

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

*July 2021*

**European Scientific Institute, ESI**

*The content is peer reviewed*

**ESJ Natural/Life/Medical Sciences**

*July 2021 edition vol. 17, No. 25*

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)

---

## *About the Journal*

The “European Scientific Journal”, ESJ is a peer-reviewed and open access journal, which publishes research articles and literature reviews in English, French or Spanish. This monthly issued publication of the European Scientific Institute, ESI embraces a wide range of academic disciplines. Submissions in the area of social sciences, humanities, life sciences, medical and natural sciences are welcome.

Founded in 2010, on European soil, ESJ strives to become a venue for academic attainments from all around the globe. On its way to scientifically sound publications, it connects reviewers and authors from different countries and academic titles, providing knowledge transfer and sharing of best practices. In the past 10 years over 28.000 researchers have published their papers with ESJ.

ESJ supports the researchers in overcoming contemporary barriers. Our effort is to provide decency through a realistic amount of publication charges; Fairness by cutting the timeframe for reviewer selection and first decision; Agility through permanent communication with the authors and reviewers; professionalism through a constant promotion of academic ethics and international impact through support of open science and interdisciplinary research.

*Sincerely,*

***Jovan Shopovski, PhD***

*European Scientific Journal (ESJ)*

*Managing Editor*

---

# 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

**Vayia Karaïskou,**  
Open University of Cyprus

**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

**Daniel Barredo,**  
University Laica Eloy Alfaro de Manabi, Ecuador

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

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

**Jowati binti Juhary,**  
National Defense University of Malaysia, Kuala Lumpur, Malaysia

**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

**Nguyen Thi Hoai Phuong,**  
Ho Chi Minh City University of Law, Vietnam

**Chaudhry Zahid Javid,**  
Taif University, Saudi Arabia

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

**Gloria Esteban de la Rosa,**  
University of Jaen, Spain

**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

**Naheed Vaida,**  
University of Kashmir, India

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

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

**Michele Minor-Corriveau,**  
Laurantian University, Canada

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

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

**Mariangela Giusti,**  
University of Milan - Bicocca, Italy

**Anita Lidaka,**  
Liepaja University, Latvia

**Rania Zayed,**  
Cairo University, Egypt

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

**Ziad Said,**  
College of the North Atlantic, Qatar

**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

**Mona Kassem,**  
National Research Centre, Egypt

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

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

**Thomas Fenzl,**  
Alps-Adria University of Klagenfurt, Austria

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

**Stefanos Spaneas,**  
University of Nicosia, Cyprus

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

**Wei Hao,**  
Beijing Normal University, China

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

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

**Nishan Rafi Havandjian,**  
California Polytechnic State University, USA

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

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

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

**Kevin B. O'Connor,**  
McGill University, Canada

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

**Nawab Ali Khan,**  
Aligarh Muslim University, India

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

**Arfan Yousaf,**  
Pir Mehr Ali Shah Arid Agriculture University, Pakistan

**Bianca Gioia Marino,**  
University of Naples Federico II, Italy

**Franko Milost,**  
Faculty of Management, Koper, Slovenia

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

**Daniel Velasco,**  
Chicago School of Professional Psychology, USA

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

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

**Adil Jamil,**  
Amman University, Jordan

**Habib Kazzi,**  
Lebanese University, Lebanon

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

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

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

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

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

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

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

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

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

**Oihab Allal-Cherif,**  
KEDGE Business School, France

**Izabela Dembinska,**  
University of Szczecin, Poland

**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

**Alicia Marchant Rivera,**  
University of Malaga, Spain

**Lucia D'Ambrosi,**  
University of Macerata, Italy

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

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

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

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

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

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

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

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



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

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

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

**Francesco Lenci,**  
Institute of Biophysics, Italy

**Hafiz Muhammad Iqbal,**  
University of the Punjab, Pakistan

**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

**Asma Zaidi,**  
Kansas City University of Medicine and Biosciences, 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

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

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

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

**Horst Hanke,**  
Technical University Darmstadt, Germany

**Elpiniki I. Papageorgiou,**  
Technological Educational Institute of Central Greece, Greece

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

**Irina Matijosaitiene,**  
Kaunas University of Technology, Lithuania

**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

**Andre Ozer,**  
University of Liege, Belgium

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

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

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

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

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

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

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

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

**Mohsen Hanif,**  
Kharazmi University, Iran

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

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

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

**Salem Marzougui,**  
ElKef, Tunisia

**Tunjica Petrusevic,**  
Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Croatia

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

**Marco Mele,**  
Unint University, Italy

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

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

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

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

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

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

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

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

**Vera Komarova,**  
Daugavpils University, Latvia

**Cosmin Stefan Dogaru,**  
University of Bucharest, Romania

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

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

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

**Jawed Iqbal,**  
National University of Sciences & Technology, Pakistan

**Tanzer Celikturk,**  
Pamukkale University, Turkey

**Ruth Erika Lerchster,**  
Alpen-Adria University Klagenfurt, Austria

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

**Georges Kpazai,**  
Laurentian University, Canada

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

**Natalia Sizochenko,**  
Dartmouth College, USA

**Michele Russo,**  
G. D'Annunzio" University of Pescara, Italy

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

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

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

**Murtaz Kvirkaia,**  
Grigol Robakidze University, Georgia

**Enrique Jerez Abajo,**  
University of Zaragoza, Spain

**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

**Efthymios Papatzikis,**  
Canadian University, Dubai, UAE

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

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

**Aurela Saliq,**  
University of Vlora, Albania

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

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

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

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

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

**Hilal YIildirir Keser,**  
Bursa Technical University, Turkey

**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

**Sayeeduzzafar Qazi,**  
University of Science and Technology, Saudi Arabia

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

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

**Marija Brajic,**  
University of Split, Croatia

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

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

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

**Manuel Ramon Gonzalez Herrera,**  
The Autonomous University of Ciudad Juarez, Mexico

**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

**Armando Carteni,**  
University of Naples Federico II, Italy

**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

**Noralv Veggeland,**  
Inland Norway Univ. of Applied Sciences, Norway

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

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

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

**Kira Trostina,**  
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

**Marek Semela,**  
Brno University of Technology, Czech Republic

**Marie-Noelle Albert,**  
University of Quebec at Rimouski, Canada

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

**Virginia Pulcini,**  
University of Torino, Italy

**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

**Iveta Reinholde,**  
University of Latvia, Latvia

**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

**Claudio Fabian Guevara,**  
University of Guadalajara, Mexico

**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

**Aysegul Ozbebek Tunc,**  
Istanbul University, Turkey

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

**Mary Kathryn Mc Vey,**  
Franciscan University of Steubenville, USA

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

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

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

**Eugenio D'Angelo,**  
Pegaso Telematic University, Italy

**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

**Komina Amevoin,**  
University of Lome, Togo

**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

**Jorge Wozniak,**  
National University of Tres de Febrero, Argentina

**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

**Judit Sole Resina,**  
Autonomous University of Barcelona, Spain

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

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

**Angeles Aguilera Velasco,**  
University of Guadalajara, Mexico

**Rachid Hsissou,**  
Ibn Tofail University, Morocco

**Svetlana Melentijevic,**  
Complutense University of Madrid, Spain

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

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

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

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

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

**Gamal Elgezeery,**  
Suez University, Egypt

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

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

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

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

**Alla Manga,**  
University Cheikh Anta Diop, Senegal

**Lalla Aicha Lrhorfi,**  
University Ibn Tofail, Morocco

**Ruth Adunola Aderanti,**  
Babcock University, Nigeria

**Katica Kulavkova,**  
University of "Ss. Cyril and Methodius", Republic of Macedonia

**Aka Koffi Sosthene,**  
Research Center for Oceanology, Ivory Coast

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

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

**Sophia Barinova,**  
University of Haifa, Israel

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

**Nina Stankous,**  
National University, USA

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

**Fekadu Yehuwalashet Maru,**  
Jijjiga 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

**Milad Reda Qelliny,**  
Minia University, Egypt

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

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

**Mohammadreza Hadizadeh,**  
Central State University, USAa

**Mushtaq Ismael Hasan,**  
Thi-Qar University, Iraq

**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

**Abdelaaziz El Bakkali,**  
Sidi Mohamed Ben Abdelah University, Morocco

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

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

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

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

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

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

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

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

**Ouedraogo François de Charles,**  
Joseph Ki-Zerbo University, Burkina Faso

**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 Guédé 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

**Nishant Agrawal,**  
Nirma University, India

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

**Alaa Abdulhady Jaber,**  
University of Technology, Iraq

**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

**Idriss M'bouka Milandou Auguste Williams,**  
Marien Ngouabi University, Congo

**Elsa Kristo,**  
University of Tirana, Albania

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

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

**Bashar H. Malkawi,**  
University of Sharjah, UAE

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

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

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

**Ousmane Tanor Dieng,**  
Cheikh Anta Diop University, Senegal

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

**Ozgun Muhittin Esen,**  
Istanbul University, Turkey

**Saif Ur Rehman,**  
PMAS-Arid Agriculture University, Pakistan

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

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

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

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

**Hadi Sutopo,**  
Kalbis Institute, Indonesia

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

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

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

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

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

**Dimitrios Belias,**  
University of Thessaly, Greece

**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

**Youssef Babakhouya,**  
Inje University, South Korea

**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

**Nawaz Ahmad,**  
Institute of Business Management, Pakistan

**Varij Nayan,**  
Central Institute for Research on Buffaloes, India

**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

**Jonida Lesha,**  
University of Tirana, Albania

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

**Hanif Qureshi,**  
University of Cincinnati, USA

**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

**Zayde Ayvaz,**  
Canakkale Onsekiz Mart University, Turkey

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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



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

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

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

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

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

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

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

**Usama Konbr,**  
Tanta University, Egypt

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

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

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

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

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

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

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

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

# Table of Contents:

**Scientist As Parrhesiastes.....1**

*Francesco Scotognella*

**Predicting Customer Behavior Using Prophet Algorithm In A Real Time Series Dataset.....10**

*Ledion Liço*

*Indrit Enesi*

*Harshita Jaiswal*

**Factors Influencing The Food Security And Nutrition Expenditures In Farm Households In Punjab, Pakistan.....21**

*Sobia Rose*

*Asima Ihsan*

*Shahid Adil*

**Dégradation De La Fertilité Des Sols Et De L'environnement Dans La Région Des Savanes Au Nord-Togo : Analyse Des Perceptions Et Stratégies D'adaptation Indigènes.....40**

*Magamana Abalo-Esso*

*Gadedjisso-Tossou Agossou*

*Blavet Didier*

*Hien Edmond*

*Chotte Jean Luc*

**Investigation Of Fiber Length Change In Different Stages Of Ring Spinning Process.....66**

*Rubel Khan*

*Mamunur Rashid*

*Sharif Ahmed*

*Ehsanur Rashid*

*Raihan Ul Haque*

**Efecto Del Almidón De Plátano Cuadrado Musa Balbisiana Colla En El Rendimiento, Retención De Agua Y Aceptación Sensorial En Jamón Cocid.....82**

*Lázaro De La Torre-Gutiérrez*

*Sandi Patricia Morales-Córdova*

*José Ulises González-de la Cruz*

*María Concepción de la Cruz-Leyva*

**Improving Polymer Science Asynchronous Online Lecture Contents For Students' Engagement.....95**

*Charles Darko*

**Análisis De Las Variables Físico-Químicas Y Microbiológicas De Las Lagunas Del Municipio De Escárcega, Campeche, México.....116**

*Blanca del Rosario Martín Canché*

*Maximiliano Vanoye Eligio*

*Martín Gabriel Chan Palomo*

*José Luis Guillen Taje*

*José de los Ángeles Aguilar Sánchez*

**The Interrelation Between Textile Engineering Graduates' Results And  
Their Job Performance In Textile Industry Of Bangladesh.....132**

*Mahbubul Haque*

*Tanvir Ahmed Chowdhury*

*Mominur Rahman*

*Shamima Akter Smrity*

*Azharul Islam*

*Tariq Mahbub*

**Inventaire Et Évaluation Scientifique Des Géosites Des Falaises De Fresco  
En Côte d'Ivoire.....150**

*Wrohou Bénédicte Dibo*

*Ezzoura Errami*

*N'Goran Jean-Paul Yao*

*Kouamé Léger Djeya*

*Juliette Tea*

*Gboméa Marcelle Gauty*

*Zéli Bruno Digbehi*

**Evaluation Des Teneurs En Eléments Traces Métalliques (Cadmium Et  
Plomb) Dans L'eau, Les Sédiments Et Deux Espèces De Poissons Clarias  
gariepinus (Burchell, 1822) Et Oreochromis niloticus (Linné, 1758) Dans  
Le Pool Malebo (Fleuve Congo), RD Congo.....174**

*Jeff Nakweti K.*

*Willy Lusasi Swana*

*John Tembeni M.*

**Medidas De Prevención De Infecciones Y Colonizaciones Nosocomiales  
Por Enterococcus Faecium Resistente A Vancomicina.....193**

*Sandra Alvarez Hidalgo*

*Ruth Magdalena Gallegos Torres*

*Juan Campos Guillén*

*Maribel Liñan Fernandez*

*Aide Teran Alcocer*

*María Carlota García-G.*

**Cartographie De La Dynamique Historique Du Trait De Côte Des Plages  
De Guédiawaye Et Malika (Dakar, Sénégal).....214**

*Papa Sagne*

*Kader Ba*

*Boubacar Fall*

*Jean Paul Marcel Youm*

*Gayane Faye*

*Jean Pierre Gane Sarr*

*El Hadji Sow*

**Local Population's Knowledge And Perceptions On The Biodiversity And  
Conservation Status Of Land Snails In The Region Of Lamto Reserve At  
The Centre Of Ivory Coast.....241**

*Konan Pacôme Pokou*

*Nyglé Angèle Sika Piba*

*N'Golo Abdoulaye Kone*

*Abel Valery Bosso*

**Adéquation Du Besoin En Formation Du Personnel De Soins De Santé  
Maternelle Et Infantile (SMI) Au Burkina Faso.....257**

*Ousmane Sylla*

*Ahmed Kabore*

*Hervé Hien*

**Effet Bio-Insecticide De L'huile Essentielle Et De La Poudre De  
Chenopodium Ambrosioides L. Sur Les Imagos De Bruches De Haricots  
En Stockage.....267**

*Mboussy Tsoungould Feldane Gladrich*

*Mpika Joseph*

*Mbuntcha Gueaba Hélène*

*Tapondjou Azefack Léon*

*Attibayeba*

**Connaissances, Attitudes Et Pratiques En Matière De Cancer Du Col De  
L'uterus (Ccu) Chez Les Professionnels De Santé A Parakou Au Benin  
En 2016.....290**

*Achille Awadé Afoukou Obossou*

*Moufalilou Aboubakar*

*Mathieu Ogoudjobi*

*Sedjro Raoul Atade*

*Mahublo Vinadou Vodouhe*

*Rachidi Imorou Sidi*

*Nicephore Dagan*

*Fanny Maryline Nouessèwa Hounkponou Ahouingnan*

*Kabibou Salifou*

*Perrin René Xavier*

**Agronomic Performance Of S1 Maize Lines Derived From A Bi-Parental  
Cross Under Infested And Striga Free Environments.....306**

*Abdoul-Madjidou Yacoubou*

*Nouhoun Zoumarou Wallis*

*Hafiz Adio Salami*

*Alain S. Yaoitcha*

*Abebe Menkir*

*Ojo Tayo*

*Paterne Angelo Agre*

**Infections Musculosquelettiques De L'adulte AU Centre Hospitalier  
Universitaire De Brazzaville: Difficultés Diagnostiques Et De Prise En  
Charge.....325**

*Angalla Affleck Romaric Ledier*

*Lamini N'Soundaht Norbert Edgard*

*Richard Bileckot*

*Ntsiba Honoré*

*Moyikoua Régis Franck*

*Bouhelo Pam Kevin Parfait Bienvenu*

*Akoli Ekoya Odzala*

*Nkouala Kidede Chabel*

*Omboumahou Bakale Francina*

*Salemo Anna*

*Kaloulou Armande*

**Dynamics And Impact Of Flowering Insects On Sesamum indicum L.  
(Pedaliaceae) Production In Maroua (Far-North, Cameroon).....342**

*Michelson Azo'o Ela*

*Tyotouing Ndouwe*

*Cathérine Firitawada*

*Stéphanie Beaudelaine Kengni*

*Jackson Djakbe*

*Nentcherse Mbere*

*Fernand-Nestor Tchuenguem Fohouo*

**Transición Para La Escolarización Del Preescolar A La Primaria  
Matemáticas Y Educación Física; Una Revisión Sistemática.....361**

*Isaac Alejandro Aquino-Davila*

*Rigoberto Marín-Uribe*

*Isabel Guzmán-Ibarra*

**Archean Itabirites From Ovan, NE-Gabon: Petrography, Mineralogy  
And Elemental Mapping.....380**

*Stévy Retonda-Kondja*

*Simplice Marin Ndong-Ondo*

*Ambroise Edou-Minko*

*Tomohiko Sato*

*Benjamin Musavu-Moussavou*

*Mathieu Moussavou*



**Aspects Epidemiologiques Des Traumatismes Lies Aux Accidents De La  
Voie Publique Chez Les Adultes Au Centre Hospitalier Universitaire De  
Reference Nationale De N'Djamena (Chu-Rn), Tchad.....396**

*Moussa Kalli*

*Andjeffa Valentin*

*Seid Younous*

*Adjougoulta Bonté*

*Bruno Mantou*

*Kambel Djibdouna*

*Sadié Ismael Guire*

*Yasmine Abdoulaye*

*Abdelaziz Wiché*

*Choua Ouchemi*



ESJ Natural/Life/Medical Sciences

## Scientist As Parrhesiastes

*Francesco Scotognella*

Dipartimento di Fisica, Politecnico di Milano, Milano, Italy

[Doi:10.19044/esj.2021.v17n25p1](https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n25p1)

Submitted: 30 March 2021

Accepted: 10 July 2021

Published: 31 July 2021

Copyright 2021 Author(s)

Under Creative Commons BY-NC-ND

4.0 OPEN ACCESS

*Cite As:*

Scotognella F. (2021). *Scientist As Parrhesiastes*. European Scientific Journal, ESJ, 17(25), 1.

<https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n25p1>

### Abstract

The scientific community of the XX and XXI centuries is a very large companionship, very fragmented and spread all over the world. Moreover, the status of the scientist, which in most cases is a member of the States' apparati, is significantly different concerning the one of the scientists up to the First World War.

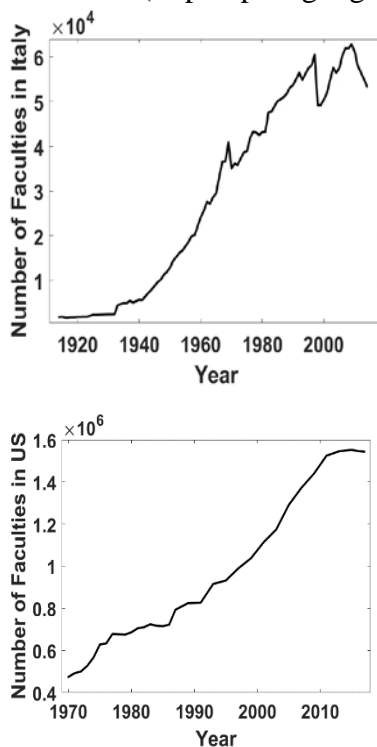
The concepts of the scientific revolution of Thomas Kuhn and the scientific anarchy of Paul Feyerabend should be reconsidered in this contest. In particular, the anarchist modus operandi should be shifted from the scientific method, which has become significantly standardized with protocols, to the sociology of the scientific community. Pluralism of the scientific method is possible, but anarchy in the relationships among scientists emerges as more important. The scientist is in many cases a parrhesiastes, a person that says the truth even when he is going to pay because of that, that defends the developed theory or model, by respecting the protocols established in the scientific community. On the other side, each scientist should be a patient beholder that accepts the more solid, and intersubjectively recognized, theories of other scientists.

**Keywords:** Scientific Community, Parrhesia, Anarchy, Paul K. Feyerabend

### Introduction

The scientific community has increased a lot in terms of the number of members in the last decades. For example, in Italy the number of faculties in

100 years is 30 times larger (Figure 1) (*Serie Storiche*, n.d.). In the United States, the number of faculties in 1970 is 474000 (of which 369000 full-time), while in 2017 the number of faculties is 1543569 (of which 821168 full-time) (*Digest of Education Statistics, 2018*, n.d.). According to the UNESCO Science Report, in 2013 there were 7.8 million full-time equivalent researchers with a growth of 21% since 2007 (<https://plus.google.com/+UNESCO>, 2015).



**Figure 1.** Number of faculties in Italy (*Serie Storiche*, n.d.) (top) and United States (*Digest of Education Statistics, 2018*, n.d.) (bottom)

It is well established that the number of publications has enormously increased in the last years. We report three simple examples to highlight this aspect. By looking for publications with the query “graphene” we can find 345 publications in 2006 and 24055 publications in 2020 (source Scopus.com (*Scopus - Document Search*, n.d.)). With the query “genom\*” (the asterisk wildcard replaces multiple characters in a word) we can find 258 publications in 1970 and 70626 publications in 2020 (source Scopus.com (*Scopus - Document Search*, n.d.)). With the query “COVID-19 OR SARS-CoV-2” we can find 88030 publications in 2020 (source Scopus.com (*Scopus - Document Search*, n.d.)).

In this context, it is difficult to think about a “thought collective” as mentioned by Fleck in *Genesis and development of a scientific fact* (Fleck et

al., 2008). A thought collective can be described as a collective of scientists that share common concepts and common practices. Nowadays, the factions in a scientific community are transversal among countries and it is debatable that, for a specific discipline or topic, such a collective of scientists could exist.

Moreover, the vast communities start to have strict protocols, especially in experiments. Since there are so many scientists that work at the same time on a certain topic, it is very difficult to observe a “paradigm shift” (Kuhn), even when such a shift is occurring, considering the huge amount of incremental steps achieved by scientists all over the world.

In this work, we give some examples of scientists that, without an established authority, could contribute significantly in their field behaving as parrhesiastes. According to Michel Foucault, “the parrhesiastes is someone who takes a risk” and is “someone who says everything he has in mind: he does not hide anything, but opens his heart and mind completely to other people through his discourse” (*Discourse and Truth*, n.d.). Translated to the scientific community the scientist that is a parrhesiastes is not afraid to challenge the most authoritative scientists in the field because they have a more solid theory or model to explain something. We describe briefly, and not exhaustively, some examples of topics of a dispute or of a discovery highlighting the fact the scientist exposed his own model or theory without the fear of being delegitimized by a more authoritative scientist. In the text, we will first report the three examples of disputes between the authoritative scientists and scientist parrhesiastes. In these disputes, we will compare two scientific theories and, for this reason, we will briefly outline our approach that takes into account the notion of incommensurability of scientific theories, as introduced by Thomas Kuhn and Paul Feyerabend. We will then describe the scientific society as an anarchic society in which the members, irrespective of their authority within the society, can contribute with a solid theory or model that will become the most efficient problem-solver for a specific topic. In doing so, we will compare this picture with the pluralistic methodology developed in the masterpiece *Against Method* of Paul Feyerabend.

## **Main Text**

### **Examples of parrhesiastes**

We report three examples of disputes between two scientists (we focussed on physics and chemistry), in which, in a simplified picture, the first scientist is among the most authoritative scientists in a field and the second scientist is the parrhesiastes.

*Einstein and Lemaître*: In 1927 Lemaître published a paper that is the first report of the expansion of the universe (Lemaître, 1927). Initially, Einstein, together with contemporary scientists, refuses the theory of Lemaître. In particular, in 1927 Einstein “rejected the notion of an expanding

Universe as an abomination” (Mitton, 2020; Ostriker & Mitton, 2013). In 1931, Einstein eventually agreed with the theory proposed by Lemaître (Mitton, 2020). In October 2018, via an electronic vote a “resolution to recommend renaming the Hubble law as the Hubble–Lemaître law has been accepted” (*International Astronomical Union / IAU*, n.d.).

*Heeger and Bäessler*: Alan J. Heeger is Nobel Prize laureate in Chemistry (2000) develops, together with Su and Schrieffer, a model in which conjugated polymers, macromolecules with backbones made of alternating single and double carbon-carbon bonds, behave like metals, with a conductivity that is inversely proportional to the temperature (Heeger et al., 1988; Su et al., 1979). Years later, Heinz Bäessler published a paper in which he describes the conduction in conjugated polymers as characterized by electron-hole pairs (excitons) (Bäessler, 1993). The model of Bäessler is successful in describing experimental evidence and such model significantly invalidates the model of Heeger, who is among the most authoritative scientists in the field of physics of organic materials.

*Pauling and Shechtman*: Dan Shechtman has studied alloys and has discovered the icosahedral phase. The new crystallographic phase opens the field of quasicrystals (Shechtman et al., 1984). Shechtman publishes his paper encountering the hostility of many scientists, for example Linus Pauling, Nobel Prize laureate in chemistry and peace. Pauling does not believe in quasicrystals and ridicules the work of Shechtman (‘CORRECTED-UPDATE 3-Ridiculed Crystal Work Wins Nobel for Israeli’, 2011). Years after his discovery, Dan Shechtman is awarded the Nobel Prize in chemistry (2011).

Since in this work the comparison between different theories is considered, it is very important to discuss the notion of incommensurability in scientific theories. Oberheim in 2004 masterfully reports on the historical origins of incommensurability: Kuhn has been influenced by Fleck, Polanyi and Köhler, while Feyerabend has been mainly influenced by Duhem (Oberheim, 2005). Thomas Kuhn introduces the notion of incommensurability in 1962 in *The Structure of Scientific Revolutions* (Kuhn, 1996). Feyerabend reports on the notion of incommensurability in 1962 in the work *Explanation, Reduction and Empiricism* (P. K. Feyerabend, 1962), even if Feyerabend started to elaborate the notion of incommensurability more than a decade earlier (Oberheim, 2005). As clearly summarized by Oberheim:

The idea is that in the course of scientific advance, when fundamental theories change, meanings change, which can result in a new conception of the nature of reality” (Oberheim, 2005).

A careful analysis on the incommensurability between the theories presented in this work, as for example between the theory of Einstein and the theory of Lemaître on the expansion of the universe, is very interesting, but is beyond the scope of this work. Herein, we compare two different theories, or

models, and this is methodologically possible both for Kuhn and Feyerabend that state that a comparison between theories, even when they are incommensurable, is possible (Oberheim & Hoyningen-Huene, 2018). Following Kuhn, it is possible to evaluate which theory is the best problem-solver. For example, the theory of Lemaître better predicts the expansion of the universe with respect to the theory of Einstein. Following Feyerabend, it is possible to stage an *experimentum crucis* to validate one of the competing theories. For example, with X-ray diffraction on some alloys we can corroborate the model of quasicrystals (Shechtman et al., 1984).

Another interesting point that could be analysed in further works is the possible efficacy of the best problem-solvers among the scientific theories in addressing societal pressing problems. This analysis could challenge the one of Feyerabend who in *The Tyranny of Science* (P. Feyerabend & Oberheim, 2011) strongly criticizes the success of science. For Feyerabend, scientists prefer to focus on generalizations neglecting the details that are evident in the daily experience.

### **The anarchy in the scientific community**

These three examples underline that the scientist is going to present the developed model or theory as a parrhesiastes and the scientific community (or at least the majority of such community) is composed of patient beholders that are willing to understand the validity of the model or theory. Thus, the scientific society can be described as an anarchic society, in which the concentration of power of any authority, with established knowledge in any topic, is only apparent and temporary since any member can say something more solid concerning such topic. Such members of the scientific society are parrhesiastes when taking the risk of saying the truth, especially when the developed theory or model competes with the one of a scientific authority. However, after several discussions and after significant (crucial) experiments, the scientific society will recognize the best problem-solver among the competing theories. We would like to compare this picture with the one of Feyerabend (especially Feyerabend's thought in *Against Method*).

### **Objections to Feyerabend**

The pluralistic methodology of Feyerabend authorizes any methods, even unconventional methods. Feyerabend is against methodological monism, and he suggests methodological pluralism. In this study we do not want to argue with this internationally recognized and fascinating methodology, as recently reported by Brown and Kidd (Brown & Kidd, 2016) and in the special issue of *Studies in History and Philosophy of Science Part A* entitled *Reappraising Feyerabend*. In such a special issue Brown stresses the metaphysics of science of the late Feyerabend that emphasizes the absolute

abundance of the world and the ineffability of Being (Brown, 2016). Furthermore, it has been masterfully reported by Shaw in Ref. (Shaw, 2017) that methodological pluralism can be described as “methodological opportunism”. With the clear risk of an oversimplification, we underline the cumbersome employment of such methodological opportunism in the contemporary scientific community. To be clearer, we just want to cite the words of Luca Guzzardi:

And it is certainly not the case that “anything goes.” Something “goes” only if it can be integrated within the various elements that form a given dictionary (Guzzardi, 2018)

Where the “dictionary” relates to the “scientist’s dictionary” of Enrico Bellone (Bellone, 1980). Here, we aim to recall the scientist’s dictionary that includes some rigorous instruments such as theoretical frameworks, experimental procedures and protocols. Such instruments should be followed to make the discovery reliable for the community.

On the other hand, Feyerabend uses the term *Dadaism* to rule the political implication of the use of the term *anarchy*. Anyway, for Feyerabend Dadaism or anarchy relates to a scientific pluralistic environment in which “anything goes”. What we would like to stress is that pluralism is not strictly anarchism. In principle, there could be a societal organization, with an actual exercise of power, that is pluralist (e.g. a complex democracy with an extended system of checks and balances).

Taking into account these considerations, we would like to state that the scientific society is inherently an anarchic society: Anyone can develop a theory or model that works or an *experimentum crucis* that can be built or performed by anyone that has the proper instruments.

*Why are we talking about anarchy and not about democracy?* One can argue that, like in a democracy, the scientist/parrhesiastes is looking for a consensus and, if successful, the scientist will gain a larger consensus concerning one of the authorities. The scientist does not look for a consensus among the majority of the community. For example, Perelman publishes the solution of the Poincarè conjecture on a proper medium (the repository arXiv) (Perelman, 2002, 2003a, 2003b) without the consensus of other mathematicians in the field. Years later, the solution of Perelman has been widely (intersubjectively) recognized.

## Conclusion

In this work three examples have been reported in which a scientist behaves as a parrhesiastes, which exposes a solid theoretical framework or interpretation of data that go against the knowledge of the scientific community including the most authoritative standards. Such a community, that also includes careful and patient listeners, eventually accepts the more

solid and reliable model of the parrhesiastes. Inductively, an anarchic society, without the need for consensus and authoritative positions, can be considered as an interesting description of the scientific community.

### References:

1. Bässler, H. (1993). Charge Transport in Disordered Organic Photoconductors a Monte Carlo Simulation Study. *Physica Status Solidi (b)*, 175(1), 15–56. <https://doi.org/10.1002/pssb.2221750102>
2. Bellone, E. (1980). *A world on paper: Studies on the second scientific revolution*. MIT Press.
3. Brown, M. J. (2016). The abundant world: Paul Feyerabend's metaphysics of science. *Studies in History and Philosophy of Science Part A*, 57, 142–154. <https://doi.org/10.1016/j.shpsa.2015.11.015>
4. Brown, M. J., & Kidd, I. J. (2016). Introduction: Reappraising Paul Feyerabend. *Studies in History and Philosophy of Science Part A*, 57, 1–8. <https://doi.org/10.1016/j.shpsa.2015.11.003>
5. CORRECTED-UPDATE 3-Ridiculed crystal work wins Nobel for Israeli. (2011, October 5). Reuters. <https://www.reuters.com/article/nobel-chemistry-idUSL5E7L51U620111005>
6. Digest of Education Statistics, 2018. (n.d.). National Center for Education Statistics. Retrieved 25 May 2020, from [https://nces.ed.gov/programs/digest/d18/tables/dt18\\_315.10.asp](https://nces.ed.gov/programs/digest/d18/tables/dt18_315.10.asp)
7. Discourse and Truth: The Problematization of Parrhesia: 6 lectures given by Michel Foucault at the University of California at Berkeley, Oct-Nov. 1983. (n.d.). Michel Foucault, Info. Retrieved 8 September 2020, from <https://foucault.info/parrhesia/>
8. Feyerabend, P. K. (1962). Explanation, reduction, and empiricism. <http://conservancy.umn.edu/handle/11299/184633>
9. Feyerabend, P., & Oberheim, E. (2011). *Tyranny of science*. Polity Press.
10. Fleck, L., Trenn, T. J., Merton, R. K., & Bradley, F. (2008). *Genesis and development of a scientific fact (Repr. 11. Aufl)*. Univ. of Chicago Press.
11. Guzzardi, L. (2018). The Logic That Governs Each Step of Scientific Research. *Isis*, 109(1), 105–108. <https://doi.org/10.1086/697110>
12. Heeger, A. J., Kivelson, S., Schrieffer, J. R., & Su, W.-P. (1988). Solitons in conducting polymers. *Reviews of Modern Physics*, 60(3), 781–850. <https://doi.org/10.1103/RevModPhys.60.781>
13. <https://plus.google.com/+UNESCO>. (2015, November 4). Facts and figures: Human resources. UNESCO. <https://en.unesco.org/node/252277>



14. International Astronomical Union | IAU. (n.d.). Retrieved 10 September 2020, from <https://www.iau.org/news/pressreleases/detail/iau1812/?lang>
15. Kuhn, T. S. (1996). *The structure of scientific revolutions* (3rd ed). University of Chicago Press.
16. Lemaître, G. (1927). Un Univers homogène de masse constante et de rayon croissant rendant compte de la vitesse radiale des nébuleuses extra-galactiques. *Annales de La Société Scientifique de Bruxelles*, 47, 49–59.
17. Mitton, S. A. (2020). Georges Lemaître and the foundations of Big Bang cosmology. *The Antiquarian Astronomer*, 14, 2–20. <https://arxiv.org/abs/2007.09459>.
18. Oberheim, E. (2005). On the historical origins of the contemporary notion of incommensurability: Paul Feyerabend's assault on conceptual conservatism. *Studies in History and Philosophy of Science Part A*, 36(2), 363–390. <https://doi.org/10.1016/j.shpsa.2005.04.003>
19. Oberheim, E., & Hoyningen-Huene, P. (2018). The Incommensurability of Scientific Theories. In E. N. Zalta (Ed.), *The Stanford Encyclopedia of Philosophy* (Fall 2018). Metaphysics Research Lab, Stanford University. <https://plato.stanford.edu/archives/fall2018/entries/incommensurability/>
20. Ostriker, J. P., & Mitton, S. (2013). *Heart of darkness: Unraveling the mysteries of the invisible universe*. Princeton University Press.
21. Perelman, G. (2002). The entropy formula for the Ricci flow and its geometric applications. *ArXiv:Math/0211159*. <http://arxiv.org/abs/math/0211159>
22. Perelman, G. (2003a). Ricci flow with surgery on three-manifolds. *ArXiv:Math/0303109*. <http://arxiv.org/abs/math/0303109>
23. Perelman, G. (2003b). Finite extinction time for the solutions to the Ricci flow on certain three-manifolds. *ArXiv:Math/0307245*. <http://arxiv.org/abs/math/0307245>
24. Scopus—Document search. (n.d.). Retrieved 15 February 2021, from <https://www.scopus.com/search/form.uri?display=basic#basic>
25. Serie Storiche. (n.d.). Retrieved 24 May 2020, from [http://seriestoriche.istat.it/index.php?id=1&no\\_cache=1&tx\\_usercento\\_centofe%5Bcategoria%5D=7&tx\\_usercento\\_centofe%5Baction%5D=show&tx\\_usercento\\_centofe%5Bcontroller%5D=Categoria&cHash=1b020e5419ca607971010a98271e3209](http://seriestoriche.istat.it/index.php?id=1&no_cache=1&tx_usercento_centofe%5Bcategoria%5D=7&tx_usercento_centofe%5Baction%5D=show&tx_usercento_centofe%5Bcontroller%5D=Categoria&cHash=1b020e5419ca607971010a98271e3209)

26. Shaw, J. (2017). Was Feyerabend an anarchist? The structure(s) of ‘anything goes’. *Studies in History and Philosophy of Science Part A*, 64, 11–21. <https://doi.org/10.1016/j.shpsa.2017.06.002>
27. Shechtman, D., Blech, I., Gratias, D., & Cahn, J. W. (1984). Metallic Phase with Long-Range Orientational Order and No Translational Symmetry. *Physical Review Letters*, 53(20), 1951–1953. <https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.53.1951>
28. Su, W. P., Schrieffer, J. R., & Heeger, A. J. (1979). Solitons in Polyacetylene. *Physical Review Letters*, 42(25), 1698–1701. <https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.42.1698>



ESJ Natural/Life/Medical Sciences

## **Predicting Customer Behavior Using Prophet Algorithm In A Real Time Series Dataset**

***Ledion Liço***

MS in Data Science, University of Rochester, New York

***Indrit Enesi***

Department of Electronics and Telecommunication, Polytechnic University of Tirana, Albania

***Harshita Jaiswal***

MS in Data Science, University of Rochester, New York

[Doi:10.19044/esj.2021.v17n25p10](https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n25p10)

---

Submitted: 30 May 2021

Accepted: 16 June 2021

Published: 31 July 2021

Copyright 2021 Author(s)

Under Creative Commons BY-NC-ND

4.0 OPEN ACCESS

*Cite As:*

Liço L., Enesi I. & Jaiswal H. (2021). *Predicting Customer Behavior Using Prophet Algorithm In A Real Time Series Dataset*. European Scientific Journal, ESJ, 17(25), 10.

