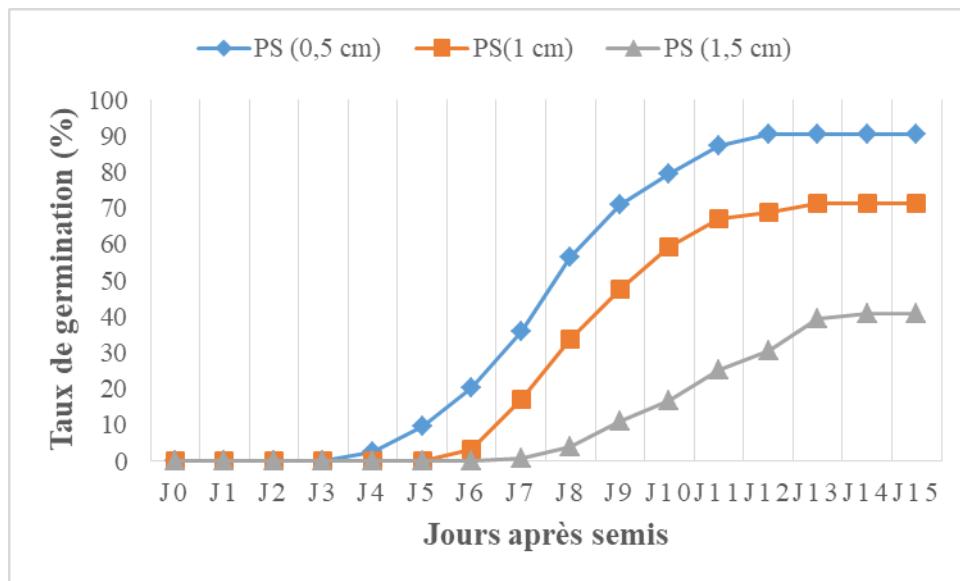


Figure 4. Taux de germination après semis

Vigueur des jeunes plants

Les résultats de la collecte des données basées sur des paramètres morphologiques sont consignés dans le tableau ci-dessous. L'analyse de variance a montré que pour les trois profondeurs, il existe une différence significative ($Pr < 0,05$) entre la hauteur (Ht), le diamètre au collet (Dcol), la longueur des feuilles (Logfe) et la largeur des feuilles (Largfe) des plants évalués. Cependant au niveau du nombre de feuilles, l'analyse n'indique pas de différence significative ($Pr > 0,05$) pour tous les traitements. Les valeurs obtenues à partir de l'évaluation des paramètres étudiés à ce stade de développement ont montré que les plantes les plus vigoureuses sont celles issues des graines enfouies à 0,5 cm du sol. Les plus faibles valeurs ont été obtenues avec les semis réalisés à 1,5 cm.

Tableau 1. Moyennes des caractéristiques morphologiques des jeunes plants en fonction de la profondeur de semis

Pf semis	Paramètres				
	Ht (cm)	Dcol (mm)	Nf	Logfe (cm)	Largfe (cm)
P(0,5)	15,08 ± 3,41 a	2,03 ± 0,38 a	8,20 ± 1,28 a	8,51 ± 1,17 a	5,36 ± 0,48 a
P(1)	14,81 ± 2,09 a	1,98 ± 0,27 a	8,20 ± 1,47 a	8,10 ± 1,29 a	5,03 ± 0,54 a
P(1,5)	12,20 ± 2,35 b	1,60 ± 0,30 b	7,40 ± 1,87 a	7,25 ± 1,17 b	4,57 ± 0,57 b
Pr > F	0,00549	0,00182	0,09519	0,00626	0,00009

Pour chaque caractère, les valeurs portant les mêmes lettres sont statiquement identiques:

Pf semis : profondeur de semis **Ht** : hauteur, **Dcol** : diamètre au collet, **Nf** : nombre de feuille, **Logfe** : longueur feuille, **Largfe** : largeur feuille

Discussion

La présente étude a montré que le taux, le délai de germination et les paramètres de vigueur des jeunes plants de *Pterocarpus erinaceus* sont influencés par la profondeur des semis. Les cours délais de germination ont été obtenus avec des enfouissements de 0,5 cm et les longues durées de germination ont été obtenues avec des enfouissements de 1,5 cm. Cette même observation a été faite par Silué *et al.* (2017) lors d'une étude sur les qualités germinatives des graines de *Isoberlinia spp* en pépinière. Selon Hosseini *et al.* (2009), l'humidité du sol favorise la levée rapide des graines proche de la surface du sol après semis. Cette observation de Hosseini *et al.* (2009) expliquerait le long délai de germination des graines enfouies à 1,5 cm de la surface du sol. Bamba *et al.* (2018) travaillant sur *Pterocarpus erinaceus* dans le nord de la Côte d'Ivoire ont obtenus un délai moyen de 9,60 jours avec le semis des graines décortiquées. La différence observée au niveau des semis réalisés à 0,5 cm et 1 cm de profondeur dans la présente étude et ceux de Bamba *et al.* (2018) ont montré que les semis superficiels sont les plus favorables à l'obtention d'un meilleur délai de germination des graines de *Pterocarpus erinaceus*.

Le taux de germination est un paramètre important en production végétale. Les graines testées ont présenté un taux élevé (90,66 %) avec les semis réalisés à 0,5 cm de profondeur. Des résultats similaires ont été obtenus par Yao *et al.* (2017) lors d'une expérimentation sur le comportement germinatif de semences de trois adventices des rizières de Côte d'Ivoire. En effet l'étude des trois adventices (*Rottboellia cochinchinensis*, *Euphorbia heterophylla* et *Porophyllum ruderale*) a révélé la décroissance du pourcentage de germination des graines avec l'augmentation de la profondeur de semis. Le taux élevé d'émergences des jeunes plants à de faibles profondeurs est lié à la disponibilité des ressources naturelles vitales telles que l'oxygène, la lumière et l'humidité du sol qui sont disponibles à ces profondeurs (Johnson *et al.*, 2019). Sachant que les essais sur la germination de *Pterocarpus erinaceus* menés par Adou *et al.* (2013) et Bamba *et al.* (2018) ont donné des taux inférieurs à 70 %, le résultat obtenu ici avec les semis effectués à 0,5 cm de profondeur est très intéressant. Cependant le taux de levé obtenu chez les graines enfouies à 0,5 cm du sol concorde avec les résultats observés par Johnson *et al.* (2020) sur des graines prétraitées de *Pterocarpus erinaceus* semées dans les boîtes de pétri. Des taux de germination avec d'autres espèces arborescentes dont les graines ont été prétraitées pour booster la germination sont plus ou moins

semblables à l'observation faite avec les semis réalisés à 0,5 cm de profondeur : *Acacia senegal* 87 % (Hamawa *et al.*, 2020), *Prosopis africana* 98 % (Ahoton *et al.*, 2009), *Ricinodendron heudelotii* 77 % (Kouame *et al.*, 2012). Ces résultats montrent que le semis superficiel des graines de *Pterocarpus erinaceus* est une technique simple pour relever le taux de germination. En ce qui concerne la vitesse de germination, dans un délai de 8 jours, plus de la moitié (56,33 %) des graines ont émergé avec les semis réalisés à 0,5 cm du sol. Ces résultats sont meilleurs que ceux obtenus par Bamba *et al.* (2013) dans ce même délai avec les graines décortiquées. La levée rapide des graines en 8 jours pourrait s'expliquer qu'à cette profondeur (0,5 cm), les graines bénéficient plus de conditions favorables à leurs émergences. Les facteurs externes tels que la lumière, l'humidité du sol et l'oxygène entraînent une levée rapide des graines enfouies à de faibles profondeurs (Yao *et al.*, 2017). Les graines ayant mal germé ont été cependant observées. En effet, les graines germent avec l'ouverture de deux feuilles cotylédonaires et les jeunes plants n'arrivaient pas à émerger à la surface du sol. Cette observation a été faite sur un grand nombre de graines semées à 1,5 cm de profondeur. Cela justifierait le faible taux d'émergences des graines enfouies à cette profondeur.

Après trois mois d'élevage en pépinière, les jeunes plants issus des graines enfouies à 0,5 cm et 1 cm du sol étaient les plus vigoureux avec une meilleure croissance en hauteur et en diamètre. Les jeunes plantes évaluées ont montré une bonne croissance en hauteur que celles observées par Johnson *et al.* (2020) et par Duvall (2008). Aussi, dans leurs travaux portant sur *Pterocarpus erinaceus* au Togo, Johnson *et al.* (2020) ont observé en moyenne des jeunes plants âgés de seize semaines qui mesuraient 9 cm. Selon Duvall (2008), les jeunes plants de *Pterocarpus erinaceus* âgés de douze mois ont présenté en moyennes une hauteur de 15 cm lors des travaux menés au Mali. La différence pourrait s'expliquer par les conditions climatiques et édaphiques différentes dans lesquelles leur étude et la nôtre ont été menées. Les caractéristiques morphologiques mesurées sont comparables à celles enregistrées par Adji *et al.* (2021) avec des plants âgés de six mois dans la même localité. Adji *et al.* (2021) ont observé en moyenne une hauteur de 15 cm, un diamètre de 2,50 mm, et 7 feuilles au bout de six mois. Les résultats obtenus dans un délai de trois mois dans le cadre de nos essais sont comparables à ceux des autres auteurs. Cela laisse supposer que le semis superficiel des graines de *Pterocarpus erinaceus* favoriserait dans un court délai la vigueur des plants en pépinière. Cette pratique réduirait le temps mis par les plants en pépinière avant plantation dans le cadre de sa sylviculture.

Conclusion

Les résultats obtenus au cours de cette étude ont montré que le semis superficiel des graines de *Pterocarpus erinaceus* est une méthode efficace permettant d'obtenir une germination rapide et un taux élevé de germination. Les semis réalisés à de faibles profondeurs ont donné les plants les plus vigoureux après trois mois de séjour en pépinière. Pour la meilleure reproduction des plants de *Pterocarpus erinaceus*, le semis des graines décortiquées à de très faibles profondeurs (0,5 cm) est le mieux indiqué.

Remerciements

Les auteurs de ce manuscrit remercient l’Institut de Recherche pour le Développement (IRD) pour l’appui financier. Ils expriment leur gratitude également au Centre National de Recherche Agronomique (CNRA) d’avoir permis l’accès à la station forestière de Korhogo dans le cadre de la collecte des semences. Pour finir, nous disons merci à toutes les personnes qui ont contribué à la réalisation de ce travail.

References:

1. Adji, BI., Akaffou, DS., Kouassi, KH., Houphouet, YP., Duminil, J., & Sebatier, SA. (2021). Bioclimate influence on seed germination and seedling morphology parameters in *Pterocarpus erinaceus* Poir., 1804 (Fabaceae). International Journal of Environment, Agriculture and Biotechnology, 6 (3): 1-15.
2. Adjonou, K., Ali, N., Kokutse, AD., Segla, KN., & Kokou, K. (2010). Etude de la dynamique des peuplements naturels de *Pterocarpus erinaceus* Poir. (Fabaceae) surexploités au Togo. Bois et Forêts des Tropiques, 306 (4) : 45 – 55.
3. Adou, K., konan, KJC., & Diarra, F. (2013). Note sur le Vène. Premiers résultats de travaux de recherche sur le vène, a la sodefor. 2p.,<http://ci.chmcbd.net/biodiversity/fauneflore/flore/flore-terrestre/notesur-le-vene>.
4. Ahoton, LE., Adjakpa, JB., M’po Ifonti M’po, & Akpo, EL. (2009). Effet des prétraitements des semences sur la germination de *Prosopis africana* (Guill., Perrot. et Rich.) Taub., (Césalpiniacées). Tropicultura, 27 (4) : 233-238
5. Alaba, P., Abotsi, KE., Adjonou, K., Segla, KN., Kokutse, AD., & Kokou, K. (2020). Analyse Des Connaissances Sur *Pterocarpus Erinaceus* Poir. En Afrique Occidentale Et Centrale. European Scientific Journal, 16 (24): 157-172.
6. Assongba, YF., Djègo, JG., & Sinsin, B. (2013). Capacité de germination de *Dialium guineense* willd (Fabaceae) une espèce Agroforestière. Journal Applied Biosciences, 62: 4566 – 4581

7. Bamba, N., Ouattara, ND., Konan, D., Bakayoko, A., & Tra Bi, FH. (2018). Effets de cinq prétraitements sur la germination du vène (*Pterocarpus erinaceus* Poir., Fabaceae) dans la Réserve du Haut Bandama (Côte d'Ivoire). European Scientific Journal, 14 (30) : 438 - 453.
8. Duvall, CS. (2008). *Pterocarpus erinaceus* Poir. In: Louppe D., Oteng-Amoako A. A., Brink M. (éd.). Prota 7 (1) : Timbers/Bois d'œuvre 1. Wageningen, Pays-Bas, Prota.
9. Goba, AE., Koffi, KG., Sie, RS., & Koffi, YA. (2019). Structure démographique et régénération naturelle des peuplements naturels de *Pterocarpus erinaceus* Poir. (Fabaceae) des savanes de Côte d'Ivoire. Bois et Forêts des Tropiques, 341 (3) : 5 – 14.
10. Hamawa, Y., Baye-Niwah, C., Kewa Fils, BFS., & Mapongmetsem, PM. (2020). Effet de prétraitements sur la germination des semences d'*Acacia senegal* (L.) Willd. (Mimosaceae) dans la zone sahélienne du Cameroun. European Scientific Journal, 16 (3) : 263-274.
11. Hosseini, SH., Zivdar, M., & Rahimi, R. (2009). CFD simulation of gas-solid flow in a spouted bed with a non-porous draft tube. Chemical engineering and processing: process intensification, 48 (11-12): 1539-1548.
12. Johnson, BN., Quashie, AML., Adjonou, K., Segla, KN., Kokutse, AD., & Kokou, K. (2020). Characterization of Germination and Growth of *Pterocarpus erinaceus* Poir. From Togo. International Journal of Science and Research, 9 (10): 1744-1754.
13. Johnson, BN., Quashie, AML., Radji, R., Segla, KN., Adjonou, K., Kokutse, AD., & Kokou, K. (2019). Etude de la germination de *Lawsonia inermis* L. sous différentes contraintes abiotiques. Int. J. Biol. Chem. Sci. 13(2) : 745-758.
14. Kakäi, LRG., Sinsin, B., & Palm, R. (2008). Etude dendrométrique de *Pterocarpus erinaceus* poir. des formations naturelles de la zone soudanienne au Benin. Agronomie Africaine 20 (3) : 245 – 255.
15. Kouamé, NN., N'Guessan, FK., N'Guessan, HA., N'Guessan, PW., & Tano, Y. (2015). Variations saisonnières des populations de mirides du cacaoyer dans la région du Haut-Sassandra en Côte d'Ivoire. Journal of Animal & Plant Sciences. 25 (1). 3787-3798.
16. Kouamé, NMT., Gnahoua, GM., & Mangara, A. (2012). Essais de germination de *Ricinodendron heudelotii* (Euphorbiaceae) dans la région du fromager au centre-ouest de la Côte d'Ivoire. Journal of Applied Biosciences 56 : 4133– 4141.
17. Kouassi, KJ., Kouassi, KH., & Kouassi, RH. (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). *Int. J. Biol. Chem. Sci.* 12(4): 1876-1886.
18. Ligban, R., Gone, LD., Kamagaté, B., Saley, MB., & Biemi, J. (2009). Processus hydrogéochimiques et origine des sources naturelles dans le degré carré de. Daloa (Centre ouest de la Côte d'Ivoire). *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, 3 : 38-47.
19. MINEF (2013). Décret n° 2013-508 du 25 juillet 2013 portant interdiction de l'exploitation, de la coupe, du transport, de la commercialisation et de l'exportation de *Pterocarpus* spp appelé communément « bois de vêne ». *Journal Officiel de la République de Côte d'Ivoire*, 22 août 2013. pp 532-533.
20. N'Guessan, CA., Abo, K., Fondio, L., Chiroleu, F., Lebeau, A., Poussier, S., Wicker, E., & Koné, D. (2012). - So Near and Yet so Far: The Specific Case of *Ralstonia solanacearum* Populations from Côte d'Ivoire in Africa. *Bacteriology*, 102: 733-740.
21. Ouedraogo, A., Adjima, T., Hahn-Hadjali, K., & Guinko, S. (2006). Diagnostic de l'état de dégradation des peuplements de quatre espèces ligneuses en zone soudanienne du Burkina Faso. *Sécheresse*, 17, 485-491.
22. Sarr, B., Atta, S., Ly, M., Salack, S., Ourback, T., Subsol, S., & Geoges, DA. (2015). Adapting to climate variability and change in smallholder farmin communities: A case study from Burkina Faso, Chad and Niger (CVADAPT). *Journal of Agricultural Extension and Rural Development*, 7 (1) : 16 - 27.
23. Segla, KN., Adjonou, K., Radji, AR., Kokutse, AD., Kokou, K., Habou, R., Kamana, P., Bationo, BA., & Mahamane, A. (2015). Importance socio-économique de *Pterocarpus erinaceus* Poir. au Togo. *European Scientific Journal*, 11 (23) : 199-217.
24. Silué, PA., Kouassi, KE., Koffi, KAD., & Soro, D. (2017). Qualités germinatives des graines et croissance des plantules de *Isoberlinia* spp. en milieu contrôlé (pépinière). *Int. J. Biol. Chem. Sci.* 11(1) : 93-106.
25. Tra Bi, ZA., Brou, YT., & Mahé, G. (2015). Analyse par télédétection des conditions bioclimatiques de végétation dans la zone de contact forêt-savane de Côte d'Ivoire : cas du « V » Baoulé. XXVIIIe Colloque de l'Association Internationale de Climatologie, Liège (Belgique).
26. Yao, AC., Ipou, II., Bomisso, EL., Angaman, DM., Koné, MW. (2017). Caractérisation physiologique et évaluation du comportement germinatif de semences de *Rottboellia cochinchinensis*, *Euphorbia heterophylla*, et *Porophyllum ruderale*, Trois Adventices Des Rizières De Côte d'Ivoire. *European Scientific Journal*, 13 (3) : 76 – 93.

Perfil Epidemiológico del Personal de Enfermería del Hospital General de Querétaro Positivo a Covid-19

LE. Karla Guadalupe Gudiño Villalobos

Dra. Nephtys López Sánchez

Dr. Alberto Juárez-Lira

Universidad Autónoma de Querétaro, México

[Doi:10.19044/esj.2022.v18n27p343](https://doi.org/10.19044/esj.2022.v18n27p343)

Submitted: 14 July 2022

Copyright 2022 Author(s)

Accepted: 25 August 2022

Under Creative Commons BY-NC-ND

Published: 31 August 2022

4.0 OPEN ACCESS

Cite As:

Villalobos K.G.G., Sánchez N.L. & Juárez-Lira A. (2022). *Perfil Epidemiológico del Personal de Enfermería del Hospital General de Querétaro Positivo a Covid-19*. European Scientific Journal, ESJ, 18 (27), 343. <https://doi.org/10.19044/esj.2022.v18n27p343>

Resumen

Objetivo: Describir el perfil epidemiológico del personal de enfermería del Hospital General de Querétaro positivo a Covid-19. Metodología: Se trata de un diseño transversal y descriptivo, identificando características sociodemográficas, condiciones laborales y comorbilidades de la totalidad de personal de enfermería que enfermó por COVID 19 durante el 2021 en el Hospital General de Querétaro. Resultados preliminares: Se han detectado 185 enfermeras diagnosticadas a Covid19, lo que representan un 43 % de la plantilla total del personal de Enfermería del Hospital General de Querétaro, con promedio de 31 años de edad, existe mayor proporción de licenciados y es mayor el personal sin contratación laboral permanente (asimilados, eventuales estatales); el promedio laboral es de 5 años y sólo el 25% tiene otro empleo; en cuanto a jornada laboral el turno matutino tiene mayor incidencia de contagios y el servicio de urgencias más vulnerable a contagios. Sólo el 20 % tiene alguna comorbilidad de distinto origen. Se encontraron más casos diagnosticados con la prueba PCR vs prueba rápida de antígenos. Sólo el 97 % utilizó mascarilla durante su contagio y en menor proporción utilizaron el equipo de protección personal nivel I. Conclusión: La recolección de información ha sido compleja ya que no existen registros únicos de esta circunstancia estudiada en el hospital. La baja del personal por un contagio representa un desafío para los tomadores de decisión ya que

resulta complicado completar la plantilla de cada turno; los resultados hasta el momento no sugieren alguna fuente de contagio común.