<https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n25p10>

---

### **Abstract**

Customer Relationship Management is important in analyzing business performance. Predicting customer buying behavior enables the business to better address their customers and enhance service level and overall profit. This paper focuses on proposing a model that predicts future period sales in a real retail department store with low prediction error rate, and it also discovers the main sales trends over time. A model based on the Prophet algorithm is implemented and modified according to different parameters in order to lower the prediction error. The modifications consisted of the insertion of a new seasonality pattern, changes in the Fourier order of the existing and the new seasonality pattern, inclusion of the holiday data, and parameterizing its impact. The performance of the standard and modified model is evaluated in terms of the MAE (mean absolute error) and MAPE (mean absolute percentage error). The standard and the modified model were tested on a real dataset consisting of the sales between 2011-2019 in a department store of a shopping center in Albania. Implementation results show that the MAE in sales prediction for the modified model is reduced, while the MAPE in sales prediction for the modified model was measured for different

prediction periods. The implementation results indicate a comparable or even better performance than the standard model.

---

**Keywords:** CRM, Time Series Analysis, Prophet Algorithm, Holiday Data, Accuracy In Prediction, Cross-Validation

## **Introduction**

Choosing the best technique to forecast data is a problem that arises in any forecasting application. Decades of research have resulted into an enormous amount of forecasting methods that stem from statistics, econometrics, and machine learning (ML), which leads to a very difficult and elaborate choice to make in any forecasting exercise (Aditya Satrio et al., 2021). Prediction of sales in department stores is usually very hard as they are impacted by several factors such as seasonality, holiday seasons, stock quality, price changes and many other factors that are usually not easy to predict. This is because there are different types of articles in a department store varying from clothes to accessories, cosmetics, household appliances and food, as well as the respective seasonality changes. However, the way these seasonalities impact the sales is not the same.

In this paper, a Time Series Model is proposed based on a modified version of the Prophet algorithm (Taylor et al., 2017) in order to predict the sales in a department store located in Albania. A new bimonthly seasonality pattern is introduced to the base Prophet model. The Fourier order that governs the seasonality pattern is changed for the new bimonthly seasonality and the weekly one. Holiday Data in Albania are implemented to the model and its impact is parameterized. The prediction results are compared for both the base model and the modified model based on MAE (mean absolute error) and MAPE (mean absolute percentage error). The modified model is fitted on the real data and the MAPE error is evaluated for quarterly sales predictions.

A real time series dataset is considered in the simulations. It includes the daily total sales of the department store from 2011-2019. The dataset is taken from a department store in Tirana, Albania, which is part of an international chain that operates in Europe. The department store's main products are clothes, accessories, cosmetics, and household appliances. The prediction is done for the total sales of the shop, and it is not divided into categories to understand the general trend in customer purchases over time. It is expected that the model fits into all sales datasets taken from other department stores in Albania as seasonalities and holiday data patterns are the same.

Literature review is discussed in the second part of this paper, while time series is analyzed in the third part of the paper. Section four describes the Prophet algorithm and its three core components. Implementation and analysis

compound the fifth section. This is followed by the conclusions and future works.

### **Literature Review**

The usage of Machine learning techniques to forecast sales data has been studied intensively in the last years. The main techniques used for this purpose are Neural Networks, Time Series Models, and combined models. Artificial Neural Networks were used to predict sales on the biggest grocery retailers in Turkey (Penpece et al., 2014) and the authors report an accuracy of 90%. The methodology used for measuring the accuracy levels was not clearly explained in the study.

A combined model of ANN and ARIMA Time Series Model was proposed (Li et al., 2018) and used on Chinese E-Commerce Sales. The model was compared to traditional ARIMA and ANN models which produced lower Root Mean Square Error (RMSE).

Prophet is a forecasting model released by Facebook's Core Data Science team (Taylor et al., 2017), which handles common features of business time series by adjusting parameters without prior knowledge of the underlying model details. It consists of a procedure developed for forecasting time series data based on an additive model where nonlinear trends are fit with yearly, weekly, and daily seasonality plus holiday effects. It was used in previous research to predict sales (Žunić et al., 2020) and the results were reported based on mean absolute percentage error (MAPE) level for sales prediction of different type of articles. They achieved a MAPE level of less than 30% for 70% of the products on a quarterly prediction. Default seasonality patterns were used in this study.

### **Time Series Analysis**

A time series is a series of data points ordered in time which is used to predict the future of data. Time series may be stationary, seasonality or auto correlated (Athiyarath et al., 2020). They are represented using different data visualization techniques to uncover the hidden patterns in datasets. Sequential data points are mapped at a certain successive time duration. Various methods tend to understand the underlying concept of the data points in time series to make predictions. Some of them use significant models to forecast the future conclusions on the basis of known past outcomes (Suhermi et al., 2018). Another objective is to explore and understand patterns in changes over time, where these patterns signify the components of time series. When such components reside in a time series, the data model must be considered for these patterns to generate accurate forecasts. Time series models are Autoregressive, Integrated, Moving average or a combination of all. Machine learning is a powerful technique that is available for a huge, explicated dataset

(Suhermi et al., 2018). Nevertheless, problems based on time series do not usually have interpreted datasets. Time series analysis requires some sorting algorithms that can allow it to learn time-dependent patterns across multiple models. Various machine learning tools such as classification, clustering, forecasting, and anomaly detection depend on real-world business applications. Multiple models and methods are used as an approach for time series forecasting. Machine learning methods for time series forecasting are divided into two, namely: Univariate time-series Forecasting method, where one variable is time and the other is the field that requires forecasting; and Multivariate Time-series Forecasting method, where the forecasting problem contains multiple variables that keep time as fixed (Aditya Satrio et al., 2021). Machine learning models are classified in ARIMA model, which is a combination of three different models, i.e., AR, MA, and I (Aditya Satrio et al., 2021). It tries to fit the data into the model. ARIMA also depends on the accuracy over a broad width of time series.

### **Prophet Model Algorithm**

Prophet is a forecasting model which handles common features of business time series by adjusting parameters without prior knowledge of the underlying model details (Taylor et al., 2017). Three model components are implemented, namely: trend, seasonality, and holidays as shown in equation 1:

$$\mathbf{y}(t) = \mathbf{g}(t) + \mathbf{s}(t) + \mathbf{h}(t) + \epsilon_t \quad (1)$$

where  $g(t)$  implements the trend function as a non-periodic change of time series values,  $s(t)$  implements periodic changes,  $h(t)$  implements the holidays effects, and the error term represents idiosyncratic changes as a normally distributed variable (Aditya Satrio et al., 2021). The forecast is considered as a framed curve-fitting problem based on the temporal dependence structure of the data. The system is flexible such that multiple periods of seasonality are easily embedded, measurements do not need to be regularly spaced, fitting is very fast, and users can interactively manipulate many model specifications and parameters or include new components (Sahay & Amudha, 2020).

### **The Trend Model**

Two most used trend model implementations are saturating growth model and piecewise linear model (Sahay & Amudha, 2020). The saturating growth model is described by the basic equation (2):

$$\mathbf{g}(t) = \frac{c}{1 + \exp(-k(t-m))} \quad (2)$$

where  $c$  is the carrying capacity,  $k$  is the growth parameter, and  $m$  is the offset. Analyzing the equation 2, it can be highlighted that  $C$  and  $k$  are not usually constant parameters. The first one is replaced by  $C(t)$ . For the second

parameter, change points are incorporated where growth rate is allowed to change. By denoting the change points with  $s_j$  where  $j= 1 \dots S$ , a vector of adjustments  $\delta \in R^S$  (the rate) at time  $t$  is calculated by the base parameter  $k$  and the adjustments up to that point as shown in equation (3):

$$t = k + a(t)^T \delta \tag{3}$$

Where 
$$a_j(t) = \begin{cases} 1, & \text{if } t \geq s_j \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases}$$

The offset parameter  $m$  must also be adjusted according to parameter  $k$  in order to connect the endpoints of the segments (Žunić et al., 2020). The adjustments at endpoints  $j$  are shown in equation (4):

$$\gamma_j = (s_j - m - \sum_{l < j} \gamma_l) \left( 1 - \frac{k + \sum_{l < j} \delta_l}{k + \sum_{l \leq j} \delta_l} \right) \tag{4}$$

The saturating growth model is shown in equation (5):

$$g(t) = \frac{c(t)}{1 + \exp(-(k + a(t)^T \delta)(t - (m + a(t)^T \gamma)))} \tag{5}$$

In a situation whereby the forecast does not satisfy the saturating growth model, the piecewise constant growth rate is used. Thus, the trend model is shown in equation (6):

$$g(t) = (k + a(t)^T \delta)t + (m + a(t)^T \gamma) \tag{6}$$

where:  $\gamma_j = -s_j \delta_j$ .

### Seasonality Model

Multi-periods of seasonality often appear at time series business. Seasonality models must be specified as periodic functions regarding  $t$ . To provide flexibility for periodic model effects, Fourier series are used. The seasonal effect is shown in equation (7):

$$s(t) = \sum_{n=1}^N \left( a_n \cos\left(\frac{2\pi n t}{P}\right) + b_n \sin\left(\frac{2\pi n t}{P}\right) \right) \tag{7}$$

Where  $P$  is the period of time series.  $2N$  parameters  $\beta = [a_1, b_1, \dots, a_N, b_N]^T$  are estimated for the seasonality. The seasonality matrix is constructed for each value of  $t$  in past and future data (Li et al., 2020). The seasonality component is shown in equation (8):

$$S(t) = X(t) \beta \tag{8}$$

## Holidays

Holidays and events are usually not periodic and provide large predictable shocks to business time series. Since they happen every year, it is important to incorporate them in the forecast (Toharudin et al., 2021). Assuming that the results of holidays effects are independent, the list of holidays is inserted into the system. Also, past and future days of the holiday are considered in the system. A function can be seen if the time  $t$  during a holiday  $i$  assigns the parameter  $k_i$  as the change point for the forecast. Therefore, a matrix of regressors is created:

$$\mathbf{Z}(t) = [\mathbf{1}(t \in D_1), \dots, \mathbf{1}(t \in D_L)] \quad (9)$$

and  $h(t) = \mathbf{Z}(t) \mathbf{k}$ . Additional parameters are inserted for the surrounding days of the holiday.

## Methodology and Performance Metrics

The prophet model has produced high accuracy rate which is compared with existing tools as observed in the previous studies. Its prediction error rate depends on the Fourier order of the model. A modified version of the Prophet model is proposed in this paper for the purpose of sales forecasting in a department store. The sales data is queried and aggregated daily from the transactional database of the department store and used as an input to the model. A new bimonthly seasonality pattern is included to the base Prophet model and the Fourier Series Order described in the previous sections is changed to produce the best fit and lower prediction error rate. The holiday data in Albania is gathered from 2011-2019 and inputted to the model. The impact of the day before the holiday is inputted also as a parameter to the model.

The base model and the modified model are trained and tested on the dataset and their prediction performance is evaluated based on MAE (Medium Average Error). The medium average error is the average magnitude of the errors in a set of predictions. It is calculated as shown below where  $y$  is the real data and  $\bar{y}$  is the predicted value:

$$MAE = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n |y_j - \bar{y}_j| \quad (10)$$

The performance of the modified model is cross validated over different periods of time during 2011-2019. It is trained within a period of 2 years and tested for the prediction of the following 6 months. The prediction performance is evaluated based on the mean absolute percentage error (MAPE). MAPE is the mean or average of the absolute percentage errors of forecast, and it is calculated as shown below where  $y$  is the real data and  $\bar{y}$  is the predicted value:

$$MAPE = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n \left| \frac{y_j - \bar{y}_j}{y_j} \right| \times 100\% \quad (11)$$



## Implementation and Analysis Data Exploration and Preprocessing

For the Time Series Analysis task, a dataset of 3271 records of the daily sales in the department store was used. The sales covered the period from 2011-2019, and the model was based on the Prophet algorithm. The data was converted in the format required by the algorithm. Another small dataset of the official holidays during these years was created and was used later on in the model. The aim was to predict the sales for 2020.

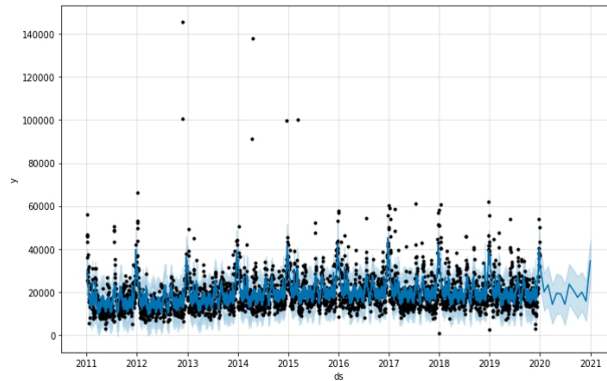
### Implementation of Holidays in Prophet Model

The Prophet base model and the modified model were tested. In the modified model, the holidays were imported in the model and the changes summarized in Table 3 were also indicated. A new bimonthly seasonality period was created and it was estimated that the department store is better described by this seasonality. Seasonality is estimated using partial Fourier Sum. The Fourier order determines how quickly the seasonality can change (default order for yearly seasonality is 10, while weekly seasonality order is 3). Increasing this Fourier order allows the seasonality to fit faster-changing cycles. Since there are sudden changes in the weekly sales of the data, the weekly Fourier order was changed to 20 and the bimonthly Fourier order was then set to 5. Furthermore, the holiday data were imported and the lower window was set to -1. This gave more weight to the day before the holiday, and it is estimated that the sales usually spike during this period. The holiday\_prior\_scale was set to 25 (default is 10) to strengthen the effect of holidays.

**Table 3.** Changes to the Prophet base Model

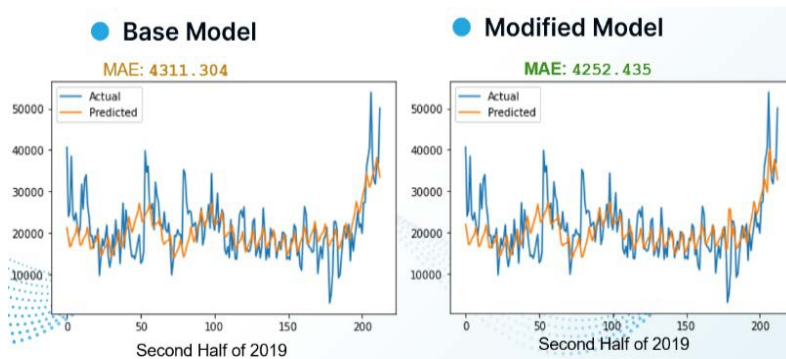
<b>Base Model</b>	<b>Modified Model</b>
Yearly/Weekly Seasonality	Seasonality
No holiday data	1. Annual
Linear Growth	2. Weekly fourier_order = 20
	3. Bi-Monthly fourier_order = 5
	holiday_season, holiday_prior_scale = 25, 'lower_window': -1
	Linear Growth

The results of the prediction are plotted in Figure 1 and it can be seen that the results fit into the real data. The blue line represents the prediction and the black dots represent the real data. A prediction for 2020 was also produced.



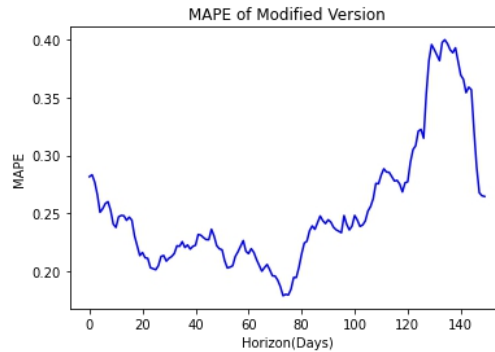
**Figure 1.** Modified Model Fit

The base model and the modified model are compared in terms of the mean absolute error (MAE). The error is measured based on the real data and predictions for the second half of 2019.



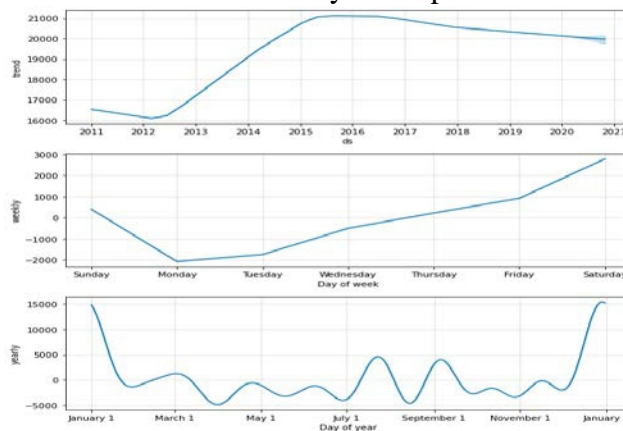
**Figure 2.** Comparison of model based on MAE

It can be observed that the modified model performs better in prediction and an improvement of 2% was obtained in prediction. The cross validation was also performed on the modified model in order to validate it. The algorithm was trained for 2000 days and a prediction was performed for a horizon of 180 days. In total, 7 forecasts were done and the results of MAPE (mean absolute percentage error) are plotted in Figure 3. From the results, it can be deduced that the model gave a very good prediction for about 90 days (<25%) and then the accuracy began to deteriorate within the interval of 90-140 days (max 40%). After 140 days, the error dropped again. This can be attributed to changes in sales seasons patterns for the period of 2018/2019.



**Figure 3.** Cross Validation MAPE

In addition, the trends in the sales are shown in Figure 4 since they are valuable information that can be used by the department store.



**Figure 4.** Trends in the Sales Data

## Conclusion

Predicting customer buying behavior is very important in business performance. A modified Prophet model was proposed and evaluated. The modifications consisted of the implementation of a new seasonality, changing the Fourier order of the existing and new seasonalities, insertion of holiday data, and parameterizing their impact.

The modified Prophet model was compared with the standard model. Implementation results show a reduction of 2% in the MAE level of the sales prediction from the standard model using the dataset. More so, the predicted curve fits the real sales data points even in the case of sudden changes. The model was cross validated over different periods of time and the sales predictions obtained correlate with the real data, which has a low MAPE under 25% for the quarterly predictions. This result is comparable and even better compared to previous studies discussed in literature review.

The error rise experienced within the interval of 90-140 days is attributed to changes in the sale's promotional seasons. The results obtained were supplied to the sales department for further analysis in order to exploit the detailed reasons behind the trend changes.

### **Future Work**

This study will be carried out in larger datasets and will be expanded in different dimensions (shops, categories, brands) of the data. More experiments will be conducted with the Prophet model and other time series techniques in order to achieve better levels of MAPE.

### **References:**

1. Aditya Satrio, C. B., Darmawan, W., Nadia, B. U., & Hanafiah, N. (2021). Time series analysis and forecasting of coronavirus disease in Indonesia using ARIMA model and PROPHET. *Procedia Computer Science*, 179, 524–532. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2021.01.036>
2. Athiyarath, S., Paul, M., & Krishnaswamy, S. (2020). A Comparative Study and Analysis of Time Series Forecasting Techniques. *SN Computer Science*, 1(3). <https://doi.org/10.1007/s42979-020-00180-5>
3. Calster, V. T. (2020). Profit-oriented sales forecasting: a comparison of forecasting techniques from a business perspective. *ArXiv.Org*. <https://arxiv.org/abs/2002.00949>
4. Li, M., Ji, S., & Liu, G. (2018). Forecasting of Chinese E-Commerce Sales: An Empirical Comparison of ARIMA, Nonlinear Autoregressive Neural Network, and a Combined ARIMA-NARNN Model. *Mathematical Problems in Engineering*, 2018, 1–12. <https://doi.org/10.1155/2018/6924960>
5. Li, Y., Ma, Z., Pan, Z., Liu, N., & You, X. (2020). Prophet model and Gaussian process regression based user traffic prediction in wireless networks. *Science China Information Sciences*, 63(4). <https://doi.org/10.1007/s11432-019-2695-6>
6. Nakajima, K., Nakata, T., Matsuo, S., Doi, T., & Jacobson, A. (2019). 239Machine learning model for predicting sudden cardiac death and heart failure death using 123I-metaiodobenzylguanidine. *European Heart Journal - Cardiovascular Imaging*, 20(Supplement\_3). <https://doi.org/10.1093/ehjci/jez145.003>
7. Penpece, D. & Elma, O. E. (2014). Predicting Sales Revenue by Using Artificial Neural Network in Grocery Retailing Industry: A Case Study in Turkey. *International Journal of Trade, Economics and Finance*, 5(5), 435–440. <https://doi.org/10.7763/ijtef.2014.v5.411>
8. Sahay, A. & Amudha, J. (2020). Integration of Prophet Model and Convolution Neural Network on Wikipedia Trend Data. *Journal of*

- Computational and Theoretical Nanoscience, 17(1), 260–266.  
<https://doi.org/10.1166/jctn.2020.8660>
9. Suhermi, N., Suhartono, Prastyo, D. D., & Ali, B. (2018). Roll motion prediction using a hybrid deep learning and ARIMA model. *Procedia Computer Science*, 144, 251–258.  
<https://doi.org/10.1016/j.procs.2018.10.526>
  10. Taylor, S. J. & Letham, B. (2017). Forecasting at scale. *PeerJ Preprints*. <https://peerj.com/preprints/3190/>
  11. Toharudin, T., Pontoh, R. S., Caraka, R. E., Zahroh, S., Lee, Y., & Chen, R. C. (2021). Employing long short-term memory and Facebook prophet model in air temperature forecasting. *Communications in Statistics - Simulation and Computation*, 1–24.  
<https://doi.org/10.1080/03610918.2020.1854302>
  12. Žunić, E., Korjenić, K., Delalić, S., & Šubara, Z. (2021). Comparison Analysis of Facebook’s Prophet, Amazon’s DeepAR+ and CNN-QR Algorithms for Successful Real-World Sales Forecasting. *International Journal of Computer Science and Information Technology*, 13(2), 67–84. <https://doi.org/10.5121/ijcsit.2021.13205>
  13. Žunić, E., Korjenić, K., Hodžić, K., & Đonko, D. (2020). Application of Facebook’s Prophet Algorithm for Successful Sales Forecasting Based on Real-world Data. *International Journal of Computer Science and Information Technology*, 12(2), 23–36.  
<https://doi.org/10.5121/ijcsit.2020.12203>



## **Factors Influencing The Food Security And Nutrition Expenditures In Farm Households In Punjab, Pakistan**

***Sobia Rose, PhD***

Agriculture and Resource Economics and presently serving as Associate Research Fellow Punjab Economic Research Institute (PERI), Planning and Development Board Government of the Punjab, Lahore

***Asima Ihsan, Mphil***

Economics and presently serving as Associate Research Fellow, Punjab Economic Research Institute (PERI), Planning and Development Board Government of the Punjab, Lahore

***Shahid Adil, PhD***

Economics and presently serving as Chief of Section, Planning and Development Board Government of the Punjab, Lahore

[Doi:10.19044/esj.2021.v17n25p21](https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n25p21)

Submitted: 28 July 2020

Accepted: 24 May 2021

Published: 31 July 2021

Copyright 2021 Author(s)

Under Creative Commons BY-NC-ND

4.0 OPEN ACCESS

*Cite As:*

Rose S., Ihsan A. & Adil Sh.(2021). *Factors Influencing the Food Security and Nutrition Expenditures in Farm Households in Punjab, Pakistan*. European Scientific Journal, ESJ, 17(25), 21.

<https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n25p21>

### **Abstract**

The study was designed to explore the preventive side of a healthy farming community which depends on better food intake and the patterns of food and its linkages with socio-economic status of the farmers in the province of Punjab. The aim of the study was to identify the important factors that contribute to poverty amongst the farm households. The study also determines the factors responsible for the nutritious food consumption patterns amongst the farm households. In order to find the important determinants of poverty amongst farmers, we have used the binary logistic regression. The results of the study revealed that education, family size, crops diversification, time given to farm activity and farm size are significant factors in determining the poverty status of farming households. The results also depicted that small farmers spend fewer amounts on nutritious food items than big farmers. This study

found a positive impact of diversified cropping patterns on food consumption amongst farmers. The level of education was also found to be significantly affecting the food consumption expenditures. The study recommended that pro-poor policies be implemented to increase labour productivity and improve food consumption among farmers. Educating farm families about the value of a healthy diet will help them make better food choices. Furthermore, the value of crop diversification must be recognized in order to lift farm households out of poverty and ensure their food security.

---

**Keywords:** Food Consumption, Crop Diversification, Nutritious Food, Farm Households

### **Introduction**

The food availability and utilization are important components of food security. They are mainly affected by the socio-economic status of the poor communities in developing countries where agriculture has always been an important source of livelihood. In the era of rapid urbanization where agricultural land is being utilized for non-farm activities, increasing the crop production by bringing more land under cultivation is almost impossible. Pakistan is ranked 8th in wheat production, 5th in sugarcane production, 10th in rice production and 4th in milk production but despite these facts, according to UNICEF's National Nutrition Survey and Ministry of health data only 63.1 percent of the households in the country are food secure. Per capita consumption of the food possessing high nutritional value like fish, chicken, beef, milk, vegetables, and fruits is 6 to 10 times lesser as compared to the developed countries (State Bank of Pakistan, 2019).

Addressing the problem of food security is very essential to ensure the availability of a diverse and nutritious food. But when it comes to the food availability to the farmers and their family, only traditional agricultural interventions which focus on increasing food production and raising incomes to reduce malnutrition, hunger and poverty are not sufficient. Although, this remains part of a valid approach, it is now recognized that higher levels of production and income alone have limited impact on improving food consumption expenditure patterns. A more comprehensive approach is required to optimize the food consumption on the part of farming households as they are the ultimate beneficiary of the agriculture. In case of Pakistan especially Punjab, improving the socio-economic status of the farmers can play an important role for a collective goal of poverty reduction and better food intake. Hence, one of the available options to make farmers better off is to intensify the agriculture by adopting different techniques for the crop diversification.

This research is motivated by a number of reasons, firstly, according to Labour Force Survey 2017, in Punjab, the highest proportion (40.1 percent) of labour force is engaged directly with agriculture, out of which rural share is 38.17 percent. Furthermore, the share of the sector in GDP is about 19.5% (Pakistan Economic Survey, 2018) which makes it the main source of livelihood for a large proportion of the population related directly or indirectly with the sector. Despite the major contribution of agriculture in rural economy, the farming communities have low socio economic status that leads to poverty and gives rise to high prevalence rate of stunting in rural areas of Punjab (rural 34.3 percent, urban 26.0 percent). This reflects limited access to adequate food supply to the rural communities specially children (BOS, 2018).

Furthermore, according to the food policy of Pakistan, despite major share of agriculture in the economy of Pakistan the agricultural growth has not benefited the rural communities up to the expectations. On production side wheat, sugarcane and rice being major crops were given more attention in previous policies but despite consistent increases in the production, one third of the rural population is undernourished in Punjab which points towards the issue that in rural communities, policies makers may have given less consideration to the consumption side of the food. Regarding consumption expenditure side, the proper food mix is necessary to guarantee a healthy diet intake which further aids in enhancing the productivity of farming community. Secondly, Pakistan Vision 2025 seeks a Pakistan where “all people, at all times, have physical and economic access to sufficient, safe and nutritious food to meet their dietary needs and food preferences for an active and healthy life”. Although for the improvement of agriculture sector, the government keeps on introducing various modern and scientific methods and techniques but most important aspect that has received least attention is the health and well-being of the farmers.

Keeping in view the above discussion, the study was designed to analyze the food expenditure patterns and its determining factors in farm households. The food expenditure patterns can further serve as a major determinant of the nutritional security of the farmers. Both food security and health are strongly linked with the farmers ‘productivity but better food intake is further dependent on the available household income. Increase in production and productivity can raise incomes, which can increase the purchasing power of the farmers to afford more nutritious food (Salazar, Lina, et al., 2015). While better food intake makes farming households to perform better during field work. So, it can be said that there is a synergistic relationship between better food intake and better earning (French, S.A. et al., 2019).

The expenditure approach of assessing food and nutritional security supports in studying the choice or preferences among different food products. When household income decreases, household calories may be maintained



more or less constant through substitutions within and between food groups while the consumption of essential micronutrients may decrease dramatically as households consume less meat, eggs and milk, which are nutritionally rich foods. For instance, a positive correlation between nutrition and productivity may merely reflect the effect of increased worker productivity and thereby income on nutrition. However, there are few studies which test these linkages empirically which broadly analyze the relationship between agricultural production and income on nutritional status of farmers (Muller, 2009; Villa, Barrett, & Just, 2011).

Understanding the link between the nutritional well-being of individuals and their socioeconomic status is important for drawing policies for those who are under nourished. Interest in understanding this relationship dates back to the 1940s and the development of the "minimum cost" diet plans (Senauer, Asp, and Kinsey, 1992). Similarly, Adrain and Daniel (1976) conducted one of the first comprehensive studies on the relationship between nutrient intake and socioeconomic status. Since then, numerous researchers have reexamined this relationship using latest data and more innovative techniques. It is also evident that labour productivity is directly related to better health and better food intake that ultimately leads to better household income and overall growth of the economy. While, poor health and unhealthy food consumption patterns result in reduction of working capacity and absenteeism from work, which also result in output reduction both at micro and macro level. So, elasticity of agricultural output and income with respect to better food consumption is necessary to explore the relationship of productivity-poverty and poverty-nutritional status. Following the literature and importance of spending on nutritious food items, this study takes into account the expenditures on thirteen food items by farm family households.

Farming households can play very important role in the development of human capital, so, the current study is designed to explore the preventive side for a healthy farming community which definitely lies in better food intake and the patterns of food. Its linkages with socio economic status of the farmers in Punjab will provide important insights to intervene for evidence based policy.

### **Objectives of the Study**

1. To identify the important factors which contribute to the poverty of the farm households in Punjab?
2. To determine how many farm households are unable to afford the minimum cost of a nutritious diet based on their current food expenditure.
3. To determine the factors responsible for lower level of food consumption pattern in some farm households in Punjab.

**Methodology**

To find the important determinants of farm households’ poverty, Logistic regression is used in this study. Dependent variable takes the value “1”, if the daily per capita income of family is above poverty line, otherwise “0”. Same methodology was also adopted by Iheke and Nwaru (2013), who estimated the relationship between farm productivity and poverty status of rural small farm households in Nigeria. The dependent variable is binary with purchasing power parity.

$y_i = [$ “1”, if the daily per capita income of family is above the poverty line,

“0” if the daily per capita income of family is below the poverty line]

The values 1 and 0 are chosen for simplicity. The poverty line used is \$1.90/day

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 Edu_i + \beta_2 lnage_i + \beta_3 FS_i + \beta_4 MFRATIO_i + \beta_5 CROPS_i + \beta_6 LNPV_i + \beta_7 RATIO TIME_i + \beta_8 LNTEPC_i + \beta_9 FSFA_i + \beta_{10} MFTIME_i + D_1 FSIZE_i + \epsilon$$

**Table 1.** Variable Description

EDU	Education of Farmer
LNAGE	Ln of Age
FS	Family size
MFRATIO	Male to female ratio in family
CROPS	Crop diversification
LNPV	Ln of productivity
RATIO TIME	Ratio of time given to farm activity /time to non-farm activity
LNTEPC	Ln total expenditure per capita of family
FSFA	Interaction of family size and average time given to farm activity
MFTIME	Interaction of male female ratio and time given to farm activity
FSIZE	Dummy of Farm Size
2	Medium
3	Large

To further explore how food consumption expenditures are influenced by agriculture productivity, the following econometric model has been used to analyze the impact of different factors on 14 foods and one non-food (education) expenditures of farm family households. Therefore, daily per capita consumption expenditures are taken as the dependent variables in the model. The explanatory variables include poverty status, family size, crop diversification farm size and interaction of family size with farm size are included in model.

$$C_d = C (Edu, Crops, Poverty, FS, FSC, FSFSC)$$

$$Exp. i = \beta_0 + \beta_1 Edu_i + \beta_2 Crop_i + \beta_3 Poverty_i + \beta_4 FS_i + \beta_5 FSC_i + \beta_6 fsfsc_i + \epsilon$$

**Table 2.** Explanatory Variables Used in Model of Consumption

<b>Variables</b>	<b>Description</b>
EDU	Education of Farmer
FS	Family size
Poverty	“0”, family income is below the poverty line otherwise “1”
Crops	Crop diversification
FSFA	Interaction of family size and average time given to farm activity
FSC	<b>Farm Size Code</b>
2	<b>Medium</b>

### Elasticity Analysis of Food Consumption Expenditures

In order to reduce the estimation error and facilitate the elasticity calculation of food demand, percentage change in daily per capita consumption expenditures are calculated from the regression model estimated in previous section. As the model is linear, so following formula is used to compute the elasticity of food expenditures with respect to education, crops and family size. Moreover, interaction term of family size and farm size is also used in elasticity analysis of the model.

$$E_i = \beta_i \cdot \bar{X}_i / \bar{Y}_i$$

$\bar{X}_i$  denotes the average values of explanatory variables, for which elasticities are computed to measure the percentage change in individual food consumption expenditures.  $\bar{Y}_i$  are the average values of individual food consumption expenditures and  $\beta_i$  denotes the coefficient value of explanatory variable for respective food consumption model.

### Data Source

The data source for the study is primary in nature and data have been collected through structured questionnaire. In order to give coverage to all types of heterogeneity in units of rural households in Punjab, stratified sampling was done. At first, the study area i.e. Punjab was divided into two regions on the basis of source of irrigation i.e. Barani region (rain fed) and Irrigated region. The barani region was subdivided into barani and partial barani, while the irrigated region was subdivided into crop ecological zones i.e. cotton-wheat zone, rice-wheat zone and mixed- wheat zone. The sample size of farm households derived was 766 which was proportionately divided according to the proportion of farm households’ population in the sample districts, while further distribution of sample farm households on farm size basis was made proportionately on the basis of population of various farm size categories in the sample village as small (Under 5.0 acres), medium (5.0 acres to < 12.50 acres) and large (12.50 acres and above) with 468, 245 and 53 farm households respectively.