Palabras clave: Enfermería, COVID 19, perfil epidemiológico, Hospital General

Epidemiological Profile of Nurses at the General Hospital of Querétaro Positive to Covid 19

LE. Karla Guadalupe Gudiño Villalobos

Dra. Nephtys López Sánchez

Dr. Alberto Juárez-Lira

Universidad Autónoma de Querétaro, México

Abstract

Objective: Describe the epidemiological profile of nurses at the General Hospital of Querétaro positive to Covid 19. Methodology: It's a transverse and descriptive design, identifying sociodemographic characteristics, working conditions and comorbidities of all the nursing personnel that got infected by Covid-19 through 2021 in Queretaro's General Hospital. Results: There has been 185 nurses infected by Covid-19, this represents a 43% of all the nursing Hospital personnel, with an average of 31 years old, the majority if the nursing staff has a bachelor's degree and the majority of the nursing staff does not have a permanent contract (assimilated); the average of time worked at the hospital is of 5 years and only 25% has another job; in regards of the workdays the morning shift has more risk of contagion and the emergency service, in particular, is the most vulnerable. Only 20% have any comorbidities of different origin. There were more diagnosed cases with the PCR tests vs the rapid antigen tests. Only 97% used masks when they got infected and even less used the required level 1 protection equipment. Conclusion: The data recollection was complex since there are no unique records of this circumstance studied in the hospital. When the nursing staff isn't able to work because of their illness it hinders the ability of the hospital to provide care for the patients in each shift; the results up to now, do not show a common source of infection.

Keywords: Nursing, COVID 19, epidemiological profile, General Hospital

Introduction

El surgimiento del brote por la enfermedad COVID 19 originada por el virus SARS CoV 2, a finales del año 2019, en Wuhan China

(Organización Mundial de la Salud, 2020). Provocó un aumento considerable en ingresos hospitalarios, donde el tipo de hospitalización es de pacientes que requieren cuidados intensivos, lo que rebasó las capacidades hospitalarias tanto en infraestructura como en personal (Mendoza & Suárez, 2020), (Universidad Autónoma de México, 2020). Al ser un nuevo virus existía poca información y el riesgo de contagio del personal de salud era alto (Occupational Safety and Health Administration, 2020). En México, el índice de contagio en trabajadores de la salud se reportaba entre 6 o 7 veces mayor a China e Italia (Santiago, 2020). Particularmente Enfermería representa hasta el 40 % de los contagios del personal de salud reportado, con una mortalidad del 19% (Secretaría de Salud, 2020), debido a la naturaleza de sus actividades y el tiempo de exposición, sin embargo no existe un perfil epidemiológico que nos brinde información precisa del personal de Enfermería (Centers for Disease Control and Prevention, 2020), por ende el objetivo general del proyecto es describir el perfil epidemiológico de Enfermería del Hospital General de Querétaro positivo a Covid-19, mientras que los objetivos específicos son: describir las características sociodemográficas del personal de Enfermería con diagnóstico positivo COVID 19, determinar las condiciones laborales del personal de Enfermería con diagnóstico positivo COVID 19 e identificar las comorbilidades del personal de Enfermería con diagnóstico positivo COVID 19 (Lenrow, 2008).

Métodos

En dicho estudio de tipo cuantitativo, observacional, retrospectivo, transversal y descriptivo (Hernández, 2014), se estudiaron 185 entrevistas del personal de Enfermería positivos a COVID 19 de diferentes turnos del Hospital General de Querétaro, las entrevistas comprendiendo el periodo de marzo 2019 hasta el marzo 2022. Se realizó un análisis descriptivo, para las variables numéricas se empleó la media y desviación estándar y para las variables categóricas, frecuencias absolutas y porcentajes. Para la información obtenida se utilizó una base de datos la cual se analizó a través del software estadístico IBM SPSS versión 25 (licencia universitaria).

En el proyecto se atendieron las consideraciones éticas tomando como referencia la declaración de Helsinki y el código de Núremberg. Para las entrevistas se realizó un consentimiento informado, sin embargo, dicha investigación corresponde a una clase nivel I o sin riesgo de acuerdo con el Reglamento de la Ley General de Salud en materia de Investigación para la Salud, Título Segundo en su artículo 17 (Diario Oficial de la Federación, 2014).

Resultados

El universo obtenido fue de 185 enfermeras y enfermeros que representan el 43% de la plantilla total del Hospital General de Querétaro, de las cuales fueron detectados con algún test COVID 19 (Tabla 1), como: Reacción en cadena de polimerasa (PCR) (67%), prueba rápida de antígenos (59%) y prueba de anticuerpos (1%). Dentro de las características sociodemográficas (Tabla 1) se destacó el personal femenino (85%), la media de edad se encuentra en 31 años y el nivel de estudios prevalece en licenciatura (63%). En las características laborales, el promedio de antigüedad laboral es de 5 años, en su mayoría es su único empleo (76%), predomina el personal eventual estatal (sin contratación laboral permanente) (93%), prevalece el turno matutino (40%), así como, el área laboral preponderante es urgencias (74%), en cuanto al uso de equipo de protección personal (Tabla 1) el 97% usaba mascarilla de algún tipo durante su contagio y el predomina el personal no inmunizado (53%) para COVID 19. No se registró un porcentaje significativo de personal con alguna comorbilidad (20%).

Tabla 1. Características epidemiológicas del personal de Enfermería positivo a COVID 19 del Hospital General de Querétaro

N=185	\bar{X} (s)
Edad	31.28 (7.769)
Antigüedad laboral en el hospital(años)	5.188 (7.1436)
	No. (%)
Sexo	
Masculino	26 (14.1)
Femenino	159 (85.9)
Nivel de estudios	
Maestría	19 (10.3)
Especialista	24 (13.0)
Licenciatura	118 (63.8)
Técnica	24 (13.0)
Comorbilidades	
Cáncer	2 (1.1)
Cardiovascular	5 (2.7)
Diabetes 1 y 2	6 (3.2)
Hematológica	1 (0.5)
Inmunológica	1 (0.5)
Neurológica	1 (0.5)
Obesidad	15 (8.1)
Pulmonar	3 (1.6)
Renal	1 (0.5)
Metabólica	3 (1.6)
Ninguna	147 (79.5)
Tipo de contrato	
Asimilado	42 (22.7)
Eventual estatal	93 (50.3)

Formalizado Federal	25 (13.5) 25 (13.5)
Jornada laboral	
Matutino	40 (21.6)
Vespertino	26 (14.1)
Nocturno "A"	37 (20.0)
Nocturno "B"	44 (23.8)
Diurno especial	28 (15.1)
Nocturno especial	10 (5.4)
Área laboral	
Urgencias	74 (40.0)
Medicina interna	27 (14.6)
Cirugía general	19 (10.3)
Quirófano	11 (5.9)
CEYE	1 (0.5)
IRAS	2 (1.1)
Terapia intensiva	16 (8.6)
Terapia intermedia	5 (2.7)
Consulta externa	2 (1.1)
Hemodinamia	1 (0.5)
Diálisis	5 (2.7)
Epidemiología	3 (1.6)
Cirugía ambulatoria	1 (0.5)
Endoscopia	2 (1.1)
Jefatura	3 (1.6)
Traumatología y Ortopedia	10 (5.4)
UMA	2 (1.1)
Unidad oncológica	1 (0.5)
Labora en otra institución	
Sí	47 (25.4)
No	138 (74.6)
Prueba de detección de COVID 19	
PCR	124 (67.0)
Rápida de antígenos	59 (31.9)
Anticuerpos	2 (1.1)
Vacuna COVID 19	
Sí	87 (47.0)
No	98 (53.0)
Equipo de protección personal	
Mascarilla	183 (98.9)
Bata	117 (63.2)
Guantes	107 (57.8)
Lentes de protección	107 (57.8)
Overol	65 (35.1)
Careta	65 (35.1)

Discusión

Describir el perfil epidemiológico del personal de Enfermería del Hospital General de Querétaro positivo a COVID 19, puede emplearse como inicio de más vertientes en investigaciones, debido a que se desconocen características del mismo. Pese a la dificultad para la recolección de información debido a que no hay un índice, una plataforma o un control del personal de salud contagiado se identificó lo siguiente: con respecto a las condiciones laborales los contagiados representan el 43% de la plantilla total de Enfermería del Hospital General de Querétaro lo que produce, la baja del personal por turno, aumenta la carga laboral para el personal activo y por ende mayor cansancio (Santiago,2020), de ese porcentaje hay más prevalencia en personal sin contratación laboral permanente, lo que coincide con la media de antigüedad de 5 años, ya que es mayor el personal nuevo ingreso con poca experiencia, debido a que laboran únicamente en el nosocomio (Evans, 2020),(Lejía & Olivera,2020). Se intuía que el servicio de urgencias es el área con mayor riesgo de contagio, lo cual se afirmó con los resultados obtenidos, ya que es el primer filtro al ingreso al hospital y no hay una medida para detectar los posibles casos previamente, a diferencia de la hospitalización, puesto que para poder ingresar es requisito tener algún test para descartar COVID 19 (Lejía & Olivera,2020). En cuanto al turno laboral se especulaba que los turnos nocturnos tendrían mayor prevalencia (Lim,Wambier & Goren,2020), sin embargo, el turno matutino obtuvo un porcentaje más alto. El 55% de los contagiados no tenían algún tipo de vacuna durante su contagio, lo que nos da el indicador que la vacunación es vital para reducir los contagios. Referente a los test, se detectaron más casos con la prueba PCR, sin embargo, a finales del año 2021 e inicios del 2022 se detectaron más casos con la prueba rápida de antígenos. En relación con las comorbilidades, no representan un factor predisponente para el contagio ya que sólo el 20% tenía alguna enfermedad, a diferencia de estudios anteriores que relacionaban las comorbilidades con la vulnerabilidad de contagio (Ramírez & Rueda,2020). En cuanto a las características sociodemográficas la media de edad en los contagiados es de 31 años, así como también son más las mujeres contagiadas debido a que abarcan la mayor parte de la población.

Conclusion

Se logró describir el perfil epidemiológico del personal de enfermería positivo a Covid 19 del Hospital General de Querétaro en el periodo señalado lo que permite concluir que la insistencia del personal por contagio representa un desafío para los tomadores de decisión; los resultados no sugieren alguna fuente de contagio común; la inmunización representó una baja en la tasa de los contagios y las comorbilidades no parecen ser un

elemento preponderante en la vulnerabilidad del contagio. Finalmente, a pesar de que se recolectó información confirmada de pruebas positivas hacia COVID-19, se debe considerar la variación en la sensibilidad de las pruebas en la que influye la cepa de COVID-19 que se trate.

References:

1. Evans, I. (13 de mayo de 2020). Profesionales de la Enfermería de Elsevier analizan los desafíos actuales y el mundo post COVID- 19. Elsevier. Disponible en: <https://www.elsevier.com/es-es/connect/enfermeria/profesionales-de-la-enfermeria-de-elsevier-analizan-los-desafios-actuales-y-el-mundo-post-covid-19>
2. Lejía, C. y Olivera, H. (2020). Plan de Respuesta Estratégica de Enfermería ante covid-19. En Universidad Autónoma de México (Ed.), *ENFERMERÍA Y COVID-19:la voz de sus protagonistas*.Escuela nacional de Enfermería y Obstetricia, Facultad de Artes y Diseño (1^{ra} edición,p.119-123. https://www.aladef.org/noticias/Enfermeria_y_Covid.pdf
3. Lim, K., Wambier, C. y Goren, A. (2020). ¿Los trabajadores del turno de noche tienen un mayor riesgo de COVID-19?, Hipótesis Med; 14 (4): 110147. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.mehy.2020.110147>
4. Organización Mundial de la Salud.(s.f.). WHO Coronavirus (COVID 19). Recuperado el 12 de abril 2022 de <https://covid19.who.int/>
5. Santiago, Y. (2020). Una reflexión sobre la contratación del personal de salud en tiempos de pandemia. En Universidad Autónoma de México (Ed.), *ENFERMERÍA Y COVID-19:la voz de sus protagonistas*.Escuela nacional de Enfermería y Obstetricia, Facultad de Artes y Diseño (1^{ra} edición,p.119-123. https://www.aladef.org/noticias/Enfermeria_y_Covid.pdf
6. Secretaría de Salud. (2020). Informes sobre el personal de Salud COVID19 en México. México: Gobierno de México. Recuperado el 14 abril 2020 de <https://www.gob.mx/salud/documentos/informes-sobre-el-personal-de-salud-covid-19-en-mexico>
7. Vicente, M., Ramírez, M. y Rueda, J. (2020). Criterios de vulnerabilidad frente a infección Covid-19 en trabajadores. Revista de la Asociación Española de Especialistas en Medicina del Trabajo, 29(2), 12-22. http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext HYPERLINK "http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1132-62552020000200004&lng=es&tlang=es" pi HYPERLINK "http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1132-62552020000200004&lng=es&tlang=es" pi HYPERLINK

- "http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1132-62552020000200004&lng=es&tlang=es"d=S1132-62552020000200004 HYPERLINK
- "http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1132-62552020000200004&lng=es&tlang=es"& HYPERLINK
- "http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1132-62552020000200004&lng=es&tlang=es"lng=es HYPERLINK
- "http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1132-62552020000200004&lng=es&tlang=es"& HYPERLINK
- "http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1132-62552020000200004&lng=es&tlang=es"tlang=es.
8. Mendoza, C. y Suárez, M. (2020). Reconversión hospitalaria ante la pandemia de COVID-19. *Revista mexicana de anestesiología*, 43(2), 151-156. <https://doi.org/10.35366/92875>
9. Occupational Safety and Health Administration.(2020, mayo 13). Riesgo de exposición de los trabajadores a COVID-19. Administración de Seguridad y Salud Ocupacional. <https://www.osha.gov/sites/default/files/publications/OSHA3993SP.pdf>
10. Padilla, D. y Buenfil, L.(2020). Experiencia de enfermería en la reconversión hospitalaria en un hospital de tercer nivel de atención. En Universidad Autónoma de México (Ed.), *ENFERMERÍA Y COVID-19:la voz de sus protagonistas*.Escuela nacional de Enfermería y Obstetricia, Facultad de Artes y Diseño (1^{ra} edición,p.119-123). <https://www.ala> HYPERLINK
["https://www.aladef.org/noticias/Enfermeria_y_Covid.pdf"defe.org/noticias/Enfermeria_y_Covid.pdf](https://www.aladef.org/noticias/Enfermeria_y_Covid.pdf)
11. Centers for Disease Control and Prevention.(2020) Characteristics of Health Care Personnel with COVID-19. *MMWR Morb Mortal Wkly*, 69(15), 477-481.https://www.cdc.gov/mmwr/volumes/69/wr/mm6915e6.htm?s_cd=mm6915e6_w#suggestedcitation
12. Lenrow, DA.(2008). Epidemiology. En Curtis,W.,Slipman,R, Frederick,A.,Tom,G.,Larry,H.,Salahadin,A.,Kingsley R.,(Eds.),*Interventional Spine an algorithmic approach* (1^{ra} edición, p. 9-15). <https://doi.org/10.1016/B978-0-7216-2872-1.50007-8>
13. Hernández, R.(2014). *Metodología de la investigación*. MacGrawHill
14. Diario Oficial de la Federación(2014,02 de abril). *Reglamento de la Ley General de Salud en Materia de Investigación para la Salud*. Diputados.gob.https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/regley/Reg_LGS_MIS.pdf

Dynamique Saisonnière de *Nedotepa curta* (Homoptera, Cicadellidae) et *Proutista fritillaris* (Homoptera, Derbidae), Potentiels Vecteurs du Phytoplasme de la Maladie du Jaunissement Mortel du Cocotier de Grand-Lahou (Côte d'Ivoire)

N'Djiha Isabelle Beugré

Centre National de Recherche Agronomique (CNRA),
Programme Riz, Station de Recherche de Man, Côte d'Ivoire

Franceline Doh

Université Peleforo Gon Coulibaly de Korhogo,
UFR Sciences Biologique, Département de Biologie Animal, Côte d'Ivoire

Aubin Silvère Djihwa Danon

UFR des Sciences de la Nature, Laboratoire de Biologie et Cytologie
Animales, Université Nangui Abrogoua, Côte d'Ivoire

Kouassi Allou

Centre National de Recherche Agronomique (CNRA),
Programme Cocotier, Station de Recherche Marc Delorme, Côte d'Ivoire

Mamadou Dagnogo

UFR des Sciences de la Nature, Laboratoire de Biologie et Cytologie
Animales, Université Nangui Abrogoua, Côte d'Ivoire

[Doi:10.19044/esj.2022.v18n27p351](https://doi.org/10.19044/esj.2022.v18n27p351)

Submitted: 16 October 2021

Copyright 2022 Author(s)

Accepted: 25 August 2022

Under Creative Commons BY-NC-ND

Published: 31 August 2022

4.0 OPEN ACCESS

Cite As:

Beugré N.D., Doh F., Danon A.S.D., Allou K. & Dagnogo M.(2022). *Dynamique Saisonnière de Nedotepa curta (Homoptera, Cicadellidae) et Proutista fritillaris (Homoptera, Derbidae), Potentiels Vecteurs du Phytoplasme de la Maladie du Jaunissement Mortel du Cocotier de Grand-Lahou (Côte d'Ivoire)*. European Scientific Journal, ESJ, 18 (27), 351.<https://doi.org/10.19044/esj.2022.v18n27p351>

Résumé

En Côte d'Ivoire, le cocotier (*Cocos nucifera* L.) est essentiellement cultivé sur le littoral ivoirien et constitue la principale culture de rente en assurant des revenus à plus de 20 000 familles. Cependant, la plante est sujette à plusieurs contraintes dont la plus inquiétante actuellement est le jaunissement mortel du cocotier de Grand-Lahou. Ce travail vise à étudier la

dynamique saisonnière des potentiels vecteurs du phytoplasme de la maladie du jaunissement mortel du cocotier à Grand-Lahou (*Nedotepa curta* et *Proutista fritillaris*). Les insectes ont été collectés avec des pièges à glu, hissés à l'aide d'une corde dans la couronne des cocotiers de deux villages de Grand-Lahou (Badodon et Yaokro), d'octobre 2015 à septembre 2016. Sur ces deux sites, les fluctuations les plus importantes des populations de *N. curta* et *P. fritillaris* ont été observées en décembre 2015 et en février 2016. L'analyse de corrélation de Pearson réalisée entre quelques facteurs abiotiques et les fluctuations des populations de ces insectes montre que la température et les fluctuations de ces insectes ne sont pas significativement corrélées. Par contre, il existe une influence hautement significative et négative ($r>-0,7$; $p<0,0001$) de la pluviométrie sur les populations de ces insectes. Une influence significative et négative ($r>-0,7$; $p<0,005$) de l'humidité relative sur ces insectes a été également observée. Les potentiels vecteurs du jaunissement mortel du cocotier de Grand-Lahou pullulent donc au cours des périodes sèches de l'année. La température n'affecte pas le développement de ces insectes alors que la pluviométrie et l'humidité relative diminue leur développement.

Mots-clés: Jaunissement mortel du cocotier, *Nedotepa curta*, *Proutista fritillaris*, Grand-Lahou, pièges à glu

Seasonal Dynamics of *Nedotepa curta* (Homoptera, Cicadellidae) and *Proutista fritillaris* (Homoptera, Derbidae) : Potentials Vectors of the Phytoplasma of the Coconut Lethal Yellowing of Grand-Lahou (Cote d'Ivoire)

N'Djiha Isabelle Beugré

Centre National de Recherche Agronomique (CNRA),
Programme Riz, Station de Recherche de Man, Côte d'Ivoire

Franceline Doh

Université Peleforo Gon Coulibaly de Korhogo,
UFR Sciences Biologique, Département de Biologie Animal, Côte d'Ivoire

Aubin Silvère Djiwha Danon

UFR des Sciences de la Nature, Laboratoire de Biologie et Cytologie
Animales, Université Nangui Abrogoua, Côte d'Ivoire

Kouassi Allou

Centre National de Recherche Agronomique (CNRA),
Programme Cocotier, Station de Recherche Marc Delorme, Côte d'Ivoire

Mamadou Dagnogo

UFR des Sciences de la Nature, Laboratoire de Biologie et Cytologie
Animales, Université Nangui Abrogoua, Côte d'Ivoire

Abstract

In Côte d'Ivoire, the coconut tree (*Cocos nucifera* L.) is cultivated essentially on the coastline of Côte d'Ivoire. It is one of the main cash crops that provide income to close to 20,000 families. The plant is subject to several constraints of which the most troubling one among them is the coconut lethal yellowing of Grand-Lahou. This paper focuses on the seasonal dynamics of the potentials vectors of phytoplasma of the coconut lethal yellowing of Grand-Lahou (*Nedotepa curta* and *Proutista fritillaris*). The insects were collected with traps tights, hoisted with the help of a rope in the crown of the coconut trees of two villages of Grand-Lahou (Badodon and Yaokro), from October 2015 to September 2016. On these two sites, the most important fluctuations of the populations of *N. curta* and *P. fritillaris* were observed in December 2015 and in February 2016. The realized Pearson interrelationship analysis between some abiotic factors and the fluctuations of the populations of these insects show that the temperature and the fluctuations of these insects are not correlated meaningfully. On the other hand, there is a highly meaningful and negative influence ($r>-0,7$; $p<0,0001$) of rainfall on the populations of these insects. A meaningful and negative influence ($r>-0,7$; $p<0,005$) of the relative humidity on these insects were

also observed. The potentials vectors of the coconut lethal yellowing of Grand-Lahou swarm can be seen during the dry periods of the year. Although the temperature does not affect the development of these insects, the rainfall and the relative humidity decrease their development.

Keywords: Coconut lethal yellowing, *Nedotepa curta*, Grand-Lahou, traps tights

Introduction

Le cocotier *Cocos nucifera* L. (Arecaceae) est une plante pérenne, oléagineuse et sucrière originaire des bassins Indo-Atlantique et Pacifique (Gunn *et al.*, 2011). Le cocotier est souvent appelé "Arbre de vie" par certains auteurs car tous ses organes sont utiles à l'homme. Il est utilisé dans différents domaines notamment l'alimentation, le cosmétique, la pharmacopée et l'artisanat (Van der Vossen & Chipungahelo, 2007). Cette plante est surtout cultivée pour la production d'huile de coprah à partir de l'albumen séché à 6 %. La production mondiale de noix de coco est estimée à environ 62 millions de tonnes (FAO, 2014). La culture du cocotier génère d'importantes devises dans certains pays d'Asie (Persley, 1992) et d'Afrique. La Côte d'Ivoire est parmi les 24 premiers pays producteurs de coco dans le monde avec une production annuelle de 195 000 tonnes de noix (Muyengi *et al.*, 2015). Le pays est le meilleur exportateur d'huile de copra en Europe et en Afrique de l'Ouest (Allou *et al.*, 2012). Le cocotier est essentiellement cultivé sur le littoral ivoirien et fait vivre plus de 20 000 familles (Assa *et al.*, 2006). Il représente par conséquent pour les producteurs et les utilisateurs un enjeu à la fois économique, social et culturel.

Toutefois, l'enjeu économique que représente cette plante au plan mondial, est compromis par plusieurs contraintes parmi lesquels le vieillissement des cocoteraies, la faiblesse de la production, l'incidence des ravageurs et des maladies (Allou, 2009). Cette incidence concerne la quasi-totalité des organes de la plante et provoque à la fois la baisse des rendements et la disparition des cocoteraies.

En Côte d'Ivoire, depuis les années 80, les plus graves maladies observées étaient dues au champignon *Phytophthora katsurae*. Cependant, depuis 1995, dans le département de Grand-Lahou, ville située à une centaine de kilomètres d'Abidjan et grande productrice de noix de coco, une autre maladie, très dévastatrice a été observée dans différentes plantations (Amenan *et al.*, 2012). L'analyse des échantillons d'organes symptomatiques de cocotier a permis de conclure en 2013 que la mortalité des cocotiers de Grand-Lahou est causée par un phytoplasme baptisé *Côte d'Ivoire Lethal Yellowing phytoplasma* ou CILY (Konan *et al.*, 2013 a). Ainsi, ce pathogène est à l'origine de la maladie du jaunissement mortel du cocotier (JMC)

couramment appelée par les paysans « La maladie des cocotiers de Grand-Lahou ».

La maladie du jaunissement mortel du cocotier (JMC), transmise par un insecte vecteur demeure donc actuellement le risque phytosanitaire le plus inquiétant auquel est confrontée la nuciculture dans le monde. Ainsi, la propagation de cette maladie menace toute la cocoteraie ivoirienne d'autant plus qu'à ce jour, il n'existe aucune méthode de lutte chimique contre cette pathologie.

Les phytoplasmes sont des bactéries de la classe des Mollicutes transmis par les insectes suceurs de phloème de l'ordre des Hémiptères, en particulier les familles des Cercopidae, des Cixiidae, des Derbidae, des Delphacidae, des Cicadellidae et des Psyllidae (Weintraub & Beanland, 2006). La mise en évidence d'un vecteur pour le jaunissement mortel du cocotier n'a été obtenue qu'en Floride ; seul un insecte vecteur a été identifié : *Haplaxius crudus*, Cixiidae (Van Duzee, 1907) synonyme *Myndus crudus* (Howard *et al.*, 1983). Dollet *et al.* (2011) ont identifié la possibilité de la transmission d'un phytoplasme du jaunissement mortel du cocotier par un insecte de la famille des Pentatomidés (*Platacantha lutea*) dans la province de Cabo Delgado (Mozambique). En Tanzanie, *Diastrombus mkurangai* (Derbidae) et *Meenoplus Sensu latu* (Meenoplidae) sont suspectés être vecteurs (Mpunami *et al.*, 2000). Pour l'Afrique de l'Ouest, aucun vecteur n'est encore connu même si des espèces telles que *Myndus adiopodoumeensis* (Cixiidae) sont fortement soupçonnées au Ghana (Dery *et al.*, 1996). En Côte d'Ivoire, *Nedotepa curta* (Cicadellidae) et *Proutista fritillaris* (Derbidae) sont également suspectés être les vecteurs du jaunissement mortel dans le département de Grand-Lahou (Kwadjo *et al.*, 2018). La transmission du phytoplasme par les insectes vecteurs de l'ordre des Hémiptères a été montrée précédemment comme étant persistante et propagative, et une fois que les insectes acquièrent le phytoplasme ils restent infectieux à vie (Bosco & D'Amelio, 2010). Ainsi, pour lutter contre le jaunissement mortel du cocotier, la Côte d'Ivoire devrait disposer de données sur le comportement des potentiels vecteurs en provenance de zones infectées du département de Grand-Lahou.

Le présent travail est en faveur d'une étude de la dynamique saisonnière de *Nedotepa curta* et *Proutista fritillaris*, potentiels vecteurs du phytoplasme responsable de la maladie du jaunissement mortel du cocotier dans le département de Grand-Lahou en Côte d'Ivoire.

Matériel et méthodes

Zone d'étude

La collecte des insectes a été réalisée dans des cocoteraies de deux localités du département de Grand-Lahou, région des lagunes située entre

5°14'39" de latitude nord et 5°00'11" de longitude ouest, au bord du fleuve Bandama. Cette région présente un paysage lagunaire et maritime à côté sableuse et est caractérisée par des sols ferralitiques faiblement et/ou fortement dénaturés.

Les localités concernées ont été choisies en fonction de l'intensité de la maladie du jaunissement mortel du cocotier. Il s'agit du village de Yaokro, qualifié de zone au stade tertiaire et terminal de la maladie et du village de Badodon, qualifié de zone apparemment saine. Les pièges ont été installés sur les parcelles d'une superficie d'1 ha.

Pendant la période d'étude, la pluviométrie enregistrée a été élevée en octobre 2015 (318 mm).

Dans le mois de février 2016, elle a été de 11,5 mm La température moyenne a été de 27,5 °C.

Matériel biologique

Il a été composé de matériel animal et de matériel végétal. Le matériel animal est constitué des espèces de *Nedotepa curta* (Cicadellidae) (**Figure 1**) et de *Proutista fritillaris* (Derbidae) (**Figure 2**). Le matériel végétal est constitué des plants de cocotier sur lesquels les insectes ont été collectés.

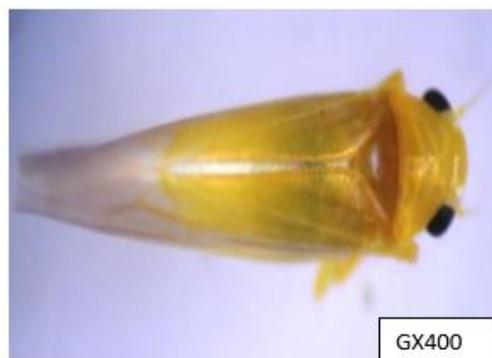


Figure 1. Espèce *Nedotepa curta* (Dmitriev, 2016)



Figure 2. Espèce *Proutista fritillaris* (Boheman, 1838)

Matériel technique

Pièges à glu : ce sont des planches peintes, de couleur jaune, de 30 cm de longueur et 20 cm de largeur, induites de colle sur les deux faces pour permettre l'adhésion des insectes qui s'y posent. Ces pièges ont été placés dans la couronne du cocotier, au niveau du rachis d'une des feuilles. Ils sont recouverts de grillage pour empêcher les débris végétaux (débris de feuilles sèches) de se coller sur les faces des planches (**Figure 3**). Ces pièges ont permis de suivre la dynamique saisonnière des populations des potentiels vecteurs du phytoplasme du JMC à Grand-Lahou.



Figure 3. Piège à glu

Méthodes

A Babadon et Yaokro, deux parcelles d'une superficie de 500 m² chacune délimitées dans chaque zone (zone au stade tertiaire et terminal de la maladie et apparemment saine) ont été sélectionnées pour la capture des insectes. Sur chaque parcelle, 10 cocotiers matures situés à la fois à la lisière et au milieu des champs ont été choisis au hasard. Sur chaque cocotier, un piège à glu a été installé en le hissant à l'aide d'une corde dans la couronne du cocotier. Une fois le piège dans la couronne, la corde a été attachée à une pointe enfouie dans le tronc du cocotier. Pour les relevés, les pièges sont descendus de la couronne, tout en tirant sur la corde (à l'exemple de la descente d'un drapeau d'un mât). Les différents insectes capturés ont été directement dénombrés et identifiés sur le terrain, à l'aide d'une loupe binoculaire de marque BRESSER. La clé discriminatoire de Delvare et Aberlenc (1989) a été utilisée. Les insectes ont été identifiés jusqu'à l'espèce pour les Homoptères concernés et à l'ordre pour les autres insectes capturés.

Ainsi, le nombre de chaque espèce ou ordre a été inscrit sur une fiche de notation prévue à cet effet. Les relevés ont été effectués deux fois par mois et par site d'étude (**Figure 4**). Parallèlement à l'étude qui s'est déroulée d'octobre 2015 à septembre 2016, des paramètres climatiques dont la température, la pluviométrie et l'humidité relative ont été relevés à la station de recherche SAPH de Toukah.

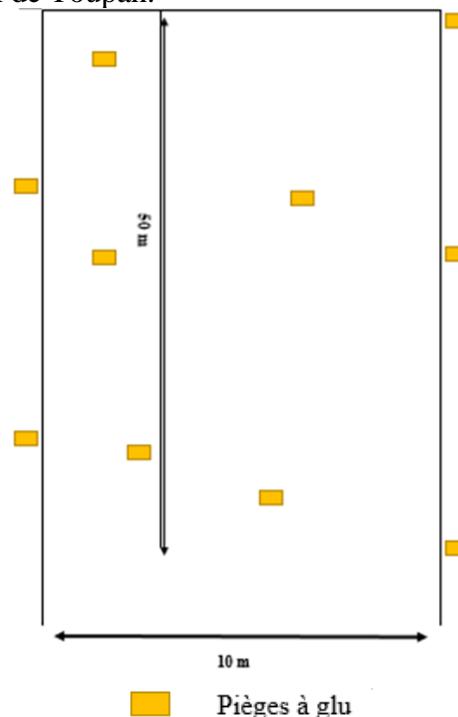


Figure 4. Disposition des pièges à glue par site d'étude à Grand-Lahou

Traitement statistique

Une analyse de corrélation de Pearson a été effectuée pour déterminer l'influence des facteurs abiotiques (température moyenne mensuelle, pluviométrie moyenne mensuelle et humidité moyenne mensuelle) sur les captures mensuelles de ces vecteurs à partir des nombres moyens d'individus capturés par piège et par mois.

Résultats

Dynamique saisonnière des populations de *Nedotepa curta* et *Proutista fritillaris* à Badodon (zone apparemment saine)

- **Dynamique des populations de *Nedotepa curta***

Deux pics ont été observés au cours de la période de décembre 2015 à février 2016 correspondant à la première phase de croissance des populations à la grande saison sèche. Le pic le plus élevé a été observé dans le mois de

février 2016. A Cette période, il a été dénombré quatre individus. Le second pic a été noté au mois de décembre 2015 avec trois individus. La deuxième phase de croissance des populations, moins importante, a été observée de juillet à août 2016 (fin de la grande saison des pluies et début de la petite saison sèche) avec un peu plus de deux individus (**Figure 5**).

- **Dynamique des populations de *Proutista fritillaris***

Deux pics ont été observés au cours de l'année. Le premier pic a été observé le mois de février 2016 correspondant à environ deux individus et le second pic, le mois de décembre 2015 correspondant à un seul individu. Ces pics ont été observés au cours de la grande saison sèche. Les captures n'ont été nulles indiquant que la population persiste toute l'année dans la zone d'étude même si le niveau de population reste très peu élevé (**Figure 5**).

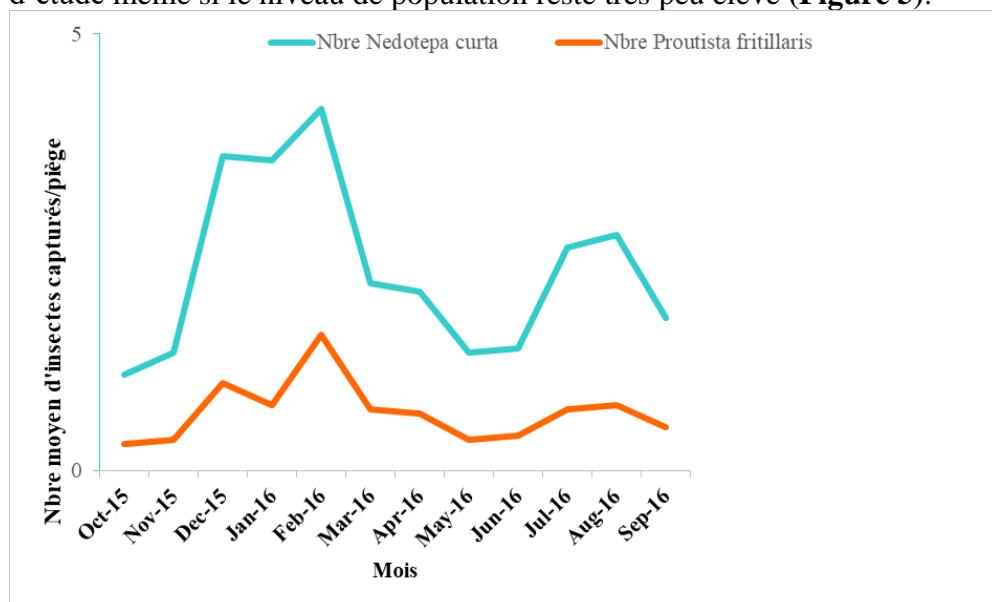


Figure 5. Fluctuation des populations de *Nedotepa curta* et *Proutista fritillaris* dans le site de Badodon

Dynamique saisonnière des populations de *Nedotepa curta* et *Proutista fritillaris* à Yaokro (zone au stade tertiaire et terminal de la maladie)

- **Dynamique des populations de *Nedotepa curta***

Sur ce site, la dynamique des populations de cette espèce a été beaucoup plus étalée dans le temps. Cependant, il a été observé un niveau de capture plus important de décembre 2015 à février 2016. Ce niveau de capture correspond à la grande saison sèche. Les maxima de capture ont été obtenus en février avec environ 10 individus capturés (**Figure 6**).

- **Dynamique des populations de *Proutista fritillaris***

Toutes les captures de cette espèce ont été très faibles, presque nulles sur ce site durant toute l'année (**Figure 6**).

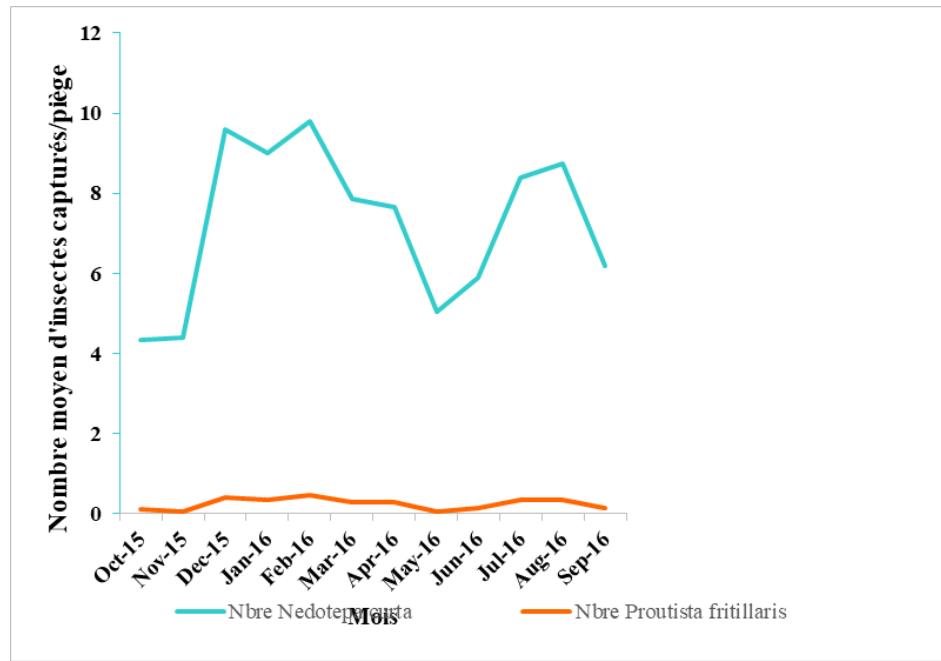


Figure 6. Fluctuation des populations de *Nedotepa curta* et de *Proutista fritillaris* sur le site de Yaokro

Influence des facteurs abiotiques sur la fluctuation des populations de *Nedotepa curta* et *Proutista fritillaris* à Badodon

❖ Température

Les résultats issus de la corrélation de Pearson indiquent une faible corrélation et non significative entre la température et le nombre de *N. curta* et de *P. fritillaris* (**Tableau I**). Ces résultats indiquent que la température n'a pas d'influence sur l'évolution des populations de ces insectes.

❖ Pluviométrie

Pour les individus de *N. curta* et de *P. fritillaris*, les corrélations obtenues ont été significatives et négatives entre le nombre d'individus et la pluviométrie moyenne mensuelle (**Tableau I**). Pour l'espèce *N. curta*, cette corrélation a été hautement significative (*N. curta* $r = -0,873$, $p < 0,0001$). Ces résultats indiquent que la pluie entraîne une baisse de la population de ces insectes.

❖ Humidité relative

Il a été noté une corrélation significative et négative entre l'humidité relative et le nombre d'individus de *N. curta* et de *P. fritillaris* (**Tableau I**). Ces résultats indiquent que l'humidité relative entraîne également une baisse de la population de ces insectes.

Tableau I. Corrélation de Pearson entre les facteurs abiotiques et les captures des potentiels vecteurs du JMC à Badadon entre octobre 2015 et septembre 2016

Groupe d'insecte	Coefficients de corrélation (r) et valeurs de la probabilité (p) au seuil 5 %		
	Température	Pluviométrie	Humidité Relative
<i>Nedotepa curta</i>	r = 0,090 p = 0,779	r = - 0,873 p < 0,0001	r = - 0,744 p = 0,005
<i>Proutista fritillaris</i>	r = 0,299 p = 0,345	r = - 0,784 p = 0,003	r = - 0,712 p = 0,027

Influence des facteurs abiotiques sur la fluctuation des populations de *Nedotepa curta* et *Proutista fritillaris* à Yaokro

❖ Température

Les résultats de l'analyse de la corrélation entre le nombre d'individus de *N. curta* et de *P. fritillaris* et la température ont montré une très faible corrélation et non significative (**Tableau II**). Ces résultats indiquent que la température n'a pas d'influence sur le développement des populations de ces insectes.

❖ Pluviométrie

Les pluviométries moyennes enregistrées ont eu une corrélation hautement significative et négative (**Tableau II**) sur les captures des individus de *N. curta* ($r = - 0,977$, $p < 0,0001$), et de *P. fritillaris* ($r = - 0,940$, $p < 0,0001$). Ces résultats indiquent que la pluviométrie influence le développement des populations de ces insectes.

❖ Humidité relative

Pour les individus de *N. curta* et de *P. fritillaris*, les corrélations obtenues ont été significatives et négatives entre le nombre d'individus et l'humidité relative (**Tableau II**). Ce qui indique que l'humidité influence le développement des populations de ces groupes d'insectes.