## Results and Discussions

This study has developed different models for “Robustness Check” which is commonly used as an evidence of the structural validity of the model (Lu & White, 2014). In first model, socio characteristics of farm households are analyzed. While in model 2, economic indicators are also added along with interaction terms of the ratio of time given to farm activity and non-farm activity with family size while male to female ratios are added in model 3 and 4 respectively. Model 6 controls farm size along with all the other socio-economic indicators. Age of farmer and the composition of male and female household members which is represented by male-female ratio in one farming household has no significant impact on poverty status of farm households (See table 3). These findings are in line with Iheke and Nwaru (2013) who did not find any significant relationship between age of farm household head and poverty status. Some studies also suggest a negative relationship between age of the household head and poverty status especially of the farm families who have no other source of income (Jayne, et al., 2003). While education is significant only in model 1 at 5% confidence interval. One-year increase in an education level of farmer increases the odd of getting above the poverty line by 4 percent. Farm families with more education of the household head are found to be in better socio economic conditions (Iheke and Nwaru,2013).Although in rest of the models we did not find any significant effect of education in determining the poverty of farm households as odd ratio are approximately equal to one in all the other models. However, increase in family size by one person decreases the odds of being above the poverty line by 15-64 percent gradually in respective models (moving from right to left). Literature also demonstrates that large families are more likely to be poorer as large family size serves as a hindrance in the way of family welfare (Orbeta, 2005; Iheke and Nwaru, 2013). But when more time is given to farm activities is interacted with family size then chances of being above the poverty line significantly increase by the odds of 1.10 as in case of developing countries the average farm size is small and in case of small farm size, families effectively use available resources and mostly farm activity is labour intensive so in case of large families the active individuals’ are available to work on farming activities and families tend to hire less labour (Fan & Chan-Kang, 2005) (model 6).

Crop diversification is an important variable of this analysis which is measured by the number of crops a farm family grows in one cropping season. The results show that with more crop diversification the probability of being above the poverty line increases by odds of 2.15. The above-mentioned relationship reveals that may be with more crop diversification, the farm families earn more livelihoods. Literature also shows that diversified cropping patterns and diversified economic activities in Latin America helped small

holder farmers to come out of extreme poverty that contributed in overall socio-economic development of the rural areas (Demie and Zeray, 2015; Reardon, 2001). Furthermore, as a means to utilize the land maximally in order to increase their income, smallholder rice farmers in Thailand undertaken crop diversification by growing rice and sweet corn (Pitipunya, 1995). Similarly, in tobacco growing zones of Brazil smallholding farmers improved their socio-economic status by introducing alternative crops such as fresh vegetables and bananas as a way to adopt diversified cropping pattern (Vargas and Campos, 2005).

The main inputs required in agriculture are land, nutrients, water and work. The work part is delivered either by machinery, livestock or labour. Developing countries usually have labour intensive agricultural systems and with growing population the demand for food increases. This increased demand for food requires more resources to be allocated to the farm activity. The time spent on the on-farm activities by a farmer is an important factor which affects the work part of the required inputs for the agriculture (Ibarrola-Rivas, 2016). The consumption of good and healthy diet increases the labour productivity and hence improves the agricultural production (Lock et al., 2010). Similarly, productivity of farms households and more time given to farm activities also significantly increases the odds of remaining above poverty line by 4.31 and 1.007.

Crop diversification is found to be linked with farming household's food security, income and productivity (Makate, et al., 2016) but in this analysis the crop diversification is also found to be linked with poverty status of the farmers and time spent on farm activity. Usually on small land parcels, the farming activity is labour intensive so with more crop diversification the time spent on farm activities increases but this time can only be utilized if labour productivity is higher. The one way to enhance the labour productivity is to supply a healthy family labour. The consumption expenditures on nutritious food items are assumed to be the way as one of the preventive measures to avoid diseases and keep the farm families healthy that will ultimately reduce the poverty level. Thirtle et al. (2001) and Irz et al. (2001) also found direct relationship between rise in agriculture productivity and decline in poverty at macro level. Total expenditures per capita of farm household also positively correlate with the time given to farm activities with smaller proportion<sup>1</sup> and hence enable the farm households to remain above the poverty line by odds of 2.24 significantly ( $p < 0.01$ ). Moreover, farm households having medium and large size farms have more probability of remaining above the poverty line by odds of 1.18 and 3.50 respectively than

---

<sup>1</sup> Correlation between ratio time and Intepc is 0.17, calculated by author

those who have small farms, but this relationship is not much robust ( $p < 0.1$ ) (Babatunde et al., 2007).

**Table 3.** Dependent Variable: Poverty [Poor=0; Above Poverty Line=1]

Variables	Model 1	Model 2	Model 3	Model 4	Model 5	Model 6
Edu	0.9595** (0.0180)				0.9933 (0.0272)	0.9918 (0.027)
Lnage	1.0296 (0.2642)				1.1094 (0.4331)	1.1353 (0.4483)
Fs	0.8717*** (0.0284)				0.6346*** (0.0339)	0.6061*** (0.0364)
Mfratio	0.9098 (0.0588)				1.0052 (0.1076)	1.0113 (0.1144)
Crops		1.6894** * (0.1544)	1.6710** * (0.1573)	1.7425*** (0.1624)	2.1153*** (0.2245)	2.1455*** (0.2306)
Lnppv		3.5812** * (0.6432)	3.5034** * (0.6363)	3.6657*** (0.6743)	4.7122*** (1.1199)	4.3059*** (1.0946)
Ratiotime		1.0071** * (0.0022)	1.0069** * (0.0022)	1.0152*** (0.0032)	1.0082** (0.0040)	1.0078* (0.0041)
Ln-tepc		4.2119** * (1.1970)	4.3425** * (1.3095)	4.3948*** (1.2952)	2.5384*** (0.7876)	2.2423** (0.7131)
Fsfa			1.0131** * (0.0213)		1.0918*** (0.0287)	1.0951*** (0.0288)
Mftime				0.9941*** (0.00159)	0.9962* (0.0020)	0.9964* (0.0021)
Fsize						
2						1.1769 (0.3584)
3						3.4969* (2.5078)
Constant	8.879283* * (8.767044)	3.59e-11*** (1.03e-10)	3.81e-11*** (1.09e-10)	1.99e-11*** (5.90e-11)	5.52e-11*** (1.96e-10)	3.30e-10*** (1.25e-09)
Number of Observatio n	745	752	752	752	745	745
Wald Chi_2	28.92	118.67	119.60	118.31	142.92	145.27
Probability	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Pseudo R2	0.0402	0.3587	0.3592	0.3743	0.4733	0.4786

As discussed earlier, the lowest cost of nutritious food estimated by the World Bank is Rs 87 per day per person. Cost estimations of nutritious diets

are significant because it reveals the purchasing power of the farming households and gives a snapshot of food affordability by them. Farmers and their families are supposed to be well nourished when they spend the minimum amount of money specified for the basic costs. However, it is considered that spending less than this amount (Rs 87/day/person) increases the risk of not getting all the essential nutrients. Among small farmers, the percentage of households' spending lower than the Rs 87/day/person is about 31 percent. Similarly, by using the per day household expenditure on food, it is estimated that 19 percent of medium farmers and 11 % of large farmers are spending less than the estimated Rs 87 per person per day.

### **Empirical results of Farm Household Expenditures on Different Food Items**

The analyses of food consumption expenditures of overall data are showed in model 1 (see table 4). While in model 2, farm size is also control with other independent variables. Both models reveal that education has no significant impact on the consumption of wheat, rice, maize, milk and Vanaspati ghee ( $p>0.1$ ). Consumption expenditures on desi ghee, meat, eggs, and pulses rise significantly with one-year increase in education of farm household on an average. Similarly, expenditure on fruits and cereal food items also increase significantly by the increase in an education level of farm household head and this relationship is negative at 10% level for consumption expenditures on vegetables and becomes more robust when farm size is control in model 2 ( $p<0.05$ ), which is contrary to the study of Abdel-Ghany (1978) but supports their results in case of milk, fruits and meat.

Farmers with more crop diversification spend more on wheat, maize desi ghee, beef, meat, eggs, fruits, pulses, cereal food items and other cereal food items for consumption expenditures. But relationship of crop diversification with meat, education expenditures and cereal food consumption expenditures are not statistically significant ( $p>0.1$ ) in model 2. Farms households whose daily per capita income lie above the poverty line, spend more on rice, milk, meat, beef, education and overall cereal food items but relationship of poverty status with meat and beef expenditures is not significant ( $p<0.1$ ). While such farm households spend less on Vanaspati ghee. Family size is another important determinant of food consumption expenditure. An increase in one family member of a household significantly reduces the per capita consumption expenditures on wheat per day ( $p<0.01$ ). But when family size interacts with farm size, this relationship becomes positive. With the increase in farm size along with family size, consumption expenditures on wheat also increases by Rs.29 per day of farm household on an average. Similarly, an increase in family size also significantly reduces the consumption expenditures on desi ghee, Vanaspati, beef, milk, eggs,

vegetables and fruits, pulses and overall cereal food items. But when family size interacts with farm size, relationship with meat, eggs, vegetables, fruits, pulses and all type of cereal food consumption expenditures become positive and significant. Findings of family size variable also matched with prior findings of Radchenko and Corral (2018) who found negative relationship with food expenditures.

Medium and large farm households have less per capita consumption expenditures on wheat by Rs. 4.68 and Rs. 0.41 per day than small farm households respectively among crops and consume more on rice as compare to small farmers but relationship is not significant for the rice consumption expenditures ( $p > 0.1$ ). Large farmers significantly spend more on consumption expenditures of meat and beef than small farmers. Farm size was also not seen to be significant on food security of households in North-Central Nigeria (Babatunde et al., 2007).

Lastly, results of the regression analysis also reveal that farmers with more education and above the poverty line significantly spend more on all food and non-food items per capita. Abdel-Ghany and Schrimper (1978) also found positive and significant relationship of income and rise in education level with food consumption expenditures of U.S farm households. Radchenko and Corral (2018) analyzed that food expenditures increase with the rise in level of education. Households with more income were also found to be more food secure in the findings of Babatunde et al. (2007).

Although farmers with more crop diversification are also more nutritious and spend more on total expenditures at individual household level but statistically, this relationship is not significant. Family size is negatively and significantly related to consumption expenditures on food and non-food items of farm households but when family size increases with the increase in farm size, consumption expenditures on both food and non-food items also rises on average by farm households ( $p < 0.01$ ).

**Table 4.** Regression Analysis of Consumption Expenditures (Without Control of Farm Size)

Variables (Coeff./S.E)	Wheat (1)	Rice (2)	Maize (3)	Other Cereal (4)	MILK (5)	GHEE (6)	VENA (7)	MEAT (8)	BEAF (9)
Edu	-0.0233 (0.0566)	0.0148 (0.0223)	0.0007 (0.0025)	-0.0179*** (0.007)	-0.1805 (0.1499)	0.1446*** (0.0529)	0.0173 (0.0198)	0.1308*** (0.0262)	0.0517** (0.0217)
Crops	0.6590** (0.2726)	-0.0103 (0.0915)	0.0514*** (0.0086)	0.1022*** (0.0295)	0.1276 (0.7146)	0.7151*** (0.2242)	-0.0208 (0.0801)	0.114 (0.1404)	0.1935** (0.0839)
Poverty	-0.6719 (1.153)	1.1232*** (0.2643)	0.0155 (0.0224)	0.0020 (0.0675)	8.8573*** (1.9571)	0.3373 (0.5076)	-0.0876 (0.2126)	0.4127 (0.3149)	0.2154 (0.2156)
FS	-0.9127*** (0.1188)	0.0056 (0.0331)	-0.0125*** (0.0044)	-0.0425*** (0.0108)	-1.0001*** (0.3011)	- 0.2947*** (0.1024)	-0.2873*** (0.0356)	-0.0217 (0.043)	-0.085** (0.0342)
Constant	17.0458*** (1.0535)	2.3138*** (0.3902)	0.0100 (0.0366)	0.3824*** (0.0864)	27.6644*** (1.8535)	2.1988*** (0.7753)	7.9142*** (0.3465)	-0.08 (0.4905)	2.0264*** (0.3552)
Number of Obs.	745.0000	745.0000	745.0000	745.0000	745.0000	745.0000	745.0000	745.0000	745.0000
F-Value (4,740)	15.62***	7.59***	16.22***	7.40***	34.91***	5.78***	16.77***	7.71***	5.92***
R-square	0.0776	0.0309	0.0650	0.0621	0.1091	0.0483	0.1236	0.0391	0.0338



**Table 4 continued.....**

Variables	Eggs (10)	Education (11)	Vege (12)	Fruits (13)	Pulses (14)	Cereal (15)	Lntepc (16)
Edu	0.0159*** (0.0047)	0.4374*** (0.0869)	-0.0597* (0.0322)	0.0684** (0.0299)	0.0285*** (0.0093)	0.9437** (0.4608)	0.0154*** (0.0031)
Crops	-0.0258 (0.0167)	0.2051 (0.2592)	0.3723*** (0.1189)	0.2052* (0.1127)	-0.227*** (0.0396)	0.6855 (1.4367)	0.0285** (0.0117)
Poverty	0.0078 (0.0498)	1.7768* (0.9419)	-0.1838 (0.3455)	-0.5696* (0.3189)	-0.0809*** (0.1122)	19.0679*** (5.2007)	0.127*** (0.0365)
FS	-0.0639*** (0.0091)	0.121 (0.1358)	-0.5232*** (0.0683)	-0.4818*** (0.065)	-0.1166*** (0.0175)	-3.7886*** (0.5342)	-0.042*** (0.0058)
Constant	1.1078*** (0.0926)	-0.0671 (1.3139)	10.1533*** (0.5592)	6.4209*** (0.5869)	3.236*** (0.1933)	81.7438*** (4.6551)	4.8176*** (0.056)
Number of Obs.	745.0000	745.0000	745.0000	745.0000	745.0000	745.0000	745.0000
F-Value	14.39***	7.33***	19.34***	14.57***	23.20***	32.89***	28.43***
R-square	0.1167	0.0251	0.1343	0.1430	0.1846	0.0588	0.1593

\*\*\*, \*\* and \* denotes significance level at 1%, 5% and 10% respectively

Source: Authors' own Calculation

**Table 5. Regression Analysis of Consumption Expenditures (With Control of Farm Size)**

Variables (Coeff./S.E)	Wheat (1)	Rice (2)	Maize (3)	Other Cereal (4)	MILK (5)	Ghee (6)	Vanaspati (7)	Meat (8)	Beef (9)
Edu	-0.0299 (0.0558)	0.0116 (0.0227)	0.0011 (0.0025)	-0.0150** (0.0069)	-0.2109 (0.1638)	0.1083*** (0.0518)	0.0076 (0.0196)	0.1123*** (0.0255)	0.0394* (0.0215)
Crops	0.6914*** (0.2573)	-0.0297 (0.0905)	0.0536*** (0.0086)	0.1180*** (0.0299)	-0.0006 (0.7969)	0.5259*** (0.2006)	-0.0632 (0.0799)	0.0179 (0.1403)	0.1289 (0.0822)
Poverty	-1.6491 (1.3117)	1.1206*** (0.2768)	0.0175 (0.0225)	0.0308 (0.0675)	8.0542*** (1.6299)	-0.1446 (0.4960)	-0.3405*** (0.2069)	0.1698 (0.3091)	0.0436 (0.2147)
FS	-2.2603*** (0.2997)	0.0524 (0.0829)	-0.0156* (0.0094)	-0.0483** (0.0211)	-1.6921*** (0.4054)	-0.4008** (0.2041)	-0.4872*** (0.0852)	-0.0808 (0.1153)	-0.1217 (0.0792)
FSC:									
Medium	-4.6795*** (1.1869)	0.2411 (0.3470)	-0.0219 (0.0443)	-0.1164 (0.0961)	-1.5883 (2.0920)	0.8158 (1.0838)	-0.2595 (0.3452)	0.2933 (0.4884)	0.3977 (0.3535)
Large	-0.4121*** (2.0932)	0.8224 (0.6999)	-0.0749 (0.0881)	-0.4225*** (0.1411)	-1.8113 (4.1845)	3.7978 (2.6813)	-0.4940 (0.7240)	1.9564* (1.1768)	1.2196* (0.7067)
FSFSC	0.7318*** (0.1250)	-0.0313 (0.0380)	0.0023 (0.0048)	0.0081 (0.0083)	0.3301 (0.2552)	-0.0025 (0.1291)	0.0943 (0.0398)	0.0011** (0.0585)	-0.0001 (0.0386)
Constant	21.4366*** (1.4686)	2.2625*** (0.4776)	0.0091 (0.0454)	0.3198*** (0.1128)	30.6861*** (2.9786)	3.5400*** (0.9665)	8.7838*** (0.4302)	0.6384 (0.6009)	2.4631*** (0.4511)
Number of Obs.	745.0000	745.0000	745.0000	745.0000	745.0000	745.0000	745.0000	745.0000	745.0000
F-Value (7,737)	12.3100***	4.6200***	10.0100*	5.9900***	20.3300***	6.3500***	14.0700***	5.4700***	6.0100***
R-square	0.1130	0.0328	0.0666	0.0746	0.1144	0.0766	0.1455	0.0702	0.0552

\*\*\*, \*\* and \* denotes significance level at 1%, 5% and 10% respectively

**Table 5 Continued..**

Variables	Eggs (10)	Education (11)	Vege (12)	Fruits (13)	Pulses (14)	Cereal (15)	Lntepc (16)
Edu	0.0133** (0.0047)	0.4193*** (0.0931)	-0.0709** (0.0322)	0.0533* (0.0294)	0.0236** (0.0094)	0.8809* (0.5172)	0.0130*** (0.0032)
Crops	-0.0375** (0.0170)	0.0780 (0.2542)	0.3332*** (0.1161)	0.1464 (0.1118)	-0.2456*** (0.0397)	0.4768 (1.4984)	0.0176 (0.0115)
Poverty	-0.0541 (0.0498)	1.9330* (1.1281)	-0.6362** (0.3367)	-1.0382*** (0.3016)	-0.2361** (0.1108)	17.0093*** (6.0685)	0.0753** (0.0374)
FS	-0.1099*** (0.0236)	0.6917** (0.3170)	-0.9695*** (0.1410)	-0.9279*** (0.1462)	-0.2673*** (0.0403)	-6.1170*** (1.1775)	-0.0779*** (0.0127)
FSC:							
Medium	-0.0561 (0.0903)	2.9985* (1.7472)	-0.8377 (0.6127)	-1.1530** (0.5737)	-0.4023*** (0.1612)	-9.7068 (6.2010)	-0.0370 (0.0514)
Large	-0.0631 (0.1872)	6.9458*** (2.5599)	-2.4940** (1.2825)	-1.7518 (1.3039)	-0.6178** (0.3150)	-9.6298 (11.4472)	-0.0053 (0.1008)
FSFSC	0.0211** (0.0101)	-0.3442** (0.1421)	0.2283*** (0.0707)	0.2204*** (0.0704)	0.0748*** (0.0169)	1.1684** (0.5956)	0.0159*** (0.0062)
Constant	1.3196*** (0.1243)	-1.3974 (1.8881)	11.7909*** (0.6389)	8.2421*** (0.7488)	3.8455*** (0.2377)	91.3125*** (7.4466)	4.9924*** (0.0627)
Number of Obs.	745.0000	745.0000	745.0000	745.0000	745.0000	745.0000	745.0000
F-Value	11.3900***	5.3700***	14.9500***	12.9100***	17.8500***	29.1400***	23.3200***
R-square	0.1381	0.0303	0.1571	0.1804	0.2200	0.0627	0.1951

Source: Authors' own Calculation

### Elasticity’s of Consumption Expenditures by Farm Households with Respect to Poverty, Education, Family Size and Crop Diversification

Previous section reported the results of regression analysis of food expenditures by farm households. This section elaborates the elasticity of individual food and non-food item with respect to education, family size, crop diversification and interaction between family size and farm size in table 6. One-year increase in education of farmer increases the consumption expenditures on desi ghee, meat, beef, eggs, education, fruits, pluses and cereal food items by 0.18%, 0.55%, 0.10%, 0.13%, 0.10%, 0.05%, 0.04% and 3.28% respectively. Farmers who grow more crops, their household consumption expenditures on wheat, maize, desi-ghee, vegetables fruits and cereal food items increases by 0.20%, 1.50%, 0.49%, 0.03%, 0.07% and 1.02% respectively. Household consumption expenditures on meat and beef also increases by 0.05% and 0.18% respectively by the farm households with more crop diversification but this relationship is not statistically significant.

Family size is negatively and significantly related with household consumption expenditures on all food items except rice, meat and beef which are not significant. Increase in family size alone reduces the consumption of cereal items of farm households and collectively reduces the consumption expenditures on cereal items by 24%. But when farm size also increases along with family size, consumption expenditures on cereal items also rise by 7.33% and this relationship is also robust. Similarly, when family size increases by farm size, individual food consumption expenditures on wheat, meat, eggs, fruits and pulses also rise by 0.63%, 0.009%, 0.33%, 0.32% and 0.21% respectively. In General, it can be concluded that farmers with more crop diversification and farm size spend more on nutritious food.

A comparison of income elasticity of individual food consumption among rural households shows that sensitivity of food consumption expenditures differs with the level of income. For wheat, vegetables, pulses, eggs and Vanaspati, income elasticity of more income group is lesser than low income group. However, elasticity comparison shows that there is positive and significant increase in the consumption of rice, milk and cereal food consumption expenditures by the higher income group and they are sensitive to choose food items.

**Table 6.** Elasticity’s of Consumption Expenditures

	Education	Farm Size	Crops	Interaction of Farm Size & Family Size	Poverty
WHEAT	-0.0153	-1.2273***	0.2022***	0.6290***	-0.0929
RICE	0.0233	0.1118	-0.0341	-0.1057	0.2481***
MAIZE	0.0537	-0.8101**	1.4990***	0.1891	0.0943
Other Cereal	-0.2672**	-0.9148**	1.2037***	0.2429	0.0605
MILK	-0.0512	-0.4365***	-0.0001	0.1348	0.2156***

GHEE	0.1750**	-0.6888**	0.4867***	-0.0068	-0.0258
VANA	0.0083	-0.5624***	-0.0393	0.1723	-0.0408***
MEAT	0.5497***	-0.4206	0.0502	0.0091**	0.0917
BEAF	0.0957*	-0.3145	0.1794	-0.0004***	0.0117
EGGS	0.1252**	-1.1000***	-0.2021**	0.3343**	-0.0562
EDU	0.1009***	0.1769**	0.0107	-0.1394***	0.0513*
VEGE	-0.0117**	-0.1700***	0.0315***	0.0634	-0.0116**
FRUIT	0.0463*	-0.8572***	0.0728	0.3223***	-0.0995***
PULSES	0.0388**	-0.4672***	-0.2312***	0.2069***	-0.0428**
All CEREAL	3.2844*	-24.2538***	1.0182	7.3332**	6.9987***

\*\*\*, \*\* and \* denotes significance level at 1%, 5% and 10% respectively

*Source:* Authors' own Calculation

### Concluding Remarks

The purpose of this study was to assess the relationship between food expenditure patterns and its influencing factors among farm households in Punjab, Pakistan. As socio economic status and poverty is one of the major reason shaping the food consumption patterns in a household so the first model was developed to examine the determining factors of poverty in farming households but and second model was developed to examine the impact of poverty status on individual food consumption expenditures. Poverty situation in farm households did not show good picture, as approximately 29 percent of sample farm households were living below the poverty line.<sup>2</sup> Education, family size, crops diversification, productivity, time given to farm activity and farm size are all found as important factors in determining the poverty status of farm households. It might be expected that more family size leads to more active members available for work in fields and hence more time given to farm activities which eventually increase the productivity that ultimately reduces the poverty. On the other hand, consumption expenditures analyses of nutritious food items show that poverty is one of the important factors to determine the consumption pattern of any farm household. Analyses reveal that poor people consume less amount on nutritious items like; rice, milk, meat, beef and all in all cereal food items. Similarly, large family size also leads to reduction in consumption of nutritious items but when increases with the increase in both farm and family size interact with farm size, consumption expenditures on individual cereal items also. Results of the study also reveal that an increase in farm size from small to medium and large, per capita consumption of food items also increases. As we have used the education as a proxy of awareness in this study, so, more educated farmers were found spending more on caloric items than others. Similarly, the farmers with more

<sup>2</sup> Calculated from the data as per \$1.90/capita per day.

education level tend to spend more on rice, desi ghee, meat, beef, eggs, fish and fruits as compared to the farmers with low level of education. Farmers who grow more crops were above poverty line and consume more cereal items on an average. Elasticity of consumption expenditure revealed the positive and significant increase in the consumption expenses of some nutritious food items if there is increase in farmer's income and education.

### **Recommendations**

- The present study demonstrates that more production by farm households leads to more income per capita of family. So, to increase the crop productivity there must be interventions by the government to increase the labour productivity through better health conditions which makes better food consumption a pre-requisite.
- Those farming households should be targeted which are below the poverty line and are not spending according to WHO recommended amount to be spent at a nutritious food basket.
- The farmers with large farm sizes although spent more on food but then it becomes the matter of awareness that further affects the food choice. So, better food choices should be ensured through educating farm families.
- The findings of the study suggest that in order to get farm households out of the circle of poverty and keep them food secured, the farmers should be informed about the importance of crop diversification. The households with larger family size having more active members available to work in fields should be trained to increase their productivity to achieve sustainable growth in agricultural.

### **Areas for Future Research**

Future researchers should dig out the barriers of crop diversification and to study the nutritional security of the farm families and its linkages with the disease prevalence and labour productivity. Food consumption patterns can be assessed with respect to multidimensional poverty index which will provide more detail of the farm household's affordability and choice determinants.

### **References:**

1. Abdel-Ghany, M., & Schrimper, R. A. (1978). Food consumption expenditures and education of the homemaker. *Home Economics Research Journal*, 6(4), 283-292.
2. Babatunde, R. O & Qaim, M. (2010). Impact of off-farm income on food security and nutrition in Nigeria. *Food policy*, 35(4), 303-311.

3. Babatunde, R. O., Omotesho, O. A., & Sholotan, O. S. (2007). Socio-economic characteristics and food security status of farming households in Kwara State, North-Central Nigeria. *Pakistan Journal of Nutrition*, 6(1), 49-58.
4. Babatunde, R. O., Omotesho, O. A., & Sholotan, O. S. (2007). Socio-economic characteristics and food security status of farming households in Kwara State, North-Central Nigeria. *Pakistan Journal of Nutrition*, 6(1), 49-58.
5. Barrett, C. B. (2005). Rural poverty dynamics: development policy implications. *Agricultural Economics*, 32, 45-60.
6. Behrman, J. R., & Deolalikar, A. B. (1987). Will developing country nutrition improve with income? A case study for rural South India. *Journal of political Economy*, 95(3), 492-507.
7. Behrman, J. R., Deolalikar, A. B., & Wolfe, B. L. (1988). Nutrients: impacts and determinants. *The World Bank Economic Review*, 2(3), 299-320.
8. Behrman, J. R., Foster, A. D., & Rosenzweig, M. R. (1997). The dynamics of agricultural production and the calorie-income relationship: Evidence from Pakistan. *Journal of Econometrics*, 77(1), 187-208.
9. Bhandari, R., & Smith, F. J. (2000). Education and food consumption patterns in China: Household analysis and policy implications. *Journal of Nutrition Education*, 32(4), 214-224.
10. Blaylock, J. R., & Blisard, W. N. (1995). Food security and health status in the United States. *Applied Economics*, 27(10), 961-966.
11. Cameron, A. C., & Trivedi, P. K. (2005). *Micro econometrics: methods and applications*. Cambridge university press.
12. Demie, A. and Zeray, N. (2015). Nonfarm Income Diversification and Inequality in Eastern Ethiopia: Evidence from Gini Decomposition Analysis. *Journal of Poverty, Investment and Development*, 18, 7-14.
13. Deolalikar, A. B. (1988). Nutrition and Labour Productivity in Agriculture: Estimates for Rural South India. *The review of Economics and Statistics*, 406-413.
14. Economic Survey of Pakistan (Various Issues): Government of Pakistan. extracted from <http://www.finance.gov.pk/rebuttals1.html>
15. Fan, S., & Chan-Kang, C. (2005). Is small beautiful? Farm size, productivity, and poverty in Asian agriculture. *Agricultural Economics*, 32, 135-146.
16. Farm Accounts, Family Budget and Cost of Production of Major Crops in Punjab:2016-17. Punjab Economic Research Institute.

17. French, S.A., Tangney, C.C., Crane, M.M. et al. Nutrition quality of food purchases varies by household income: the SHoPPER study. *BMC Public Health* 19, 231 (2019).
18. González-Cossío, T., INSP, M., & Ramirez, S. R. (2006). Income and Micronutrient Consumption in Rural Mexico.
19. Haddad, L. J. (1991). The Impact of Nutritional Status on Agricultural Productivity: Wage Evidence from the Philippines Vol-53.
20. Hashmi, A. A., Sial, M. H., Hashmi, M. H., & Anwar, T. (2008). Trends and Determinants of Rural Poverty: A Logistic Regression Analysis of Selected Districts of Punjab [with Comments]. *The Pakistan Development Review*, 909-923.
21. Ibarrola-Rivas, M., Kastner, T., & Nonhebel, S. (2016). How much time does a farmer spend to produce my food? An international comparison of the impact of diets and mechanization. *Resources*, 5(4), 47.
22. Iheke, O. R., & Nwaru, J. C. (2013). Innovation Adoption, Farm Productivity and Poverty Status of Rural Smallholder Farm Households in South-East, Nigeria. In Invited paper presented at the 4th International Conference of the African Association of Agricultural Economists, Hammamet, Tunisia.
23. Irz, Xavier, Lin, Lin, Thirtle, Colin, & Wiggins, Steve. 2001. Agricultural Productivity Growth and Poverty Alleviation. *Development Policy Review*, 19(4), 449-466.
24. Jayne, T. S., Yamano, T., Weber, M. T., Tschirley, D., Benfica, R., Chapoto, A., & Zulu, B. (2003). Smallholder income and land distribution in Africa: implications for poverty reduction strategies. *Food policy*, 28(3), 253-275.
25. Lazear, E. and R. Michael (1980). Family Size and the Distribution of Per capita Income, *American Economic Review*. 70: 91-107
26. Lock, K., Smith, R. D., Dangour, A. D., Keogh-Brown, M., Pigatto, G., Hawkes, C., ... & Chalabi, Z. (2010). Health, agricultural, and economic effects of adoption of healthy diet recommendations. *The Lancet*, 376(9753), 1699-1709.
27. Lu, X., & White, H. (2014). Robustness checks and robustness tests in applied economics. *Journal of econometrics*, 178, 194-206.
28. Lyu, K., Zhang, X., Xing, L., & Zhang, C. (2015). Impact of Rising Food Prices on Food Consumption and Nutrition of China's Rural Poor. In 2015 Conference, August 9-14, 2015, Milan, Italy (No. 211861). International Association of Agricultural Economists.
29. Melgar-Quinonez, H. R., Zubieta, A. C., MKNelly, B., Nteziyaremye, A., Gerardo, M. F. D., & Dunford, C. (2006). Household food

- insecurity and food expenditure in Bolivia, Burkina Faso, and the Philippines. *The Journal of nutrition*, 136(5), 1431S-1437S.
30. Mok, T. P., Maclean, G., & Dalziel, P. (2011). Household size economies: Malaysian evidence. *Economic Analysis & Policy*, 41(2), 203-223.
  31. Moreira, P. A., & Padrão, P. D. (2004). Educational and economic determinants of food intake in Portuguese adults: a cross-sectional survey. *BMC Public Health*, 4(1), 58.
  32. Muller, C. (1999). The impact of the production composition on the nutrition status of agricultural households in Rwanda. *Applied Economics Letters*, 6(2), 125-131.
  33. Orbeta Jr, A. C. (2005). Poverty, vulnerability and family size: evidence from the Philippines. *Poverty Strategies in Asia*, 171.
  34. Pérez-Escamilla, R., & Segall-Corrêa, A. M. (2008). Food insecurity measurement and indicators. *Revista de Nutrição*, 21, 15s-26s.
  35. Pitipunya, R. (1995). Determinants of crop diversification on paddy field: A case study of diversification to vegetables. *Kasetsart Journal (Soc. Sci)*, 16, 201–208.
  36. Pitt, M. M., & Rosenzweig, M. R. (1985). Health and nutrient consumption across and within farm households. *The Review of Economics and Statistics*, 212-223.
  37. Radchenko, N., & Corral, P. (2018). Agricultural commercialization and food security in rural economies: Malawian experience. *The Journal of Development Studies*, 54(2), 256-270.
  38. Ramezani, C. A. (1995). Determinants of nutrient demand: A nonparametric analysis. *Journal of Agricultural and Resource Economics*, 165-177.
  39. Salazar, L., Aramburu, J., González-Flores, M., & Winters, P. (2015). Food security and productivity: impacts of technology adoption in small subsistence farmers in Bolivia (No. IDB-WP-567). IDB working paper series.
  40. Salois, M. J., Tiffin, R., & Balcombe, K. G. (2012). Impact of income on nutrient intakes: implications for undernourishment and obesity. *The Journal of Development Studies*, 48(12), 1716-1730.
  41. Salois, M., Tiffin, R., & Balcombe, K. (2010). Calorie and nutrient consumption as a function of income: a cross-country analysis.
  42. SBP (2019). State Bank of Pakistan <http://www.sbp.org.pk/reports/quarterly/fy19/Third/Special-Section-2.pdf>
  43. Schneider, K., & Gugerty, M. K. (2011). Agricultural productivity and poverty reduction: Linkages and pathways. *Libraries Test Journal*, 1(1), 56-74.

44. Seale, J. L., Regmi, A., & Bernstein, J. (2003). International evidence on food consumption patterns (pp. 64-65). Washington, DC: Economic Research Service, US Department of Agriculture.
45. Slavchevska, V. (2015). Agricultural production and the nutritional status of family members in Tanzania. *The Journal of Development Studies*, 51(8), 1016-1033.
46. Strauss, J. (1986). Does better nutrition raise farm productivity? *Journal of political economy*, 94(2), 297-320.
47. Thirtle, C., Irz, X., Lin, L., McKenzie-Hill, V., & Wiggins, S. (2001). Relationship between changes in agricultural productivity and the incidence of poverty in developing countries. report commissioned by the Department for International Development, London.
48. ud Din, Z., Paracha, P. I., ul Haq, Z., Ahmad, Z., Khan, Z., & Asif, M. (2016). Wheat Productivity: Role of Farmers' Nutritional Status. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*, 4(8), 692-699.
49. Vargas, M. A. and Campos, R. R. (2005). Crop substitution and diversification strategies: empirical evidence from selected Brazilian Municipalities (No. Paper No.28). Brazil.
50. White, H. (1980). A heteroskedasticity-consistent covariance matrix estimator and a direct test for heteroskedasticity. *Econometrica: Journal of the Econometric Society*, 817-838.
51. Zhou, D., Shah, T., Ali, S., Ahmad, W., Din, I. U., & Ilyas, A. (2017). Factors affecting household food security in rural northern hinterland of Pakistan. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*.





ESJ Natural/Life/Medical Sciences

## **Dégradation De La Fertilité Des Sols Et De L'environnement Dans La Région Des Savanes Au Nord-Togo : Analyse Des Perceptions Et Stratégies D'adaptation Indigènes**

***Magamana Abalo-Esso***

Doctorant en Géoressources; Université Joseph Ki-Zerbo, Ouaga I (UJKZ-OI), Burkina-Faso

***Gadedjisso-Tossou Agossou, PhD***

Chercheur au Centre d'Action pour la Sécurité Alimentaire et Développement Durable et la Valorisation des Ressources (CASADD-VR), Sokodé, Togo

***Blavet Didier***

Chercheur, agronome, Institut de Recherche pour le Développement (IRD), UMR Eco&Sols Ecologie Fonctionnelle et biogéochimie des sols et des agrosystèmes, France

***Hien Edmond (Professeur titulaire)***

Université Joseph Ki-Zerbo, Ouaga I (UJKZ-OI) - UFR Sciences de la Vie et de la Terre, Président de l'Université de Fada N'Gourma, Burkina Faso.