Tableau II. Corrélation de Pearson entre les facteurs abiotiques et les captures des potentiels vecteurs du JMC à Yaokro entre octobre 2015 et septembre 2016

Groupe d'insecte suivis	Coefficients de corrélation (r) et valeurs de la probabilité (p) au seuil 5 %		
	Température	Pluviométrie	Humidité Relative
<i>Nedotepa curta</i>	r = 0,062 p = 0,779	r = - 0,977 p < 0,0001	r = - 0,725 p = 0,027
<i>Proutista fritillaris</i>	r = 0,118 p = 0,714	r = - 0,940 p < 0,0001	r = - 0,710 p = 0,031

Discussion

L'étude a permis d'observer des fluctuations importantes des populations de *Nedotepa curta* et *Proutista fritillaris*, potentiels vecteurs du phytoplasme responsable de la maladie du jaunissement mortel du cocotier de Grand-Lahou pendant les deux saisons sèches de l'année d'étude (octobre 2015 à septembre 2016). Ces fluctuations observées s'expliqueraient par la

pullulation des espèces de ces familles pendant les périodes les plus chaudes. Des études menées par Martel et Michaud (2012) confirment que les activités et la prolifération des cicadelles sont plus sévères dans des conditions sèches.

Pour l'influence des facteurs abiotiques sur la fluctuation des populations, il a été noté des corrélations significativement négatives entre ces insectes et la température. Ainsi, au cours de l'étude, la température n'a pas affecté l'évolution des populations de ces insectes. Ceci serait dû par la capture des insectes réalisée dans la couronne (strate moyenne) des plants de cocotier. D'une manière générale, la température diminue progressivement de 1°C à partir de la canopée vers la strate moyenne jusqu'au sous-bois. Les études démontrent une augmentation du taux de croissance des insectes ravageurs en fonction d'une augmentation des températures (Patterson *et al.*, 1999 ; Fuhrer, 2003). En effet, plus la température augmente, plus la durée de développement de l'insecte se raccourcit permettant de faire plusieurs générations par an (Bale *et al.*, 2002).

Par contre, les pluviométries moyennes enregistrées ont eu une influence significative et négative sur les populations des probables vecteurs du JMC. Ainsi, les fortes pluies entraînent une baisse des populations de *Nedotepa curta* et *Proutista fritillaris*, mais encore plus celle de *N. curta* dont les corrélations négatives ont été hautement significatives pour les deux sites. En effet, les pluies abondantes lessiveraient les populations d'insectes vivant sur les feuilles des plantes et ce plus pour les populations de *N. curta* qui sont des Cicadellidae de petite taille. La pluviométrie est l'un des facteurs environnementaux qui influencent la prolifération des jassides (Cicadellidae) en culture cotonnière (Selvaraj *et al.*, 2011 ; Asifa *et al.*, 2014).

Tout comme la pluviométrie, la corrélation entre l'humidité relative et les fluctuations des populations des vecteurs probables du JMC est significative et négative. Les fortes humidités ont également entraîné la baisse des populations de *Nedotepa curta* et *Proutista fritillaris*. Ces résultats s'expliqueraient par l'humidité relative. Cette humidité serait un facteur limitant au développement de ces insectes. Selon Chandani et Sathe (2015), les perturbations climatiques, caractérisées par des pluies à faible intensité et de faibles valeurs d'humidité relative, seraient favorables au développement des jassides (Cicadellidae).

Conclusion

En rapport avec la dynamique des populations des vecteurs potentiels du phytoplasme *CILY* responsable de la maladie du jaunissement mortel du cocotier de Grand-Lahou, les fluctuations les plus importantes ont été observées pendant les deux saisons sèches (grande saison sèche et petite

saison sèche). La température n'a eu aucun effet sur la pullulation ces insectes. La température n'a pas influencé (positivement ou négativement) la dynamique de *Nedotepa curta* et *Proutista fritillaris*. Par ailleurs, la pluviométrie et l'humidité relative ont eu des effets négatifs sur leur dynamique.

References:

1. Allou, K. (2009). Etude comportementale et moyens de lutte par piégeage olfactif et par repulsion contre *Oryctes monoceros* Olivier (Coleoptera, Dynastidae), ravageur du cocotier (*Cocos nucifera* L.) en basse Côte d'Ivoire. Thèse d'Etat ès-Sciences Naturelles, 169 p UFR Biosciences, Université de Cocody, Abidjan, Côte d'Ivoire.
2. Allou, K., Issali, A.E., Lekadou, T., Konan-Konan, J.L., Zakra, N., Kouassi, P., Bourdeix, R., Morin, J.P., & Saraka, Y.D.M. (2012). Comparative synergetic effect of coconut palm (*Cocos nucifera* L.) slices and bunches residue of oil palm (*Elaeis guineensis* JACQ.) associated with two kinds of pheromone traps on *Oryctes monoceros* OLIVIER trapping in Côte d'Ivoire. *International Journal of Emerging Technological Advances in Engineering*, 2, 1-6.
3. Yao, A. A., Agneroh, T. A., Pohé, J., D'almeida, M. A., & Zama, P. (2012). Association d'organismes de type mycoplasmes avec le dépérissement mortel des cocotiers de Grand-Lahou en Côte d'Ivoire. *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, 6(3): 959-984.
4. Asifa, H., Muhammad, S.S., Abid, M., Saghir, A., & Noor, U.I. (2014). Forecasting and modeling of sucking insect complex of cotton under agro-ecosystem of Multan-Punjab, Pakistan. *J. Agri. Sci.*, 51(4), 997-1003.
5. Assa, R.R., Konan, J.L., Nemlin, J., Prades, A., Agbo, N., & Sie, R. (2006). Diagnostic de la cocoteraie paysanne du littoral ivoirien. *Sciences et Nature*, 3 (2), 113-120
6. Bale, J.C., Masters, G.J., Hodgkinson, I.D., Awmack, C., Bezemer, T.M., Brown, V.K., Butterfield, J., Buse, A., Coulson, J.C. & Farrar, J. (2002). Herbivory in global climate change research: direct effects of rising temperature on insect herbivores. *Glob. Change Biol.*, 8, 1-16.
7. Boheman, C. H. (1838). *Observationes in Derbe Genus, una cum specierum quinque novarum descriptionibus*, Handlingar. Kongliga Svenska Vetenskaps Akademien. Stockholm, 58: 223-230.
8. Bosco, D. & D'Amelio, R. (2010). Insect feeding behavior. Transmission, Specificity and Competition of multiple phytoplasmas in the insect vector. In *Phytoplasmas: genome, plant hosts and*

- vectors, eds. Weintraub, P. and Jones, P. *CAB International*, 293 - 309.
- 9. Chandani, S.K. & Sathe, T.V. (2015). Incidence and host plants for *Amrasca biguttula* (Ishida) from Kolhapur Region, India. *International Journal of Development Research*, 5 (3), 3658-3661. Available online at <http://www.journalijdr.com>
 - 10. Delvare, G. & Aberlenc, H.P. (1989). Les insectes d'Afrique et d'Amérique tropicale; Clés pour la reconnaissance des familles. 304 p. Prifas-Cirad, 34032 Montpellier Cedex 1-France.
 - 11. Dery, K.S., Philippe, R. & Mariau, D. (1996). Auchenorrhyncha (Homoptera), suspected vectors of coconut lethal yellowing disease in Ghana. *Plantations, Recherche, Developpement*, 3 (5), 355-363.
 - 12. Dmitriev, D.A. (2016). Three unusual species of Erythroneurini (Hemiptera: Cicadellidae) with descriptions of new genera. *Zootaxa*, 4173(2), 183 - 191.
 - 13. Dollet, M., Macome, F., Vaz, A. & Fabre, S. (2011). Phytoplasmas identical to coconut lethal yellowing phytoplasmas from Zambesia (Mozambique) found in a pentatomide bug in Cabo Delgado province. *Bulletin of Insectology*, 64, 139-140.
 - 14. FAO (2014). Organisation des Nations Unies pour l'Agriculture et l'Alimentation. Noix de coco, une culture essentielle pour les paysans du sud. [Htpp://faostat.fao.org/beta/](http://faostat.fao.org/beta/). p. 4-5.
 - 15. Fuhrer, J. (2003). Agrosystem responses to combinations of elevated CO₂, ozone and global climate change. *Agri., Ecosyst., and Environ.*, 97, 1-20.
 - 16. Gunn, B. F., Baudouin, L., & Olsen, K. M. (2011). Independent origins of cultivated coconut (*coconut nucifera L.*) in the old world tropics. *PLoS ONE*, 6 (6), e21143. doi: 10.1371/journal.pone.
 - 17. Howard, F.W., Norris, R.C. & Tomas, D.L. (1983). Evidence of transmission of palm Lethal Yellowing agent by planthopper *Myndus crudus* (Homoptera : Cixiidae). *Tropical Agriculture*, 60 (3), 168-171.
 - 18. Huffaker, C., Berryman, A., & Turchin, P. (1999). Dynamics and regulation of insect population. In: C.B. Huffaker & A.P. Gutierrez (eds). *Ecological entomology* 2nd ed, 269-305, Wiley, New York.
 - 19. Koffi, E.K., N'Djiha, I.B., Christopher, H.D., Adaba, T.T. K., Hortense, A.D., Ndede, Y.S.D., Michael, W., Jean-Louis, K.K., Nicoletta, C., Samanta, P., Assunta, B., & Yaima, A.R. (2018). Identification of *Nedotepa curta* Dmitriev as a potential vector of the Côte d'Ivoire lethal yellowing phytoplasma in coconut palms sole or in mixed infection with a 'Candidatus Phytoplasma asteris'-related strain. *Crop Protection*, 110, 48-56.

20. Konan, J.L., Allou, K., Lekadou, T.T., & Tahouo, O. (2013). Etude de la maladie du cocotier identifiée dans le département de Grand-Lahou. Projet FIRCA/Cocotier CNRA – COC NO 588. Rapport final, Mai 2012 –Septembre 2013, 34 p.
21. Martel, H. & Michaud, R. (2012). Réseau d'avertissements phytosanitaires, Avertissement N° 47, grandes cultures, 3 août 2012, MAPAQ, 7p.
22. Mpunami, A., Tymon, A., Jones, P., & Dickinson, M.J. (2000). Identification of potential vectors of the coconut lethal disease phytoplasma. *Plant Pathol.*, 49, 355-361.
23. Muyengi, Z.E., Msuya, E., & Lazaro, E. (2015). Assessment of factors affecting coconut production in Tanzania. *Journal of Agricultural Economics and Development*, 4, 83-94.
24. Patterson, D.T., Westbrook, J.K., Joycr, R.J.V., Lingren, P.D., & Rogasik, J. (1999). Weeds, insects, and diseases. *Clim. Change*, 43, 711-727.
25. Persley, J.G. (1992). In replanting the free of live. Towards an International Agenda for coconut Palm Research, 1-20.
26. Selvaraj, S., Adiroubane, D., & Ramesh, V. (2011). Population dynamics of leafhopper, *Amrasca devastans* Distant in cotton and its relationship with weather parameters. *Journal of Entomology*, 8 (5), 476-483. DOI:<http://dx.doi.org/10.3923/je.2011.476.483>.
27. Van Der Vossen, H.A.M. & Chipungahelo, G.S.E. (2007). *Cocos nucifera* L. In: Van der Vossen H.A.M et Mkamilo G.S. (Editeurs). PROTA 14 : Végétales oils/Oléagineux [CD-ROM]. PROTA, 1-17, Wageningen, Pays Bas.
28. Weintraub, P.G. & Beanland, L. (2006). Insect vectors of phytoplasmas. *Annu. Rev. Entomol.*, 615 51, 91-111.
29. Ziska, L.H. & Runion, B. (2007). Future weeds, pest, and disease problems for plants. In: Newton, P.C.C., Carran R.A., Edwards G.R., Niklaus P.A. Agro ecosystems in a changing climate, 261-279, Taylor & Francis group, New York

Efficacité et Rentabilité de L'utilisation du Compost à Base de Fiente de Poulet dans la Production de Plants d'hévéa de Pépinière en Sac

Essehi Jean Lopez

Centre National de Recherche Agronomique (CNRA),
Laboratoire Central Sols, Eaux et Plantes, Côte d'Ivoire

Adolphe Mahyao Germain

Centre National de Recherche Agronomique (CNRA),
Station de Recherche de Gagnoa, Côte d'Ivoire

Adou Bini Yao Christophe

Centre National de Recherche Agronomique (CNRA),
Station de Recherche de La Mé, Côte d'Ivoire

Obouayeba Samuel

Centre National de Recherche Agronomique (CNRA),
Station de Recherche de Bimpresso, Côte d'Ivoire

[Doi:10.19044/esj.2022.v18n27p366](https://doi.org/10.19044/esj.2022.v18n27p366)

Submitted: 09 May 2022

Copyright 2022 Author(s)

Accepted: 27 August 2022

Under Creative Commons BY-NC-ND

Published: 31 August 2022

4.0 OPEN ACCESS

Cite As:

Essehi J.J., Adolphe M.G., Adou B.Y.C. & Obouayeba S. (2022). *Efficacité et Rentabilité de L'utilisation du Compost à Base de Fiente de Poulet dans la Production de Plants d'hévéa de Pépinière en Sac*. European Scientific Journal, ESJ, 18 (27), 366.

<https://doi.org/10.19044/esj.2022.v18n27p366>

Résumé

La raréfaction du terreau, horizon humifère de surface, qui constitue le substrat de culture pour la production des plants d'hévéa en sac, amène les pépiniéristes d'hévéa à recourir à divers types de fertilisants dont le compost, pour améliorer la croissance des plants. Cependant, très peu d'études ont été consacrées à l'évaluation de l'effet de l'utilisation du compost en pépinière d'hévéa. Cette étude a été initiée en vue d'évaluer les effets de l'utilisation du compost à base de fient de poulet sur la production et la rentabilité de plants d'hévéa en pépinière dans les zones agro-écologiques du sud-est et du centre de la Côte d'Ivoire. Le dispositif expérimental utilisé est un bloc complet randomisé à six milieux de culture (substrats + fertilisants) répétés trois fois. Des données agronomiques et du calcul économique du rendement

ont été collectés et analysés. Les résultats obtenus en station et milieu paysan, ont montré que l'utilisation des substrats de culture à base de compost favorise une nette amélioration de la croissance des plants d'hévéa avec de faibles doses de compost comparativement au substrat témoin, non fertilisé. Sur les deux sites d'étude, la production des plants d'hévéa a été optimale et économiquement rentable avec la dose de compost de 300 g/plant, au sud-est et la dose 300 g/plant combinées à l'application fractionnée de 2 ; 3,5 et 5 g d'urée, au centre de la Côte d'Ivoire. Cependant, les doses plus élevées de compost (600 g/plant) ont eu un effet dépressif sur la croissance végétative des plantes d'hévéa, quel que soit le site. Les faibles doses de compost à base de fiente de poulet de 300 g/plant combinées ou non à l'application fractionnée d'urée peuvent donc être, dans les conditions de la présente étude, recommandées pour une production rentable de plants d'hévéa de pépinière en sac.

Mots-clés: Compost, pépinière d'hévéa, rentabilité économique, Côte d'Ivoire

Efficiency and Profitability of Using Chicken Dung-based Compost in the Production of Bagged Rubber Tree Nursery

Essehi Jean Lopez

Centre National de Recherche Agronomique (CNRA),
Laboratoire Central Sols, Eaux et Plantes, Côte d'Ivoire

Adolphe Mahyao Germain

Centre National de Recherche Agronomique (CNRA),
Station de Recherche de Gagnoa, Côte d'Ivoire

Adou Bini Yao Christophe

Centre National de Recherche Agronomique (CNRA),
Station de Recherche de La Mé, Côte d'Ivoire

Obouayeba Samuel

Centre National de Recherche Agronomique (CNRA),
Station de Recherche de Bimbesso, Côte d'Ivoire

Abstract

The scarcity of topsoil, the humus-bearing surface horizon that constitutes the substrate for the production of bagged rubber tree nursery, has led rubber nurserymen to resort to various types of fertilizers, including compost, to improve seedling growth. However, very few studies have been conducted to evaluate the effect of compost use in rubber nurseries. This study was initiated to evaluate the effects of using chicken manure-based

compost on the production and profitability of rubber seedlings in nurseries in the agro-ecological zones of southeastern and central Côte d'Ivoire. The experimental set-up used is a complete randomized block with 6 growing media (substrates + fertilizers) repeated in 3 times. Agronomic data and economic yield calculations were collected and analyzed. The results, obtained on station and on-farm, showed that the use of compost-based substrates favored a clear improvement in the growth of rubber seedlings with low doses of compost compared to the unfertilized control substrate. At both study sites, rubber plant production was optimal and economically profitable with the 300 g/plant compost dose in the southeast and the 300 g/plant dose combined with the split application of 2, 3.5 and 5 g urea in central Côte d'Ivoire. However, the higher doses of compost (600 g/plant) had a depressive effect on vegetative growth of rubber plants at all sites. The low doses of chicken droppings-based compost of 300 g/plant combined or not with the fractional application of urea can thus be, under the conditions of the present study, recommended for a profitable production of bagged rubber tree nursery plants.

Keywords: Compost, rubber tree nursery, economic profitability, Côte d'Ivoire

Introduction

L'hévéa (*Hevea brasiliensis* Muell Arg.) ou arbre à caoutchouc est une plante à latex de la famille des Euphorbiaceae originaire du bassin amazonien au Brésil (Bouyachou, 1963). Cette espèce, pouvant être exploitée de manière continue, est cultivée pour son latex dont la composition permet un traitement plus facile du caoutchouc, avec un rendement nettement supérieur à toutes les autres espèces végétales à latex connues (Compagnon, 1986). Il a été introduit en Côte d'Ivoire vers 1950, dans le cadre de la diversification des revenus des agriculteurs (Canh, 1999).

La production mondiale de caoutchouc estimée à plus de 13 millions de tonnes en 2020. Cette production est actuellement assurée par le continent asiatique qui détient plus de 93 % de la production totale, avec la Thaïlande au premier rang (Chantuma et Thasanasakul, 2018). Le reste de la production est assuré par l'Afrique pour 5 % et l'Amérique Latine pour 2 %. La Côte d'Ivoire en a produit 950 000 tonnes en 2020, soit 80 % du caoutchouc du continent et occupe, dorénavant, le 4^è rang mondial et le 1^è rang africain depuis 1997, avec l'un des meilleurs rendements au monde, soit 1650 kg.ha⁻¹.an⁻¹ (Kéli *et al.*, 1997).

L'hévéaculture, occupant une place importante au sein du secteur agricole ivoirien « moteur du développement économique » du pays, représente pour les planteurs des gains substantiels et réguliers (mensuels)

sur une longue période de vie de la plantation. C'est aussi, un précieux moyen de lutte contre la pauvreté en milieu rural par la création d'emplois : pépiniériste, greffeur, gestionnaire de jardin à bois de greffe, saigneur, régisseur et agent technique de plantation etc. (Toguila *et al.*, 2016). Aujourd'hui, l'hévéaculture revêt un intérêt économique considérable qui suscite un engouement sans cesse croissant chez de nombreuses populations en Côte d'Ivoire. A cet effet, nous assistons, à une extension remarquable de l'hévéaculture vers de nouvelles aires agroécologiques (centre, centre-est, nord-ouest de la Côte d'Ivoire) de moins en moins favorables à l'hévéa, qualifiées de zones marginales. L'expansion de cette aire hévéicole part nécessairement, de la pépinière qui, occupant une position charnière dans le cycle de production de matériel de plantation, est à l'origine de tout projet de création de plantation d'hévéa. Aussi, les pépinières d'hévéa restent-ils le seul moyen efficace d'obtenir du matériel de plantation de qualité, à même de garantir une exploitation rentable et durable. Les pépiniéristes d'hévéa sont confrontés à la raréfaction du terreau utilisé comme substrat de culture pour la production des plants d'hévéa de pépinière en sac (Essehi *et al.*, 2021). Dans certaines régions, il faut parcourir de longues distances pour trouver cette qualité de terre qui a pratiquement disparue du fait du raccourcissement de la durée des jachères. Ce qui amène les pépiniéristes à avoir de plus en plus recours à des produits fertilisants chimiques pour accélérer la croissance végétative des plants.

Or, l'utilisation intensive des engrains chimiques augmente certes, le rendement immédiat, mais déstructure et dégrade, progressivement, le sol (Cattan *et al.*, 2001) et l'environnement (Sohounou *et al.*, 2016). L'emploi excessif et non contrôlé de ces engrains de synthèse est souvent à l'origine du déséquilibre physico-chimique et microbiologique des sols, et parfois une sensibilité accrue des plantes aux maladies (Mouria *et al.*, 2010). Au regard des inconvénients des engrains chimiques de synthèse, il s'avère nécessaire de proposer une alternative, notamment en pépinière d'hévéa.

Le compostage, une technique de conversion biologique de matières organiques sous conditions contrôlées en un produit stable, hygiénique, riche en humus (Mustin, 1987), est une excellente solution alternative à l'emploi des engrains chimiques de synthèse. En effet, il est respectueux de l'environnement, viable à la fois techniquement et économiquement. Le compost joue un rôle très important dans l'amélioration des propriétés physico-chimiques et biologiques des sols. Cette amélioration pourrait se manifester par la réduction des risques pour la santé des plantes, ainsi que celles des dépenses des agriculteurs pour l'achat d'engrais minéraux (Misra *et al.*, 2005). En plus de l'atteinte d'une meilleure croissance, d'un bon développement pouvant garantir un bon rendement qualitatif et quantitatif

des plants d'hévéa en pépinière, tout compost produit devrait être économiquement rentable avant sa recommandation aux pépiniéristes.

Cette étude vise à déterminer la ou les dose(s) optimale(s) de compost qui rentabilise(ent) la production de plants d'hévéa de pépinière en sac.

Matériel et méthodes

Zone d'étude

L'étude a été conduite dans deux zones agroécologiques de la Côte d'Ivoire : l'une, sur la Station de Recherche du Centre National de Recherche Agronomique (CNRA) de Bimbresso, dans le sud-est (N 05° 18' 45,2" et W 004° 9' 18,9") et l'autre en milieu paysan, à Kimoukro au centre de la Côte d'Ivoire (N 06° 33' 0" et W 005° 15' 0"). Les climats, du sud-est de type subtropical humide et du centre de type équatorial de transition, sont caractérisés par quatre saisons nettement différenciées par leur régime pluviométrique bimodal (Brou, 2005). Les pluviométries moyennes annuelles sont estimées à 1 800 mm au sud-est et à 1200 mm au centre de la Côte d'Ivoire (Brou, 2005 ; Bakayoko *et al.*, 2012).

Le sol à Bimbresso, de type Ferralsol selon la WRB (Base de référence mondiale pour les ressources en sol, 2014) sur sables tertiaires, est profond et caractérisé par une texture sablo-argileuse dans les horizons de surface (Essehi, 2019). Sur le site de Kimoukro, le profil de sol ouvert appartient à la classe des Cambisols. Ces sols ont une structure générale grumeleuse à massive dans les horizons de surface et fragmentaire polyédrique en profondeur (Essehi, 2019). Le choix de ces deux sites tient compte de la forte représentativité de l'hévéaculture dans la zone du sud (aire traditionnelle de la culture de l'hévéa) et de l'orientation de cette culture vers le centre (Omont, 1982).

Matériel végétal et fertilisant

Le matériel végétal utilisé est constitué de plantules issues de graines d'hévéa du clone GT 1. Ce clone a été sélectionné en Indonésie dans la région de Gondang Tapen d'où il tire son nom et est considéré comme le clone de référence en Côte d'Ivoire (Anonyme, 1993). Sur le plan physiologique, le clone GT 1 est un clone primaire et est naturellement caractérisé par un excellent taux de réussite au greffage.

Le compost utilisé a été issu de couches de matières organiques mises en décomposition dans une fosse (4 m de long ; 2 m de largeur et 1,25 m de profondeur). Chaque couche a été composée de 10 kg de paille sèche de *Panicum*, 60 kg de fiente de poules pondeuses, 6 kg de cendre de bois de chauffe et de 1 kg d'urée à 46 % d'azote. Afin d'assurer une bonne aération et de permettre une fermentation aérobie, le contenu de la fosse a été

retourné et arrosé une fois par mois jusqu'à maturité du compost, 18 mois après sa mise en place.

La fertilisation minérale des plantules d'hévéa a été réalisée avec de l'urée [CO (NH₂)₂] titrant 46 % d'azote.

Dispositif expérimental et suivie de l'essai

L'essai a été mis en place selon un dispositif en bloc complet randomisé (BCR). La fertilisation organo-minérale a été le seul facteur étudié avec 6 milieux ou substrats de culture (Tableau 1). Chaque substrat ou traitement, répété 3 fois, est constitué de 40 plants. Le nombre de plants utiles pour l'expérimentation a été de 720 sur un total de 1152 plants.

Par ailleurs, deux parcelles expérimentales d'une superficie de 300 m² (20 m × 15 m) chacune, ont été défrichées manuellement et débarrassées des débris végétaux. Huit (8) tranchées séparées d'un mètre les unes des autres ont été ouvertes (largeur : 0,2 m ; longueur : 4 m, profondeur : 0,2 m) pour accueillir les sachets de pépinière. Ces sachets, de dimension 40 cm de longueur et 10 cm de largeur, remplis de la terre sortie des tranchées, ont été enterrés au 2/3 de la hauteur et disposés en tétraïdes discontinues. Chaque tranchée contenant 56 sachets a constitué une micro-parcelle. Des plantules âgées de 30 jours obtenus après semis de graines du clone GT 1 dans un germoir ont été utilisées pour le repiquage.

Les applications de compost ont été effectuées en une seule fois, au remplissage des sachets (Tableau 1). Trois applications d'urée (46 % N) ont été effectuées (Tableau 1). La première a été appliquée comme fumure de fond. La deuxième, à partir du deuxième étage foliaire mûr et la dernière application, un mois après le deuxième passage. L'urée a été dissoute dans l'eau (50 ml d'eau par plant) avant d'être apportée aux plants.

Les besoins en eau des jeunes plants d'hévéa en pépinière sont estimés à 120 mm d'eau par mois, en l'absence de pluies (Compagnon, 1986). En complément de la pluie, un arrosage des plants a été effectué manuellement à l'aide d'un arrosoir de capacité de 15 l. Les plants ont été arrosés trois fois par semaines à raison de 15 l d'eau pour 100 plants, à chaque passage, aux heures les moins chaudes de la journée (en début de matinée ou enfin d'après-midi). Le désherbage des pépinières a été fait manuellement, à chaque repousse de mauvaises herbes.

Tableau 1. Doses d'engrais minéral et de compost constituant les différents traitements

Milieu de culture	Engrais minéral (kg.ha ⁻¹)			Compost (t.ha ⁻¹)
	Fumure de fond	2 ^e étage foliaire mûr	3 ^e étage foliaire mûr	
S0	0	0	0	0
S1	360 (4 g/plant)	630 (7 g/plant)	990 (11 g/plant)	0
S2	0	0	0	27 (300 g/plant)
S3	0	0	0	54 (600 g/plant)
S4	180 (2 g/plant)	315 (3,5 g/plant)	495 (5,5 g/plant)	27 (300 g/plant)
S5	90 (1 g/plant)	157,5 (1,75 g/plant)	247,5 (2,75 g/plant)	54 (600 g/plant)

S0 : Témoin sans engrais ; **S1** : apport fractionné d'urée ; **S2, S3, S4 et S5** : Milieux ou substrats à base de compost avec ou sans apport fractionné d'urée

Collecte des données

Afin d'évaluer la performance des milieux de culture (substrats + fertilisants) utilisés, des mesures des paramètres de croissance ont été mesurées mensuellement durant le cycle de la pépinière, du premier au sixième mois après repiquage. Ces mesures ont porté sur la hauteur et le diamètre au collet des plants. La hauteur totale H (mm) du plant a été mesurée du collet jusqu'à l'extrémité apicale de la plante, à l'aide d'une règle graduée. Le diamètre au collet de la tige DC (mm) du plant, a été déterminé à 5 cm du sol à l'aide d'un pied à coulisse de type Stainless Hardened.

L'appréciation de l'impact des substrats de culture sur le développement racinaire des plants a été faite par des observations de la densité de la rhizosphère (profil racinaire). Elle a été basée sur les mesures de la longueur du pivot dominant (LP) et de la biomasse sèche racinaire (BSR) effectuées six (6) mois après le repiquage des plants à partir d'échantillons destructifs de neuf (9) plants pris au hasard dans chaque parcelle élémentaire (Figure 1). Pour chaque substrat de culture, la biomasse sèche racinaire (BSR) des plants a été obtenue par la détermination du poids sec du système racinaire (pivot + racines) des plants après séchage à 70 °C à l'étuve, pendant 48 H (Figure 1).

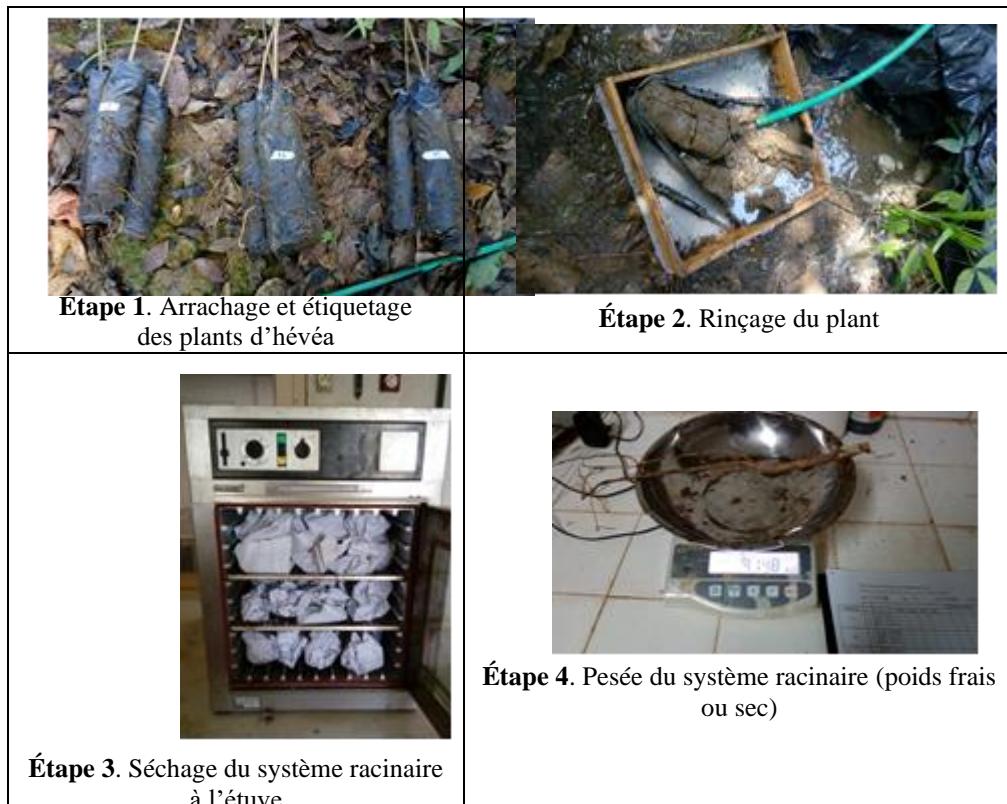


Figure 1. Observation et mesure de la densité racinaire de quelques plants d'hévéa

Pour évaluer la performance des substrats de culture confectionnés sur la qualité des plants d'hévéa obtenus, un greffage « en vert » a été réalisé avec des plants très jeunes, âgés de 4 à 6 mois. La greffe a été considérée définitivement réussie, lorsque 42 jours après le greffage, le greffon était toujours vivant (Compagnon, 1986). Les mesures de diamètre au collet (DC), effectuées deux mois (60 jours) après le greffage, ont également permis de déterminer le taux de plants transférables au champ (TxPT). Ce taux représente le pourcentage de plants réussi au greffage ayant un diamètre supérieur à 20 mm (voir formule 1).

$$\mathbf{TxPT(\%)} = \frac{\mathbf{NbPt(20)}}{\mathbf{NbPtT}} \times 100 \quad (1)$$

TxPT (%) : Taux de plants Transférables au champ après greffage ;

NbPt(20) : Nombre de Plants réussi au greffage ayant un diamètre supérieur ou égal à 20 mm ;

NbPtT : Nombre Total de Plants réussi au greffage.

L'analyse de rentabilité a été basée sur le calcul du rapport valeur/coût (R_i) (FAO, 2000). Le rapport R_i est obtenu par le quotient de la variation de la recette (VR_i) sur le Coût Total de la fertilisation (CTF_i). Ce rapport permet identifier le ou les meilleur(s) substrat(s) de culture facilement adoptable(s) par les pépiniéristes hévéaculteurs. La Marge Bénéficiaire (MB_i) est la différence entre la Variation de Recette (VR_i) et le Coût Total de Fertilisation (CTF_i). Le CTF prend en compte les Charges Fixes (CF), amortissement du matériel, et les Charges Variables (CV), main d'œuvre et intrants, de la production du compost à base de fiente de poulet. Les coûts totaux de la fertilisation des plants en pépinière en sac ont été estimés sur la base d'apports de 300 g/plant et 600 g/plant avec ou sans apport fractionné d'urée respectivement pour les milieux de culture (S2, S3, S4 et S5).

L'étude a considéré un coût de 15 000 F CFA/kg pour l'achat du kilogramme de l'urée et 2 000 F CFA/Homme-Jour pour la main d'œuvre agricole. L'analyse économique a été faite sous l'hypothèse *Ceteris Paribus*, supposant que toutes choses sont égales par ailleurs pour les éléments de coûts (achat de sachets pépinières, remplissage des sachets, arrosage des plants, greffage, etc.) communs aux substrats ou traitements. Les paramètres économiques (Re_i , B_i et R_i) sont obtenus à partir des formules 2, 3 et 4 suivantes :

$$Re_i = T_xPT \times 90\,000 \times PVPt \quad (2)$$

$$MB_i = VR_i - CTF_i \quad (3)$$

$$R_i = [VR_i / CTF_i] \quad (4)$$

Avec :

R_i = Rapport valeur/coût

Re_i = Recettes (en F CFA/ha/an)

CTF_i = Coût Total Fertilisation (en F CFA/ha/an)

MB_i = Marge Bénéficiaire (en F CFA/ha/an)

T_xPT = Taux de Plants Transférables au champ après greffage (en %)

$PVPt$ = Prix Vente Plant transférable au champ (250 F CFA/plant, Prix non subventionné)

i = milieu de culture (S0; S1; S2; S3; S4 et S5).

Analyse des données

Les données ont été collectées, d'une part, sur la croissance végétative et production des plants d'hévéa et, d'autre part, sur le calcul économique du rendement de l'utilisation des fertilisants. Ces données ont été saisies et traitées à l'aide du tableur Excel. Des analyses de variance

(ANOVA) à un facteur ont été utilisées pour évaluer les effets des substrats de culture sur les paramètres de croissance végétative. Les valeurs moyennes ont été classées selon la méthode de la plus petite différence significative (*ppds ou Lsd*) de Fisher. Les probabilités ont été évaluées au seuil de $\alpha = 5$ p.c. et Le logiciel Statistica version 7.1 a servi pour toutes ces analyses et le logiciel R version 4.1.2 pour les représentations graphiques.

Résultats

Détermination des caractéristiques physico-chimiques du compost mûr

Après analyse chimique réalisée au Laboratoire, les caractéristiques physico-chimiques du compost mûr sont mentionnées dans le tableau 2. L'analyse du tableau 2 montre que les caractéristiques physico-chimiques du compost qui a servi à fertiliser les plants ont été distinguées par une fraction granulométrique ($\varnothing \leq 10$ mm) de 95,54 avec un pH eau neutre (7,2). Ce compost a été plus riche en carbone total (7,72 %) comparativement au potassium qui a affiché la plus faible teneur en élément minéral (0,39 %).

Tableau 2. Caractéristiques physico-chimiques du compost à la maturité

Caractéristiques physico-chimiques			Caractéristiques chimiques (% ms)						
pH eau	% H	$\varnothing \leq 10$ mm	C _{tot}	N _{tot}	C/N	P _{tot}	K	Ca	Mg
7,2	30,16	95,54	7,72	0,64	12,06	0,68	0,39	1,99	0,87

% H : Humidité relative ; \varnothing : Fraction granulométrique ; % ms : pourcentage de matière sèche

Effets de substrats de culture sur l'évolution des paramètres de croissance végétative aérienne des plants d'hévéa en pépinière en sac en fonction des zones agro-écologiques de Côte d'Ivoire

L'analyse de l'évolution des paramètres de croissance végétative aérienne (Hauteur et Diamètre au Collet) des plants d'hévéa en pépinière au sud-est est présentée par la Figure 2. L'analyse des résultats sur les six (6) mois de croissance indique que sur les deux (2) premiers mois, aucune différence significative ($p > 0,05$) n'existe entre les substrats de culture pour tous les deux paramètres mesurés (hauteur et du diamètre au collet). Les valeurs moyennes à ces stades d'observations ont varié de 256,39 à 481,22 mm, pour la hauteur des plants et de 3,73 à 5,33 mm pour le diamètre au collet. A partir du troisième mois, des différences hautement significatives ($p < 0,01$) ont été enregistrées entre les substrats de culture, pour les deux paramètres de croissance évalués. D'une manière générale, les substrats à base de compost S2 (dose de 300 g/plant), S3 (dose de 600 g/plant) et S4 (dose de 300 g/plant combiné à un apport fractionné d'urée de 2 ; 3,5 et 5,5

g/plant) ont été plus performants par rapport le substrat témoin S0 (terreau seul, sans apport de compost ou d'urée), avec des différences statistiquement significatives pour les paramètres de croissance végétative étudiés sur toute la durée de l'expérimentation. Les valeurs moyennes de la croissance en hauteur à la fin de l'expérimentation, ont été de 1344,35 mm, 1281,10 mm et 1248,03 mm, respectivement, pour les substrats S2, S3 et S4 contre 1126,81 pour le substrat témoin S0 (terreau seul). Par ailleurs, ces mêmes tendances ont été observées au niveau du diamètre au collet des plants. Les plus fortes valeurs moyennes, observées, ont été de 13,84 mm, 13,41 mm, et 13,00 mm, respectivement pour les substrats S2, S3 et S4, contre 11,54 mm pour le substrat témoin S0.

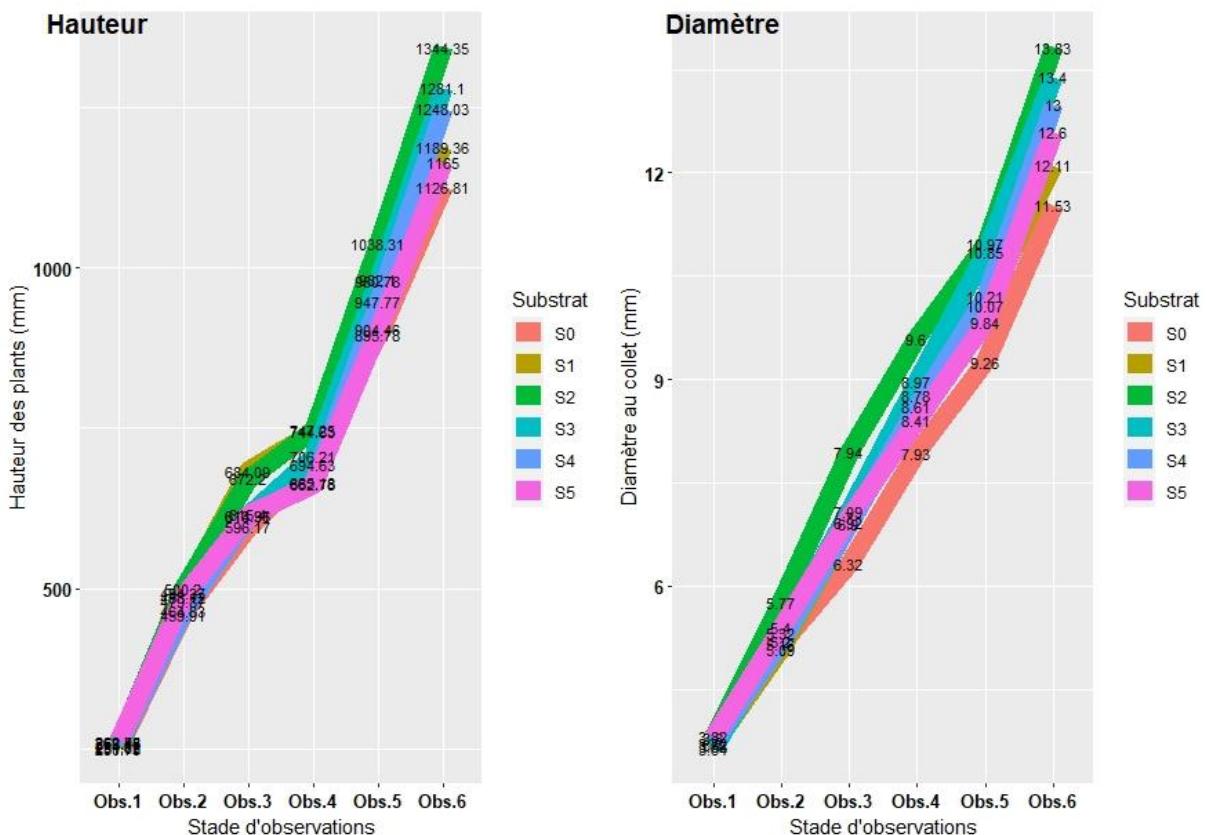


Figure 2 . Evolution de la hauteur et du diamètre au collet des plants d'hévéa à Bimbresso situé au sud-est de la Côte d'Ivoire

L'évolution des paramètres de croissance végétative (H et DC) des plants d'hévéa en pépinière sur le site de Kimoukro est présentée par la figure 3. L'analyse des quatre (4) premiers mois de croissance montre que l'évolution de la hauteur et du diamètre au collet des plants d'hévéas a été

statistiquement identique pour tous les traitements. Des différences significatives ($p < 0,05$) entre les substrats de culture ont été observées du 5^e au 6^e mois pour les paramètres mesurés. Ce sont les milieux ou substrats S4 (300 g/plant de compost combiné aux apports fractionnés de 2, 3,5 et 5,5 g d'urée) et le substrat S2 (apport fractionné de 4, 7 et 11 g d'urée seul) qui ont amélioré significativement la croissance végétative des plants d'hévéas en pépinière. Les valeurs moyennes de la croissance en hauteur à la fin de l'expérimentation, ont été de 1046,32 mm et de 1042,02 mm, respectivement, pour les substrats S4 et S1, contre 926,60 mm et 835,71 mm respectivement pour le substrat S0 (terreau seul sans apport d'engrais) et le substrat S5 (600 g/plant de compost combiné à un apport fractionné 1, 1,75 et 2,75 g d'urée). Au niveau du diamètre au collet, les plus fortes valeurs moyennes ont été obtenues avec les substrats S4 (10,59 mm) et S2 (10,13 mm).