***Chotte Jean Luc***

Directeur de Recherche au sein de l'UMR ECO&SOLS, Président du huitième Comité Scientifique Français de la Désertification (CSFD), Directeur de la Mission pour la Promotion de l'interdisciplinarité et de l'intersectorialité à l'Institut de Recherche pour le Développement (IRD), France

[Doi:10.19044/esj.2021.v17n25p40](https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n25p40)

---

Submitted: 29 March 2021

Accepted: 06 July 2021

Published: 31 July 2021

Copyright 2021 Author(s)

Under Creative Commons BY-NC-ND

4.0 OPEN ACCESS

*Cite As:*

Magamana A-E., Gadedjisso-Tossou A., Blavet D., Hien E. & Chotte J.L. (2021). *Dégradation De La Fertilité Des Sols Et De L'environnement Dans La Région Des Savanes Au Nord-Togo : Analyse Des Perceptions Et Stratégies D'adaptation Indigènes*. European Scientific Journal, ESJ, 17(25), 40.

<https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n25p40>

---

## Résumé

Le nord-ouest du Togo, est caractérisé par une forte pression sur les sols, entraînant une régression de parcs agroforestiers et une diminution rendements agricoles. Dans un tel milieu, l'appréciation des producteurs de ces changements ainsi que les méthodes qu'ils adoptent pour y faire face restent moins connus. C'est pour cet objectif qu'une enquête socio-économique a été menée auprès des producteurs pour évaluer leurs perceptions sur la dégradation des sols et les changements climatiques afin d'identifier puis retenir les pratiques originales d'adaptation pouvant faire objet de diffusion. L'enquête menée sur un échantillon raisonné de 216 producteurs des deux sexes a montré que : 98,10% des enquêtés sont conscients de la dégradation de leurs sols tandis que 99,50% ressentent les effets des changements climatiques qui se manifestent en termes de longues sécheresses, de retards de pluies, de pluies violentes, abondantes et variable et d'augmentation de température. Les causes des changements évoquées par les producteurs sont : les pluies diluviennes (26,85%), les mauvaises pratiques culturelles (62,50%), l'intensification agricole (46,76%), le surpâturage (2,78%), l'usage abusif de pesticides (20,37%), l'augmentation de la population (12,96%), la déforestation (21,76%) et les feux de brousse (6,48%). Globalement, les 98,6% des enquêtés ont abandonné 63 ha de sol devenus irrécupérables. Les producteurs adoptent des mesures d'adaptation telles que l'apport de fumure organique, les rotations et associations culturelles, la construction de bandes enherbées, de cordons pierreux et de diguettes, et le reboisement pour protéger et restaurer leurs champs. Plusieurs espèces de plantes désirées par les producteurs pour leur vertu sont en voie de disparition. La perception par les paysans des cas de longue sécheresse sont expliqués par les variables « âge du paysan », « la pratique de l'élevage », « l'accès aux services de vulgarisation » et « la pratique de l'agriculture ». Il est nécessaire de prendre ces variables en compte dans les projets et programmes de luttés contre la sécheresse dans le milieu. Les variables « âge du paysan », « mauvaises pratiques culturelles », et « déforestation » influençant également la perception des paysans de dégradation des sols, doivent être également considérés dans les programmes et projets de restauration des sols dégradés dans le milieu. Il est important d'étudier les effets de ces pratiques sur la restauration des sols et le rendement des cultures.

---

**Mots clés** : Région Des Savanes, Dégradation De Sols, Pratiques Culturelles

## **Degradation Of Soil Fertility And The Environment In The Savannah Region Of Northern Togo: Perception Analysis And Indigenous Adaptation Strategies**

***Magamana Abalo-Esso***

Doctorant en Géoresources; Université Joseph Ki-Zerbo, Ouaga I (UJKZ-OI), Burkina-Faso

***Gadedjisso-Tossou Agossou, PhD***

Chercheur au Centre d'Action pour la Sécurité Alimentaire et Développement Durable et la Valorisation des Ressources (CASADD-VR), Sokodé, Togo

***Blavet Didier***

Chercheur, agropédologue, Institut de Recherche pour le Développement (IRD), UMR Eco&Sols Ecologie Fonctionnelle et biogéochimie des sols et des agrosystèmes, France

***Hien Edmond (Professeur titulaire)***

Université Joseph Ki-Zerbo, Ouaga I (UJKZ-OI) - UFR Sciences de la Vie et de la Terre, Président de l'Université de Fada N'Gourma, Burkina Faso.

***Chotte Jean Luc***

Directeur de Recherche au sein de l'UMR ECO&SOLS, Président du huitième Comité Scientifique Français de la Désertification (CSFD), Directeur de la Mission pour la Promotion de l'interdisciplinarité et de l'intersectorialité à l'Institut de Recherche pour le Développement (IRD), France

---

### **Abstract**

The north-west of Togo is characterized by strong pressure on the soil, leading to a decline in agroforestry parks and a reduction in agricultural yields. In such an environment, producers' appreciation of these changes and the methods they adopt to deal with them remain less well known. It is for this purpose that a socioeconomic survey was conducted among producers to assess their perceptions of soil degradation and climate change to identify and then retain original adaptation practices that can be disseminated. The survey carried out on a purposely selected sample of 216 producers from both sexes. The results showed that: 98, 10% of respondents are aware of the degradation of their soils while 99,50% feel the effects of climate change which are manifested as long droughts, delayed rains, heavy rains and temperature rise. The causes of the changes mentioned by the producers are: torrential rains (26,85%), bad cultivation practices (62,50%), agricultural intensification (46,76%), overgrazing (2,78%), the abusive use of pesticides (20,37%), the increase in population (12,96%), deforestation (21,76%) and bush fires

(6,48%). Globally, 98,6% of those surveyed abandoned 63 ha of land that had become irrecoverable. Producers adopt resilience measures such as providing organic manure, crop rotations and associations, the establishment of grass strips and stone bunds, bunds and reforestation to protect and restore their plots. Producers adopt adaptation measures such as adding organic manure, crop rotations and associations, construction of grass strips, stone bunds, bunds, and reforestation to protect and restore their fields. Several species of plants desired by producers for their virtue are endangered. The farmers' perception of cases of long drought are explained by the variables "age of the farmer", "the practice of animal husbandry", "access to extension services" and "the practice of agriculture". It is necessary to take these variables into account in projects and programs to fight against drought in the area. The variables "farmer's age «,» bad cultivation practices" and "deforestation" also influencing farmers' perception of soil degradation, must also be considered in programs and projects for the restoration of degraded soils in the area. It is important to study the effects of these practices on soil restoration and crop yields.

---

**Keywords:** Savannah Region, Soil Degradation, Cultivation Practices

## **Introduction**

Le Togo est un petit pays de l'Afrique occidentale situé entre 6 et 11° de latitude nord et 0 et 1°40 de longitude. Il couvre une superficie de 56 600 km<sup>2</sup> et est limité au nord par la république du Burkina Faso, au sud par l'océan atlantique, à l'est par le République du Bénin et à l'ouest par la République du Ghana. Le pays est subdivisé en cinq régions administratives dont (du sud au nord) : la région Maritime, la région des Plateaux, la région Centrale, la région de la Kara et la région des Savanes.

Les terres cultivées sont estimées à près de 3,4 millions d'hectares (64% du territoire) mais 55% étaient cultivées en 2010. Avec une pluviométrie moyenne variant entre 800 et 1 400 mm et une température moyenne de 27 à 28°C, le Togo comptait 6 191 155 habitants en 2010 (4ème RGPH, 2010) et cette population devrait atteindre 7 531 928 habitants en 2017 avec un taux de croissance de 2,84% par an.

Les formations végétales sont fortement dégradées et le taux de déboisement est de l'ordre de 15 000 ha/an contre un rythme de reboisement qui ne dépasse guère 3 000 ha annuellement (MERF, 2015). L'accroissement de la population exerce une forte pression sur les sols et l'environnement. Les principales causes de dégradation d'ordre environnemental et édaphique sont, entre autres, la déforestation ou le déboisement les incendies, le surpâturage, la dégradation des sols et le déclin de leur fertilité, la dégradation des aires protégées et de la faune, l'envasement des cours d'eau et de la lagune, la

contamination et la dégradation de la qualité des eaux douces et la dégradation du cadre de vie. Un premier état de dégradation des sols et de l'environnement fut fait par Brabant en 1994; ainsi avait-il montré une relation entre la densité des cultures, la diminution de la jachère, la réduction du couvert végétal et le niveau de dégradation, dans un environnement bien déterminé. Par ailleurs, une étude menée en 1994 par l'Office de la Recherche Scientifique et Technique Outre-Mer (ORSTOM) et l'Institut National des Sols (INS) fait également ressortir en substance l'état de dégradation des terres au Togo. Cette étude avait mentionné trois secteurs de dégradation au Togo : les terres de barre dans Sud-est, le secteur du nord-est de Kandé et le secteur situé entre Dapaong et le Burkina-Faso (Brabant et al., 1994). Les simulations faites à cette époque, faisaient état d'une progression des terres dégradées qui passeront de 2% du territoire togolais à plus de 45% sur une période de 40 ans (entre 1995 et 2035). Le secteur de Dapaong était le plus dégradé avec divers types d'érosion : érosion en nappe et en rigole. Plus de 20 ans après cette étude, il est noté une évolution des superficies dégradées.

Malgré les programmes de reboisement et de lutte contre le déboisement force est de constater que le rythme de déboisement reste supérieur à celui du reboisement. Le taux de déforestation (89% des superficies de la région des Savanes) est le plus élevé comparé aux autres régions du pays. A cela s'ajoute l'adoption timide de bonnes pratiques culturelles vulgarisées par les services étatiques et les organisations non gouvernementales qui sensibilisent les producteurs depuis quelques années. Ces sensibilisations ont convaincu quelques producteurs qui reboisent et mettent en place des cordons pierreux et des bandes enherbées dans certains cantons afin de limiter les effets de la dégradation. Cependant, peu de plants survivent à la fin des projets dont la durée moyenne se situe entre 3 et 5 ans. Cette faible survie des plants serait imputable à la divagation incontrôlée des animaux en saison sèche, décimant les jeunes pousses d'arbres reboisés ; ce phénomène concerne 80% des villages dans la région des Savanes (RNA, 2013). Ainsi, les impacts de nombreux projets de développement ne sont pas durables, occasionnant le gaspillage de fonds, ce qui conduit à un éternel recommencement. La dégradation des sols et de l'environnement pourrait se poursuivre si les causes profondes de ce comportement ne sont pas bien cernées afin de mieux réorienter les actions et projets dans cette zone.

L'objectif global de cette étude est de contribuer à l'amélioration de la fertilité des sols et à la protection de l'environnement dans la région des Savanes au Togo. Il s'agit d'identifier les usages des terres ou les pratiques culturelles effectuées dans la zone, ainsi que les contraintes rencontrées par les producteurs dans la mise en œuvre de ces pratiques à travers une enquête dans laquelle il sera notamment examiné "des pratiques originales ou

traditionnelles mises en œuvre par les agriculteurs, et qui seraient susceptibles d'être améliorées afin de préserver ou augmenter les stocks de carbone"

Les objectifs spécifiques de l'étude sont: : (i) Evaluer la perception des producteurs sur dégradation des sols, les changements climatiques et leurs conséquences; (ii) Déterminer les motifs/causes d'adoption de pratiques de dégradation des sols et de l'environnement dans la zone; (iii) Déterminer les pratiques agro écologiques employées par les producteurs dans la zone; et (iv).

## Matériel et méthodes

### Zone d'étude

L'étude a été menée au nord-ouest de la région des Savanes couvrant une superficie de 4 157 km<sup>2</sup> sur 8 470 km<sup>2</sup> pour la région. C'est l'une des zones les plus dégradées du territoire togolais (Brabant et al., 1994). Les préfectures se situant dans la zone la plus dégradée et la plus peuplée de la région ont été choisies. Il s'agit des préfectures de Tone, de Cinkassé et de Tandjoare dont les densités de population sont respectivement de 234 habitants/km<sup>2</sup>, 268 habitants/km<sup>2</sup> et de 138 habitants/km<sup>2</sup> contre 86 habitants/km<sup>2</sup> pour le Kpendjal, de 44 habitants/km<sup>2</sup> pour l'Oti et 98 habitants/km<sup>2</sup> pour la région des Savanes (RGPH, 2010). Le taux d'occupation des sols des trois préfectures pour les divers besoins (agriculture, habitations...) est de plus de 80% (FAO, 2005) avec un pourcentage de la population agricole de : 79,79% (Tone), 65,73% (Cinkassé) et de 98,58% (Tandjoare).

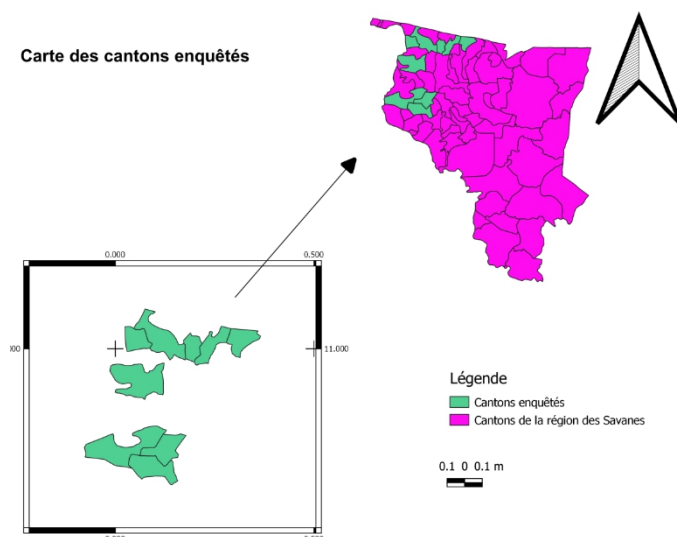


Figure 1. Localisation de la zone enquêtée

## **Procédure d'échantillonnage et taille de l'échantillon**

L'étude a été menée dans les cantons ayant abrité les projets « durabilité et de résilience de l'agriculture familiale dans la région des Savanes » piloté par Agronomes et Vétérinaires Sans Frontières (AVSF) et « Union Européenne » (UE) piloté par l'Institut Africain de Développement Economique Social (INADES)-Formation. Il s'agit des cantons de :

- Timbou, Biankouri, Nadjoundi dans la préfecture de Cinkassé ;
- Sanfatoute, Naki-Ouest, Kourientré dans la préfecture de Tone ;
- Nano, Sissiak et Tampialime dans la préfecture de Tandjoare.

Dans ces cantons, 4 villages ont été choisis sur la base de l'état de dégradation des sols et de la pression foncière que subie ces villages. Dans chaque village, 6 producteurs dont 3 femmes sont choisis de façon aléatoire. Ainsi 24 producteurs ont été enquêtés par canton, soit 216 producteurs au total. La taille de l'échantillon est définie de façon raisonnée/intentionnelle en prenant en compte les ressources disponibles pour la réalisation de cette étude.

## **Collecte de données**

Les informations sur la perception des producteurs sur la dégradation des sols, les changements climatiques et leurs conséquences, les motifs/causes d'adoption de pratiques de dégradation des sols et de l'environnement ainsi que les pratiques agro écologiques adoptées ou en cours d'adoption dans la zone ont été recueillies auprès des producteurs à l'aide d'une enquête par questionnaires. Lors de l'administration du questionnaire sur le terrain, nos propres observations ont permis de compléter les informations recueillies. Nous avons également eu des entretiens avec certains personnages œuvrant dans le domaine agricole de la région des Savanes. Les noms des espèces de plantes ont été recueillis en langues locales puis traduits en noms scientifiques par l'aide des personnes ressources.

Le dépouillement des fiches d'enquête administrées, le traitement et l'analyse des données recueillies pour interpréter les résultats.

## **Méthode d'analyse des données**

Les statistiques descriptives, les tableaux, les graphes ont été utilisées etc. ont été utilisés pour analyser les données. La régression logistique Probit a été utilisée pour évaluer les déterminants de la perception des paysans de la dégradation des sols les dernières années d'une part, et des changements dans les températures et des cas de longues sécheresses d'autre part. Le logiciel Sphinx iQ2/EPIDATA a été utilisé pour dépouiller les questionnaires. Les données sont ensuite exportées vers les logiciels SPSS et le tableur Excel pour leur traitement et analyse.

Les résultats obtenus sont contenus dans la section suivante.

## **Résultats**

### **Analyse descriptive de la population**

La population rurale des préfectures de Tône, Cinkassé et Tandjoare étaient respectivement de 91 602 habitants dont 52 049 femmes, 18 785 9 habitants dont 667 femmes et 42 552 habitants dont 23 888 femmes (FAO, 2013). La situation matrimoniale dans ces trois préfectures des enquêtés se présente comme suit : 1,40% de personnes jamais mariés ; 51,90% de monogames, 37,00% de polygames, 0,90% de divorcés ou séparés et 8,80% de veufs/veuves. L'âge de la population enquêtée est compris entre 20 ans et 90 ans avec une moyenne de 45 ans ; 29,60% sont instruits et ont atteint les niveaux de scolarité suivants : primaire (17,13%), collège (1,39%), lycée (10,65%) et programme non formel (0,46%). Trois religions sont pratiquées par les enquêtés : le christianisme (51,40%), l'animisme (34,30%) et l'islam (14,40%). L'agriculture et l'élevage sont les principales activités menées par les enquêtés avec des taux respectifs de 99,50%. Et 0,5%. Les activités secondaires sont l'élevage (77,80%), le transformation (9,60%), le commerce (0,90%), l'artisanat (3%), l'agriculture (0,50%). Un seul enquêté exerce secondairement une activité de pastorat. Les enquêtés ont des ménage de 6 et 10 enfants (50,90%), 0-5 enfants (22,70%); 11 à 15 enfants (19,40%), 16 à 20 enfants (5,60%) et 21 à 25 enfants (2,30%).

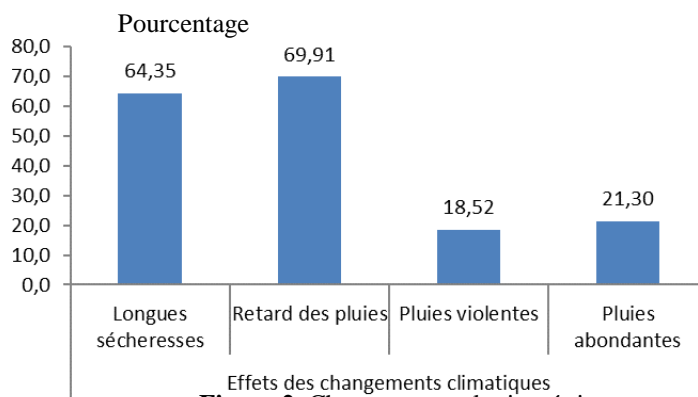
### **Perception des producteurs sur la dégradation des sols et les changements climatiques**

La majorité des producteurs sont conscients de la dégradation de leurs sols et des changements climatiques. Les proportions perceptions des enquêtés sur ces deux évènements sont respectivement de 98,10% et 99,50%. Les effets de ces deux phénomènes relevés par les producteurs sont d'ordre pluviométrique et thermique.

### **Changements pluviométriques et thermiques**

Les changements pluviométriques se manifestent en termes de longues sécheresses, les retards de pluies, les pluies violentes, les pluies abondantes et les poches de sécheresse comme l'illustre la figure 2 suivante :

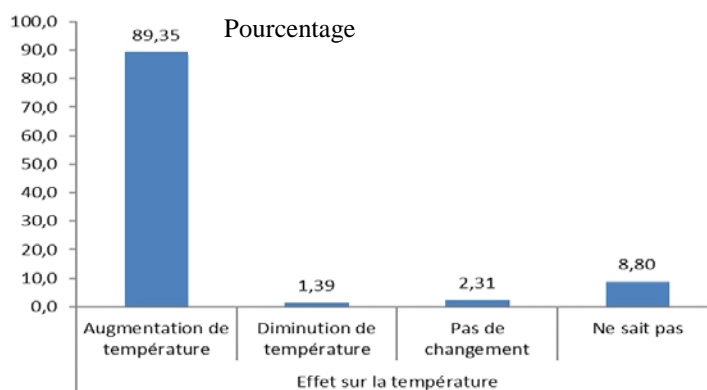




**Figure 2.** Changements pluviométriques

### Changement thermique

Quant aux changements thermiques, elles se manifestent en termes d'augmentation ou de diminution, du non-variation ou du statu quo comme l'illustre la figure 3 :



**Figure 3.** Perception des producteurs sur les changements thermiques

Certains producteurs sont sensibilisés sur ces changements par les ONG (22,70%), l'Institut de Conseil et d'Appui Technique (ICAT : 13,90%), la Nouvelle Société Cotonnière du Togo (NSCT : 1,90%).

### Causes de la dégradation des sols

Pour cette enquête 98,10% des producteurs ont déclaré être conscients de la dégradation de leurs sols. Les causes qui sous-tendent cette dégradation ont été évoquées par ces producteurs. Pour chaque cause les producteurs ont eu à relever une ou plusieurs causes. Les proportions (nombre de personnes ayant choisi la cause/nombre totale d'enquêtés) présentent comme suit : les pluies diluviennes (26,85%), mauvaises pratiques culturales (62,50%), intensification agricole (46,76%), surpâturage (2,78%), usage abusif de

pesticides ou d'insecticides (20,37%), l'explosion démographique (12,96%), la déforestation (21,76%), les feux de brousse (6,48%), le manque de pluies (0,46%). Il a été noté 4,63% des enquêtés qui ignorent encore les causes de la dégradation de leurs sols (figure 4). Selon leur importance, ces neuf causes peuvent être regroupées en trois dont les causes majeures, les causes moyennes et les causes mineures. Les causes majeures concernent les pluies diluviennes, mauvaises pratiques culturales, intensification agricole. Les enquêtés reconnaissent être responsables de certains de ces phénomènes soit par l'adoption de mauvaises pratiques agricoles dont la non pratique des jachères due à l'insuffisance des terres. Quant aux causes moyennes, elles sont dans l'ordre décroissant : la déforestation, l'usage abusif des pesticides/insecticides et l'explosion démographique. Enfin les feux de brousse, le surpâturage et le manque de pluie sont classée.

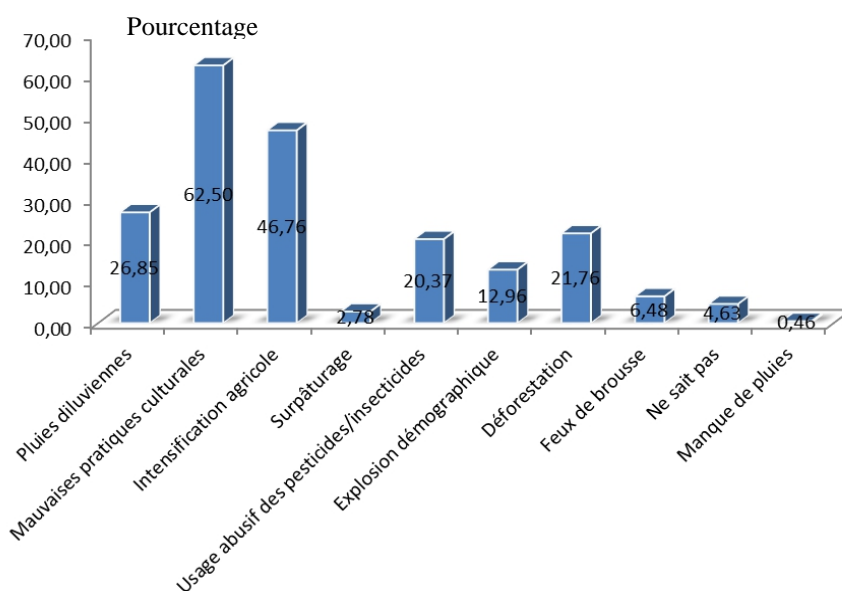


Figure 4. Proportion des causes de la dégradation des sols

### Régression logistique de la perception des changements dans les températures et des cas de longues sécheresses.

Selon les résultats du tableau 1, on peut affirmer que les variables âge du paysan, la pratique de l'élevage et l'accès aux services de vulgarisation contribuent à expliquer significativement au seuil de 10% la perception des cas de longue sécheresse par les paysans. Donc il est recommandé de prendre en compte ces variables dans les projets et programmes de lutttes contre la sécheresse dans le milieu. De la même manière, les variables pratique de l'agriculture et l'accès aux services de vulgarisation sont fortement

recommandées pour les programmes et projets de luttés contre le changement climatique dans le milieu.

**Tableau 1.** Régression logistique de la perception des changements dans les températures et des cas de longues sécheresses

Variables	Perception des cas de longues sécheresses			Perception des changements dans les températures		
	Coefficients	Erreurs standards	Significativité	Coefficients	Erreurs standards	Significativité
Sexe du paysan	0,659	0,678	0,072	0,421	0,55	0,584
Age du paysan	-0,003	0,023	0,804	-0,074	0,024	9,488
Education du paysan	0,550	0,679	0,124	-0,943	0,607	2,411
Pratique de l'agriculture	21,951	0,749	0,950	17,903	93,049	0,001
Pratique de l'élevage	0,884	0,176	0,017	0,287	0,527	0,297
Accès aux services de vulgarisation	3,121	0,727	0,001	4,832	0,751	0,020
Superficie emblavée	0,001	0,775	0,993	-0,071	0,154	0,209
Constant	-45,977	1,214	0,034	-35,027	86,097	0,001

## Superficies dégradées et ampleur de la dégradation

### Superficies dégradées

. Sur 216 enquêtés, 213 soit 98,6% ont affirmé avoir des superficies dégradées dans leur champs. Le pourcentage des enquêtés ayant des superficies se présente comme suit : 27,80% sont moins 0,50 ha ; 41,20% entre 0,5 et 1 ha; 17,10% entre 1 et 2 ha, et 12,50% des supérieures à 2 ha.

### Ampleur de la dégradation des sols et attitude des producteurs

L'ampleur de dégradation des parcelles et les mesures de lutte ou de correction adoptées par les exploitants sont présentées dans cette section. Les classes d'ampleur vont du « pas du tout important » à « extrêmement important » comme résumé dans le tableau 2. Les pourcentages des classes se présentent comme suit : « pas du tout important : 2,80% » ; « Peu important : 40,70% » ; « moyennement important: 22,70% » ; « extrêmement important: 22,70% ».

**Tableau 2.** Ampleur de la dégradation

Ampleur de la dégradation	Fréquence	Pourcentage	Pourcentage valide	Pourcentage cumulé
Pas du tout important	6	2,80	2,82	2,80
Peu important	88	40,70	41,31	44,10

Moyennement important	49	22,70	23,00	67,10
Très important	29	13,40	13,62	80,80
Extrêmement important	41	19,00	19,25	100,00
Total	213	98,60	100,00	
Non dégradé	3	1,40		
Total	216	100,00		

L'ampleur de la dégradation a entraîné l'abandon des parcelles dont la superficie se situent entre 37,50 ha et 63ha par 67 des producteurs soit 31,00% des enquêtés. Les superficies abandonnées représentent en moyenne 6% des superficies cultivées par les enquêtés. Même s'il semble que les superficies abandonnées ne sont pas trop grandes, cela a un impact non négligeable sur les producteurs, étant donné qu'il s'agit ici de petits exploitants. Certains se retrouvent ainsi sans parcelle à exploiter. Cet abandon est partiel, mais dès fois total. Les superficies abandonnées sont indiquées dans le tableau 3.

**Tableau 3.** Superficies abandonnées

Superficies abandonnées	Fréquence	Pourcentage	Pourcentage valide	Pourcentage cumulé
moins de 0.5 ha	32	14,80	47,80	47,80
0.5 à 1 ha	23	10,60	34,30	82,10
1 à 2 ha	9	4,20	13,40	95,50
Plus de 2 ha	3	1,40	4,50	100,00
Total	67	31,00	100,00	

Les résultats du tableau 4 montrent que les variables âge du paysan, mauvaises pratiques culturales, et la déforestation influencent significativement au seuil de 10% la perception de la dégradation des sols par les paysans. Ceci signifie que ce sont des variables clés à considérer dans les programmes et projets de restauration des sols dégradés dans le milieu.

**Tableau 4.** Régression logistique de la dégradation des sols ces dernières années dans le milieu d'étude

Variables	Perception de la dégradation des sols les dernières années		
	Coefficients	Erreurs standards	Significativité
Sexe du paysan	45,96	2731,055	0,187
Age du paysan	-0,024	0,051	0,035
Education du paysan	-0,093	1,882	0,96
Pluies diluviennes	15,279	1042,907	0,588
Mauvaises pratiques culturales	-15,525	1317,711	0,071
Intensification agricole	-76,27	4304,303	0,986
Surpâturage	46,291	3309,587	0,989
Usage abusif des pesticides/insecticides	0,084	1,864	0,264
Explosion démographique	30,076	1729,359	0,186
Déforestation	-29,968	2067,235	0,088
Constant	-60,707	3299,74	0,085

## Méthodes ou stratégies d'adaptation des producteurs face à la dégradation des sols

### Stratégies de lutte contre la dégradation

Face à la dégradation, certains producteurs enquêtés se sentant impuissants ont abandonnés leurs parcelles mais d'autres adoptent des méthodes de lutte soit apprises des parents soit des organisations non gouvernementales ou encore des structures de l'Etat. Ces méthodes de lutte sont illustrées par la figure 5.

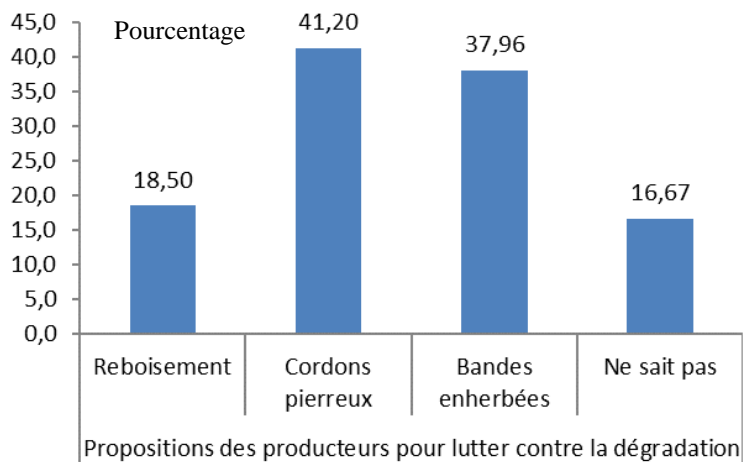


Figure 5. Stratégies de lutte contre la dégradation

## Cultures et pratiques culturelles

### Cultures

Les producteurs de la zone d'enquête cultivent principalement les céréales (maïs: 77,30%; sorgho/mil: 16,70%; riz: 4,60%; petit mil: 0,50%) et le coton (0,90%) comme l'indiquent le tableau 4 suivant.

Tableau 4. Cultures principales des enquêtés

Cultures	Fréquence	Pourcentage	Pourcentage valide	Pourcentage cumulé
Maïs	167	77,30	77,30	77,30
Sorgho/mil	36	16,70	16,70	94,00
Coton	2	0,90	0,90	94,90
Petit mil	1	0,50	0,50	95,40
Riz	10	4,60	4,60	100,00
Total	216	100,00	100,00	

### Taille des superficies cultivées

6. Dans la zone d'enquête 43,05% exploitent des superficies inférieure à 2 ha; 34,25% comprises entre 2 et 4 ha; 14,81% comprises entre 4 et 6 ha; 5,55% comprises entre 6 et 10 ha et 2,31% comprises 10 et 13 ha.

## Méthodes de préparation de sol et fertilisation

Les méthodes de nettoyage du sol sont le brulis (44,9%), simple nettoyage (52,80%), nettoyage et brulis (13,00%), herbicidage (1,90%).

Le labour est effectué en billons (81,00%) et à plat (19,00%) par respectivement par 5,10% et 15,70% des enquêtés. Le non-labour est pratiqué par 0,50% des enquêtés.

Deux cent sept personnes soit 95,80% utilisent les engrais chimiques tandis que 75,90% apportent la fumure organique à leurs cultures. Les doses d'engrais NPK apportées par les producteurs varient entre 0 et 300 kg/ha pour le maïs ; 0 et 200 kg/ha pour le mil et le sorgho, et 0 et 150 kg/ha pour le coton. Pour l'urée, les doses sont rangées entre 0 et 200 kg/ha pour le maïs et le sorgho, et entre 0 et 50 kg pour le coton. Les doses de a fumure organique se situent entre 0 et 16 t/ha pour le maïs ; 0 et 6 t/ha pour le mil/sorgho et 0 et 3,20 t/ha pour le coton. Les tableaux 5 et 6 indiquent les pourcentages des producteurs utilisant les différentes fumures sont exprimés en fonction des tranches de quantités.

**Tableau 6 .** Pourcentage des enquêtés utilisant le NPK et l'Urée pour le maïs, sorgho/mil

Quantité apportée	Pourcentage des enquêtés utilisant le NPK et l'Urée pour le maïs, le sorgho/mil et le coton					
	Maïs		Sorgho/Mil		Coton	
	NPK	Urée	NPK	Urée	NPK	Urée
0	0,9	5,6	12	40,7	0,5	0
0 < Q ≤ 100	0,5	84,25	63,42	45,37	22,7	22,2
100 < Q ≤ 200	69,90	4,16	12,96	0,5	0	0
200 < Q ≤ 300	9,25	0	0	0	0	0

**Tableau 7.** Pourcentage des enquêtés utilisant la fumure organique sous le maïs, sorgho/mil et le coton

Quantité de fumure organique en Kg/ha	Pourcentage des enquêtés qui utilisent la fumure organique sous le maïs, sorgho/mil et coton		
	Maïs	Sorgho/Mil	Coton
0	0,5	23,6	3,2
0 < Q ≤ 1000	14,81	13,42	0
1000 < Q ≤ 3000	34,72	22,22	1,38
3000 < Q ≤ 5000	19,44	4,16	0,5
5000 < Q ≤ 7000	3,70	0,5	0
7000 < Q ≤ 10000	0,5	0	0
Q > 10000	0,5	0	0

**Tableau 8.** Rendement des cultures de maïs et de sorgho/mil

Rendement (R) en t/ha	Pourcentage ayant ce rendement par spéculation	
	Maïs	Sorgho/Mil

$R \leq 1$	14,4	70,8
$1 < R \leq 2$	59,3	10,2
$2 < R \leq 3$	16,7	0,5
$3 < R \leq 4$	5,1	

### **Système de cultures et pratiques agro écologique**

Les méthodes d'entretien culturaux sont le sarclage/buttage à la main (86,60%) ou avec les bœufs (27,80%) et l'utilisation des herbicides (18,10%). Les herbicides homologués étant rares sur les marchés locaux, les producteurs utilisent des produits tout venants disponibles, accessibles à moindre coût. Diverses pratiques agro-écologiques sont adoptées par les producteurs dans la zone. Ceux identifiées par l'enquête sont les rotations et associations culturales, les pratiques de conservation des sols, les pratiques de jachère et agroforestières.

### **Rotation et associations culturales**

Les populations enquêtées pratiquent les rotations culturales (86,10%) et les associations culturales (85,20%). Les associations culturales concernent : céréales-légumineuses (76,90%), céréales-légumes (55,60%), céréales-céréales (4,60%). Les rotations culturales sont : Céréales-Légumineuses-céréales (31,50%), Céréales-légumes-céréales (1,90%), Céréales-coton-céréales (21,80%), Céréales-céréales (38,90%), autres (0,90%).

### **Pratiques de conservation des sols**

Les méthodes de conservation des sols pratiquées par 75,90% des producteurs. Parmi ces méthodes on note le labour suivant les courbes de niveau/ou perpendiculaire à la plus grande pente (0,50%), Cordons pierreux (36,60%), Diguettes en terre (12,50%), Bandes anti-érosives (50,90%), autres (2,30%). Les pratiques sont découvertes par l'intermédiaire des ONG (19,00%), des services techniques de l'Etat (7,40%) ou transmises par les parents/initiatives personnelles (52,80%). Cependant certains producteurs ne les utilisent pas. Les raisons évoquées sont leur fastidiosité (8,80%), la méconnaissance de leur importance (13,40%), et leur cout élevé (2,80%).

### **Pratiques de jachère, agroforesterie et plantation d'arbres**

Les jachères sont pratiquées par 1,90% des enquêtés. L'insuffisance des terres (98,10% des enquêtés) est la principale cause de ces courtes jachères de durée maximum de 3 ans.

L'utilité ou les motifs/raisons de plantation des arbres par les enquêtés sont relevés dans le tableau 5. Les producteurs s'adonnent à deux pratiques agroforestières : les plantations individuelles (84,30%) ou collectives (1,90%) et la régénération naturelle assistée (42,10%). Les superficies plantées sont

variables : 82,40% des producteurs ont plantés sur moins de 25% des superficies, 1,40% sur des superficies situées entre 25 et 50%, et 0,50% sur 50 à 100% des superficies exploitées. Au total 181 producteurs soit 83,8% des enquêtés plantent 2450 plants/an sur une superficie de 660 ha ce qui équivaut en moyenne à 4 plants/ha/an. Le risque de mort de plants pour raisons de surpâturage ou de rudesse de la longue sèche, le nombre de plants survivants/ha/an serait en deçà de ce chiffre.

**Tableau 9.** Raisons de plantation des arbres

Raisons de la plantation	Pourcentage (%)
Ombre	88,00
Fruit	85,60
Fourrage	7,90
Feuilles	5,10
Fertilisation des sols	42,10
Bois de chauffe	85,20
Vente, commerce	16,70
Vertu médicinale	51,90

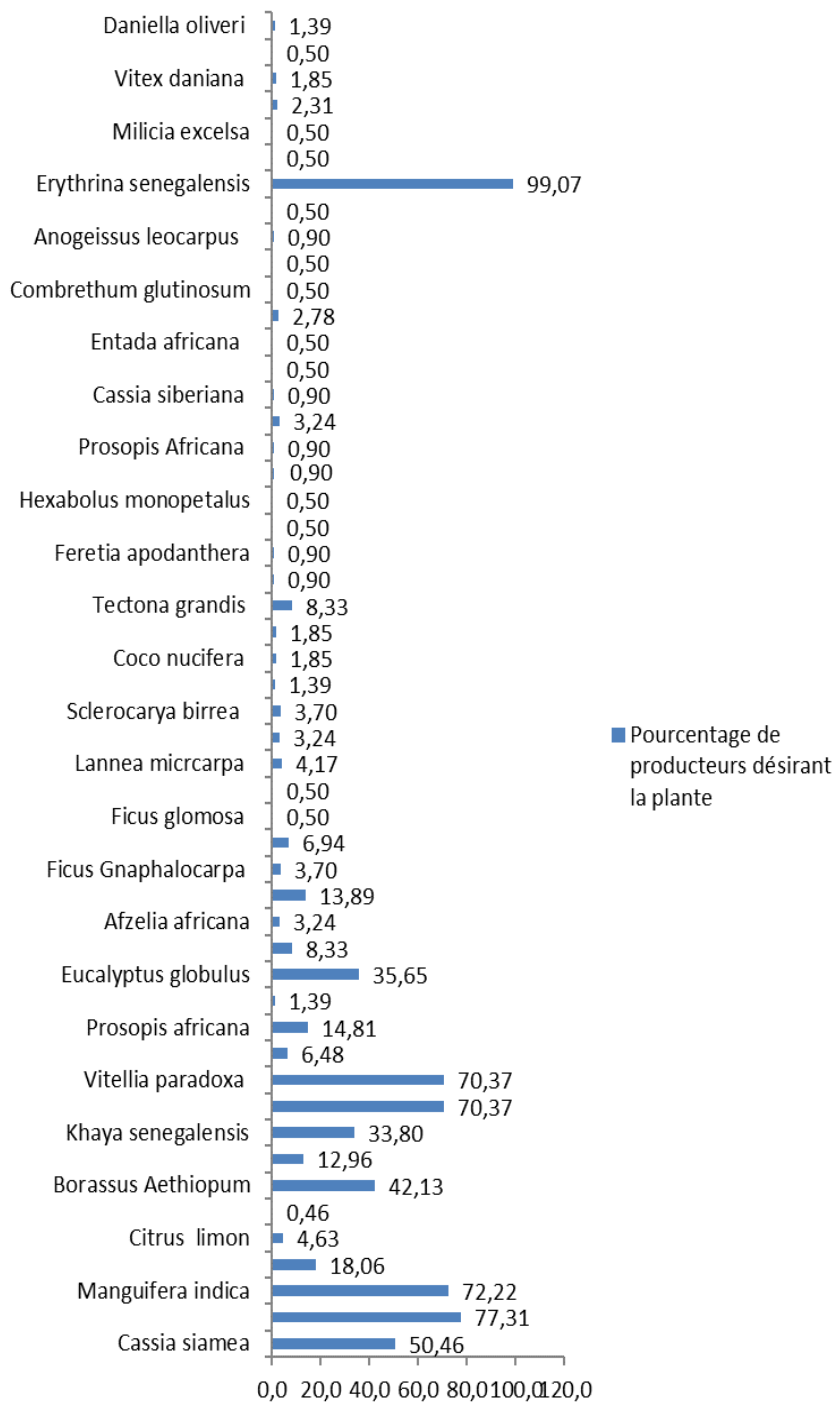
Certains enquêtés ont évoqué des difficultés à se procurer de plantules (8,30%), le cout élevé du travail (6,90%) et la manière fastidieuse de faire ce travail (2,30%).

### Espèces de plantes désirées par les producteurs

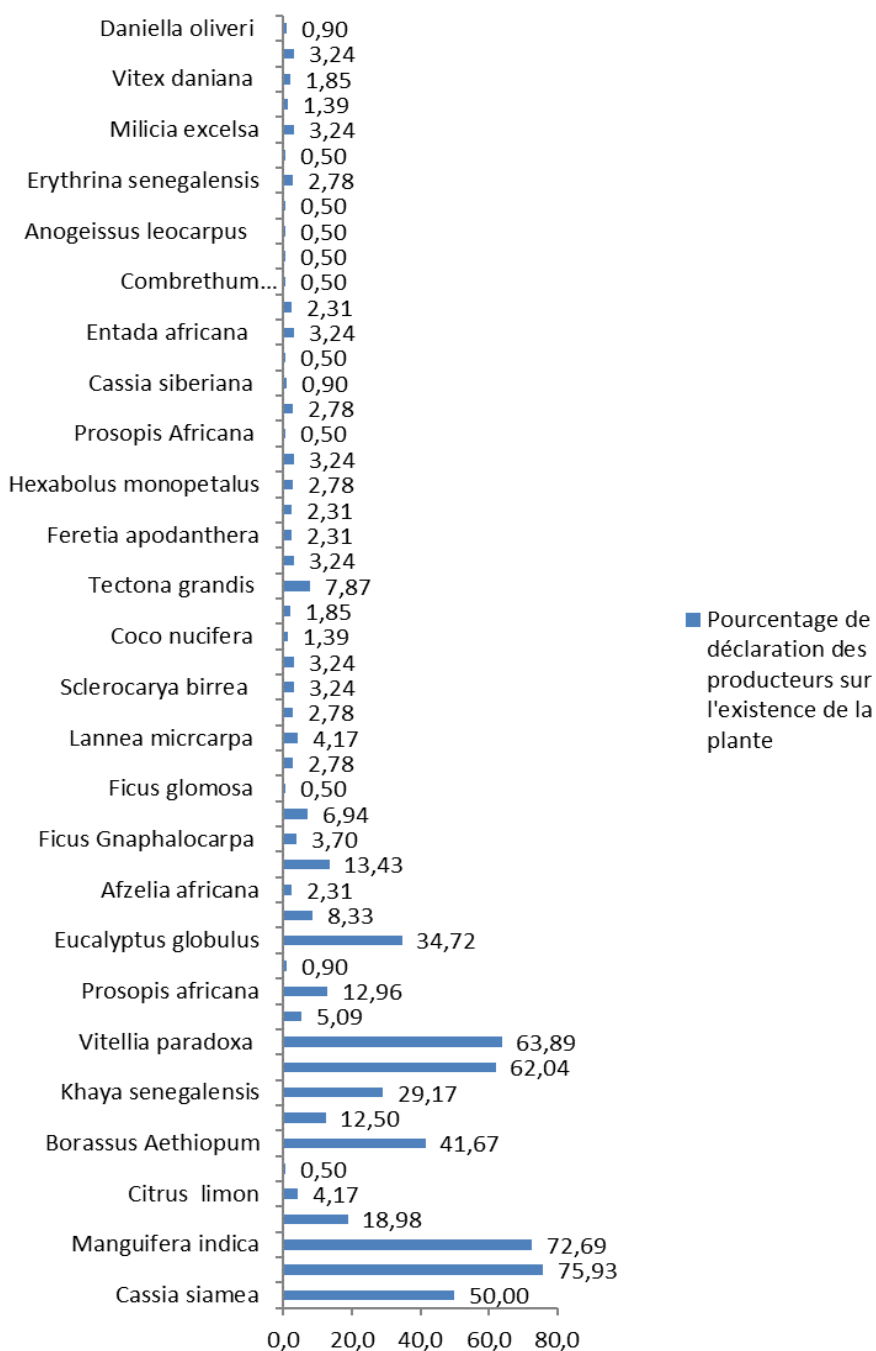
Les principales espèces de plantes voulues par les producteurs sont illustrées par la figure 17. L'espèce la plus désirée est *Erythrina senegalensis* (99,10%); elle est suivie par six (6) espèces moyennement désirées : *Azadiratcha indica* (77,30%), *Manguifera indica* (72,20%), *Vitellia paradoxa* (70,40%), *Parkia biglobosa* (70,40%), *Cacia siamea* (50,50%), *Borassus aethiopum* (48,10%) et six (6) espèces modérément désirées : *Ecalyptus globulus* (35,60%), *Kaya senegalensis* (33,80%), *Citrus sinensis* (18,10%), *Prosopis africana* (14,80%) *Moringa oleifera* (13,90%), *Anarcadium occidentale* (13,00%). Pour les autres espèces le pourcentage de producteurs les désirant est moins de 10%.

La figure 6 illustre le pourcentage des producteurs ayant reconnu l'existence actuelle des espèces végétales. Les espèces les plus répandues sont : *Azadiratcha indica* (75,90%), *Manguifera indica* (72,70%), *Vitellia paradoxa* (63,90%), *Parkia biglobosa* (62,00%), *Cacia siamea* (50,00%), *Borassus aethiopum* (41,70%), *Ecalyptus globulus* (34,70%), *Kaya senegalensis* (29,20%), *Citrus sinensis* (19,00%), *Prosopis africana* (13,00%) *Moringa oleifera* (13,40%), *Anarcadium occidentale* (12,50%). Par contre *Erythrina senegalensis*, l'espèce la plus désirée a presque disparue dans la zone. Seulement 6 enquêtés sur 216 confirme l'existence de cette plante.





**Figure 6.** Plantes désirées par les producteurs



**Figure 7.** Existence de la plante

### Croisement espèces les plus désirées et son existence

La figure 8 situe sur la régression/disparition des espèces les plus désirées. L'espèce *Erythrina senegalensis* plus désirée est en forte régression ainsi que *Vitellia paradoxa*, *Parkia biglobosa*, *Khaya senegalensis*.

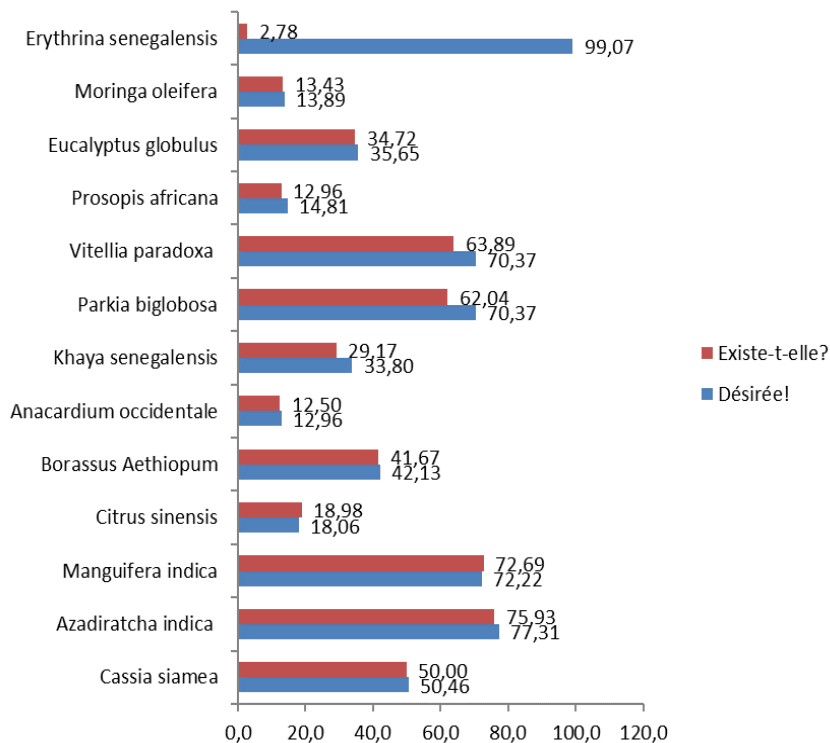


Figure 8. Existence des espèces désirées par les producteurs

### Gestion des résidus de récoltes

Les résidus de récolte sont : (i) utilisés comme source d'énergie (80,10%) (ii) l'aliment du bétail/fourrage (17,10%) (iii) pour la construction des palissades (8,80%), (iv) abandonnés au champ (36,10%) ou (v) brûlés (6,50%).

### Discussion

#### Perception des producteurs sur la dégradation des sols et les changements climatiques

Parlant d'abord du niveau d'instructions des enquêtés, 29,60% seulement ont été instruits. Cette proportion est supérieure au résultat de Soviadan (2015) qui avait révélé seulement un taux de scolarisation de 23,23% lors d'une enquête réalisée sur les cotonculteurs de la région de la Savane.

Les effets des changements climatiques relevés par les producteurs sont les retards de pluies, les pluies violentes, les pluies abondantes et les poches

de sécheresse. Pour les changements thermiques, elles se manifestent selon la majorité des enquêtés par en termes d'augmentation de températures ces 10 dernières années. La majorité des enquêtés ont relevés une augmentation des superficies dégradées et des températures se confirme l'étude de Sanou et al. (2018). Les conséquences de cette augmentation sont entre autres la diminution des ressources naturelles, la baisse des rendements, les difficultés d'abreuvement des animaux, l'accélération de la dégradation des sols. Les scénarios prédits par (MERF, 2015) concernant la zone d'étude font état d'une augmentation des températures qui auront des incidences sur les cultures maraîchères. Ces résultats corroborent l'étude d'Adetou et Ahlin (2019) qui ont montré que la plupart des producteurs de la région des Savanes pensent que les conditions climatiques des 10 dernières années se sont dégradées. Selon le même auteur, plus de la moitié (55%) des togolais ont une connaissance des changements climatiques contre 44% qui les ignorent. La proportion de la population ayant connaissance de ces changements dans la zone reste élevée (99,50%) ce qui peut s'expliquer par les récents événements d'inondation. Cette proportion laisse voir que tant les hommes que les femmes connaissance du changement climatique contrairement à l'étude de World Bank (2018) selon laquelle, les femmes ont moins connaissance des changements climatiques que les hommes bien qu'elles y participent à ces changements par leurs activités de prélèvement de bois de cuisine et de plantes médicinales. Ce qui s'explique par la faible proportion de femmes ayant une éducation formelle.

Les pluies violentes et abondantes relevées par les enquêtés sont une confirmation des études et événements précédents. En effet, la région a connu des phénomènes extrêmes à l'instar des inondations de 2007 et 2013 qui ont causés des dégâts lourds et des pertes en vies humaines (Adewi, 2010 ; UNISDR, 2013). La dégradation des sols est partout visible par la présence de ravines et de l'ensablement des cours d'eau rencontré partout dans la zone.

### **Causes et ampleur de la dégradation des sols**

Les producteurs ont relevé les causes de la dégradation des sols de la zone classée parmi les plus dégradées par Brabant en 1996. Neuf causes sont évoquées à savoir : les pluies diluviennes, mauvaises pratiques culturales, intensification agricole, surpâturage, usage abusif de pesticides ou d'insecticides, l'explosion démographique, la déforestation, les feux de brousse, le manque de pluies. Les neuf causes se regroupent en deux causes souvent citées dans la littérature à savoir les causes biophysiques, les causes socioéconomiques et politiques et des impacts des changements climatiques ou anthropiques (Gueye, 2013; Benslimane al., 2008 et Hien, 1998). L'accroissement de la population et la pauvreté sont cités parmi les causes dégradation des sols dans le monde par Chirwa (2014); UNCCD (2015). En

effet, le nord-ouest de la région des Savanes est la plus peuplée avec une densité de 213 hbts/km<sup>2</sup> comparée à la moyenne régionale de 98 hbts/km<sup>2</sup> (RGPH, 2010). Cette population concentrée exerce une pression sur les ressources naturelles ce qui a entraîné la disparition de la couverture végétale et de la jachère (Vieira et al., 2015; Bareremna Afelu et al., 2016). Les sols dénudés par la déforestation et les feux de brousse sont ainsi exposés aux pluies souvent très violentes et à l'érosion éolienne et hydrique (Pitot, 1952). Sur les sols dénudés et pâturés, les coefficients de ruissellement, l'érosion de sol arbre, les densités apparentes et la conductibilité hydraulique sont plus élevés comparés aux sols couverts d'arbre et non surpâturés (Viramontes, 2000; Cosandey, 1995; Fritsch, 1995; CILSS, 2011.). Dans cette zone la réticence des producteurs à adopter les bonnes pratiques culturales et la divagation des animaux en saison sèche viennent envenimer la situation (N'guessan et al., 2015). Dans la plupart des cas, la dégradation des sols est aggravée par la méconnaissance de l'utilisation rationnelles des sols (Omar et al., 2013. Bhattacharyya et al., 2015). Les mauvaises pratiques culturales et l'utilisation des herbicides sont connus comme ayant un effet néfaste sur les sols (Chitrit, 2011;). Les mauvaises pratiques culturales concernent à la fois le mauvais travail du sol et une mauvaise gestion des cultures. Naitormbaide et al. (2010) ont montré que certains systèmes de cultures favorisent la dégradation des sols et les stocks de carbone. Cette étude confirme les travaux de d'Adetou et Ahlin (2019) où les agriculteurs de la région des Savanes indexent les activités humaines comme étant la principale cause des changements climatiques.

Le nombre des enquêtés ayant des parcelles dégradées (98,60%) confirme les travaux de Brabant (1996) qui avait classé cette zone parmi les plus dégradées du territoire togolais. Les proportions des enquêtés dont les dégradations des sols sont « moyennement importantes » et « extrêmement importantes » sont respectivement de 22,70% et 22,70%.

### **Méthodes d'adaptation à la dégradation des sols et les pratiques agro écologiques**

Pour lutter contre la dégradation des sols, les producteurs font recours à certaines pratiques agro écologiques notamment le reboisement, des mesures de conservation des sols comme la mise en place des cordons pierreux, et des bandes enherbées, les rotations et associations culturales et l'apport de la fumure organique (Levard et Mathieu, 2018). De telles stratégies d'adaptations étaient adoptées depuis longtemps par les producteurs de Boulgou au Burkina Faso (Hien, 1998). Ces pratiques sont promues dans la zone par des ONG et des services étatiques comme l'institut Togolais de Recherche Agronomique (ITRA) (Levard et Mathieu, 2018). Cependant beaucoup utilisent encore des méthodes aggravantes de la dégradation comme le brulis, le labour en billons dans le sens de la pente. Les raisons évoquées

par les producteurs en ce qui concerne la faible adoption de ces pratiques sont entre autres leur pénibilité et le manque de moyens financiers.

Les résultats de l'enquête montrent que la matière organique est apportée en très faibles quantités alors que les cultures principales étant les céréales nécessitent obligatoirement l'apport des engrais chimiques pour espérer avoir une récolte ce qui explique la proportion très élevée des ceux qui utilisent des engrais chimiques. Les associations et les rotations de cultures pratiquées n'ont pas d'effet remarquable sur la fertilité du sol étant donné que les résidus de récolte sont exportés soit pour l'alimentation du bétail ou encore pour en faire des combustions. En 2003, Djagni signalait le non-respect des recommandations de la vulgarisation sur les parcelles cultivées en coton où les résidus de récolte. La restauration de ces terres doit passer obligatoirement par l'augmentation des quantités de matière organique. L'adoption progressive de certaines méthodes de conservation des sols telles que la mise en place des bandes anti-érosives, des cordons pierreux, des diguettes en terre sont initiées par les ONG et les structures d'Etat. Ces pratiques permettent non seulement de récupérer les sols, mais également d'accroître leur fertilité et le rendement des cultures ; une expérimentation menée par Dapola Da (2008) a montré que les méthodes de conservation des sols améliorent les rendements du sorgho. En effet les rendements du sorgho sur les parcelles aménagées furent nettement supérieures au témoin : zaï (1,70 t/ha); les bandes enherbées d'*Andropogon gayanus* (1,25 t/ha); cordons pierreux (0,84 t/ha); paillage (0,77 t/ha) contre 0,12 t/ha pour témoin, sans méthode de conservation.

### **Pratiques agroforestières et espèces végétales préférées par les producteurs**

Les pratiques agroforestières mis en place par les exploitants sont les plantations individuelles collectives des arbres et la régénération naturelle assistée. Les espèces plantées sont pour la plupart des essences ayant des vertus multiples. Pour plus de 50% des producteurs, le choix de l'espèce dépend de sa capacité à fournir de l'ombre, à fournir des fruits pour la consommation humaine et à soigner (vertu médicinales). Des résultats voisins ont été notifiés par Levard et Mathieu (2018) au Burkina Faso où 100% des producteurs préfèrent reboiser des espèces pour leur ombre, leurs racines, leurs feuilles, leurs fruits et leur tronc. Les espèces comme *Erythrina senegalensis*, *Vitellia paradoxa*, *Parkia biglobosa*, *Khaya senegalensis* sont bien préférées par les producteurs à cause de leurs diverses vertus mais en forte régression (Akpagana, 2006).

## Conclusion

Le nord-ouest de la région des Savanes est une zone très dégradée et sujette aux aléas climatiques et effets anthropiques. L'enquête a montré que certains producteurs conscients de la situation adoptent des méthodes de résilience alors que d'autres restent encore inconscients. Les pratiques culturelles préservatrices des sols telles que la rotation et l'association des cultures, le reboisement, les mesures de conservation des sols sont observées par certains producteurs dans un contexte de pression démographique où les jachères jadis pratiquées par les producteurs sont quasi inexistantes. Certaines espèces végétales sont diversement appréciées par les producteurs. Les producteurs impuissants ont purement et simplement abandonné une partie de leur parcelle qu'ils estiment irrécupérable. A l'issue de cette étude, les conclusions suivantes peuvent être tirées :

-la dégradation des sols et de l'environnement due à l'explosion démographique et aux changements climatiques sont connus par la plupart des producteurs.

-la dégradation a entraîné l'abandon des parcelles par certains producteurs ;

-Certains producteurs adoptent des méthodes de résiliences telles que les pratiques agro écologiques, des méthodes de conservation des sols et de reboisement ;

-les espèces végétales préférées par les producteurs ont disparues ou sont en voie de disparition d'où la nécessité de les préserver et d'insérer dans les programmes de reboisement

Une étude économique des ménages est souhaitée afin de déterminer les pertes causées par cette situation et les gains des producteurs qui adoptent des méthodes de résilience. Il sera également intéressant de faire une étude poussée sur les préférences de plantes et leur capacité de stocker le carbone du sol.

## References :

1. Adetou A. E. et Ahlin E. A., 2019. Les changements climatiques empirent la vie au Togo mais sont moins connus par les agriculteurs. Dépêche No. 279, Afrobaromètre, 11p.
2. Adewi E., Dubreuil V. et Badameli K.M.S., 2010. Instabilité pluviométrique dans la région des Savanes à l'extrême nord du Togo. Actes du 23ième Colloque de l'Association Internationale de Climatologie, pp 35-40.
3. 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 technique Année III. 13 Avril 2006

4. Annette F., Mark D.A. R., Pete S. et Jan V., 2004. Carbon sequestration in the agricultural soils of Europe. 24p.
5. Bank. 2018. The World Bank Annual Report 2018 (English). Washington, D.C. World Bank Group. <http://documents.worldbank.org/curated/en/630671538158537244/The-World-Bank-Annual-Report-2018>.
6. Bareremna A., Fontodji K. J. et Kokou K., « Impact des feux sur la biomasse dans les savanes guinéo-soudaniennes du Togo », VertigO - la revue électronique en sciences de l'environnement [En ligne], Volume 16 Numéro 1 | mai 2016, mis en ligne le 09 mai 2016, consulté le 21 janvier 2020. URL : <http://journals.openedition.org/vertigo/17106> ; DOI : 10.4000/vertigo.17106
7. Benslimane1, M., A. Hamimed, W. El Zerey, A. Khaldi, K. Mederbal, 2008. Analyse et suivi du phénomène de la désertification en Algérie du nord, VertigO – La revue en sciences de l'environnement, Vol8 no3, 9p.
8. Brabant P., Simonneaux V., Egue K., 1994. Etat actuel de dégradation des terres et de l'environnement au Togo déterminé à l'aide de la télédétection. P 169-188.
9. Chitrit J. J., Gautronneau Y., Pratiques agricoles et fertilité des sols en France, Revue Science Eaux & Territoires, article hors-série, 8 p., 01/01/2011, disponible en ligne sur <URL : <http://www.set-revue.fr/pratiques-agricoles-et-fertilite-des-sols-en-france>> (consulté le 29/01/2020), DOI : 10.14758/SET-REVUE.2011.HS.01
10. Dapola Da C. E., « 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 [En ligne], 241-242 | Janvier-Juin 2008, mis en ligne le 01 janvier 2011, consulté le 11 février 2020. URL : <http://journals.openedition.org/com/3512> ; DOI : <https://doi.org/10.4000/com.3512>
11. Chirwa P.W., 2014. Restoration practices in degraded landscapes of Southern Africa. African Forest Forum, Working Paper Series, 12 (2), 44 p.
12. Comité permanent Inter- États de Lutte contre la Sécheresse dans le Sahel (CILSS), 2011. Comment récupérer les terres totalement dégradées et dénudées ou « ZIPELLE » par la technique du tapis herbacé. 1-20.
13. Cosandey C., 1995. La forêt réduit-elle l'écoulement annuel ? Annales de Géographie, n° 581- 582, pp. 7-25.
14. Djagni K. K., 2003. L'agriculture togolaise face à des mutations environnementales multiples: nécessité d'un ensemble d'innovations



- techniques et organisationnelles cohérentes; necessity of a coherent package of technical and organisational innovations. 9 p. hal-00128887
15. FAO ; 2013. 4ème recensement national de l'agriculture 2011-2014, module II : module de base ; résultats chiffrés et détaillés de l'agriculture togolaise.
  16. FAO, 2005. Appui à la mise en œuvre du NEPAD–PDDAA. Projet de gestion intégrée de la fertilité des sols et sécurisation foncière. 32p.
  17. Fritsch J. M., Occupation des sols et régimes hydrologiques : les enseignements des bassins versants guyanais. In: Annales de Géographie, t. 104, n°581-582, 1995. pp. 26-63;  
doi:<https://doi.org/10.3406/geo.1995.13867>  
[https://www.persee.fr/doc/geo\\_00034010\\_1995\\_num\\_104\\_581\\_13867](https://www.persee.fr/doc/geo_00034010_1995_num_104_581_13867)
  18. Gueye I., 2013. Application de la Télédétection aérospatiale pour l'évaluation de la dégradation des ressources naturelles : cas des sols de la région de Kaolack située dans le Bassin arachidier du Sénégal, mémoire de master CB2A, UCAD, 148p.
  19. Hien S. A., 1998. La perception paysanne de la dégradation de l'environnement et les stratégies d'adaptation : cas de Niaogho Beguedo dans la province de Boulgou. Mémoire de maîtrise. Université de Ouagadougou, département de géographie, 152p.
  20. Levard L., Mathieu B., 2018. Agroécologie : capitalisation d'expériences en Afrique de l'Ouest. Facteurs favorables et limitants au développement de pratiques agroécologiques. Evaluation des effets socio-économiques et agro-environnementaux. Document de capitalisation CALAO, CEDEAO-AFD. 80p.
  21. MERF (Ministère de l'Environnement et des Ressources Forestières) ; 2015. Contribution prévue déterminée au niveau national (CPDN) dans le cadre de la convention cadre des nations unies sur les changements climatiques (CCNUCC). 21p.
  22. MERF, 2015. Troisième communication nationale du Togo sur les changements climatiques 136p.
  23. Naitormbaide M., Lompo F., Gnankambary Z., Ouandaogo N. et Sedogo M. P. August 2010. Les pratiques culturelles traditionnelles appauvrissent les sols en zone des savanes du Tchad. Int. J. Biol. Chem. Sci. 4(4): 871-881.
  24. N'guessan K. A., Diarrassouba N., Alui K. A., Nangha K.Y., Fofana I. J., & Kouame A. Y., 2015. Indicateurs de dégradation physique des sols dans le Nord de la Côte d'Ivoire : cas de Boundiali et Ferkessédougou. Afrique SCIENCE 11(3) 115 - 128.

25. Omar A. A., Edinam K. G. & Olavi L., 2013. Causes and Impacts of Land Degradation and Desertification: Case Study of the Sudan. *International Journal of Agriculture and Forestry*, 3(2): 40-51
26. Pitot A., 1952. L'homme et les sols dans les steppes et savanes d'A.O.F. *Les cahiers d'Outre-Mer*, pp 215-240.
27. Poulénard J., Descroix., Janeau J. L., 1996. Surpâturage et formation des terrassettes sur le versant de la Sierra Léone Madre occidentale (Nord-Ouest du Mexique). *Revue Géographie Alpine*. 84.
28. Sanou K.; Amadou S.; Adjegan K.; Tsatsu K.D., 2018. Perceptions et stratégies d'adaptation des producteurs agricoles aux changements climatiques au nord-ouest de la région des savanes du Togo. *Agronomie Africaine* ; pp 87-97.
29. Soviadan M. K., 2016. Impact des changements climatiques sur la production du coton-graine : cas de la Région des Savanes, Nord-Togo. 126p.
30. UNISDR, 2013. Rapport d'évaluation sur l'intégration et la mise en œuvre des mesures de réduction des risques de catastrophe au Togo ; 76p
31. United Nations Convention to Combat Desertification (UNCCD), 2015. Climate change and land degradation: Bridging knowledge and stakeholders. 9-12 March 2015, Cancún, Mexico; Outcomes from the UNCCD 3rd Scientific Conference; 19pp.
32. Vieira, D.C.S., C. Fernandez, J.A Vega et J.-J. Keizer, 2015. Does soil burn severity affect the post-fire runoff and erosion response? a review based on meta-analysis of field rainfall simulation data, *Journal of Hydrology*, Volume 523, 15, pp. 452-464.  
DOI : 10.1016/j.jhydrol.2015.01.071
33. Viramontes D., Descroix L. Dégradation progressive du milieu par le surpâturage et le déboisement et conséquences hydrologiques. Étude de cas dans la Sierra Madré occidentale (Mexique). In: *Revue de géographie alpine*, tome 88, n°2, 2000. pp. 27-41;  
doi:<https://doi.org/10.3406/rga.2000.2989>;  
[https://www.persee.fr/doc/rga\\_0035-1121\\_2000\\_num\\_88\\_2000](https://www.persee.fr/doc/rga_0035-1121_2000_num_88_2000)



## Investigation Of Fiber Length Change In Different Stages Of Ring Spinning Process

***Md. Rubel Khan, Assistant Professor***

Department of Yarn Engineering,  
Bangladesh University of Textiles, Bangladesh

***Md. Mamunur Rashid, Assistant Professor***

Department of Industrial and Production Engineering,  
Bangladesh University of Textiles, Bangladesh

***Sharif Ahmed, Assistant Professor***

Department of Yarn Engineering,  
Bangladesh University of Textiles, Bangladesh

***Md Ehsanur Rashid, Junior Executive***

Yarn Dyeing marketing,  
M.N. Dyeing, Printing & Washing Mills Ltd  
Gazipur, Bangladesh

***Raihan Ul Haque, Junior Executive***

Fabric Dyeing marketing,  
M.N. Dyeing, Printing & Washing Mills Ltd.  
Gazipur, Bangladesh

[Doi:10.19044/esj.2021.v17n25p66](https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n25p66)

Submitted: 01 July 2021

Accepted: 18 July 2021

Published: 31 July 2021

Copyright 2021 Author(s)

Under Creative Commons BY-NC-ND

4.0 OPEN ACCESS

*Cite As:*

Khan R., Rashid M., Ahmed Sh., Rashid E. & Ul Haque R. (2021). Investigation Of Fiber Length Change In Different Stages Of Ring Spinning Proces. European Scientific Journal, ESJ, 17(25), 66.

<https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n25p66>

### Abstract

Fiber length is one of the major fiber properties that influence yarn strength, evenness, product handle, product luster, and yarn hairiness. To assure yarn quality, fiber passes through a number of machinery during the spinning process, where it is subjected to various sorts of action that modifies the fiber length. As different process parameters are chosen based on fiber length, fiber length analysis throughout the spinning process will benefit in the

adjustment of machine parameters to produce better quality yarn. This study will reveal the chronological change in average fiber length at different stages of the carded ring spinning process, as well as a correlation analysis of length change among different phases, using correlation and regression methods. For five distinct mixing samples, raw cotton, card mat, carded sliver, breaker drawn sliver, finisher drawn sliver, roving, and yarn (pneumafil) were examined at each stage from raw cotton to ring frame. Then, using USTER AFIS PRO, all of the samples were numerically evaluated and statistically analyzed using Microsoft Excel 2016. A positive correlation between fiber length changes at several phases was observed in the experiment, with average fiber length increasing in carding, breaker drawing, finisher drawing, and simplex but decreasing in card mat and ring.

---

**Keywords:** Fiber Length, Ring Spinning, Yarn Strength, Fiber Breakage

## **Introduction**

Fiber properties are known to be the significant indicators of yarn quality, with length, fineness, strength, maturity, and grade all contributing materially, albeit in varying degrees (Fiori, 1956; Fiori & Brown, 1951; Gregory, 1953; W. P. Virgin and Helmut Wakeham, 1956). Fiber length is one of the most crucial fiber characteristics (Cai, 2013; Kuang & Yu, 2015; Lin, 2012; Morais, 2020; Parsi, 2016), influencing the spinning limit (Faulkner, 2012), yarn strength (Fiori, 1954; Naylor, 2014; Ramey, 1977), yarn evenness and product handle (Frydrych, 1995; Ibrahim, 2018; Moon Won Suh, 1976), yarn hairiness (Barella & Manich, 2002; Informa, 2009; Matsuo, 2019; Pillay, 1964; Viswanathan, 1989), process performance, and spinning efficiency (Waters, 1966). However, the length of the fiber changes during the spinning process as it is subjected to various mechanical actions in various machines (Byatt, W. J., and Elting, 1958; Byatt, 1961; Carnaby, 1984; Goren, 1968; Lee, 1968; RA Pittman and JD Tallant, 1990; Shapiro, 1964; Sung Won, 1967; Tallant, 1966; Tallant & Pittman, 1968) that affect the yarn quality as well as the end product generated from the yarn. An examination was carried out in this study to assess fiber length change throughout various stages of ring spinning. Different samples were taken for this purpose from each stage of the cotton fiber mixing procedure in the card spinning process. The change in fiber length in each stage of spinning was studied using AFIS length measurement (Bragg & Shofner, 1993). The extent of the fiber length change—increment or decrement—was then determined, and the reasonable explanations of the alterations are described.