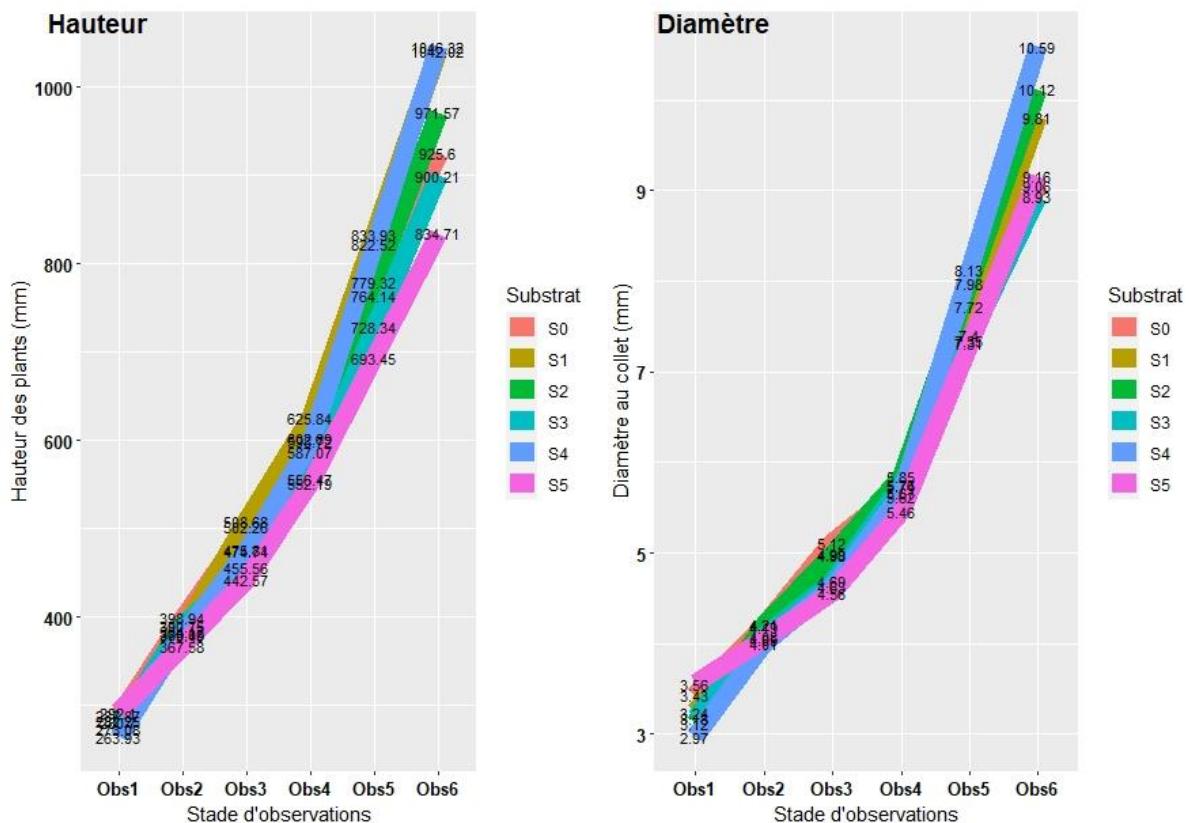


Figure 3. Evolution de la hauteur et du diamètre au collet des plants d'hévéa à Kimoukro situé au centre de la Côte d'Ivoire

Effet des substrats de culture sur les paramètres de croissance végétative souterraine

L'effet du substrat de culture sur la densité de la rhizosphère six mois après le repiquage des plants à Bimbresso et à Kimoukro est présenté par la figure 4. L'analyse de la longueur moyenne du pivot montre que la croissance du pivot des plants a été statistiquement identique pour tous les substrats de culture et ce quel que soit le site d'étude. Par contre, pour la production de la matière sèche racinaire, des différences significatives ($p < 0,05$) ont été observées entre les substrats de culture. Les substrats avec du compost, notamment, S2 à Bimbresso et S4 à Kimoukro, ont significativement amélioré la production de la biomasse racinaire avec des valeurs respectives de $14,83$ et $8,17 \text{ g.ms}^{-1}$. Les plus faibles productions de matières sèches racinaires ($9,05 \text{ g.ms}^{-1}$ à Bimbresso et $3,26 \text{ g.ms}^{-1}$ à Kimoukro) ont été obtenues avec le substrat S5.

Taux de plants transférables au champ 60 jours après le greffage

Les substrats de culture à base du compost ont eu des effets remarquables sur le taux de plants transférables (TxPT) au champ ($\emptyset \geq 20 \text{ mm}$) 60 jours après greffage (Figure 5). Les taux moyens de plants transférables au champ les plus élevés ont été obtenus avec les substrats de S2 (60,00 % à Bimbresso) et S4 (41,11 % à Kimoukro) comparativement aux taux du substrat témoin S0, qui ont été de l'ordre de 18,33 % et 16,67 %, respectivement à Bimbresso et Kimoukro. Par ailleurs, les taux moyens de plants transférables au champ pour tous les substrats à base de compost confondus (54,37 % à Bimbresso et 24,72 % à Kimoukro), ont été significativement supérieurs aux taux moyen des substrats témoin S0 (17,50 %) et apport fractionné d'urée S1 (21,80 %) sur les sites de Bimbresso et Kimoukro.

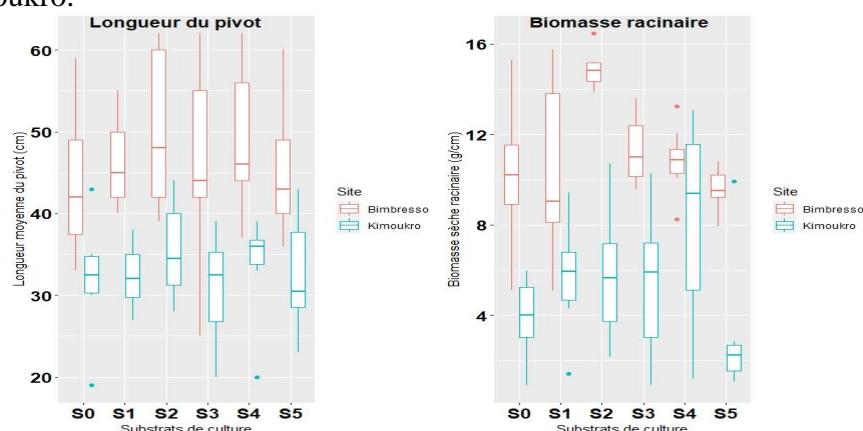


Figure 4. Longueur du pivot et biomasse racinaire sèche en fonction des substrats de culture six mois après le repiquage

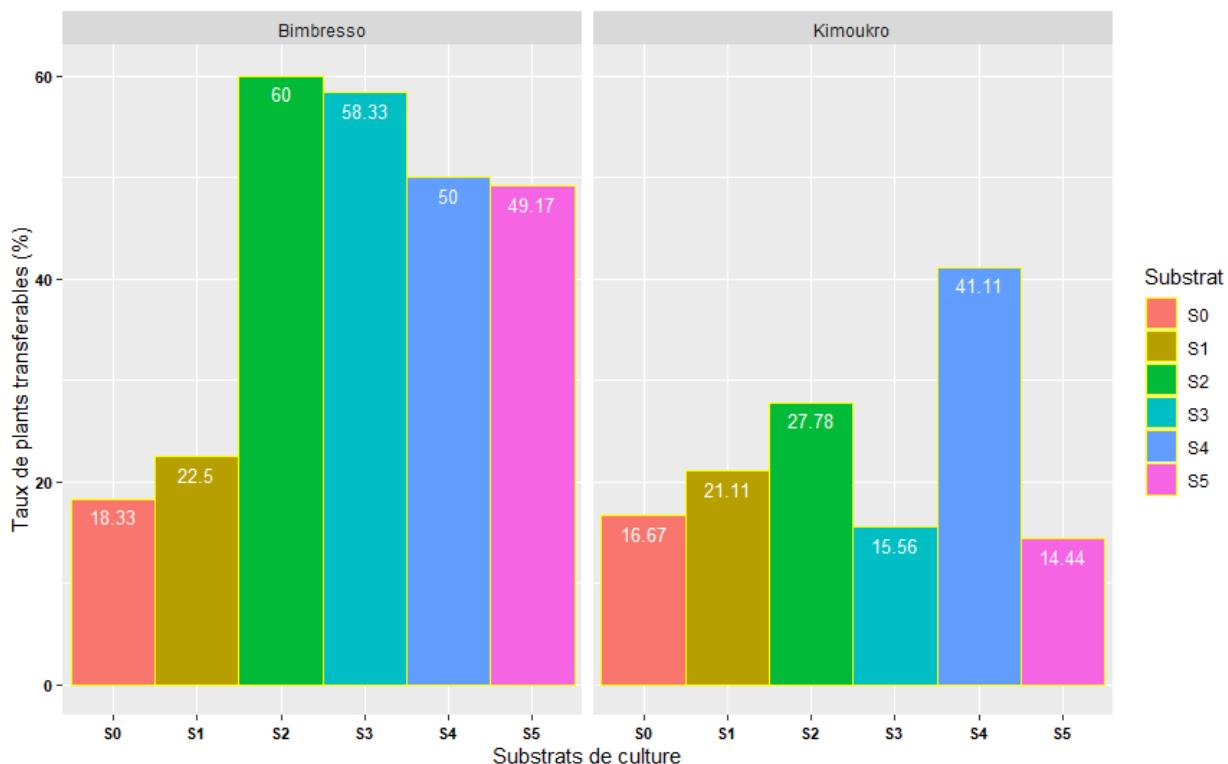


Figure 5. Taux de plants transférables au champ à 60 jours après greffage à Bimbresso et à Kimoukro

Rentabilité économique de la production de plants d'hévéa en pépinière en sac en fonction des zones agro-écologiques de Côte d'Ivoire

Le tableau 3 présente le nombre de plants transférables au champ par hectare (NPT/ha), les coûts totaux de fertilisation (CTE_i), les recettes (Re_i) et marges bénéficiaires (MB_i) tirés de la vente des plants dix (10) mois après la mise en place de la pépinière. Sur le site de Bimbresso, le nombre de plants transférables au champ a varié de 44 250 à 54 000 plants/ha pour les substrats à base de compost (S2, S3, S4 et S5) comparativement aux substrats S0 (16 500 plants/ha) et S1 (20 250 plants/ha). Sur le site de Kimoukro, le nombre de plants transférables le plus élevé a été obtenu avec le substrat S4 (37 000 plants/ha). Les recettes (Re_i) liées à la vente des plants d'hévéa ont varié de 4 125 000 à 13 500 000 F CFA/ha/an à Bimbresso et de 3 250 000 à 9 250 000 F CFA/ha/an à Kimoukro. Les variations de la recette (VR_i) enregistrées vont de 937 500 à 9 375 000 F CFA/ha/an à Bimbresso et de - 250 000 à 5 500 000 F CFA/ha/an. Les rapports valeur/coût (R_i) ont été supérieurs à deux (2) pour tous les milieux de culture avec ou sans compost/urée à Bimbresso [4,85 (S2), 2,26 (S3), 2,98 (S4)] et seulement

pour le milieu S4 (Urée ½ dose normale + 300 g/plant de compost) à Kimoukro [2,30 (S4)]. L'analyse du rapport R_i révèle que l'utilisation du compost est plus rentable avec les milieux de culture S3 (300 g/plant de compost) pour un gain annuel de 9 375 000 FCFA/ha en station de Recherche (Bimpresso, sud-est de la Côte d'Ivoire) et S5 (urée ½ dose normale + 300 g/plant de compost pour 5.500.000 FCFA/ha en milieu paysan (Kimoukro, centre de la Côte d'Ivoire).

Tableau 3. Récapitulatif des coûts de production des recettes et des bénéfices après apport des différents traitements

Sites d'étude	Traitements ou milieux	NP T/h a	R _{ei} (F CFA/ha /an)	VR _i	CTF _i (F CFA/ha /an)	MB _i (F CFA/ha/ an)	R _i
Bimpresso (Sud-est)	S0 (témoin, sans engrais)	16 500	4 125 000	0	0	0	0
	S1 (urée, dose recommandée)	20 250	5 062 500	937 500	665 000	272 500	1,40
	S2 (300 g/plant de compost)	54 000	13 500 000	9 375 000	2 016 500	7 358 500	4,65
	S3 (600 g/plant de compost)	52 500	13 125 000	9 000 000	3 987 500	5 012 500	2,26
	S4 (urée 1/2 dose recommandée + 300 g/plant de compost)	45 000	11 250 000	7 125 000	2 391 500	4 733 500	2,98
	S5 (urée 1/4 dose recommandée + 600 g/plant de compost)	44 250	11 062 500	6 937 500	4 202 500	2 735 000	1,65
Kimoukro (Centre)	S0 (témoin, sans engrais)	15 000	3 750 000	0	0	0	0
	S1 (urée, dose recommandée)	19 000	4 750 000	1 000 000	665 000	335 000	1,50
	S2 (300 g/plant de compost)	25 000	6 250 000	2 500 000	2 016 500	483 500	1,24
	S3 (600 g/plant de compost)	14 000	3 500 000	- 250 000	3 987 500	- 4 237 500	-0,06
	S4 (urée 1/2 dose recommandée + 300 g/plant de compost)	37 000	9 250 000	5 500 000	2 391 500	3 108 500	2,30
	S5 (urée 1/4 dose recommandée + 600 g/plant de compost)	13 000	3 250 000	- 500 000	4 202 500	- 4 702 500	-0,12

NPT/ha = Nombre de plants transférables pour 90 000 plants installés par substrat de culture ; **R_{ei}**= Recettes (en F CFA/ha/an), **CTF_i**= Coûts totaux de la fertilisation, **MB_i** = Marge Bénéficiaire (en F CFA/ha/an) ; **R_i** = Rapport Valeur/coût ($R_i = [VR_i / CTF_i]$)

Ces doses de compost appliquées au terreau permettent de compenser les coûts directs liés à l'utilisation du compost (coût de la main d'œuvre et achat de matériels techniques et fertilisants pour la production de compost). L'emploi de fortes doses de compost (600 g/plant) à Kimoukro au centre de

la Côte d'Ivoire a par contre occasionné une perte respective de 250 000 et de 500 000 F CFA/ha/an.

Discussion

Effets des zones agro-écologiques sur la croissance des plants d'hévéa en pépinière en sac

Les résultats obtenus dans cette étude témoignent que les substrats à base de compost se sont montrés plus performants que le substrat témoin (S0, non fertilisé). Cette performance pourrait être liée d'une part, à la maturité du compost obtenu et d'autre part, à sa richesse en éléments fertilisants. Les éléments nutritifs issus de la minéralisation de la fiente de poulet (Biekré *et al.*, 2018) et de la paille sèche de *Panicum maximum* ont pu enrichir le sol et contribuer favorablement au développement des plants d'hévéa. Ceci confirme les observations faites par Amadji *et al.* (2009) après utilisation du compost enrichi avec la fiente de poulet pour la production de choux sur sol sableux. L'impact positif de la fertilisation organique sur les caractéristiques du sol et les paramètres de croissance végétative avait aussi été montré par Essehi *et al.* (2016) sur de l'hévéa en phase d'installation au sud de la Côte d'Ivoire. Ces résultats obtenus indiquent que les éléments nutritifs majeurs, en l'occurrence l'azote, le phosphore et le potassium, seraient plus disponibles dans les substrats de culture à base de compost que dans les autres substrats (S0 et S1). Les observations faites de l'appréciation de l'impact du compost sur la densité de la rhizosphère, six mois après le repiquage des plants, ainsi que les meilleurs taux de plants transférables au champ (TxPT) obtenus avec les substrats de culture à base de compost pourraient constituer un bon indicateur de performance de l'utilisation du compost pour la confection des substrats de culture. Cependant, contre toute attente et quel que soit le site, des retards de croissance des plants ont été observés au niveau des substrats à forte dose de compost (S3 et S5). Ces retards observés pourraient être la conséquence de l'action alcalinisante du compost sur le sol, qui réduit considérablement l'acidité du sol, rendant moins efficace les fertilisants. Le milieu devenant de davantage alcalin inhiberait probablement la pleine expression des racines des hévéas pour l'absorption des éléments nutritifs nécessaires à sa croissance. Ce phénomène a été bien mis en évidence dans des expériences de cultures en pots où la chlorose et le défaut de croissance se manifestèrent dès à des pH supérieurs à 6,5 (Rhines *et al.*, 1952). Par ailleurs, Ferrand (1944) faisant cette même observation, a décliné les méthodes utilisant la pratique du brûlage dans la mise en valeur des sols forestiers destinés à la pépinière d'hévéa. Selon cet auteur, le tas de cendre laissé après brûlage des souches de bois, alcalinise localement la terre et fait des taches sur lesquelles les jeunes hévéas ne poussent pas. En outre, Compagnon (1986) indique que la

disponibilité en eau pour les racines des plants d'hévéa en sac serait aussi un facteur limitant de sa croissance. En effet, selon Sizaret (1991) le mode de repiquage (en sac) a l'inconvénient d'un mauvais développement des plants d'hévéa. Ces derniers sont plus susceptibles au stress hydrique que les plants repiqués en pleine terre. Le volume de terre exploité par le système racinaire des jeunes hévéas en sac étant réduit, la baisse de l'humidité du sol crée un déficit hydrique dans la plante qui augmente la succion des feuilles, mais surtout fait fermer les stomates (Heller, 1984). Ce phénomène provoqué par la fermeture des stomates, inhibe la photosynthèse. Or, c'est au cours de la photosynthèse que la plante élabore des substances, notamment, les sucres pour sa croissance. Ce qui explique bien la faible croissance des plants observée durant les périodes sèches allant de décembre à février (2^e au 5^e mois de croissance) à Bimbresso (Sud-est) et de décembre à mars (3^e au 6^e mois de croissance) à Kimoukro (Centre). Ce résultat suggère que la quantité et la fréquence d'apport d'eau (15 l d'eau pour 100 plants, trois fois au cours de la semaine), en complément de la pluviométrie, ont été insuffisantes en période sèche.

Rentabilité de l'utilisation du compost à base de fiente de poulet dans la production de plants d'hévéa de pépinière en sac

Les résultats obtenus montrent que seules les doses de 300 g de compost par plant, combinées ou non aux applications fractionnées de l'urée (S2 et S4), ont été plus rentables et permettent de couvrir les dépenses liées à la production et à l'utilisation du compost en pépinière d'hévéa en sac. Au regard de ces résultats, l'apport des fortes doses de fertilisants de 600 g de compost par plant réduit sensiblement la rentabilité. Ceci confirme les conclusions des études de Mbonigaba (2007), M'zée (2008), Kitabala *et al.* (2016) sur les cultures de tomate, du blé, du chou, et celles de Kimuni *et al.* (2014) sur la culture du maïs qui préconisent l'utilisation de petites quantités de compost pour la fertilisation. De façon globale, la fertilisation à dose de 300 g de compost/plant est rentable aussi bien en zone traditionnelle de culture de l'hévéa (Sud-est) qu'en zone marginale (Centre de la Côte d'Ivoire). Au centre, la combinaison de la dose de 300 g de compost devra être accompagnée de la ½ dose d'urée (2 ; 3,5 et 5,5 g/plant) pour améliorer la rentabilité de la fertilisation organique en pépinière d'hévéa. L'élaboration des milieux de culture à base de compost avec les doses de 300 g/plant (S2) à Bimbresso et de 300 g/plant combinées aux applications fractionnées (2 ; 3,5 et 5,5 g/plant) de l'urée (S4) à Kimoukro, qui ont permis d'avoir un retour sur investissement très considérable, sont recommandables pour une production durable de plants d'hévéa de pépinière en sac. Toutefois, Baum et Heady (1957) rapportent que les doses économiquement optimales, pour lesquelles l'utilisation des fertilisants organiques est rentable, dépendent à la

fois de la disponibilité des ressources ou matières premières et des fluctuations des coûts des différentes spéculations sur le marché.