## Literature Review

Changes in fiber length at each stage of the spinning process are significant seeing as fiber length has a direct impact on yarn properties and the end product. Many researchers have tried to figure out why fiber length changes and have proposed numerous models to solve the problem. Previously, various researchers (Goren, 1968; Sung Won, 1967; Tallant, 1966) discussed fiber breakage and attempted to explain it using various models. After a few years, Robert and his coworkers investigated the relationship between cotton cleanliness and fiber breakage. They also demonstrated a method for measuring, tracking, and analyzing fiber breakage during the process (Robert, 2000; Robert & Blanchard, 1997). M. Krifa devised a finite mixture distribution model to parameterize the length distribution of cotton fibers in 2008. (Krifa, 2008). V. A. Wakankar and colleagues addressed several mechanisms responsible for different hook (trailing and leading) formation at the cylinder-doffer junction (Wakankar, 1961). According to S. Ahmad, friction and cohesion forces remove this hook during the drawing process (Ahmad, 2012). In the 1960s, John D. Tallant and associates examined The Effect of Short Fibers in Cotton on Processing Efficiency and Product Quality (Tallant, 1961b, 1961a; Tallant & Landstreet, 1960), and more recently, M. Krifa studied the bimodal and unimodal structure of fiber length distribution and its impact on fiber length distribution (Krifa, 2006). W. Zurek, M. Greszta, and I. Frydrych experimented with the theoretical consideration of fiber length and diameter changes in the process of yarn manufacturing in 1999. Based on AFIS results, they carried out their work, emphasizing on the combing process and noil extraction based assumptions (Zurek, 1999). In 2002, Zeidman and Sawhney examined cotton fiber length distribution and its effect on yarn strength to gain a better understanding of the length-strength relationship (Sawhney & Zeidman, 2002). They also attempted to simulate the strength of fiber assemblies in yarn. In 2007, G. Yan and C. Yu attempted to explain the comprehensive influence of fiber length and fineness on yarn strength, and they offered a plausible method to estimate the critical length represented by Zeidman (Yan & Yu, 2007). W. B. Faulkner and associates conducted a study on the relationships between ring-spun yarn quality and fiber in 2012 and discovered that yarn work-to-break was highly correlated with fiber bundle elongation (Faulkner, 2012). In the same year, Q. Lin and colleagues showed a correlation between fiber length statistics and length measurement and used a finite mixture model to develop a probability density function for fiber length (Lin, 2012). Y. Cai investigated the impacts of multiple length parameters and their combinations on yarn properties in 2013. (Cai, 2013). In 2014, K. Kuang and C Yu used the Finite Mixture Model to generate the fiber length probability density function of different cotton samples and compared it to other models. They discovered that test data could

fit very well within a 0.0045 error margin (Kuang & Yu, 2015). R. D. Parsi and colleagues examined the relationships between ring-spun yarn quality and fiber length in 2016 (Parsi, 2016). They used the AFIS tester for fiber testing and the UT3 tester for yarn testing. In 2020, J. Morais proposed a method to improve cotton fiber length measurement for laboratory analysis (Morais, 2020). The approach successfully lowers the discrepancies in fiber length parameters between industry-scale and laboratory-scale ginning, according to the researchers.

### Methodology

Five different mixing samples (MT1, MT2, MT3, MT4, and MT5) were collected from each phase of the card spinning process. The length of cotton fiber was then measured in Card Mat, Carding, Breaker Drawframe, Finisher Drawframe, Simplex, and Ring Frame machines using the Advance Fiber Information System (AFIS).

### Raw Material Selection

The research experiment was carried out in the running condition of Zaber Spinning Mills Ltd. Five mixing types were taken into account for fiber length analysis, each of which is pure cotton from different origins. Table 1 shows the five mixing ratios.

**Table 1.** Different mixing types with fiber origin and their percentage

Mixing Type	Fiber Origin and Percentage
Mixing type-1 (MT1)	Ivory coast (35%), Benin (30%), Mali (35%)
Mixing type-2 (MT2)	Ivory Coast (70%), Zambian (20%), Cameroon (5%), Sanker-06 (5%)
Mixing type-3 (MT3)	Ivory Coast (45%), Burkina Faso (20%), Mali (35%)
Mixing type-4 (MT4)	Ivory Coast (30%), Burkina Faso (35%), Mali (35%)
Mixing type-5 (MT5)	Ivory Coast (25%), Burkina Faso (40%), Mali (35%)

### Machinery used

Machine names, models, and parameters, as well as their values are provided in Table 2.

**Table 2.** Machine parameters used in the card spinning process

Machine	Parameter	Value	Machine	Parameter	Value
<b>Blow Room (Trutzschler)</b>	BDT	Advance d: 3mm	<b>Finisher Draw Frame (DX-8LT, Toyota)</b>	Del. Hank	0.120Ne
	CL-P	Roller rpm: 800		Del. Speed (m/min)	400
		Wing Setting = 3°		Roller Gauge	39*40*44mm
	CL-C3	Roller rpm:		Trumpet	3.8mm

		1100, 1800, 2300			
		Wing=10 <sup>0</sup> ,15 <sup>0</sup> ,25 <sup>0</sup>		Draft	8.25
<b>Carding (TC-06)</b>	Sliver Grain/yds	75.75	<b>Simplex (Toyota-FL-100)</b>	Back Draft	1.25
	Del. Hank	0.110 Ne		Del. Hank	0.90Ne
	Delivery Speed	210m/min (62Kg/h)		TPI / TM	1.13/1.119
	Flat Speed	310mm		Flyer speed	1050 rpm
	Cylinder Speed	560mm		Spacer	Green (6.5)
	Wing Setting	5°		Roller gauge	=9*21*20.5mm
				Break draft	1.21
<b>Breaker Draw Frame (D X-7AH, Toyota)</b>	Sliver (Grain/yds)	69.44	<b>Ring Frame</b>	Total draft	7.72
	Del. Hank	0.120 Ne		DCP and TCP	44 and 41
	Del. Speed (m/min)	450		Count	30 Ne
	Doubling	07		TPI / TM	22.09/4.0
	Roller Gauge	=39*43 mm		Spindle speed	16200 rpm
	Draft	7.30		Traveller No.	4/0(Bracker)
	Back Draft	1.35		Roller Gauge	44*60 mm

### Sample collection and test

Raw cotton, card mat, carded sliver, breaker drawn sliver, finisher drawn sliver, roving, and yarn (pneumafil) were sampled at each stage from raw cotton to ring frame. Finally, all of the samples were tested numerically by USTER AFIS PRO and statistically analyzed using Microsoft Excel 2016.

### Result and Discussion

Table 3 and Figures 1, 2, 4, and 5 display that fiber length was reduced in the blow room for MT1, MT2, MT4, and MT5. Fibers were beaten at various points in the blow room line, primarily in the coarse cleaner (CLP) and fine cleaner (CLC-3). They got broken because of this beating action, which results in a reduction in the average fiber length in the card mat. However, for MT3, the fiber length was increased because of the natural variability in raw material.

**Table 3.** Change in fiber length for different mixing types in different processing stages.

Processing Stage	Length (L) (In mm) Change in Length ( $\Delta L$ ) (In mm)									
	MT1 (L)	$\Delta L$	MT2 (L)	$\Delta L$	MT3 (L)	$\Delta L$	MT4 (L)	$\Delta L$	MT5 (L)	$\Delta L$
Raw cotton	30.30	0	31.23	0	28.70	0	28.70	0	28.12	0
Card Mat	29.60	-0.70	29.48	-1.75	29.40	+0.70	28.30	-0.40	27.90	-0.22
Carding	30.00	+0.40	29.97	+0.49	29.60	+0.20	29.00	+0.70	28.80	+0.90
Breaker Drawing	30.20	+0.20	29.65	-0.32	29.70	+0.10	29.20	+0.20	29.20	+0.40
Finisher Drawing	30.70	+0.50	30.26	+0.61	30.30	+0.60	29.90	+0.70	28.70	-0.50
Simplex	31.10	+0.40	30.11	-0.15	30.40	+0.10	29.80	-0.10	29.20	+0.50
Ring	29.90	-1.20	28.18	-1.93	28.90	-1.50	28.80	-1.00	28.00	-1.20

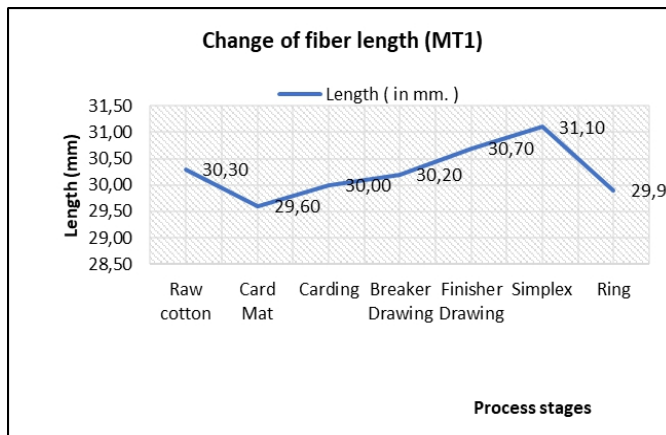


Figure 1. Change in Fiber length for MT1

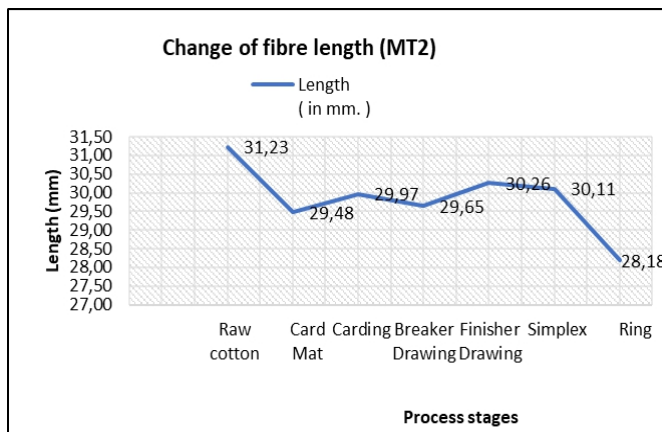
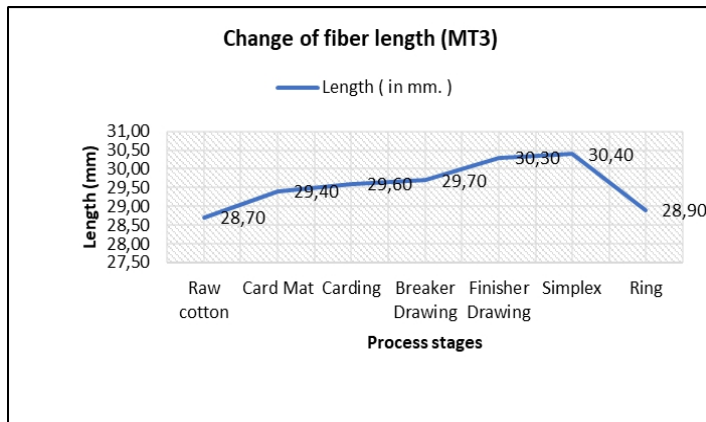


Figure 2. Change in fiber length for MT2

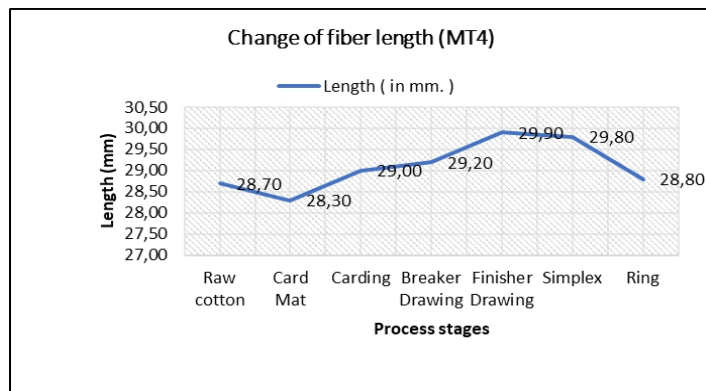
Table 3 and figures 1,2,3,4, and 5 display that fiber length increased during the carding process for all mixing types. Disentanglement of fiber neps,



and short fibers were removed as strips and dropping-1 during the carding process. For this reason, the average length of the fiber was increased. Table 3 and Figures 1, 3, 4, and 5 show that the fiber length was increased in the breaker drawing for MT1, MT3, MT4, and MT5. Drawing action is behind the removal of trailing and leading hooks in the breaker draw frame (Nield, 1953). As a result, fiber length was increased. However, an exception is seen in MT2 as a result of inherent variations in raw materials.



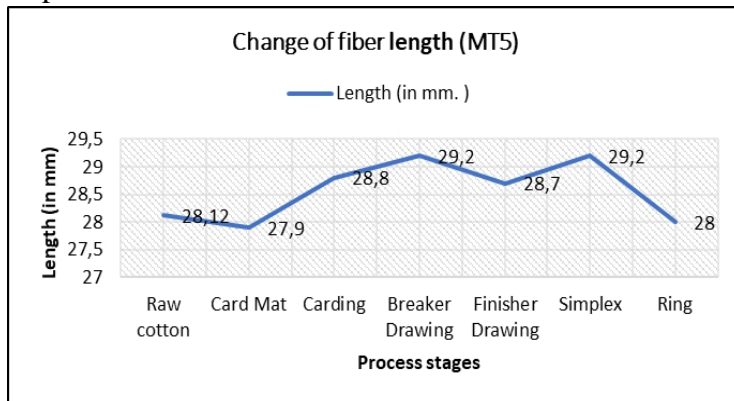
**Figure 3.** Change in fiber length for MT3



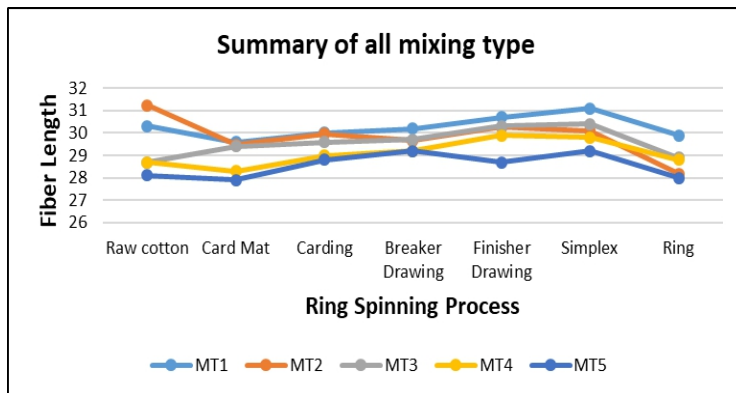
**Figure 4.** Change in fiber length for MT4

Fiber length was increased for finisher drawing for MT1, MT2, MT3, and MT4, as shown in table 3 and figures 1, 2, 3, and 4. Trailing and leading hooks were removed in the finisher draw frame by means of drawing action(Nield, 1953) that caused an increase in fiber length. However, Due to natural deviations in raw materials, there was an exception for MT5. Table 3 and figures 1, 3, and 5 reveal that fiber length increases in simplex for MT1, MT3, and MT5. In simplex, the trailing and leading hooks were deleted by drawing action. A waste reduction target of 0.5 percent had been set for the machine, and in this process, fly and short fibers were removed. As a result,

fiber length was increased. Due to inherent diversity in raw materials, there were a few exceptions for MT3 and MT5. Fiber length was reduced in the ring frame for all mixing types, as shown in table 3 and figures 1,2,3,4, and 5. In a ring frame, a higher draft was applied to manufacture yarn, which caused fibers to break and length to be shortened. In simplex, the trailing and leading hooks were deleted by drawing action. As a result, fiber length was increased. Several exceptions were seen for MT3 and MT5.



**Figure 5.** Change in fiber length for MT5



**Figure 6.** Summary of all mixing types for all process

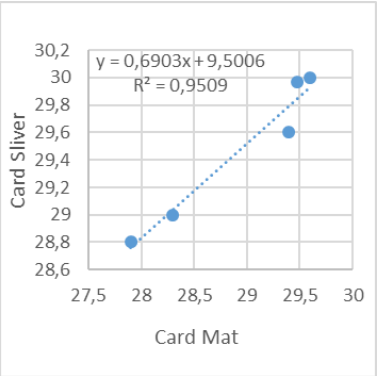
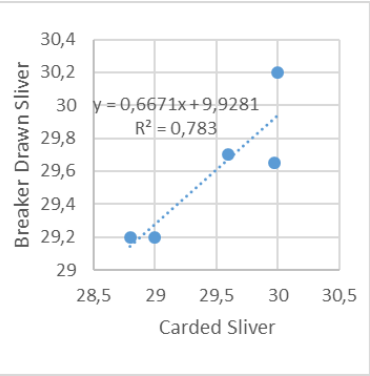
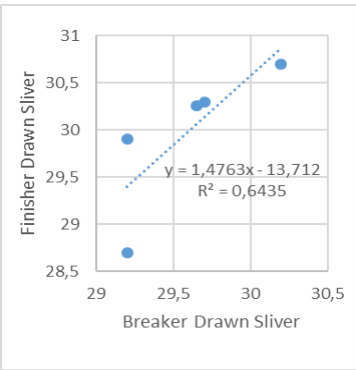
A typical down-up-down pattern can be seen in figure 6. To begin, a descending trend for fiber length was noted from raw cotton to card mat. Second, a consistent upward trend in fiber length was observed from card mat to simplex. Finally, a downward pattern for fiber length is evident from simplex to ring. There are some anomalies, which are caused by inherent variations in the raw material.

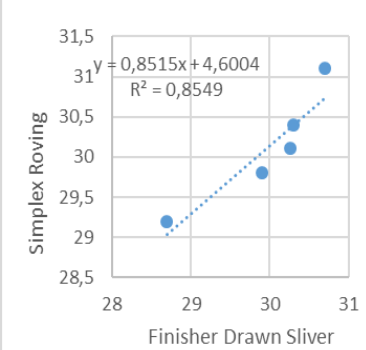
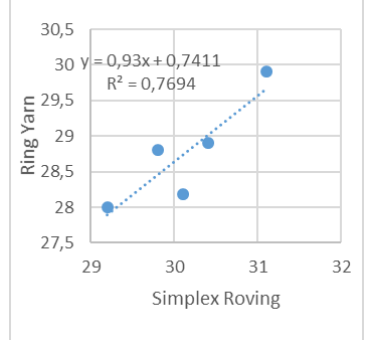
### Correlation analysis of fiber length change in different stages of Ring spinning process

Correlation Analysis is a statistical approach for determining whether or not two variables or datasets have a relationship and, if so, how strong that relationship is. Visualizing the findings of a set of data on a scatter graph is the best technique to get a generalized but more instantaneous interpretation of them. Any regression coefficient ( $R^2$ ) value between +0.5 and +1.0 indicates a very substantial positive correlation, implying that they both increase at the same time. A positive correlation between raw cotton and card mat is noticed in table 4 section 1. The regression coefficient,  $R^2$ , was 0.5611, and the regression line equation was  $y=15.74+0.4485x$ . Table 4 section 2 shows a positive correlation between card mat and card sliver. The regression coefficient,  $R^2$ , was 0.9509, and the regression line equation was  $y=0.69x+9.5006$ . A positive correlation between carded sliver and breaker drawn sliver is noticed in table 4 section 3. The regression coefficient was  $R^2=0.783$ , and the regression line equation was  $y=0.667x+9.928$ . A positive correlation between breaker drawn sliver and finisher drawn sliver is observed in table 4 section 4. The regression coefficient was  $R^2= 0.6435$ , and the regression line equation was  $y=1.476x-13.71$ . Table 4 section 5 shows a favorable relationship between finisher drawn sliver and simplex roving. The regression coefficient was  $R^2= 0.8549$ , and the regression line equation was  $y=4.60+0.85x$ . Table 4 section 6 indicates a positive correlation between simplex roving and ring yarn. The regression coefficient was  $R^2= 0.7694$ , and the regression line equation was  $y=0.741+0.93x$ . In all six sections, a positive correlation is detected, illustrating a positive correlation between fiber length changes at different phases.

**Table 4.** Correlation analysis of fiber length change in different stages.

Section	Correlation stages	Correlation values	Regression line- X=horizontal direction Y=Vertical direction
1	Correlation between Raw Cotton(x) and Card Mat(y)	Mean x ( $\bar{x}$ ): 29.41 Mean y ( $\bar{y}$ ): 28.936 Intercept (a): 15.74 Slope (b): 0.4485 Regression line equation: $y=0.4485x + 15.745$ Regression coefficient, $R^2= 0.5611$	

2	Correlation between Card Mat(x) and Card Sliver(y)	Mean $x$ ( $\bar{x}$ ): 28.936 Mean $y$ ( $\bar{y}$ ): 29.474 Intercept (a): 9.50 Slope (b): 0.69026 Regression line equation: $y=0.69x+9.5006$ Regression coefficient, $R^2=0.9509$	
3	Correlation between Carded Sliver(x) and Breaker Drawn Sliver(y)	Mean $x$ ( $\bar{x}$ ): 29.474 Mean $y$ ( $\bar{y}$ ): 29.59 Intercept (a): 9.93 Slope (b): 0.667 Regression line equation: $y=0.667x+9.928$ Regression coefficient, $R^2=0.783$	
4	Correlation between Breaker Drawn Sliver(x) and Finisher Drawn Sliver(y)	Mean $x$ ( $\bar{x}$ ): 29.59 Mean $y$ ( $\bar{y}$ ): 29.972 Intercept (a): -13.71 Slope (b): 1.476 Regression line equation: $y=1.476x-13.71$ Regression coefficient, $R^2=0.6435$	

5	Correlation between Finisher Drawn Sliver(x) and Simplex Roving(y)	Mean x ( $\bar{x}$ ): 29.972 Mean y ( $\bar{y}$ ): 30.122 Intercept (a): 4.60 Slope (b): 0.85 Regression line equation: $y=4.60+0.85x$ Regression coefficient, $R^2=0.8549$	
6	Correlation between Simplex Roving(x) and Ring Yarn(y)	Mean x ( $\bar{x}$ ): 30.122 Mean y ( $\bar{y}$ ): 28.756 Intercept (a): 0.74 Slope (b): 0.93 Regression line equation: $y=0.741+0.93x$ Regression coefficient, $R^2=0.7694$	

### Conclusion

For all mixing types, USTER AFIS PRO length measurements revealed a general down-up-down trend. Card mat and ring fiber length dropped, however, carding, breaker drawing, finisher drawing, and simplex fiber length increased. Although an anomaly is seen for MT3 due to natural variability in raw materials, the length of the fiber was significantly reduced at the card mat stage due to beating in the blow room line, which shortened the fiber length. Because of the higher drafting force in the ring frame stage, fiber breakage was substantial, reducing the average fiber length in the ring frame. The length of fiber was significantly increased during the carding stage because carding involves the disentanglement of fiber neps and the elimination of wastes, both of which raised the average fiber length. Since drafting action removes fiber hooks in the breaker drawing, finisher drawing, and simplex machine, the average fiber length was typically increased in all three stages. Nevertheless, some anomalies were observed in the breaker draw frame (MT2), finisher draw frame (MT5), and simplex (MT2, MT4), which are caused by natural deviation in raw materials. The correlation and regression analysis exhibited a positive correlation between each stage of yarn processing and fiber, with a regression coefficient ( $R^2$ ) ranging from 0.5611 to 0.9509, which will aid in anticipating changes in fiber length in due course. It will also

facilitate the fine-tuning of machine parameters in order to produce higher-quality yarn.

### References:

1. Ahmad, S., Sinoimeri, A., & Nowrouzieh, S. (2012). The effect of the sliver fiber configuration on the cotton inter-fiber frictional forces. *Journal of Engineered Fibers and Fabrics*, 7(2), 87–93. <https://doi.org/10.1177/155892501200700213>
2. Barella, A., & Manich, A. M. (2002). Yarn hairiness: A further update. *Textile Progress*, 31(4), 1–44. <https://doi.org/10.1080/00405160208688953>
3. Bragg, C. K., & Shofner, F. M. (1993). A Rapid, Direct Measurement of Short Fiber Content. *Textile Research Journal*, 63(3), 171–176. <https://doi.org/10.1177/004051759306300307>
4. Byatt, W. J., and Elting, J. P. (1958). in the Weight Distribution of Fiber Lengths of Cotton Result of Random. *Textile Research Journal*, 718(1953), 417–421.
5. Byatt, W. J. (1961). On Changes in the Weight Distribution Function of Artificial Fibers Due to Random Fiber Breakage. *Textile Research Journal*, 31(2), 171–174. <https://doi.org/10.1177/004051756103100210>
6. Cai, Y., Cui, X., Rodgers, J., Thibodeaux, D., Martin, V., Watson, M., & Pang, su S. (2013). A comparative study of the effects of cotton fiber length parameters on modeling yarn properties. *Textile Research Journal*, 83(9), 961–970. <https://doi.org/10.1177/0040517512468821>
7. Carnaby, G. A. (1984). Fiber Breakage During Carding: Part I: Theory. *Textile Research Journal*, 54(6), 366–369. <https://doi.org/10.1177/004051758405400602>
8. Faulkner, W. B., Hequet, E. F., Wanjura, J., & Boman, R. (2012). Relationships of cotton fiber properties to ring-spun yarn quality on selected High Plains cottons. *Textile Research Journal*, 82(4), 400–414. <https://doi.org/10.1177/0040517511426613>
9. Fiori, L. A., & Brown, J. J. (1951). Effects of Cotton Fiber Fineness on the Physical Properties of Single Yarns. *Textile Research Journal*, 21(10), 750–757. <https://doi.org/10.1177/004051755102101008>
10. Fiori, L. A., Brown, J. J., & Sands, J. E. (1954). Effect of Cotton Fiber Strength on Single Yarn Properties and on Processing Behavior. *Textile Research Journal*, 24(6), 503–507. <https://doi.org/10.1177/004051755402400605>
11. Fiori, L. A., Sands, J. E., Little, H. W., & Grant, J. N. (1956). Effect of Cotton Fiber Bundle Break Elongation and Other Fiber Properties on the Properties of a Coarse and a Medium Singles Yarn. *Textile*

- Research Journal, 26(7), 553–564.  
<https://doi.org/10.1177/004051755602600710>
12. Frydrych, I. (1995). Relation of Single Fiber and Bundle Strengths of Cotton. *Textile Research Journal*, i(1963), 513–521.
  13. Goren, S. L. (1968). Distribution of lengths in the breakage of fibres or linear polymers. *The Canadian Journal of Chemical Engineering*, 46(3), 185–188. <https://doi.org/10.1002/cjce.5450460309>
  14. Gregory, J. (1953). 35—Cotton yarn structure: Part v—the relation between strength measurements made on fibres, fibre bundles, yarns, and cloth. *Journal of the Textile Institute Transactions*, 44(11), T515–T533. <https://doi.org/10.1080/19447025308662614>
  15. Ibrahim, I. (2018). Effect of Fiber Length and Short Fiber Percent in Cotton on Fiber and Yarn Quality. *Alexandria Science Exchange Journal*, 39(OCTOBER-DECEMBER), 663–668.  
<https://doi.org/10.21608/asejaiqjsae.2018.20692>
  16. Informa, F., Number, W. R., House, M., Street, M., Hairiness, Y., & Progress, T. (2009). *Textile Progress* (Issue May 2013).
  17. Krifa, M. (2006). Fiber Length Distribution in Cotton Processing: Dominant Features and Interaction Effects. *Textile Research Journal*, 76(5), 426–435. <https://doi.org/10.1177/0040517506062616>
  18. Krifa, M. (2008). Fiber Length Distribution in Cotton Processing: A Finite Mixture Distribution Model. *Textile Research Journal*, 78(8), 688–698. <https://doi.org/10.1177/0040517508083729>
  19. Kuang, X., & Yu, C. (2015). Generating cotton fiber length probability density function from fiber length parameters by finite mixture model. *Journal of the Textile Institute*, 106(6), 655–662.  
<https://doi.org/10.1080/00405000.2014.933516>
  20. Lee, S. W. (1968). Probability Model for Random Fiber Breakages Part II: Estimation and Application. *Textile Progress*, 566–576.
  21. Lin, Q., Xing, M., Oxenham, W., & Yu, C. (2012). Generation of cotton fiber length probability density function with length measures. *Journal of the Textile Institute*, 103(2), 225–230.  
<https://doi.org/10.1080/00405000.2011.566005>
  22. Matsuo, T. (2019). *Textile Progress*. *Textile Progress*, May 2013, 37–41. <https://doi.org/10.1201/9780429187766>
  23. Moon Won Suh. (1976). Probabilistic Assessment of Irregularity in Random Fiber Arrays-Effect of Fiber Length Distribution on “Variance-Length Curve. *Fault Trees*, April 1976, 79–96.  
<https://doi.org/10.1002/9780470612484.ch5>
  24. Morais, J., James, J., Hinds, Z., Smith, W., Kelly, B., & Hequet, E. (2020). A method to improve cotton fiber length measurement for laboratory analysis. *MethodsX*, 7.

- <https://doi.org/10.1016/j.mex.2020.100859>
25. Naylor, G. rs, Delhom, C. D., Cui, X., Gourlot, J. P., & Rodgers, J. (2014). Understanding the influence of fiber length on the High Volume Instrument™ measurement of cotton fiber strength. *Textile Research Journal*, 84(9), 979–988.  
<https://doi.org/10.1177/0040517513515318>
  26. Nield, R. (1953). Fibre Arrangement in Fibro Drawframe Slivers. *Journal of the Textile Institute Transactions*, 44(10), T479–T480.  
<https://doi.org/10.1080/19447025308662610>
  27. Parsi, R. D., Kakde, M. V, Pawar, K., & Police Patil, R. S. (2016). Influence of Fibre Length on Ring Spun Yarn Quality. *International Journal of Research and Scientific Innovation*, III(Viii), 2321–2705.  
[www.rsisinternational.org](http://www.rsisinternational.org)
  28. Pillay, K. P. R. (1964). A Study of the Hairiness of Cotton Yarns: Part II: Effect of Processing Factors. *Textile Research Journal*, 34(9), 783–791. <https://doi.org/10.1177/004051756403400908>
  29. RA Pittman and JD Tallant. (1990). Random-Fiber Breakage Models. *Australian & New Zealand Journal of Psychiatry*, 24(3), 291–312.  
<https://doi.org/10.3109/00048679009077697>
  30. Ramey, H. H., Lawson, R., & Worley, S. (1977). Relationship of Cotton Fiber Properties to Yarn Tenacity length measurement . Specimens for the Micronaire The eight subsamples from each of the 42 original These were processed into drawing sliver on the small equipment at the ARS Cotton Spinning Laborat. *Textile Research Journal*, October, 685–691.
  31. Robert, K. Q., & Blanchard, L. J. (1997). Cotton Cleanability: Part I: Modeling Fiber Breakage. *Textile Research Journal*, 67(6), 417–427.  
<https://doi.org/10.1177/004051759706700606>
  32. Robert, K. Q., Price, J. B., & Cui, X. L. (2000). Cotton Cleanability: Part II: Effect of Simple Random Breakage on Fiber Length Distribution. *Textile Research Journal*, 70(2), 108–115.  
<https://doi.org/10.1177/004051750007000204>
  33. Sawhney, P. S., & Zeidman, M. (2002). Influence of Fiber Length Distribution on Strength Efficiency of Fibers in Yarn Strength Efficiency. *Textile Research Journal*, 72(3), 216–220.
  34. Shapiro, H. N., Sparer, G., Gaffney, H. E., Armitage, R. H., & Tallant, J. D. (1964). Mathematical Aspects of Cotton Fiber Length Distribution under Various Breakage Models. *Textile Research Journal*, 34(4), 303–307.  
<https://doi.org/10.1177/004051756403400404>
  35. Sung Won, L. (1967). A Probability Model for Random Fiber Breakages: Part I. Theory. *Textile Research Journal*, 37(10), 860–874.



- <https://doi.org/10.1177/004051756703701006>
36. Tallant, J. D., Fiori, L. A., Alberson, D. M., & Chapman, W. E. (1961a). The Effect of the Short Fibers in a Cotton on Its Processing Efficiency and Product Quality:Part I. Affecting the Short Fiber Content by the Addition of Cut Cotton Fibers. *Textile Research Journal*, 31(10), 866–872.  
<https://doi.org/10.1177/004051756103101004>
37. Tallant, J. D., Fiori, L. A., Alberson, D. M., & Chapman, W. E. (1961b). The Effect of the Short Fibers in a Cotton on Its Processing Efficiency and Product Quality:Part III: Pilot-Scale Processing of Yarns. *Textile Research Journal*, 31(10), 866–872.  
<https://doi.org/10.1177/004051756103101004>
38. Tallant, J. D., & Landstreet, C. B. (1960). The Effect of Short Fibers in a Cotton on its Processing Efficiency and Product Quality:Part II: Yarns Made by Miniature Spinning Techniques from Differentially Ginned Cotton. *Textile Research Journal*, 30(10), 792–795.  
<https://doi.org/10.1177/004051756003001008>
39. Tallant, J. D., & Pittman, R. A. (1968). Breakage Models and Measuring Techniques for Fiber. Weight-Length Distributions. *Textile Research Journal*, 38(2), 149–155.  
<https://doi.org/10.1177/004051756803800207>
40. Tallant, J. D., Pittman, R. A., & Schultz, E. F. (1966). The Changes in Fiber-Number Length Distribution Under Various Breakage Models. *Textile Research Journal*, 36(8), 729–737.  
<https://doi.org/10.1177/004051756603600808>
41. Viswanathan, G., Munshi, V. G., Ukidve, A. V., & Chandran, K. (1989). A Critical Evaluation of the Relationship Between Fiber Quality Parameters and Hairiness of Cotton Yarns. *Textile Research Journal*, 59(11), 707–711.  
<https://doi.org/10.1177/004051758905901115>
42. W. P. Virgin and Helmut Wakeham. (1956). Quality and Fiber Properties Part IV. The Relation Between Single Fiber Properties and the Behavior of Bundles, Slivers, and Yarns. *Textile Research Journal*, 177–191.
43. Wakankar, V. A., Bhaduri, S. N., Ramaswamy, B. R., & Ghosh, G. C. (1961). Some Studies on the Formation of Hooks in Carding. *Textile Research Journal*, 31(11), 931–940.  
<https://doi.org/10.1177/004051756103101103>
44. Waters, W. T., Phillips, J., & Fiori, L. A. (1966). The Effect of Fiber-Bundle Elongation of Medium Staple Cottons on Processing Performance and Yarn Properties. *Textile Research Journal*, 36(11), 1004–1012. <https://doi.org/10.1177/004051756603601109>

45. Yan, G., & Yu, C. (2007). A joint influence of the distributions of fiber length and fineness on the strength efficiency of the fibers in yarn. *Fibers and Polymers*, 8(3), 309–312.  
<https://doi.org/10.1007/BF02877275>
46. Zurek, W., Greszta, M., Frydrych, I., & Balcar, G. (1999). Cotton Fiber Length Changes in the Spinning Process on the Basis of AFIS Measurements. *Textile Research Journal*, 69(11), 804–810.  
<https://doi.org/10.1177/004051759906901102>



## **Efecto Del Almidón De Plátano Cuadrado *Musa Balbisiana* Colla En El Rendimiento, Retención De Agua Y Aceptación Sensorial En Jamón Cocid**

*Lázaro De La Torre-Gutiérrez (M of S)*  
*Sandi Patricia Morales-Córdova (F. Eng.)*  
*José Ulises González-de la Cruz (PhD)*  
*María Concepción de la Cruz-Leyva (PhD)*

División Académica Multidisciplinaria de los Ríos, Universidad Juárez  
Autónoma de Tabasco, Tabasco, México

[Doi:10.19044/esj.2021.v17n25p82](https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n25p82)

Submitted: 05 July 2021  
Accepted: 10 July 2021  
Published: 31 July 2021

Copyright 2021 Author(s)  
Under Creative Commons BY-NC-ND  
4.0 OPEN ACCESS

### *Cite As:*

De La Torre-Gutiérrez L., Morales-Córdova S.P., González-de la Cruz J.U. & Concepción de la Cruz-Leyva M.(2021). *Effect Of Square Banana Musa Balbisiana Colla Starch On Yield, Water Retention And Sensory Acceptability In Cooked Ham*. European Scientific Journal, ESJ, 17(25), 82.

<https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n25p82>

### **Resumen**

Los almidones no convencionales se han utilizado con éxito en la formulación de productos cárnicos, al brindar textura y escaso sabor a un menor costo. Aquí el objetivo fue, evaluar el efecto del almidón de plátano cuadrado *Musa balbisiana* Colla sobre el rendimiento, retención de agua y aceptación sensorial en el jamón cocido. El almidón de plátano (madurez tipo I) se extrajo con una metodología recomendada. Se elaboró jamón cocido con carne de cerdo y se adicionó almidón de plátano. A partir de un diseño experimental factorial 22: concentración de almidón (factor A) 10 % y 20 %, y tiempo de masajeo de la carne (factor B) de 16 y 30 min. Resultando un total de cuatro tratamientos: T1, T2, T3 y T4 (n=3). Para tener un referente, se elaboró un jamón cocido adicionado con almidón de maíz. La concentración de almidón de plátano y el mayor tiempo de masajeo (30 min), registró relación positiva en el rendimiento del jamón cocido ( $121.4 \pm 0.36$  %). La capacidad de retención de agua aumentó de acuerdo con la concentración de almidón y el tiempo de masajeo, independiente del origen del ligante

adicionado (almidón de plátano o almidón de maíz). El jamón cocido adicionado con almidón de plátano fue el más aceptado y mejor evaluado. Por lo que, este almidón puede ser utilizado como un aditivo alimentario para la producción del jamón cocido.

---

**Palabras Clave:** Agente Ligante, Almidón De Plátano, Cárnicos

## **Effect Of Square Banana *Musa Balbisiana* Colla Starch On Yield, Water Retention And Sensory Acceptability In Cooked Ham**

*Lázaro De La Torre-Gutiérrez (M of S)*  
*Sandi Patricia Morales-Córdova (F. Eng.)*  
*José Ulises González-de la Cruz (PhD)*  
*María Concepción de la Cruz-Leyva (PhD)*

División Académica Multidisciplinaria de los Ríos, Universidad Juárez  
Autónoma de Tabasco, Tabasco, México

---

### **Abstract**

Non-conventional starches have been successfully used in the formulation of meat products, providing texture and low flavor at a lower cost. The objective here was to evaluate the effect of square banana *Musa balbisiana* Colla starch on yield, water retention and sensory acceptability in cooked ham. Banana starch (maturity type I) was extracted using a recommended methodology. Cooked ham (with pork meat) was prepared with banana starch. Based on a 22 factorial experimental design: starch concentration (factor A) 10 % and 20 %, and meat massaging time (factor B) of 16 and 30 min, resulting in a total of four treatments: T1, T2, T3 and T4 (n=3). In order to have a reference, a cooked ham was prepared with corn starch added. The concentration of banana starch and the longer massaging time (30 min) were positively related to the yield of cooked ham ( $121.4 \pm 0.36$  %). Water retention capacity increased according to starch concentration and massaging time, independent of the origin of the added binder (banana starch or cornstarch). The cooked ham added with banana starch was the most accepted and best evaluated. Therefore, this starch can be used as a food additive to produce cooked ham.

---

**Key Words:** Binding Agent, Banana Starch, Meat Products

## Introducción

Los países con mayor consumo de productos cárnicos son: China (27 %), Estados Unidos (16 %), Unión Europea (15 %), Brasil (8 %), Rusia (4 %) y México (3 %) (Compendio Estadístico, 2021). En nuestro país este sector representa el 23 % de la industria alimentaria y el 32 % del producto interno bruto (PIB) agropecuario (Porcicultura.com, 2020). El 40 % de los cárnicos son jamones, donde el 55 % se fabrica con carne de cerdo (Compendio Estadístico, 2021). Los productos cárnicos son importantes en la dieta humana, al proporcionar nutrientes como las proteínas, que no se obtiene fácilmente de las verduras y sus derivados (Alao *et al.*, 2017). Coadyuvan para disminuir la malnutrición y aumentar la seguridad alimentaria (Tofiño-Rivera *et al.*, 2017).

El jamón es el embutido hecho con carne de cerdo o pavo tras retirar los huesos; se aplica una salmuera con cloruro de sodio, nitrato y nitrito sódico, que inhiben el crecimiento de bacterias en la carne. En algunos casos, se agrega carragenina (1.5 %), fécula (5 % a 10 %) y soya, que proporcionan textura, cuerpo y proteínas (2 %). Se disminuye el costo del producto, al utilizar menor concentración de carne (PROFECO, 2016). En su caso, el jamón cocido se prepara con carne de las patas traseras del cerdo (pernil de cerdo), generalmente contiene: sacarosa, azúcar invertido, dextrosa (glucosa), lactosa, maltosa, miel, especias y gelatina (CODEX STAN 96-1981). En la etapa final de su elaboración se somete a 70 °C en el centro de la pieza para su cocción por inmersión y quedar listo para su consumo (NOM-213-SSA1-2018).

Algunas características deseables en el jamón cocido es el rendimiento: relación entre la materia prima utilizada y el producto obtenido; al igual que, el contenido de proteínas (16.5 %) (CODEX STAN 96-1981). Es importante citar que el tiempo de masajeo es primordial para una distribución homogénea de la salmuera en la carne y una correcta extracción proteica. Entre las alternativas para mantener el bajo costo de producción, surgió el uso de ligantes o rellenos en los productos cárnicos (Tofiño-Rivera *et al.*, 2017). Los ligadores son sustancias que tienen la función de ocupar el lugar de la carne, uniendo una cantidad considerable de agua, pero sin un aporte proteico (Jaimes *et al.*, 2015). Un ejemplo de ello es el almidón nativo proveniente del trigo, maíz, arroz, papa, yuca, entre otros, son una fuente de aditivos naturales procedentes de zonas tropicales con un mínimo valor comercial. El almidón es un polímero de glucosa que sirve como reserva de energía en plantas superiores (Hernández *et al.*, 2017).

Los almidones o féculas de materias primas no convencionales como el plátano, raíces, tubérculos y frutas tropicales no son muy solicitadas por los consumidores, debido al poco conocimiento de sus propiedades (Hernández *et al.*, 2017). Sin embargo, se ha investigado una variedad de aplicaciones para

el almidón con respecto a las industrias alimentarias y no alimentarias (Ssonko & Muranga, 2017).

Bohórquez *et al.*, (2017) evaluaron el almidón de raíz de achira *Canna edulis* Ker, como ingrediente en la formulación de alimentos; donde demostraron el uso potencial como estabilizante, gelificante, espesante y pastas.

Marrugo-Ligardo *et al.*, (2017) elaboraron salchicha con diferentes niveles de almidón modificado de frijol *Phaseolus lunatus*. Indicaron que los niveles de almidón no afectaron la calidad nutricional de las salchichas y no encontraron diferencias significativas en el análisis del perfil de textura.

Se ha citado que la harina de plátano verde puede ser utilizada como sustituto comercial para producir galletas sin gluten con alto contenido de fibra dietética y bajo índice glucémico (García-Solis *et al.*, 2018). Este tipo de almidón ha demostrado buenos resultados en la industria alimentaria, convirtiéndose en un aditivo alternativo para el desarrollo de productos como salsas, sopas, pates, entre otros (Fontes *et al.*, 2017).

En cuanto a la composición química de la harina y el almidón nativo del plátano cuadrado en el estado fisiológico verde se ha detectado:  $4.4 \% \pm 0.4$  y  $1.19 \% \pm 0.04$  de proteína cruda respectivamente;  $2.44 \% \pm 0.01$  y  $0.16 \pm 0.01$  cenizas respectivamente. Así como,  $0.85 \% \pm 0.22$  y  $0.56 \pm 0.14$  extracto etéreo respectivamente (Contreras-Pérez *et al.*, 2018). Por lo anterior, el objetivo fue evaluar el efecto del almidón de plátano cuadrado *Musa balbisiana* Colla en el rendimiento, retención de agua y aceptación sensorial en jamón cocido, como alternativa de un agente ligante para embutidos emulsionados.

## **Materiales y Métodos**

### **Materia prima**

Los frutos de *M. balbisiana* Colla con madurez tipo I (plátanos verde) se adquirieron en el mercado público local, ubicado en Tenosique, Tabasco México. Las piernas de cerdo se consiguieron en un establecimiento comercial (Maxi-Carne<sup>®</sup>), esta tenía un pH de 5.7. También se adquirió almidón de maíz (Maizena<sup>®</sup>) para establecer un tratamiento comparativo.

### **Extracción del almidón**

La extracción del almidón de los frutos de *M. balbisiana* C, se realizó mediante la metodología indicada por Contreras-Pérez *et al.*, (2018) y Chel-Guerrero *et al.*, (2016).

### **Elaboración de jamón cocido**

Se estableció un diseño experimental factorial general de dos factores con dos niveles cada uno ( $2^2$ ): concentración de almidón (factor A) en dos

niveles de concentración de almidón (10 % y 20 %) y tiempo de masajeo de la carne (factor B), durante dos tiempos (16 y 30 min). Las variables respuesta fueron: rendimiento del jamón, capacidad de retención de agua y aceptación sensorial.

El pernil de cerdo se deshuesó, se limpió (se eliminó: grasa, nervios y aponeurosis) y la carne se cortó en porciones de aproximadamente 5 cm. Se dejó en refrigeración hasta alcanzar una temperatura de  $4 \pm 1$  °C.

El jamón se elaboró según el procedimiento indicado en la bibliografía (Toledo, 2019; Luna & Guerrero-Beltrán, 2013). Donde se adicionó almidón de plátano cuadrado *M. balbisiana* para observar la capacidad de retención de agua y aceptación sensorial. Se elaboró un jamón adicionado con almidón de maíz comercial (Maizena®).

En cada caso (jamón con almidón de plátano o jamón con almidón de maíz) se establecieron cuatro tratamientos (n=3). Tratamiento 1 (T1): 10 % de almidón y 16 min de masajeo. Tratamiento 2 (T2): 20 % de almidón y 16 min de masajeo. Tratamiento 3 (T3): 10 % de almidón y 30 min de masajeo. Tratamiento 4 (T4): 20 % de almidón y 30 min de masajeo.

En todos los tratamientos se utilizó salmuera básica compuesta por: agua (95.35 %), nitrito de sodio (0.8 %), cloruro de sodio (2.2 %), fosfato de sodio (0.5 %) como estabilizante, eritorbato de sodio (0.3 %) como antioxidante, sacarosa (0.8 %) y humo líquido (0.05 %).

La temperatura de la salmuera fue de 2 °C durante su aplicación. Los jamones se envasaron con la ayuda de un equipo de vacío y se conservaron en refrigeración (5 °C) hasta su análisis.

### **Rendimiento del jamón**

El rendimiento del jamón se estimó mediante el cálculo de la diferencia de peso del producto antes y después de la cocción; el resultado se expresó en porcentaje (Julio *et al.*, 2015).

### **Capacidad de retención de agua**

Para evaluar la capacidad de retención de agua (CRA), se utilizó una modificación de la metodología reportada por Braña *et al.*, (2011).

Se depositó 5 g de carne en tubos de centrífuga graduados, por duplicado. Se adicionó 8 mL de solución fría de NaCl 0.6 M y se agitó con una varilla de vidrio por 1 minuto. Posteriormente, se colocaron los tubos en un baño de hielo durante 30 minutos. Se agitó con una varilla de vidrio durante un minuto. Nuevamente, se centrifugaron los tubos por 15 min a 10,000 rpm y 4 °C; se decantaron y se midió a todos el sobrenadante.

## Evaluación sensorial

Se utilizó un panel de jueces no entrenados integrado por 80 estudiantes universitarios. Se realizó un análisis de aceptación, preferencia y nivel de agrado mediante una escala hedónica estructurada de cinco puntos (Luna & Guerrero-Beltrán, 2013).

## Análisis estadístico

Utilizando el programa *Statgraphics* versión 16.1 se desarrolló un ANOVA y se evaluó la existencia de diferencia en medias Tukey con un nivel de significancia de  $P < 0.05$ . Posteriormente, se realizó una comparación medias por medio de LSD (diferencia mínima significativa) para determinar el mejor tratamiento en relación con el rendimiento. El efecto ligante se describió con una gráfica de superficie de respuestas. Los resultados del análisis sensorial se analizaron con el método de distribución binomial, según la tabla mínimo número de respuestas correctas para establecer significancia a diferentes niveles de probabilidad.

## Resultados y Discusión

### Rendimiento del jamón

El análisis estadístico de los resultados del rendimiento del jamón cocido adicionado con almidón de plátano o el jamón cocido adicionado con almidón de maíz, no mostró un efecto significativo ( $P > 0.05$ ) a un tiempo de masaje de 16 minutos e independiente de la concentración de almidón (10 % o 20 %).

No obstante, entre ambos tipos de almidón se registró un mayor rendimiento en los jamones adicionados con almidón de plátano cuadrado verde. El tratamiento T3 (10 % de almidón) presentó un rendimiento de  $120.6 \pm 0.15$  y el tratamiento T4 (20 % de almidón) registró un rendimiento de  $121.4 \pm 0.36$  asociados a mayor tiempo de masaje de la carne (30 min) (Cuadro 1).

**Cuadro 1.** Rendimiento de jamón cocido adicionado con almidón de plátano o almidón de maíz

Tratamiento	Almidón (%) <sup>*</sup>	Tiempo de masaje (min) <sup>**</sup>	Jamón adicionado con almidón de plátano (%)	Jamón adicionado con almidón de maíz (%)
T1	10	16	$117 \pm 0.1^a$	$114.53 \pm 4.95^b$
T2	20	16	$108.1 \pm 3.55^b$	$116.76 \pm 5.96^b$
T3	10	30	$120.6 \pm 0.15^a$	$118.23 \pm 1.32^a$
T4	20	30	$121.4 \pm 0.36^a$	$119.9 \pm 0.05^a$

<sup>\*</sup> Factor A. <sup>\*\*</sup> Factor B

<sup>a, b</sup> Representan diferencias estadísticas significativas de acuerdo con la prueba de Tukey ( $P < 0.05$ ) en los diferentes tratamientos

Determinar el porcentaje de rendimiento en el procesamiento de productos cárnicos es importante, ya que proporciona información útil para la



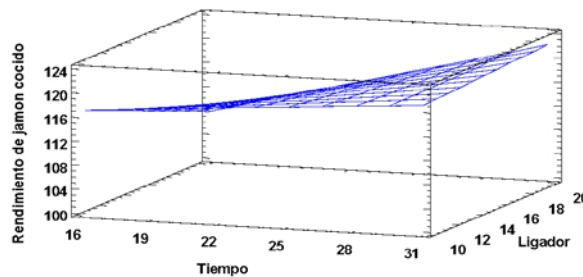
selección de proveedores, tomar decisiones en la producción, evaluar aditivos y determinar costos, entre otros (Zamora-Castro *et al.*, 2018).

Esto se explica con la ecuación matemática siguiente relacionada con el rendimiento de la producción de jamón (EC 1), que indicó que los factores tienen efectos positivos y negativos en cuanto al rendimiento del jamón. Cuando se agrega una concentración mayor de almidón o incrementa el tiempo de masaje, aumenta el rendimiento de jamón:

### EC 1

$$\text{Rendimiento de jamón cocido} = 132.719 - 0,42619 * \text{Tiempo} - 1,99095 * \text{Ligador} + 0,0688095 * \text{Tiempo} * \text{Ligador}$$

También en la Figura 1 se muestra la relación entre el tiempo y la concentración del almidón, donde se observó que al incrementar el tiempo y la concentración del ligador (almidón), aumentó el rendimiento del jamón.



**Figura 1.** Superficie de respuestas en el rendimiento de jamón con almidón de plátano

Se detectó que los factores de manera individual (concentración de almidón y tiempo), no tienen efecto positivo en el rendimiento del jamón. Sin embargo, al interaccionar los dos factores producen un efecto positivo en el rendimiento.

Es decir, para un mejor rendimiento en la producción de jamón se requiere una combinación de ambos factores: incrementar el tiempo y la concentración de almidón de plátano de manera paralela. Aunque, para conocer el tiempo y la concentración de almidón óptimas, se recomienda una corrida experimental de optimización. Estudios previos, evaluaron el efecto de la sustitución de harina de trigo por almidón de malanga *Colocasia esculenta* L sobre las pérdidas por cocción y demostraron que todos los tratamientos con almidón de malanga presentaron menores pérdidas por cocción que el producto control (Torres-Rapelo *et al.*, 2014).

Estos resultados se correlacionan con los obtenidos en este trabajo donde el jamón adicionado con almidón de plátano obtuvo un mayor rendimiento que el elaborado con almidón de maíz.

En otro trabajo se evaluó la harina de plátano verde (*Musa* AAB Horn Plantain Cv. Harto) como sustituto de grasa para productos cárnicos; donde al final,

recomendaron utilizar de 10 % a 20 % de almidón de plátano en el jamón para disminuir el 20 % de grasas en el producto final (Araya-Quesada *et al.*, 2014). Así, el almidón de plátano ha adquirido importancia en la industria alimentaria como ingrediente o aditivo, por lo que se utiliza frecuentemente como aglutinante, espesante, gelificante, humectante y texturizante.

### Capacidad de retención de agua

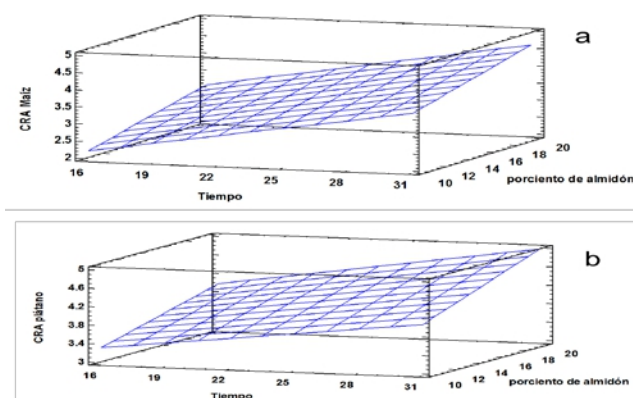
La capacidad de retención de agua se define como la habilidad que tiene un producto para retener el agua propia y añadida, cuando se le somete a un esfuerzo mecánico y térmico (Pérez & Ponce, 2013). Esta propiedad se relaciona con las características de jugosidad, color, y terneza de la carne fresca, así como con el rendimiento en productos cocidos (Soto-Simental *et al.*, 2016). En este trabajo, la ecuación o relación matemática obtenida en la capacidad de retención de agua (CRA) indicó que los factores producen efectos positivos en cuanto a la CRA. Es decir, al incrementar la concentración de almidón o el tiempo de masaje aumenta la CRA (EC 2).

### EC 2

$$\text{CRA plátano} = 2,06667 + 0,0333333 * \text{Tiempo} + 0,0433333 * \% \text{ de almidón} + 0,00166667 * \text{Tiempo} * \% \text{ de almidón}$$

En este trabajo se tuvo un efecto mayor en el jamón adicionado con almidón de plátano en comparación con el adicionado con almidón de maíz.

La Figura 2 muestra que los factores tienen efectos positivos en relación con la capacidad de retención de agua, es decir, al incrementar la concentración de almidón y el tiempo de masaje aumenta la CRA del jamón, para ambas fuentes de almidón: de plátano o de maíz. Sin embargo, cabe destacar que el jamón cocido con inclusión de almidón de plátano cuadrado presenta un porcentaje mayor de CRA que el jamón cocido con almidón de maíz.



**Figura 2.** CRA del jamón cocido con almidón de maíz (a) o jamón cocido con almidón de plátano (b)

En cuanto al pH, se ha citado que está asociado con la capacidad de absorción de agua, la succulencia, el desarrollo del color y la carga microbiológica del producto final (Fernández *et al.*, 2008). El pH de la carne aumenta gradualmente por el incremento de bases volátiles a medida que se suscitan reacciones de proteólisis, descarboxilación y oxidación, entre otras, que en estado avanzado son responsables de su deterioro (Zamora & Mendoza, 2018). Las características de color, jugosidad y textura, además de otras propiedades como la capacidad de retención de agua y la capacidad de emulsión, dependen en gran medida del pH de la carne. Por lo que estas variables se consideran los principales indicadores de la calidad de la carne fresca, así como de su aptitud tecnológica para la elaboración de productos cárnicos (Zamora & Mendoza, 2018).

En este trabajo, la carne utilizada como materia prima presentó un pH de 5.7.

Estos resultados se relacionan con el realizado por Fontes *et al.*, (2017), los gránulos de almidón mostraron un buen poder de hinchamiento, lo que demuestra su potencial para el uso en alimentos que requieren retención de agua, como los productos cárnicos y las jaleas. El bajo porcentaje de pérdida de agua durante el almacenamiento y el bajo retroceso obtenido por el estudio del perfil muestran que el almidón es menos propenso a la degradación y la sinéresis, un factor bastante importante cuando se trata del desarrollo de productos que deben mantenerse bajo refrigeración.

### Evaluación sensorial

En el Cuadro 2 se muestra el nivel de agrado del jamón cocido elaborado con la inclusión de almidón de plátano o almidón de maíz. Donde se encontró que, el almidón de plátano cuadrado obtuvo una mayor aceptación en las categorías de “me gusta” y “me gusta mucho” con un 61.76 % y 38.23 % respectivamente.

El análisis sensorial genera información que se usa en las decisiones sobre los productos (Ramírez-Camargo *et al.*, 2016).

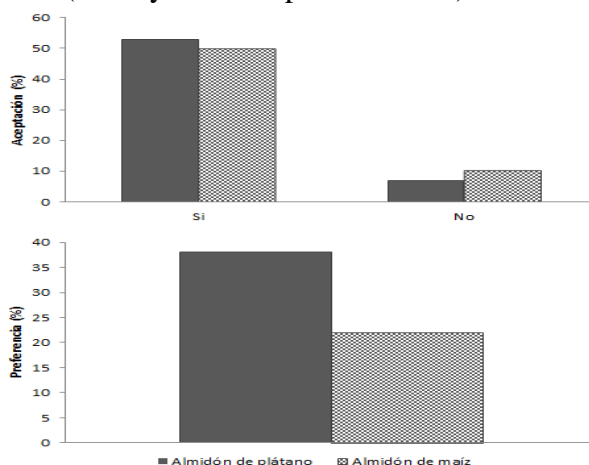
**Cuadro 2.** Nivel de agrado de jamón cocido adicionado con almidón de plátano o almidón de maíz

Nivel de agrado	Almidón de plátano (%)	Almidón de maíz (%)
Me gusta mucho	38.23	32,29
Me gusta	61.76	42,01
Ni me gusta ni me disgusta	0	25,68
Me disgusta	0	0
Me disgusta mucho	0	0

La evaluación sensorial es una herramienta de *marketing* exitosa en el diseño de nuevos productos, tiene gran impacto en la elección de los

consumidores, ya que ellos determinan su aceptación o rechazo e influyen en las decisiones de compra (Jiménez-Marín *et al.*, 2019).

En la Figura 3 se muestra el nivel de aceptación y preferencia de los jamones cocidos adicionados almidón de plátano o almidón de maíz. Tanto la aceptación como la preferencia fueron mayores en el jamón adicionado con almidón de plátano (53 % y 37 % respectivamente).



**Figura 3.** Aceptación y preferencia de jamón cocido adicionado con almidón de plátano o jamón adicionado con almidón de maíz

En un estudio realizado por Contreras-López & Salvá (2018), encontraron que el almidón de yuca puede ser utilizado para reemplazar la grasa en salchichas. Detectaron comportamiento similar en el patrón sensorial (dureza, cohesividad y masticabilidad) y de textura.

En general, los alimentos procesados son apetecidos por los consumidores, por su costo y características organolépticas (Tofiño-Rivera *et al.*, 2017). Lo que justifica la importancia de proponer aditivos naturales como el almidón de plátano, que tenga propiedades nutritivas del jamón cocido con una mínima inclusión de compuestos químicos.

Lo cual se corroboró en el presente estudio, donde los resultados mostraron que el jamón cocido adicionado con almidón de plátano cuadrado fue el mejor aceptado por las propiedades sensoriales expresadas por los catadores y mejoró el rendimiento. Por lo tanto, puede ser utilizado como un aditivo alimentario para la producción del jamón cocido.

## Conclusión

La concentración de almidón de plátano y el mayor tiempo de masajeo (30 min), registró relación positiva en el rendimiento del jamón cocido. La capacidad de retención de agua aumentó de acuerdo con la concentración de

almidón y el tiempo de masajeo, independiente del origen del ligante adicionado (almidón de plátano o almidón de maíz).

El jamón cocido adicionado con almidón de plátano cuadrado como agente ligante, fue el más aceptado y mejor evaluado. Por lo que, este almidón puede ser utilizado como un aditivo alimentario para la producción del jamón cocido.

### References:

1. Alao B., Falowo A., Chulayo A. & Muchenje V. (2017). The potential of animal by-products in food systems: production, prospects, and challenges. *Sustainability*, 9 (1089): 1-18.
2. Araya-Quesada Y., Morales-Torres A., Vargas-Aguilar P. & Wexler L. (2014). Potencial tecnológico de harina de plátano verde con cáscara (Musa AAB) como sustituto de grasa para geles cárnicos. *Revista del Laboratorio Tecnológico del Uruguay, INNOTEC* 9: 50-60.
3. Bohórquez Y., Bonilla M., Pérez I., Quintero S. & Vargas J. (2017). Caracterización y potencial uso de la raíz achira *Canna edulis* Ker. *Via Innova* 4 (1): 89-97.
4. Braña D., Ramírez E., Rubio M., Sánchez A., Torrescano G., Arenas M., Partida J., Ponce E. & Ríos F. (2011). *Manual de Análisis de Calidad en Muestras de Carne*. Distrito Federal, (México): Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, pág. 91.
5. CODEX STAN 96-1981. Norma para el jamón curado cocido (Revisión: 1991, 2014 y 2015). CODEX Alimentarios, normas internacionales de alimentos. FAO, OMS. Pág. 5.
6. Chel-Guerrero L., Barbosa-Martín E., Martínez-Antonio A., González-Mondragón E. & Betancur-Ancona D. (2016). Some physicochemical and rheological properties of starch isolated from avocado seeds. *International Journal of Biological Macromolecules* 86: 302-308.
7. Compendio Estadístico, 2021. Compendio Estadístico de la industria cárnica. Consejo Mexicano de la Carne A.C. (COMECARNE) Pág. 97.
8. Contreras-López E. & Salvá B. (2018). Caracterización sensorial de hamburguesa de llama con cáscara de sanky. *Revista investigación Altoandina* 20 (2): 155-168.
9. Contreras-Pérez RK., de la Torre-Gutiérrez L., González-Cortés N. & Jiménez-Vera R. (2018). Caracterización funcional de almidones de plátano cuadrado *Musa balbisiana* Colla. *European Scientific Journal* 14 (30): 82-97.
10. Fernández R.M.V., Morales M.J.C., Montiel C.A. & Mendivil M.M. (2008). Composición proximal y atributos sensoriales de jamón

- preparado con tres niveles de inyección de salmuera. *Biotecnia*, X (3): 48-58.
11. Fontes S., Cavalcanti M., Candeia R. & Almeida E. (2017). Characterization, and study of functional properties of banana starch green variety of Mysore Musa AAB - Mysore. *Food Science and Technology* 37 (2): 224-231.
  12. García-Solís S.E., Bello-Pérez L.A., Agama-Acevedo E. & Flores-Silva P.C. (2018). Plantain flour: A potential nutraceutical ingredient to increase fiber and reduce starch digestibility of gluten-free cookies. *Starch-Stärke* 70 (1700107): 1-5.
  13. Hernández I., Martínez M., Contreras R. & Pérez R. (2017). Extracción de almidón por el método seco en plátano macho, cuadrado y castilla. *Revista de Simulación y Laboratorio* 4 (13): 1-7.
  14. Jaimes J., Torres J. & Severiche C. (2015). Análisis de la calidad de un producto cárnico escaldado elaborado con harina de *Prosopis juliflora*. *Ingenium* 9 (26): 21-28.
  15. Jiménez-Marín, G., Bellido-Pérez, E., & López-Cortés Á. (2019). Marketing sensorial: el concepto, sus técnicas y su aplicación en el punto de venta. *Vivat Academia*, (148), 121-147.
  16. Julio L., Montero P. & Acevedo D. (2015). Calidad y aceptabilidad de chorizos formulados con plasma sanguíneo bovino y pasta de ajonjolí. *Información Tecnológica* 26 (3): 25-32.
  17. Luna J.J. & Guerrero-Beltrán J.A. (2013). Caracterización de jamones adicionados con pastas residuales de la extracción mecánica de aceite de frutos secos. *Scientia Agropecuaria* 4: 77-88.
  18. Marrugo-Ligardo Y., Ramirez-Martinez D., Trujillo-Ramos N., Severiche-Sierra C. & Jaimes-Morales J. (2017). Development of a scalded meat product added with modified bean starch *Zaragoza Phaseolus lunatus* red variety. *Contemporary Engineering Sciences* 10 (39): 1473-1483.
  19. NOM-213-SSA1-2018, Norma Oficial Mexicana. Productos y servicios. Productos cárnicos procesados y los establecimientos dedicados a su proceso. Disposiciones y especificaciones sanitarias. Métodos de prueba.
  20. Pérez C.M.L. & Ponce A.E. (2013) Manual de prácticas de laboratorio. Tecnología de Carnes. Primera edición. Universidad Autónoma Metropolitana, pp 110.
  21. Porcicultura.com (2020). Mercado de las carnes frías en México; un sector en incertidumbre por el Covid-19. Redacción Porcicultura.com. Noticia; 31 de julio, 2020. Consultado: 7 junio, 2021.

<https://www.porcicultura.com/destacado/Mercado-de-las-carnes-frias-en-Mexico%3B-un-sector-en-incertidumbre-por-el-Covid%7C19>

22. PROFECO (2016). El Laboratorio Profeco reporta: Jamón. Revista del Consumidor, pág. 40-51.
23. Ramírez-Camargo E., Marulanda A. & Orrego J. (2016). Desarrollo de una mezcla de fibras y almidones como reemplazante de grasa para productos de pasta fina tipo salchicha. Información Tecnológica 27 (1): 41-52.
24. Soto-Simental S., Valera-Quezada E., Hernández-Chavez J.F., Güemes-Vera, N. & Ayala-Martínez M. (2016). Efecto de grasa, agua añadida, carragenina y fosfatos en un producto emulsionado con carne de carpa (*Cyprinus carpio*). Agrociencia, 50 (4), 413-427.
25. Ssonko U. & Muranga F. (2017). Partial characterization of starches from major banana (matooke) cultivars grown in Uganda. Food Science and Nutrition (5): 1145-1153.
26. Tofiño-Rivera A., Ortega-Cuadros M., Herrera-Hinojosa B., Fragoso-Castilla P. & Pedraza-Claros B. (2017). Conservación microbiológica de embutido cárnico artesanal con aceites esenciales *Eugenia caryophyllata* y *Thymus vulgaris*. Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial, Edición Especial (2): 30-41.
27. Toledo O. (2019). El porcentaje y tipo de almidón (papa o trigo) afectan la textura instrumental de batidos cárnicos reducidos en grasa. NACAMEH, 13 (1): 1-10.
28. Torres-Rapelo A., Montero-Castillo, P. & Julio-González, L. 2014. Utilización de almidón de malanga *Colocasia esculenta* L. en la elaboración de salchichas tipo Frankfurt. Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial, 12 (2): 97-105.
29. Zamora-Castro, J E., Illescas-Chávez E., Hernández-Zárate G. & Lunadimas, M. (2018). Uso de ingredientes funcionales no cárnicos en la elaboración de jamón cocido artesanal. Revista de Operaciones Tecnológicas, 2-6: 24-30.
30. Zamora R., & Mendoza L del R. (2018). Calidad de la carne del ganado vacuno. Revista Observatorio de la Economía Latinoamericana. <https://www.eumed.net/rev/oel/2018/04/calidad-carne-ecuador.html>.



ESJ Natural/Life/Medical Sciences

## Improving Polymer Science Asynchronous Online Lecture Contents For Students' Engagement

*Charles Darko*

Department of Materials, The University of Manchester, Manchester United Kingdom

[Doi:10.19044/esj.2021.v17n25p95](https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n25p95)

Submitted: 17 May 2021

Accepted: 01 July 2021

Published: 31 July 2021

Copyright 2021 Author(s)

Under Creative Commons BY-NC-ND

4.0 OPEN ACCESS

*Cite As:*

Darko C. (2021). *Improving Polymer Science Asynchronous Online Lecture Contents For Students' Engagement*. European Scientific Journal, ESJ, 17(25), 95.

<https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n25p95>

### Abstract

Asynchronous online delivering methods have been found to promote excellent engagement among students but the impact in the teaching of polymer science courses have not been investigated. This work discussed and reflected critically on the ways of improving polymer science lecture contents in asynchronous videos that can enhance and motivate students' learning. Six polymer science topic combinations in the forms of structure – characterisation, structure- processing, structure – properties, characterization – processing, properties – characterization and properties – processing were established. Lecture slides based on these combinations were created and 106 students were tasked to read and rate them on computer screens. First, second and third-year undergraduate material science and engineering students rated the combinations based on stimulation, motivation and effectiveness. Results show that there was no strong preferred choice(s) from the first years but the second year students appeared to favour the structure-property combination while third-year students preferred the structural-property-processing lecture contents. Using the cognitive learning theory and the redundant effect, the third-year students were described to have processed the information received and classified some redundant while the first-year students might have accumulated all information into their limited working memory without redundancy since they lack prior knowledge of the polymer science topics.



These reasons coupled with basic students' computer skills were attributed to influence their judgements during the rating.

---

**Keywords:** Student Engagement; Asynchronous; Polymer Science; Cognitive Learning; Redundancy Effect

## Introduction

Presently, teaching and learning are being done remotely because of the COVID pandemic. The major issue for polymer science lecturers is how to present the polymer science contents that motivates and engages students. This is a very difficult task since most of the polymer topics such as the structures, characterization, physics and processing need to be addressed when preparing the asynchronous video contents. The focus of the work is a critical discussion and reflection on the ways of improving the polymer science lecture contents in asynchronous recorded videos that can enhance the motivation and self-study efficacies among material science students. Even though a combination of asynchronous and synchronous teaching methods was found to be effective for content delivery and active learning within an organic chemistry class (Sunasee, 2020), there are many challenges associated with asynchronous teaching and learning methods (Aloni & Harrington, 2018; de Lima et al., 2019; Raes et al., 2020; Zydney et al., 2020; Gal & Israel-Fishelson, 2020; Öztürk, 2021). Previous findings revealed lecture content issues that are associated with instructional strategies, considerations and integration of multimedia in online content development which affects students' expectations, readiness, identity, and participation (Kebritchi et al., 2017).

Online learning has emerged in recent times because of the global pandemic and most institutions have adopted the blended learning approaches (Stein & Graham, 2020; Walmsley-Smith, et al, 2019). Within the blended learning approach, instructions done remotely are mostly performed by synchronous (Butz et al., 2015; Blau et al., 2017; Raes et al., 2020; Zydney et al., 2020) and asynchronous (Brady & Pradhan, 2020; Rovai, 2000) teaching methods. The synchronous teaching method deals with an interaction between the instructors and students that occurs at the same time but online (Rasmussen, 2003) whereas asynchronous methods rely on recorded lecture videos and electronic readable materials organized for students to use at their own will, pace and time remotely (Evans, et al., 2020).

Most of the studies surrounding asynchronous instruction methods have been focused on online discussion forums and their effectiveness in improving students' learning efficacies (Biesenbach-Lucas, 2003; Jorgensen, 2003; Green et al., 2014; Pinto-Llorente, et al., 2017; Koszalka et al., 2020). Recently, asynchronous online discussions were found to promote excellent

engagement in discussions of content-related materials and results showed evidence of deep learning among students (Koszalka et al., 2020). In that study, Koszalka and colleagues (2020) investigated students' participation, interaction, and levels of learning in the asynchronous online discussions and students were tasked to evaluate and synthesize information during the collaboration that builds knowledge. In the past, studies have also indicated that asynchronous online discussion forums within a blended learning model can be an effective tool for improving students' learning outcomes and also offered benefits of greater social interaction among peers (Biesenbach-Lucas, 2003; Green et al., 2014).