Conclusion

Les résultats obtenus dans cette étude ont montré que l'utilisation des substrats de culture à base de compost favorise une nette amélioration de la croissance végétative des plants d'hévéa de pépinière en sac. Il ressort également des résultats que la fertilisation, quelle que soit sa forme, est indispensable à la production rentable de plants d'hévéa de pépinière en sac. La production des plants d'hévéa a été optimale et économiquement rentable avec des doses de compost de 300 g/plant au sud-est et de 300 g/plant combiné à l'application fractionnée d'urée, au Centre de la Côte d'Ivoire. Les fortes doses de compost (600 g/plant) ont eu un effet dépressif sur la croissance végétative des plants d'hévéa de pépinière en sac, quel que soit le site d'étude. De ce fait, les faibles doses de composts de 300 g/plant combinées ou non à l'application fractionnée d'urée peuvent être, dans les conditions de la présente étude, recommandées pour la production de plants d'hévéa de pépinière en sac. Cependant, nos résultats ont également montré que la disponibilité en eau pour les plants d'hévéa dans les pépinières en sac était un facteur limitant, en particulier à Kimoukro (Centre), une zone caractérisée comme marginale pour l'hévéaculture. Ainsi, une expérimentation factorielle, qui permettrait de définir la meilleure combinaison de fertilisation et d'irrigation, selon le site ou la localité, serait concevable.

Remerciements

Les auteurs tiennent à remercier le Fonds Interprofessionnel pour la Recherche et le Conseil Agricole (FIRCA) et l'Association des Professionnels et Manufacturiers de Caoutchouc (APROMAC) de Côte d'Ivoire pour le soutien financier à cette étude.

Conflits d'intérêts

Les auteurs ne déclarent aucun conflit d'intérêt concernant la publication de cet article.

References:

1. Amadji GL, Saïdou A & Chitou L. (2009). Recycling of residues in compost to improve coastal sandy soil properties and cabbage shoot yield in Bénin. International Journal of Biological and Chemical Sciences, 3(2), pp. 192 – 202.
2. Anonyme (1993). Recueil de fiches clones Hévéa. CIRAD-CP, 12 Square Pétrarque-75116 Paris, CSR, St Gely du Fesc. Juin 1993.

3. Bakayoko S, Kouadio KKH, Soro D, Tschannen A, Nindjin C, Dao D & Girardin O. (2012). Rendements en tubercules frais et teneurs en matière sèche de soixante-dix nouvelles variétés de manioc (*Manihot esculenta Crantz*) cultivées dans le centre de la Côte d'Ivoire, Journal of Animal and Plant Sciences, 2012. Vol. 14, Issue 2, pp. 1961 – 1977.
4. Baum EL, & Heady EO. (1957). Overall economic considerations in fertilizer use. Economic and technical analysis of fertilizer innovations and resource use, pp. 187 – 206.
5. Biekré AHT, Tié BT & Dogbo DO. (2018). Caractéristiques physico-chimiques des composts à base de sous-produits de ferme de Songon en Côte d'Ivoire, International Journal of Biological and Chemical Sciences, 12(1), pp. 596 – 609.
6. Bouychou JG. (1963). Manuel du planteur d'hévéa: la biologie de l'hévéa. Société d'éditions techniques continentales, 50 p.
7. Brou TY. (2005). Climat, mutations socio-économiques et paysage en Côte d'Ivoire. Mémoire de synthèse des activités scientifiques présentées en vue de l'obtention de l'habilitation à diriger des recherches. Université des Sciences et Technologies de Lilles, France, 226 p.
8. Canh TV. (1999). Recherche pour le secteur hévéicole en Côte d'Ivoire. Plantation, Recherche, Développement, 6 (2), pp. 102 – 105.
9. Cattan P, Letourmy P, Zagré B, Minougou A & Compaoré E. (2001). Rendement de l'arachide et du sorgho en rotation sous différents itinéraires techniques au Burkina Faso. Cahiers agricultures, 10 (3), 159-172.
10. Chantuma P., & Thasanasakul P., 2018. Good agricultural practices (GAP) standards for rubber plantation and harvesting fresh latex from the field, International Rubber Conference (IRC) and IRRDB, Annuel Meeting, 22th – 24th october 2018, Abidjan, Côte d'Ivoire, 6 p.
11. Compagnon P. (1986). Le caoutchouc naturel. Maisonneuse & Larose, Eds. Paris, France, 595 p.
12. Essehi JL. (2019). Valorisation agronomique des déchets de ferme par compostage pour l'amélioration de la croissance végétative en pépinière en sac de *Hevea brasiliensis* Muell. Arg. (Euphorbiaceae) en Côte d'Ivoire, Thèse de Doctorat Unique, Unité de Formation et de Recherche des Sciences de la Terre et des Ressources Minières (UFR STRM) de Université Félix Houphouët-Boigny de Cocody (Côte d'Ivoire), 185 p.
13. Essehi JL, Gala BTJ, Kassin KE, Soumahin EF, Okoma KM, Obouayeba S & Yao-Kouamé A. (2016). Impact de la fertilisation organique sur quelques caractéristiques du sol et les paramètres de

- croissance de l'hévéa (*Hevea brasiliensis* Müll Arg.) en phase d'installation à Bonoua dans le Sud de la Côte d'Ivoire, International Journal of Innovation and Scientific Research, Vol. 27, N° 1, pp. 143 – 154.
14. Essehi JL, Soumahin EF, Yao GF, Obouayeba S & Yao-Kouamé A. (2021). Improving the Quality of Rubber Plants in Bagged Nurseries by the Use of Compost-Based Culture Substrates. Open Journal of Soil Science, 11, 567-585. <https://doi: 10.4236/ojss.2021.1111028>
 15. FAO, (2000). Fertilizers and their use – A pocket guide for extension officers. Fourth edition. FAO, Rome, 34 p.
 16. Ferrand M. (1944). « Phytotechnie de *Hevea brasiliensis* » Bibliothèque agronomique belge. Librairie agricole de la maison rustique. Jules Duculot Editeur, Paris, 435 p.
 17. Heller R. (1984). Physiologie végétale, 1. Nutrition, 3^e Edition, MASSON, Paris, France, pp, 101 – 136.
 18. Kéli ZJ, Kpolo DM, Déa GB, Boa D. & Allet-Don A. (1997). L'hévéaculture en Côte d'Ivoire : Situation actuelle et perspectives. Plantations, Recherches, Développement 4 (1), pp. 5 – 11.
 19. Kimuni NL, Hugues TI, Musaya ME, Okese EA, Lukangila BAM, Lubobo KA, Mubemba MM, & Longanza BL. (2014). Influence de la fertilisation à base des déchets humains recyclés, des engrains minéraux et de leur combinaison sur le comportement de 3 variétés de maïs (*Zea mays* L.) Journal of Applied Biosciences 77, pp. 6500 – 6508.
 20. Kitabala MA, Tshala UJ, Kalenda MA, Tshijika IM, & Mufind KM. (2016). Effets de différentes doses de compost sur la production et la rentabilité de la tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) dans la ville de Kolwezi, Province du Lualaba (RD Congo). Journal of Applied Biosciences 102, pp. 9669 – 9679.
 21. M'Zee SP. (2008). Influence d'apports en matières organiques sur l'activité biologique et la disponibilité du phosphore dans deux sols de la région des lacs d'Afrique. Thèse de Doctorat, Faculté Universitaire des Sciences Agronomiques de Gembloux, 240 p.
 22. Mbonigaba MJ. (2007). Étude de l'impact des composts à base de biomasse végétale sur la dynamique des indicateurs physico-chimiques, chimiques et microbiologiques de la fertilité des sols: application sur trios sols acides tropicaux du Rwanda. Thèse de doctorat, FUSAGx, Gembloux, Belgique, 243 p.
 23. Misra RV, Roy RN, & Hiraoka H. (2005). Méthodes de compostage au niveau de l'exploitation agricole. Document de travail sur les terres et les eaux, FAO, Rome, Italie, 48 p.

24. Mouria B, Ouazzani-Touhami A, Mouria A & Douira A. (2010). Valorisation agronomique du compost et de ses extraits sur la culture de la tomate, *Revue Ivoirienne des Sciences et Technologie*, 16 (2010) 165 – 190 ISSN 1813-3290
25. Mustin M. (1987). *Le compost. Gestion de la matière organique*. Paris, (Eds) François Dupuis, Paris, France, 954 p.
26. Omont H. (1982). Plantation d'hévéa en zone climatique marginale. *Revue Générale des Caoutchoucs et Plastiques*, n° 625, pp. 75 – 79.
27. Rhines CE, Mc Gavack J & Linke CJ. (1952). Mineral nutrition of *Hevea brasiliensis*. *Rubber Age* (N. Y.), 70, pp. 467 – 474.
28. Sizaret A. (1991). Techniques de multiplication et de plantation des arbres fruitiers sous climat soudano-sahélien, CIRAD (Eds), 13 p.
29. Sohounou, M., Vissin, E. W., Deguenon, A. Y., Dougnon, D. L., Atiye, Y. E., Idani, M., & Agbossou, K. E. (2016). Impacts de l'utilisation des Engrais chimiques sur les cultures maraîchères du site maraîcher de Houeyaho dans la commune de Cotonou (Bénin, Afrique de l'Ouest). *Journal de la Recherche Scientifique de l'Université de Lomé*, 18(3), 31-40.
30. Toguila TB, N'diaye ON & Attobra A. (2016). Dispositif d'assistance technique pour le transfert de technologies aux planteurs d'hévéa en Côte d'Ivoire. Atelier régional de l'IRRDB, 28-30 septembre 2016, Yamoussoukro, Côte d'Ivoire, 26 p.

Violence Obstétricale dans la Ville de Tanguieta au Bénin en 2019

Atade Sèdjro Raoul

UER en gynécologie Obstétrique, Institut de Formation en Soins Infirmiers et Obstétricaux (IFSIO), Université de Parakou, Bénin

Obossou Achille Awadé Afoukou

Sidi Rachidi Imorou

Vodouhe Mahublo Vinadou

UER en gynécologie Obstétrique, Faculté de Médecine, Université de Parakou, Bénin

Soule Garia Fassia

Gbaguidi Houéfa Gloria

UER en gynécologie Obstétrique, Institut de Formation en Soins Infirmiers et Obstétricaux (IFSIO), Université de Parakou, Bénin

Hounkponou Ahouingnan Fanny Maryline Nouessèwa

Salifou Badariyatou

Salifou Kabibou

UER en gynécologie Obstétrique, Faculté de Médecine, Université de Parakou, Bénin

[Doi:10.19044/esj.2022.v18n27p387](https://doi.org/10.19044/esj.2022.v18n27p387)

Submitted: 31 June 2022

Copyright 2022 Author(s)

Accepted: 29 July 2022

Under Creative Commons BY-NC-ND

Published: 31 August 2022

4.0 OPEN ACCESS

Cite As:

Atade S.R., Obossou A.A.A., Sidi R. I., Vodouhe M.V., Soule G.F., Gbaguidi H.G., Hounkponou Ahouingnan F.M.N. Salifou B. & Salifou K. (2022). *Efficacité et Rentabilité de L'utilisation du Compost à Base de Fiente de Poulet dans la Production de Plants D'hévéa de Pépinière en Sac*. European Scientific Journal, ESJ, 18 (27), 387.

<https://doi.org/10.19044/esj.2022.v18n27p387>

Resumé

Introduction: La violence obstétricale est une expérience dont la reconnaissance varie d'une personne à l'autre, d'un contexte à l'autre. Les femmes qui accouchent dans les maternités de Tanguiéta subissent-elles des violences ? **Objectif :** Etudier les violences obstétricales dans la ville de Tanguieta. **Méthode d'étude :** Il s'est agi d'une étude transversale à visée descriptive allant du 21 octobre au 21 décembre 2020. L'étude avait porté

sur 374 femmes ayant accouché au moins une fois dans les maternités de la ville de Tanguiéta. **Résultats :** La moyenne d'âge des femmes enquêtées était de 24,63 ans. Elles étaient ménagères dans 43,35%, non scolarisées dans 65,32%, chrétiennes dans 63,01% et mariées dans 80,92%. Au terme de l'étude, 46,26% des femmes reconnaissaient avoir subies au moins une fois une violence obstétricale. Les violences verbales et corporelles ont été citées respectivement dans 94,80% et 88,84%. L'accouchement était le moment où les femmes ont subi le plus de violence obstétricale (71,10%). Les auteurs des violences étaient en majorité les sages-femmes dans 56,07%. La plupart des femmes violentées, ont décrié la violence obstétricale dans 77,46% mais n'en ont parlé à personne dans 60,12%. Elles étaient conscientes que les violences obstétricales peuvent faire l'objet de dénonciation (81,50%). Mais aucun auteur d'acte de violence n'a été dénoncé car pour elles le plus important était que leur bébé soit en parfaite santé (87,86%). **Conclusion :** Les maternités de la ville de Tanguiéta ne sont pas en marge des violences obstétricales.

Mots-clés: Violence obstétricale, violence verbale, violence corporelle, consentement, Tanguiéta

Obstretical Violence in the City of Tanguieta in Benin in 2019

Atade Sèdjro Raoul

UER en gynécologie Obstétrique, Institut de Formation en Soins Infirmiers et Obstétricaux (IFSIO), Université de Parakou, Bénin

Obossou Achille Awadé Afoukou

Sidi Rachidi Imorou

Vodouhe Mahublo Vinadou

UER en gynécologie Obstétrique, Faculté de Médecine, Université de Parakou, Bénin

Soule Garia Fassia

Gbaguidi Houéfa Gloria

UER en gynécologie Obstétrique, Institut de Formation en Soins Infirmiers et Obstétricaux (IFSIO), Université de Parakou, Bénin

Hounkponou Ahouingnan Fanny Maryline Nouessèwa

Salifou Badariyatou

Salifou Kabibou

UER en gynécologie Obstétrique, Faculté de Médecine, Université de Parakou, Bénin

Abstract

Introduction: Obstetric violence is an experience whose recognition varies from person to person, from context to context. Do women who give birth in Tanguiéta maternity hospitals suffer from violence? **Objective:** To study obstetric violence in the city of Tanguieta. Study method: This was a descriptive cross-sectional study from October 21 to December 21, 2020. The study involved 374 women who gave birth at least once in maternity hospitals in the city of Tanguiéta. **Results:** The average age of the women surveyed was 24.63 years. They were housewives in 43.35%, out of school in 65.32%, Christian in 63.01% and married in 80.92%. At the end of the study, 46.26% of women admitted to having suffered obstetric violence at least once. Verbal and physical violence were cited in 94.80% and 88.84% respectively. Childbirth was the time when women experienced the most obstetric violence (71.10%). The perpetrators of violence were mostly midwives in 56.07%. Most of the abused women decried obstetric violence in 77.46% but did not tell anyone about it in 60.12%. They were aware that obstetric violence can be denounced (81.50%). but no perpetrator of acts of violence has been denounced because for them the most important thing was that their baby be perfectly healthy (87, 86%). **Conclusion:** Maternities in the city of Tanguiéta are not immune to obstetric violence.

Keywords: Obstetric violence, verbal violence, physical violence, consent, Tanguiéta

Introduction

Partout dans le monde, de nombreuses femmes font l'expérience de traitements non respectueux lors de l'accouchement en établissement de soins (OMS, 2014). Ces dernières années, de milliers de femmes dans le monde entier ont dénoncé, sur les réseaux sociaux et dans les médias, des actes sexistes et des violences subis pendant les consultations prénatales ou lors de leur accouchement (Blondin, 2019).

Dans le même temps, l'expérience négative de l'accouchement est subjective et de diverses natures (Levesque et *al*, 2016). En effet, le personnel médical peut conclure qu'un accouchement s'est bien déroulé puisque la mère et le bébé sont en « parfaite santé » alors que, pour sa part, la mère a vécu une expérience difficile (Labrecque, 2018). De plus ce qui est perçu comme violent par une femme accouchant peut ne pas l'être par une autre, par son conjoint ou par les personnes qui l'accompagnent. La violence obstétricale est une expérience dont la reconnaissance varie d'une personne à l'autre, d'un contexte à l'autre et d'une culture à l'autre (Levesque et *al*, 2018).

Dans la littérature africaine, on note très peu d'écrit sur le sujet. Cela porte à croire qu'il n'y aurait pas de violence en Afrique et plus précisément au Bénin ? Qu'en est-il réellement dans les maternités de la ville Tanguiéta ? la violence obstétricale est-elle fréquente dans les maternités de la ville de Tanguiéta ? Les femmes qui accouchent dans ces maternités subissent-elles des violences ? en ont-elles conscience ?

Objectif : Etudier les violences obstétricales dans la ville de Tanguieta.

Méthode d'étude

L'étude s'était déroulée dans la ville de Tanguiéta. Il s'est agi d'une étude transversale à visée descriptive allant du 21 octobre au 21 décembre 2020. La population d'étude était constituée essentiellement des femmes ayant déjà accouché une fois dans les maternités de la ville de Tanguiéta. Ont été incluses dans l'étude les femmes ayant accouché au moins une fois dans les maternités de la ville de Tanguiéta et résidant dans la ville depuis au moins 6 mois. Les femmes ayant perdu leur nouveau-né au décours de l'accouchement ont été exclues. Il en est de même pour celles qui n'ont pas donné leur consentement pour participer à l'étude. La taille de l'échantillon des femmes a été calculée à l'aide de la formule de Schwartz.

$$n = \frac{U_{\alpha}^2 * q * p}{i^2} \text{ Avec :}$$

n= taille de l'échantillon

α = seuil de significativité à 5% d'où $U\alpha=1,96$

p= 42% Taux de violence obstétricale au Nigéria (OMS, 2019)

q=1-p

i= précision de 5%

$$n = \frac{1,96^2 * 0,42 * 0,58}{0,05^2} = 374,32$$

$n = 374$ femmes

L'échantillon a été obtenu au moyen d'un sondage en grappes.

Il a été procédé à :

- Confection de la liste des quartiers de la ville de Tanguiéta avec les effectifs des populations féminines respectives de manière aléatoire ;
- Cumul des effectifs des populations féminines des quartiers de la ville de Tanguiéta ;
- Détermination du pas de grappe qui sera égal à la population cumulée total sur le nombre de grappe (par défaut 30) ;
- Tirage d'un nombre au hasard entre 1 et le pas de grappe à l'aide de la fonction Aléas entre borne du logiciel Excel (le numéro tiré a servi à identifier la première grappe) ;
- Sélection des autres grappes en fonction du pas de sondage.

L'échantillon de travail étant de 374 sujets, la taille par grappe a été de : 374/30 soit 12,46 qui ont été arrondis à 12. Ceci a porté la taille de notre population de travail à $12*30 = 360$ sujets ± 10 sujets.

Les données ont été recueillies à travers un entretien structuré face à face enquêteur-enquêté dans le domicile des enquêtées à l'aide d'une fiche préétablie et pré-testée pour son applicabilité. Au premier abord les questions portant sur la connaissance de la violence obstétricale par les femmes ont été posées. Ensuite les enquêtées ont été entretenues sur la violence obstétricale afin de poursuivre le reste du questionnaire. La variable d'intérêt de notre étude était la violence obstétricale. Les variables indépendantes avaient porté sur les caractéristiques sociodémographiques des femmes, les antécédents obstétricaux, et les données liées à la violence obstétricale. A la fin de l'enquête, les fiches ont fait l'objet d'un dépouillement manuel afin de procéder à la vérification de la complétude du remplissage. Une saisie des données a été réalisée à l'aide du logiciel EPI Data version 3.1. Le traitement et l'analyse des données ont été faits à l'aide du logiciel EPI Info version 7.2.2.2.

Aspects éthiques

Le présent travail a été réalisé en conformité avec les normes éthiques en la matière. Le consentement écrit ou oral des enquêtées a été

obtenu. En ce qui concerne l'identité des patientes l'anonymat a été respecté. Pour ce faire, l'usage de caractères numériques comme marques d'identification des fiches d'enquête a été fait.

Conflits d'intérêt

Les auteurs ne déclarent aucun conflit d'intérêt.

Résumé

Au total 374 femmes ont été incluses dans l'étude. Parmi elles 173 ont affirmé avoir été victimes de violence obstétricale ce qui fait un taux de 46,26%.

Caractéristiques sociodémographiques des patientes victimes de violence obstétricale

La moyenne d'âge des femmes victimes de violence obstétricale dans notre étude était de $24,63 \text{ ans} \pm 6,07$ avec des extrêmes de 15 ans et de 50 ans. Le mode était de 22 ans. Les femmes de la tranche d'âge de 15 à 25 ans étaient les plus représentées dans notre échantillon (55,50%). Elles étaient ménagères dans 43,35%, non scolarisées dans 65,32%. En outre les chrétiennes et les mariées étaient les plus représentées dans respectivement 63,01% et 80,92%.

Le tableau ci-après montre la répartition des victimes de violence obstétricale dans la ville de Tanguiéta en 2019 en fonction de leurs caractéristiques sociodémographiques.

Tableau I .Répartition des femmes victimes de violence obstétricale dans la ville de Tanguiéta en 2019 en fonction de leurs caractéristiques sociodémographiques

	Effectif	Pourcentage
Age (Année)		
[15-25[	96	55,50
[25-35[	64	36,99
35 et plus	13	07,51
Profession		
Ménagère	75	43,36
Artisane	41	23,70
Commerçante	30	17,34
Fonctionnaire	14	08,09
Etudiante/élève	13	07,51
Niveau d'instruction		
Non scolarisée	113	65,32
Primaire	33	19,08
Secondaire	23	13,29
Université	04	02,31
Religion		
Chrétienne	109	63,01

Musulmane	55	31,79
Endogènes	09	05,20
Situation matrimoniale		
Mariée	140	80,92
Célibataire	33	19,08

Antécédents obstétricaux des femmes violentées

Les femmes victimes de violence obstétricale étaient primigestes (1^{ère} grossesse) dans 29,48%, paucigestes (2-3) dans 46,24% multigestes (3-4) dans 21,39% et grande multigestes dans 2,89%.

En ce qui concerne la parité, elles étaient nullipares (0 accouchement) dans 32,95%, paucipares (2-3 accouchements) dans 50,87%, multipares (4-5) dans 14,45% et grandes multipares (6 et plus) dans 1,73%.

Violences obstétricales

Avant l'entretien avec les femmes sur la violence obstétricale, 90,65% ne savaient pas ce que c'est qu'une violence obstétricale. Pour le peu (9,35%) qui le savaient elles la définissaient comme étant le fait que l'agent de santé porte des coups à la patiente dans 85,71%. Leur principale source d'information était, les organisations non gouvernementales (ONG) dans 51,14%.

Après l'entretien avec les femmes sur la violence obstétricale, 46,26% reconnaissaient avoir subies au moins une fois une violence obstétricale et la violence verbale au travers des cris, des injures et des menaces avait été citée dans 94,80%.

Tableau II. Répartition des femmes enquêtées sur la violence obstétricale dans la ville de Tanguiéta en fonction des données de la violence obstétricale

	Effectif	Pourcentage
Avoir entendu parler de la violence obstétricale		
Non	339	90,65
Oui	35	09,35
Définition de la violence obstétricale selon les femmes		
Donner des coups à la patiente	30	85,71
Gronder la patiente	24	68,57
Injurier la patiente	18	51,43
Sources d'information		
ONG	20	51,14
Média	09	25,71
Discussion entre femmes	06	17,14
Victimes de violence obstétricale		

Oui	173	46,26
Non	201	53,74
Types de violences subies		
Violence verbale (Cris, injures, menace)	164	94,80
Violence corporelle (Coups, gifles)	153	88,44
Abandon ou refus de soins	67	38,73
Non-respect de la nudité	48	27,75

Moments de survenue des violences obstétricales

Les violences obstétricales survenaient lors du travail d'accouchement dans 71,10%, en suites de couches dans 57,23%, lors des consultations prénatales dans 32,95% et lors de la vaccination dans 22,54%. Une même femme peut subir de violence obstétricale à plusieurs étapes de la gravido-puerpératité.

Auteurs des violences obstétricales

Le personnel soignant responsable de la violence obstétricale était les sages-femmes dans 56,07%, les aides-soignants dans 46,24%, les médecins/gynécologues dans 20,23% et les infirmières dans 12,71%.

Avis des femmes sur les violences obstétricales

La majorité des femmes violentées, ont décrié la violence obstétricale dans 77,46%. Certaines par contre ont trouvé que la violence était parfois nécessaire dans 17,34% et indispensable dans 5,20%.

Echange sur la violence obstétricale

Les femmes violentées (60,12%) ont jugé ne parler à personne de la violence qu'elles avaient subie. Les agents de santé proches de la famille de la victime (42,03%), les parents et conjoints (15,94%) sont les seuls à qui les femmes s'étaient confiées après la violence obstétricale.

Dénonciation des violences obstétricales

La plupart des femmes (81,50%) de notre étude savaient que les violences obstétricales pouvaient faire l'objet de dénonciation. Seulement 59,54% étaient prêtes à dénoncer les auteurs de violence. Mais aucune des victimes de violence obstétricale n'avait dénoncé l'auteur de ces violences. Les raisons évoquées étaient : « mon enfant allait bien c'est l'essentiel » (87,86%), « ils étaient des demi-dieux » (75,14%), « j'aurai encore besoin d'eux » (70,52%).

Tableau III: Répartition des victimes de violence obstétricale en fonction des raisons de l'absence de dénonciation des actes de violence

	Effectif	Pourcentage
Mon enfant était en bonne santé	152	87,86
Les agents de santé étaient des "Demi-dieux"	130	75,14
J'aurai encore besoin d'eux	122	70,52
Mes proches m'avaient défendu d'en parler	99	57,22
J'avais pas conscience que c'était de la violence	86	49,71
Aucune sanction ne leur sera appliquée	87	50,29
Je ne savais où dénoncer	81	46,82
Je ne voulais pas briser leur carrière	52	30,06
Ces violences étaient banales	32	18,50

Discussion

Après l'entretien avec les femmes sur la violence obstétricale, 46,26% reconnaissaient avoir subies au moins une fois une violence obstétricale dans les maternités de la ville de Tanguiéta. Des taux similaires de violence obstétricale ont été observés dans la sous-région : au Ghana, en Guinée, au Myanmar et au Nigéria, plus d'un tiers des femmes ont été victimes de mauvais traitements lors de leur accouchement dans des établissements de santé (OMS, 2019). En Suède, le taux est plus alarmant car plus de la moitié des gestantes (63,6 %) avaient, à un moment donné, fait l'expérience des transgressions des principes éthiques par le personnel, et bon nombre d'entre elles percevaient ces événements comme abusifs et injustifiés (Brüggemann et al, 2012). Dans les pays scandinaves par contre, la fréquence des violences obstétricales varie entre 13 et 28% (Swahnberg et al, 2007). Il en est de même en Amérique latine où les taux de prévalence de la violence variaient entre 5,4 et 29,1 % (Santiago et al, 2015 ; Narchi et al, 2010). Plusieurs femmes ont été victimes de violence obstétricale en France mais des taux n'ont été précisés. En France, il y a eu une libération de la parole ces dernières années via twitter et les hashtags ; ce sujet intime a été porté dans les médias et les autorités ont été appelées à réagir (Blondin, 2019).

La violence obstétricale d'une manière ou d'une autre a été évoquée dans tous les pays, indexant ainsi la pratique des soignants. Mais en réalité, les probabilités de violence obstétricale augmentent lorsque le système de santé présente des déficits, notamment la surcharge de travail du personnel médical (Vadeboncoeur, 2003). Cette condition peut mener à une frustration qui nuit à la pratique des professionnels, entraînant ainsi une mécanisation des soins (Baker et al, 2005). La violence obstétricale se retrouve ainsi entachée à la pratique des professionnels de santé. Mais ce ne sont pas

forcément des formes de violences intentionnelles ou volontaires (Vadeboncoeur, 2003).

A Tanguieta, les principales violences subies par les femmes étaient la violence verbale dans 94,80%, et la violence corporelle dans 88,44%. Au Ghana, en Guinée, au Myanmar et au Nigéria, 42% des femmes ont été victimes de violence physique ou verbale, de stigmatisation ou de discrimination, et 14 % ont subi une forme de violence physique ; le plus souvent des gifles, des coups ou des coups de poing (OMS, 2019). En Afrique du Sud, des femmes déclarent avoir été battues, menacées de se faire battre et gifflées pendant l'accouchement (Jewkes et *al*, 1998). Le constat est le même au Pérou, où plusieurs rapports décrivent des infirmières giflant des femmes lorsqu'elles poussent pendant l'accouchement (d'Oliveira et *al*, 2002).

En France par contre on retrouve d'autres formes de violence à savoir la violence verbale (dénigrement, propos infantilisants, sexistes, homophobes, humiliants, menaces, intimidations) ; le déni de la douleur exprimée et la mauvaise prise en charge de la douleur (césarienne à vif, minimisation du ressenti de la patiente) ; l'absence d'information et de recherche du consentement et le non-respect du refus de soins (CIANE, 2017). En outre, accoucher sans la présence de son conjoint (11%), subir une pression abdominale pour aider la maman à expulser son nouveau (3%) ont été aussi cités comme une violence obstétricale (Srikumar, 2020). Il en est de même pour l'interdiction de boire, l'impossibilité pour la mère de choisir la position lors de l'expulsion du bébé, les péridurales défaillantes, (Srikumar, 2020). En période de covid 19, l'exigence aux femmes (46%) du port de masque lors de l'accouchement a été aussi citée comme étant une violence obstétricale (Srikumar, 2020). Tout ceci relance le débat sur le caractère subjectif de la violence obstétricale. A partir de l'analyse de 65 publications dans 34 pays différents, il a été proposé une typologie où toutes les formes de violence peuvent s'y retrouver. Il s'agit de la violence physique, la violence sexuelle, la violence verbale, la stigmatisation et discrimination, les soins non conformes aux standards professionnels, les mauvaises relations entre la femme et les professionnels de soins et les caractéristiques du système de soins et ses contraintes (Bohren et *al*, 2015). Mais en réalité, les manifestations, la reconnaissance, l'impact et l'ampleur des violences obstétricales varient d'une personne à l'autre, d'un contexte à l'autre et d'une culture à l'autre (Levesque et *al*, 2018). D'aucun pense que le fait d'avoir vécu des expériences de maltraitances émotionnelles, physiques et/ou sexuelles pendant l'enfance était associé avec des expériences de maltraitances liées aux soins à l'âge adulte (Swahnberg et *al*, 2003). Ils recommandent que les femmes en parlent à leur gynécologue lors de leur visite (Swahnberg et *al*, 2003).

L'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) parle de mauvais traitement lors de l'accouchement pour désigner la violence obstétricale (OMS, 2019). Mais selon l'Office de la langue française, la violence obstétricale est un acte ou un comportement du personnel médical envers une femme durant sa grossesse, l'accouchement ou la période postnatale, qui n'est pas justifié médicalement ou qui survient sans son consentement, et qui porte atteinte à sa dignité ou à son intégrité physique ou psychologique (Office de la langue québécoise, 2018). C'est dire que la violence obstétricale ne se limite pas seulement aux abus pendant l'accouchement (Sosa-Sánchez, 2010 ; Camacaro et al, 2015). Dans la présente étude, les violences obstétricales survenaient, en suites de couches dans 57,23%, lors des consultations prénatales dans 32,95% et lors de la vaccination dans 22,54%. Le plus fort taux de violence a été noté lors du travail d'accouchement (71,10%). C'est un moment de forte vulnérabilité où la femme en dehors des douleurs de l'enfantement est stressée ; le personnel soignant aussi ; et tout ceci à cause de la préséance de la santé du fœtus sur celle de la mère. Ainsi au nom de la santé du bébé, toutes les actions peuvent être posées et justifiées. Ce qui prime pour l'accoucheur, c'est de sortir un bébé en bonne santé au détriment des choix des femmes ou en minimisant ce qu'elles peuvent vivre (Lévesque et al, 2016).

Dans la présente étude, aucune des femmes violentées n'a dénoncé l'auteur de violence alors que 81,50% savaient que la violence obstétricale pouvait faire l'objet de dénonciation. En France, 3,4 % des plaintes déposées auprès de l'Ordre des médecins en 2016 concernaient des agressions sexuelles et des viols commis par des médecins (Lerman, 2018). A Tanguïéta la dénonciation des actes de violence commis par les agents de santé n'est pas ancrée dans la culture. Du moment où le bébé était en pleine santé après l'accouchement, le reste n'avait plus d'importance (87,86%). Les femmes ne dénonçaient pas aussi ces actes par peur de représailles ; Elles (70,52%) estimaient qu'elles auront toujours besoin des agents de santé et préféraient tout supporter pour ne pas hypothéquer les prochains accouchements. Cependant, il faut noter que l'analphabétisme (65,32% non scolarisées) joue un grand rôle dans le silence des victimes de violence obstétricale, car elles ignorent leur droit. Certaines n'avaient pas conscience que ce qu'elles subissaient relevaient de la violence obstétricale (49,71%). Il est rapporté que certaines femmes vont reconnaître une situation de violence rapidement après l'accouchement (1 ou 2 jours après l'accouchement), tandis que d'autres peuvent en prendre conscience des mois et des années après l'accouchement, voire seulement lors de la prochaine grossesse (Levesque et al, 2016) réduisant ainsi le taux de dénonciation.

Conclusion

L'étude menée sur les violences obstétricales dans la ville de Tanguieta, a permis de faire un état des lieux sur la thématique. Au terme de l'étude, plus du tiers des femmes enquêtées reconnaissaient avoir subies au moins une fois une violence obstétricale. La violence verbale au travers des cris, des injures et des menaces a été citée ; la violence corporelle (Coups et gifles) également. Cette étude a permis d'avoir une idée plus précise sur la thématique des violences obstétricales à Tanguiéta. Toutefois pour mieux comprendre les différentes facettes de ce sujet il serait judicieux d'entreprendre d'autres études de grandes envergures pour élucider les facteurs qui entretiennent cette pratique dans les formations sanitaires.

References:

1. O.M.S. (2014). La prévention et l'élimination du manque de respect et des mauvais traitements lors de l'accouchement dans des établissements de soins. Déclaration de l'OMS. Human reproduction Programme WHO/RHR/14.23 : 1-4 Disponible sur http://www.who.int/reproductivehealth/topics/maternal_perinatal/statement-childbirth/fr/, consulté le 14 août 2021.
2. Lévesque, S., Bergeron, M., Fontaine, L. et Rousseau, C. (2016). Détresse, souffrance ou violence obstétricale lors de l'accouchement : perspectives des intervenantes communautaires membres du Regroupement Naissance-Renaissance. Montréal : Département de sexologie et Service aux collectivités, Université du Québec à Montréal. DOI : 10.13140/RG.2.2.33053.51682. Repéré à https://www.researchgate.net/publication/311846908_Detresse_souffrance_ou_violence_obstetricale_lors_de_l%27accouchement_perspectives_des_intervenantes_Renaissance
3. Labrecque M. (2018). Expériences négatives d'accouchements décrits par des femmes ayant
4. accouché en milieux hospitalier : les liens avec le concept des violences obstétricales. (Mémoire de maîtrise ,Université de Montréal) 2018. Repéré à
5. <https://papyrus.bib.umontreal.ca/xmlui/handle/1866/21340?locale-attribute=fr>
6. Swahnberg, K., Schei, B., Hilden, M., Halmesmäki, E., Sidenius, K., Steingrimsdottir, T., Wijma, B. (2007). Patients' experiences of abuse in health care : A Nordic study on prevalence and associa factors in gynecological patients. *Acta Obstetricia et Gynecologica Scandinavica*, 86(3), 349-356. Doi :[org/10.1080/00016340601185368](https://doi.org/10.1080/00016340601185368)

7. Brüggemann, A.J., Wijma, B., Swahnberg, K. (2012). Patients' silence following healthcare staff's ethical transgressions. *Nursing Ethics*, 19(6),750-763. Doi :org/10.1177/0969733011423294
8. OMS. (2019). Des données récentes révèlent que les femmes sont victimes de mauvais traitements lors de l'accouchement. Communiqué de presse. Repéré à <https://www.who.int/fr/news/item/09-10-2019-new-evidence-shows-significant-mistreatment-of-women-during-childbirth>
9. Vadeboncoeur, H. (2003). Les gestes obstétricaux violents. *Les Dossiers de l'Obstétrique*,317,26-29.
10. Baker, S. R., Choi, P.Y.L., Henshaw, C.A. (2005). " I Felt as Though I'd Been in Jail " : Women's Experiences of Maternity Care during Labour, Delivery and the Immediate Postpartum. *Feminism & Psychology*,15(3),315-342. Doi :org/10.1177/0959-353505054718
11. Santiago, R.V., Solórzano, E.H., Iñiguez, M.M., Monreal, L.M.A. (2013). Nueva evidencia a un viejo problema: el abuso de las mujeres en las salas de parto. *Rev CONAMED*,18(1),14-20.
12. Narchi, N.Z., Diniz C.S.G., Azenha, C. de AV., Scheneck, C.A. (2010).Women's satisfaction with childbirth' experience in different models of care: a descriptive study. *Online Brazilian J Nurs*,9(2),11-19. Doi:org/10.5935/1676-4285.20103102.
13. Jewkes, R., Abrahams, N. & Mvo, Z. (1998). Why do nurses abuse patients? Reflections from South African obstetric services. *Social Science & Medicine*, 47(11), 1781-1795. Doi :org/10.1016/S0277-9536(98)00240-8
14. D'Oliveira, A.F., Pires, L., Diniz, S.G. & Schraiber, L.B. (2002). Violence against women in health-care institutions : an emerging problem. *Lancet*, 359(9318), 1681-1685. DOI:org/10.1016/S0140-6736(02)08592-6
15. CIANE. (2017). Violence obstétricale Comprendre prévenir et réparer. Repérer à <https://ciane.net/2017/10/violences-obstetricales-comprendre-prevenir-reparer/>.
16. Srikumar, S. (2020). La carte des violences obstétricales et gynécologiques en France dévoilée. Au Féminin.Repéré à <https://www.aufeminin.com/accouchement/la-carte-des-violences-obstetricales-en-france-devoilee-s4014102.html>
17. Bohren, M.A., Vogel, J.P., Hunter, E.C., Lutsiv, O., Makh, S.K,...Gülmezoglu, A. M. (2015). The Mistreatment of Women during Childbirth in Health Facilities Globally: A Mixed-Methods Systematic Review. *PLoS Med*, 12(6),1-32. DOI: 10.1371/journal.pmed.1001847

18. Lévesque, S., Bergeron, M., Fontaine, L. & Rousseau, C. (2018). La violence obstétricale dans les soins de santé : une analyse conceptuelle. *Recherches féministes*, 31(1), 219–238. Doi:org/10.7202/1050662ar
19. Swahnberg, I.M.K., Wijma, B. (2003). The NorVold Abuse Questionnaire (NorAQ): validation of new measures of emotional, physical, and sexual abuse, and abuse in the health care system among women .*European Journal of Public Health*,13(4),361-366.
20. Office de la langue québécoise. (2018). Violence obstétricale. Fiche terminologique. Repéré à http://gdt.oqlf.gouv.qc.ca/ficheOqlf.aspx?Id_Fiche=26544720
21. Sosa-Sánchez I.A. (2010). Les inégalités sociales et la santé sexuelle et reproductive au Mexique : entre la médicalisation et l'exclusion sociale. *Recherches féministes*, 23(2),143–63
22. Camacaro, M., Ramírez, M., Lanza, L., Herrera, M. (2015). Conductas de rutina en la atención al parto constitutivas de violencia obstétrica. *Utopia y Praxis Latino americana*, 20(68),113-20.
23. Lerman, F. (2018). Violences gynécologiques et obstétricales. Un rapport du Haut Conseil à l'égalité des femmes et des hommes.MCSF. Repéré à <https://www.macsf.fr/responsabilite-professionnelle/cadre-juridique/violences-gynecologiques-et-obstetricales-rapport>
24. Blondin, M. (2019). Violences obstétricales et gynécologiques. Assemblée parlementaire, Commission sur l'égalité et la non-discrimination. (Publication N°14965). Repéré à http://www.senat.fr/fileadmin/Fichiers/Images/commission/affaires_europeennes/APCE/ODJ_2019/Avis_rapports/2019_10_Rapport_Mme_Blondin_Violences_obstetricales_et_gynecologiques.pdf