As stated earlier, despite the benefits of using asynchronous teaching methods, there are issues and challenges associated with the implementation. Recent studies revealed some technological and pedagogical issues associated with the creation of quality learning materials within the asynchronous methods (Raes et al., 2020; Zydney et al., 2020). Technologically, even though asynchronous tools are perceived as instructional resources that allow easy access to materials of the subject according to their necessities beyond the classroom (Pinto-Llorente, et al., 2017), it was observed that the implemented ICT tools do not automatically facilitate students' adoption of active learning strategies in online discussions and that care must be taken to fully understand the students' total engagement and contributions with such tools (Wang, 2010). In an attempt to document and understand task related postings in asynchronous computer conferencing that foster knowledge construction, Hong and Lee (2008) noted that students were active in knowledge construction but limited to seeking and giving opinions among peers and knowledge telling. It was proposed that the e-learning facilitator could model some dynamics of sharing information and transforming the knowledge acquired.

Examples of the pedagogical issues surrounding asynchronous online discussions are the challenges of not focusing discussions on the lecture contents but unrelated topics. Another issue is the surface discussions that occur among students without deep level thinking that can move them beyond fact recollection from the textbook (Aloni & Harrington, 2018; de Lima et al., 2019). These may affect asynchronous online discussions and may not contribute to students' learning but simply keep students busy in their online course. Other studies have also shown that when students are confused and do not know the purpose and the value of the asynchronous online discussions, they get demotivated and do not want to participate (Balaji & Chakrabarti, 2010; Kim, 2013; Lee, 2013; Yeh & Van Buskirk, 2005). Similarly, de Lima and colleagues (2019) in a quest to identify the benefits and difficulties of using online discussion forums from the instructors' point of view, noted that when there are challenges or difficulties with the structure of the online

forums, they hinder students' motivations. However, when the asynchronous learning structures and content are properly managed, they can offer greater benefits to the students (Jorgensen, 2003).

### **The teaching of polymer science**

Polymer science is a relevant subject of science taught in many material science and engineering programs (Billmeyer, 1984; Gowariker et al., 1986; Sperling, 2005). At most higher education institutions, students are normally introduced to polymers in the early part of their undergraduate programs and can specialize towards the end of their studies. Billmeyer (1984) introduced all areas of polymer science in detail and divided polymer science into six chapters covering an introduction, synthesis, characterization, structure and properties, properties of commercial polymers, and polymer processing (Billmeyer, 1984). Moreover, it was noted that a modern and engaging polymer science curriculum must be constructed for all students with different conceptual knowledge by combining traditional elements of polymer science and contemporary polymer sciences to promote a lively and diverse teaching practice (Stenzel & Barner-Kowollik, 2006). By combining different aspects of polymer science, students' engagement and interest can be maximized.

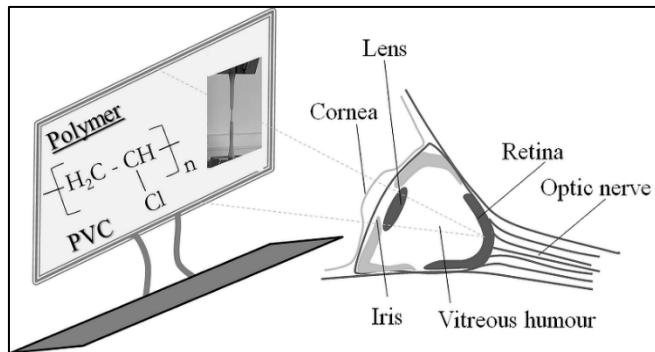
Furthermore, the polymer science curriculum must be built on solid principles. An understanding of macromolecules must be established by relating the physical and mechanical properties of polymeric materials to a molecular structure that give students a strong polymeric foundation (Jefferson & Phillips, 1999). As one of the challenges in polymer science is the lack of bridging the microstructural characteristic of polymers with their material characteristics, it is prudent to combine various principles that are appreciable by students (Doi, 2003). It is therefore essential to find possible lecture combinations that can build a strong foundation for the polymer scientist.

### **Reading information from the computer screen**

Excessive participation in asynchronous online discussions may occasionally inhibit students' learning by drawing time away from other important course works and instructors must monitor online discussions they initiate to ensure better use of student's time (Wolff & Dodsall, 2010). To aid effective online discussions and reduce student's information search times on screens, there must be implemented strategies that ensure excellent content quality. Based on cognitive theories, part of the reason for lack of retention is hypothesized to be the user's inability to form a mental picture of the information presented via a computer screen (Chalmers, 2003) although tablets may pose technological hindrance during information capturing

because tablets might require the use of additional mental resources that hinder performances (Debue et al., 2020).

Figure 1 shows a schematic diagram of the way the eye visualize information on the screen. When focused light is projected onto the retina, nerve signals are sent through the back of the eye to the optic nerve by the retina (Larissa, 2019). The retina is made up of millions of light receptors known as rods and cones that detect visible light and convey information to the brain. The brain interprets the information as visual images. Gazing and eye movement in front of the computer can predict user intentions (Biedert et al., 2010). It was noted that gazing normally prompts the user's attention and can be related to the user's reading behaviour while gazing coupled with the user's eye movements can inform cognitive processes within the brain (Biedert et al., 2010). This is because our attentional orienting system quickly and automatically prioritizes salient visual events (Carrasco & Hanning, 2020).



**Figure 1.** An image capturing from a computer screen

Furthermore, factors that affect readability on computer screens are the features of the characters, the formatted screens, the contrast and colour of the characters, the background, and the dynamic aspects of the screens (Mills & Weldon, 1987). In a study to find possible web design issues, information search times from the web using desktop monitor (full-sized) and a palm handheld interface (small-screen) were recorded but the data spread was found to be too high (Kim & Albers, 2001). Kim and Albers (2001) concluded that designing information differently will not help beyond a certain point for some people but rather user motivation for finding the information, different types of information, and user knowledge of the types of information are key factors for consideration. Moreover, reading to comprehend and learn are done without the concern for reading speed but on content quality (Dillon, 1992).

### **Cognitive processes**

In the cognitive learning theory, learning is described as the creation of knowledge and conceptual development and can include the storing of knowledge in the brain and how it is used (Satzinger, 1998; Bartlett & Bartlett, 1995; Bernstein, 2018). Piaget was described to propose that learning is the result of forming new schemas (i.e. a pattern of thought) and building upon previous schemas (Chalmers, 2003). Piaget proposed that during learning, there is an organization of schemas and adaptation of schemas. Information retention is better when learners create the knowledge themselves by absorbing and readjusting previous schemas (McNamara, 1995). Moreover, the cognitive load theory suggests that the less cognitive load a learner carries, the easier learning should be because high cognitive load brings limitations within the working memory that might have an adverse effect on learning (Sweller & Chandler, 1994; Yeung, 1999).

### **Computer screen design**

A good screen design enables spontaneous processing of information, reduces cognitive load and improve students' learning activities (Nichols, 2016). The cognitive load demanded by on-screen reading is greater than that for print because readers have to engage with additional navigational activity such as scrolling (DeStefano & LeFevre, 2007; Lauterman & Ackerman, 2014; Mangen, 2008; Mangen et al., 2013; Margolin et al., 2013; Wästlund, Norlander, & Archer, 2008; Wästlund et al., 2005). Hence, poorly designed computer screens hinder communication (Heines, 1984).

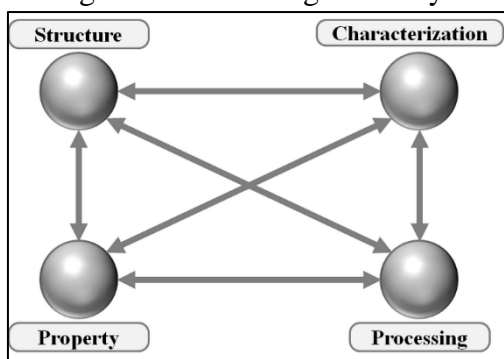
### **Education level and computer usage**

The novice learner because of the education level might lack the basic computer skills to scan through the screen and this may impact their ability to absorb information. As discussed earlier (figure 1), if the required information lands on the retina, they are transported to the brain by the optical nerve (Larissa, 2019) and the brain interprets the information and supports the cognitive learning process (Biedert et al., 2010) before prioritizing the salient visual events (Carrasco & Hanning, 2020). It is worth mentioning that the required computer skill can also affect the mood of scanning computer screens efficiently (Rozell & Gardner, 2000). In the past, researchers have concluded that positive moods predispose people towards using computers, while negative moods contribute to computer avoidance (Dambrot et al., 1988, Mitra, 1998).

### **Purpose of this study**

This work investigates the effects of varying lecture contents, within the polymer science courses, that are displayed in asynchronous videos on

students' motivation and stimulation. It is worth mentioning that a study was performed on the utilization of an eye-tracking technique to examine the relationships between students' visual behaviours and their cognitive structures, as well as their information processing modes (Wang et al., 2020). In that study, Wang and the colleagues (Wang et al., 2020) suggested that instructors must provide more varied and integrated information for students' reading tasks to enhance and enrich students' cognitive structures. Employing the recommendation from Wang and colleagues (Wang et al., 2020), this work focused on varying the polymer science lecture contents that can motivate and enhance students learning without focusing on the eye-tracking studies.



**Figure 2.** Overview of topic combinations used in testing student's satisfaction when viewing polymer science content online

**Table**

**Table 1.** Summary of responses from all student groups

Combinations	Year group	Stimulation	Effective learning	Clear	Understanding
<b>Structure - Property</b>	1	22	35	31	28
	2	16	17	19	18
	3	12	15	16	13
<b>Structure - Characterization</b>	1	27	29	37	25
	2	14	9	17	12
	3	8	9	14	10
<b>Structure - Processing</b>	1	27	26	31	28
	2	14	13	21	17
	3	11	13	16	7
<b>Characterization - Processing</b>	1	25	26	27	21
	2	13	12	18	14
	3	8	7	11	8
<b>Property - Characterization</b>	1	25	28	34	27
	2	13	13	18	14
	3	8	7	12	13
<b>Property - Processing</b>	1	23	26	31	30
	2	14	13	17	18
	3	13	10	10	12

## **Methodology**

In the polymer science lecture programs, the four key topics are the structure, property, characterization and processing. Two topic pairings from these essential polymer topics were created to motivate and stimulate students' remote screen reading. Lecture slides were created using combinations such as structure – characterisation (appendix A, figure 4), structure- processing (appendix A, fig. 1), structure – properties (appendix A, fig. 5), characterization – processing (appendix A, fig. 6), properties – characterization (appendix A, fig. 3) and properties – processing (appendix A, fig. 2) as depicted in figure 2. In the combinations, randomly selected images or information from one topic were compared with those from the other topic and were designed on the same screen page (see appendix). Two screen pages, filled with different information or images, were developed for each combination to allow consistency. The established lecture slides were placed on several computer screens to demonstrate asynchronous learning activity and undergraduate first, second and third-year students were tasked to review the established contents and give their feedback. Students spent 10 minutes on each combination and provided feedbacks on paper copies provided (see example copies in the appendix). The paper copies were provided for collecting students' feedback only. A total of hundred and six (106) student feedbacks were collected comprising forty-nine (49) first-year, thirty (30) second-year and twenty-seven (27) third-year students. Students were given the choice to agree, disagree or remain neutral and ratings were obtained based on the number of agreement received for each combination. Ethical approval for this research was granted before getting the responses from the students.

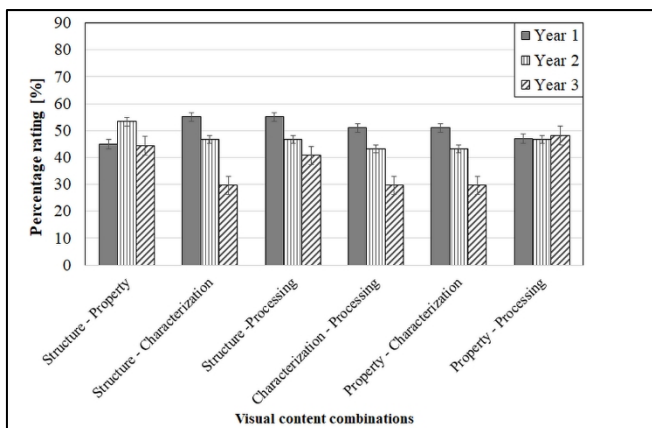
## **Results**

Table 1 shows the overall feedback received and the information represents the number of responses from students who agree that the combinations stimulate interest, provide effective learning, show a clear structure and promote good understanding.

### **Interest stimulation**

From the responses (figure 3), it was clear that there were no significant differences in the agreement with all the combinations from the first-year students even though the structure-property combination appears to dip slightly. Similarly, the second-year students gave the same response of liking all combinations but appeared to favour the structure-property combinations. However, year three students rated the structure-property and property-processing higher than the rest. For year three students, the structure-processing also appeared to overlap the structure-property responses and that

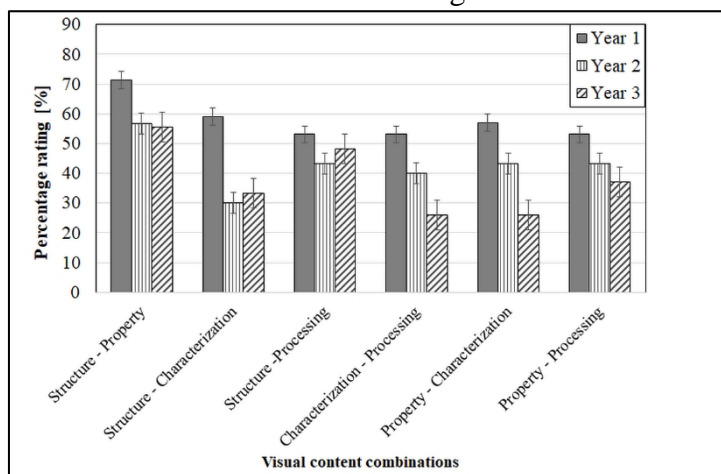
demonstrates that the year three students favour the structural contents of the polymer science to stimulate their interest.



**Figure 3.** Students' feedback on combinations that stimulates their interest expressed in percentages

### Effective learning

It was interesting to see the structure-property combination rated higher by the first-year students but they gave an equal rating to the rest (figure 4). It can be interpreted as recognizing and learning something new. The second-year students also rated the structure-property higher but gave a very low rating for the structure-characterization combination while the rest received the same rating. The third-year students, on the other hand, gave higher ratings for structure-property and the structure processing combinations but rated the rest lower. The results on the effective learning can be compared to that on the stimulation such that the year three students can be associated with the structural-property-processing contents of the polymer science to motivate, stimulate and enhance their learning.

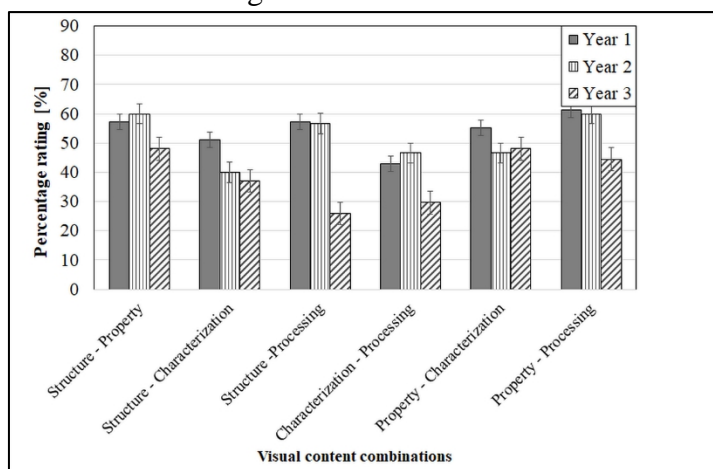


**Figure 4.** Students' feedback on effective learning expressed in percentages



## Students' understanding

From figure 5, responses from first-year students indicated similar ratings for all combinations although the characterization-processing showed a lower rating. The second-year students rated the structure-property, structure-processing and property-processing higher than the rest. At this point, the second-year students can also be declared to favour the structure-property combination to stimulate, motivate and enhance their learning. It is also fascinating to see the structure-property, property-characterization and property-processing combinations to be rated higher by the third year students because that confirms the assertion made in the previous section that the third years favour the structural-property-processing contents to motivate, stimulate and promote effective learning.

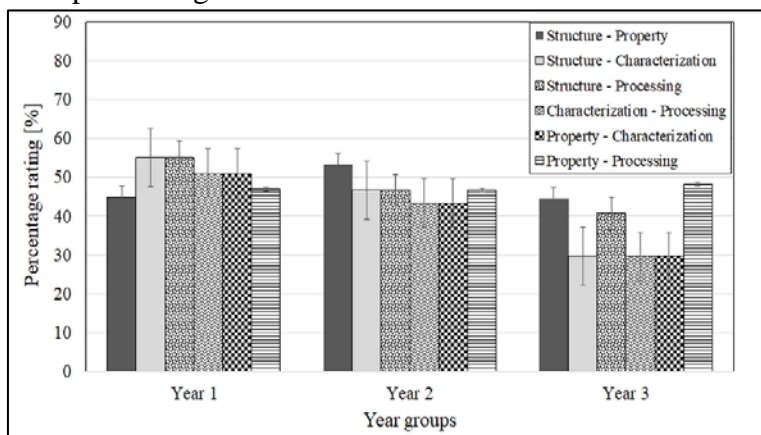


**Figure 5.** Students' feedback on the understanding obtained from the combinations expressed in percentages

## Discussions

It was observed that the students have different motivations, stimulations and content understandings when reading polymer science information from the computer screens in asynchronous methods. From table 1, it was fascinating to see the third-year students rating the structure-property and the structure-processing combinations higher than the rest. Looking at figure 6, it can be summarized that the first-year students showed no distinct preference for their choices but the second year students appeared to favour the structure-property combination while third-year students preferred the structural-property-processing lecture contents. For the first-year students, most of them might be new to the polymer topics and will appreciate any combination because they might be curious to learn something new. For the second year students, while some students might still be eager to learn something new, others might have wanted to know detailed structure-property

contents after receiving an introduction lecture during their first years. For the third year students, it was normal to see their zeal for the structural-property-processing lecture contents simply because they might be thinking of their future careers and how they might link polymer structures with the property as well as the processing.



**Figure 6.** Responses from all year group showing students' satisfaction of the combinations visualized on the screen expressed in percentages

This work has critically discussed and reflected on the strategies of improving polymer science lecture contents in asynchronous recorded videos that enhance and motivate students' learning since online learning has emerged in this global pandemic era. Even though asynchronous methods were found to promote excellent engagement and deep learning among students (Koszalka et al., 2020), the impact on the teaching of polymer sciences has not been studied.

In this study, during the readings from the computer screens, there must have been a cognitive organization to recognize something new, classify information and store them in the brain before learning takes place. The clarity of the images on the screens might have reduced their cognitive load and might have influenced their knowledge acquisition for those combinations. The relationship between the image clarity and perceived cognitive load that influences stimulation and motivation can be extended to the second years who also appeared to slight rate the structure-property images as being clear. The first-year students, however, appeared to rate the structure-characterization and property-characterization higher in terms of clarity and that shows a slight difference from their previous responses. Some of them might have favoured those combinations based on their abilities to absorb the new information from the screens.

On another angle, most third-year students have had thorough introductory polymer science lectures on polymer materials, molecular

engineering, manufacturing of monomers, polymerization, physical properties of polymers, etc. (OpenLearn, 2020). Their experiences on the subject must have influenced their decision during the exercise because of the redundancy effect where redundant information is eliminated to enhance learning (Yeung, 1999; Jin, 2012). The cognitive load theory explains that working memory has a limited capacity to handle more information at a time (Sweller & Chandler, 1994; Yeung, 1999). It means that freeing some information using the redundancy effect improves the cognitive process for effective learning. The third-year students might have incorporated all new information from all combinations into their schemas, processed them and classified some redundant. They could then process and rely on the structure-property-processing to enhance their learning. They may have compared the new information with their previous schemas before their decisions were made. On the other hand, most of the first-year students, new to most of the polymer science contents, might have accumulated all information and might have processed all of them without making some redundant before their judgements. Hence, the lack of significant differences in their responses. Also, it is worth noting that indistinct information for new students who require additional explanatory material may be comprehensible on the part of the third-year students because of their experience (Yeung et al. 1997). The mixed responses from the second-year students can be attributed to emotions between the first and the third years such that while some of their students might prioritized information, others might absorb it all because they lack prior knowledge.

Basic computer skills required when scanning through the computer screen was described to influence the students' decisions. The third-year students who have had several years of experience using the computer or laptop to obtain information or submit course works might have the skills to do careful analysis and selections of salient information than the first-year students who are new to university teaching. The third-year students' retinas' (figure 1) might have been trained to scan and accumulate salient information. The information acquisition, processing and decision-making behaviour of the second-year students were described to be between the first and the third years. The first-year students who are new to the university teaching, without much computer screen reading skills to capture important information, might favour most of the combinations without careful judgements.

Implications are that the first-year students might have to process more information for a long period and that might affect their learning and decisions. The learning behaviour of most second-year students as seen from the results can be described as being between the first year and the second-year students. Therefore, it was not surprising to see the second-year students showing a

preference for the structure-property combination as compared to the structure, property and processing associated with the third years.

This study is important because it demonstrates that polymer science asynchronous videos can be designed to engage and motivate students' for effective learning. It shows that technology has great potential for stimulating learning and for dealing with pedagogical challenges (Raes et al., 2020) as well as enforcing the need to train instructors, responsible for online content developments at higher education institutions, in providing clear and concise online information.

## Conclusion

Based on the students' agreements to each combination, results within the modelled design demonstrate that first-year students show no strong preferences in any asynchronous polymer science teaching resources. While the second-year students favoured the structure-property combination, third-year students preferred the structural-property-processing lecture slide of the polymer sciences. The results from this study contribute to the improvements of polymer science online teaching and learning in material science, polymer chemistry or engineering programmes and look forward to the investigations on the gender differences and information types that can influence the results.

## References:

1. Aloni, M., & Harrington, C. (2018) 'Research based practices for improving the effectiveness of asynchronous online discussion boards', *Scholarship of Teaching and Learning in Psychology*, vol. 4, no. 4, p. 271. doi: 10.1037/stl0000121
2. Bartlett, F. C., & Bartlett, F. C. (1995) *Remembering: A study in experimental and social psychology*, Cambridge University Press.
3. Bernstein, D. (2018) *Essentials of psychology*, Cengage learning.
4. Biedert, R., Buscher, G., & Dengel, A. (2010) 'The eyebook—using eye tracking to enhance the reading experience', *Informatik-Spektrum*, vol. 33, no. 3, pp. 272-281. doi: 10.1007/s00287-009-0381-2
5. Biesenbach-Lucas, S. (2003) 'Asynchronous discussion groups in teacher training classes: Perceptions of native and non-native students', *Journal of Asynchronous Learning Networks*, vol. 7, no. 3, pp. 24-46.
6. Billmeyer, F. W. (1984) *Textbook of polymer science*, John Wiley & Sons.
7. Blau, I., Weiser, O., & Eshet-Alkalai, Y. (2017) 'How do medium naturalness and personality traits shape academic achievement and perceived learning? An experimental study of face-to-face and

- synchronous e-learning’, *Research in Learning Technology*, vol. 25. <https://doi.org/10.25304/rlt.v25.1974>
8. Brady, A. K., & Pradhan, D. (2020) ‘Learning without borders: Asynchronous and Distance Learning in the Age of COVID-19 and Beyond’, *ATS Scholar*, vol. 1, no. 3, pp. 233-242. doi: 10.34197/ats-scholar.2020-0046PS
  9. Butz, N. T., Stupnisky, R. H., & Pekrun, R. (2015) ‘Students’ emotions for achievement and technology use in synchronous hybrid graduate programmes: A control-value approach’, *Research in Learning Technology*, vol. 23. doi: 10.3402/rlt.v23.26097
  10. Carrasco, M., & Hanning, N. M. (2020) ‘Visual Perception: Attending beyond the Eyes’ Reach’, *Current Biology*, vol. 30, no. 21, pp. R1322-R1324. doi: 10.1016/j.cub.2020.08.095
  11. Chalmers, P. A. (2003) ‘The role of cognitive theory in human–computer interface’, *Computers in human behavior*, vol. 19, no. 5, pp. 593-607. doi: 10.1016/S0747-5632(02)00086-9
  12. Dambrot, F. H., Silling, S. M., & Zook, A. (1988) ‘Psychology of computer use: II. Sex differences in prediction of course grades in a computer language course’, *Perceptual and Motor Skills*, vol. 66, no. 2, pp. 627-636. doi: 10.2466/pms.1988.66.2.627
  13. Debue, N., Ou, N., & van de Leemput, C. (2020) ‘An investigation of using a tablet computer for searching on the web and the influence of cognitive load’, *Tutorials in Quantitative Methods for Psychology*, vol. 16, pp. 226-239. doi: 10.20982/tqmp.16.3.p226
  14. de Lima, D. P., Gerosa, M. A., Conte, T. U., & Netto, J. F. D. M. (2019) ‘What to expect, and how to improve online discussion forums: the instructors’ perspective’, *Journal of Internet Services and Applications*, vol. 10, no. 1, p. 22. doi: 10.1186/s13174-019-0120-0
  15. DeStefano, D., & LeFevre, J.-A. (2007) ‘Cognitive load in hypertext reading: A review’, *Computers in Human Behavior*, vol. 23, no. 3, pp. 1616–1641. doi: 10.1016/j.chb.2005.08.012
  16. Dillon, A. (1992) ‘Reading from paper versus screens: A critical review of the empirical literature’, *Ergonomics*, vol. 35, no. 10, pp. 1297-1326. doi: 10.1080/00140139208967394
  17. Doi, M. (2003) ‘Challenge in polymer physics’, *Pure and applied chemistry*, vol. 75, no. 10, pp. 1395-1402. doi: 10.1351/pac200375101395
  18. Evans, S., Knight, T., Walker, A., & Sutherland-Smith, W. (2020) ‘Facilitators’ teaching and social presence in online asynchronous interprofessional education discussion’, *Journal of interprofessional care*, vol. 34, no. 4, pp. 435-443. doi: 10.1080/13561820.2019.1622517

19. Gal, L., & Israel-Fishelson, R. 2020 'Enhancing Students Virtual Engagement Using Asynchronous Workshop: COVID-19 Case Study', In EdMedia+ Innovate Learning (pp. 31-36). Association for the Advancement of Computing in Education (AACE).
20. Green, R. A., Farchione, D., Hughes, D. L., & Chan, S. P. (2014) 'Participation in asynchronous online discussion forums does improve student learning of gross anatomy', *Anatomical sciences education*, vol. 7, no. 1, pp. 71-76. doi: 10.1002/ase.1376
21. Gowariker, V. R., Viswanathan, N. V., & Sreedhar, J. (1986) *Polymer science*. New Age International.
22. Hong, K. S., & Lee, J. A. C. (2008) 'Postgraduate students' knowledge construction during asynchronous computer conferences in a blended learning environment: A Malaysian experience', *Australasian Journal of Educational Technology*, vol. 24, no. 1. doi: 10.14742/ajet.1232
23. Heines, J. M. (1984) *Screen design strategies for computer-assisted instruction*. Digital Press.
24. Jefferson, A., & Phillips, D. N. (1999) 'Teaching polymer science to third-year undergraduate chemistry students', *Journal of chemical education*, vol. 76, no. 2, 232. doi: 10.1021/ed076p232
25. Jin P. (2012) 'Redundancy Effect', In *Encyclopedia of the Sciences of Learning*, Seel N.M. (eds), Springer, Boston, MA. doi: 10.1007/978-1-4419-1428-6\_200
26. Jorgensen, D. (2003) 'The challenges and benefits of asynchronous learning networks', *The Reference Librarian*, vol. 37, no. 77, pp. 3-16. doi: 10.1300/J120v37n77\_02
27. Kebritchi, M., Lipschuetz, A., & Santiago, L. (2017) 'Issues and challenges for teaching successful online courses in higher education: A literature review', *Journal of Educational Technology Systems*, vol. 46, no. 1, pp. 4-29. doi: 10.1177/0047239516661713
28. Kim, L., & Albers, M. J. (2001) 'Web design issues when searching for information in a small screen display', In *Proceedings of the 19th annual international conference on Computer documentation*, pp. 193-200. doi: 10.1145/501516.501555
29. Koszalka, T. A., Pavlov, Y., & Wu, Y. (2020) 'The Informed Use of Pre-Work Activities in Collaborative Asynchronous Online Discussions: The Exploration of Idea Exchange, Content Focus, and Deep Learning', *Computers & Education*, p. 104067. doi: 10.1016/j.compedu.2020.104067
30. Larissa, H. (2019) 'What Are the Eyes and How Do They Work?', *KidsHealth*. [online] Available at:

[https://kidshealth.org/en/parents/eyes.html#:~:text=The%20retina%20\(the%20soft%2C%20light,sensitive%20to%20light%20than%20cones.](https://kidshealth.org/en/parents/eyes.html#:~:text=The%20retina%20(the%20soft%2C%20light,sensitive%20to%20light%20than%20cones.)

31. Lauterman, T., & Ackerman, R. (2014) 'Overcoming screen inferiority in learning and calibration', *Computers in Human Behavior*, vol. 35, pp. 455–463. doi: 10.1016/j.chb.2014.02.046
32. Mangen, A., Walgermo, B. R., & Brønnick, K. (2013) 'Reading linear texts on paper versus computer screen: Effects on reading comprehension', *International Journal of Educational Research*, vol. 58, pp. 61–68. doi: 10.1016/j.ijer.2012.12.002
33. Margolin, S. J., Driscoll, C., Toland, M. J., & Kegler, J. L. (2013) 'E-readers, computer screens, or paper: Does reading comprehension change across media platforms?', *Applied Cognitive Psychology*, vol. 27, no. 4, pp. 512–519. doi: 10.1002/acp.2930
34. Mills, C. B., & Weldon, L. J. (1987) 'Reading text from computer screens', *ACM Computing Surveys (CSUR)*, vol. 19, no. 4, pp. 329–357. doi: 10.1145/45075.46162
35. Mitra, A. (1998) 'Categories of computer use and their relationships with attitudes toward computers', *Journal of Research on computing in Education*, vol. 30, no. 3, pp. 281–295. doi: 10.1080/08886504.1998.10782227
36. McNamara, D. S. (1995) 'Effects of prior knowledge on the generation advantage: Calculators versus calculation to learn simple multiplication', *Journal of Educational Psychology*, vol. 87, no. 2, 307. doi: 10.1037/0022-0663.87.2.307
37. Nichols, M. (2016) 'Reading and studying on the screen: An overview of literature towards good learning design practice', *Journal of Open, Flexible, and Distance Learning*, vol. 20, no. 1, pp. 33–43.
38. OpenLearn. (2020) Introduction to polymers, [online] Available at: <https://www.open.edu/openlearn/science-maths-technology/science/chemistry/introduction-polymers/content-section-0?active-tab=content-tab>.
39. Öztürk, M. (2021) 'Asynchronous Online Learning Experiences of Students in Pandemic Process: Facilities, Challenges, Suggestions', *Turkish Online Journal of Qualitative Inquiry*, vol. 12, no. 2, pp. 173–200. doi: 10.17569/tojqi.767378
40. Pinto-Llorente, A. M., Sánchez-Gómez, M. C., García-Peñalvo, F. J., & Casillas-Martín, S. (2017) 'Students' perceptions and attitudes towards asynchronous technological tools in blended-learning training to improve grammatical competence in English as a second language', *Computers in Human Behavior*, vol. 72, pp. 632–643. doi: 10.1016/j.chb.2016.05.071

41. Raes, A., Detienne, L., Windey, I., & Depaepe, F. (2020) 'A systematic literature review on synchronous hybrid learning: gaps identified', *Learning Environments Research*, vol. 23, no. 3, pp. 269-290. doi: 10.1007/s10984-019-09303-z
42. Rasmussen, R. C. (2003) *The quantity and quality of human interaction in a synchronous blended learning environment*, Brigham Young University, pp. 1-156.
43. Rovai, A. P. (2000) 'Building and sustaining community in asynchronous learning networks', *The Internet and higher education*, vol. 3, no. 4, pp. 285-297. doi: 10.1016/S1096-7516(01)00037-9
44. Rozell, E. J., & Gardner III, W. L. (2000) 'Cognitive, motivation, and affective processes associated with computer-related performance: a path analysis. *Computers in Human behavior*, vol. 16, no. 2, pp. 199-222. doi: 10.1016/S0747-5632(99)00054-0
45. Satzinger, J. W. (1998) 'The effects of conceptual consistency on the end user's mental models of multiple applications', *Journal of Organizational and End User Computing (JOEUC)*, vol. 10, no. 3, pp. 3-15.
46. Sperling, L. H. (2005) *Introduction to physical polymer science*, John Wiley & Sons.
47. Stein, J., & Graham, C. R. (2020) *Essentials for blended learning: A standards-based guide*, Routledge.
48. Stenzel, M. H., & Barner-Kowollik, C. (2006) 'Polymer science in undergraduate chemical engineering and industrial chemistry curricula: A modular approach', *Journal of Chemical Education*, vol. 83, no. 10, p. 1521. doi: 10.1021/ed083p1521
49. Sunasee, R. (2020) 'Challenges of Teaching Organic Chemistry during COVID-19 Pandemic at a Primarily Undergraduate Institution', *Journal of Chemical Education*, vol. 97, no. 9, pp. 3176-3181. doi: 10.1021/acs.jchemed.0c00542
50. Sweller, J., & Chandler, P. (1994) 'Why some material is difficult to learn', *Cognition and instruction*, vol. 12, no. 3, pp. 185-233. doi: 10.1207/s1532690xci1203\_1
51. Walmsley-Smith, H., Machin, L., & Walton, G. (2019) 'The E-Design Assessment Tool: an evidence-informed approach towards a consistent terminology for quantifying online distance learning activities', *Research in Learning Technology*, vol. 27, pp. 1-14. doi: 10.25304/rlt.v27.2106
52. Wang, M. J. (2010) 'Online collaboration and offline interaction between students using asynchronous tools in blended learning', *Australasian Journal of Educational Technology*, vol. 26, no. 6. doi: 10.14742/ajet.1045



53. Wang, C. Y., Tsai, M. J., & Tsai, C. C. (2020) 'Predicting cognitive structures and information processing modes by eye-tracking when reading controversial reports about socio-scientific issues', *Computers in Human Behavior*, vol. 112, p. 106471. doi: 10.1016/j.chb.2020.106471
54. Wästlund, E., Norlander, T., & Archer, T. (2008) 'The effect of page layout on mental workload: A dual-task experiment', *Computers in Human Behavior*, vol. 24, no. 3, pp. 1229–1245. doi: 10.1016/j.chb.2007.05.001
55. Wästlund, E., Reinikka, H., Norlander, T., & Archer, T. (2005) 'Effects of VDT and paper presentation on consumption and production of information: Psychological and physiological factors', *Computers in Human Behavior*, vol. 21, no. 2, pp. 377–394. doi: 10.1016/j.chb.2004.02.007
56. Wolff, B. G., & Dossall, M. R. (2010) 'Weighing the risks of excessive participation in asynchronous online discussions against the benefits of robust participation', *MERLOT Journal of Online Learning and Teaching*, vol. 6, no. 1, pp. 55-61.
57. Yeung, A. S., Jin, P., & Sweller, J. (1998) 'Cognitive load and learner expertise: Split-attention and redundancy effects in reading with explanatory notes', *Contemporary Educational Psychology*, vol. 23, pp. 1–21. doi: 10.1006/ceps.1997.0951
58. Yeung, A. S. (1999) 'Cognitive load and learner expertise: Split-attention and redundancy effects in reading comprehension tasks with vocabulary definitions', *The Journal of Experimental Education*, vol. 67, no. 3, pp. 197-217. doi: 10.1080/00220979909598353
59. Zydney, J. M., Warner, Z., & Angelone, L. (2020) 'Learning through experience: Using design based research to redesign protocols for blended synchronous learning environments', *Computers & Education*, vol. 143, p. 103678. doi: 10.1016/j.compedu.2019.103678

## APPENDIX A

### Example questionnaires

#### 1. Structure – Processing

**What is the best combination during the lecture: Introduction to polymer science?**

❖ Case study: Kevlar , Polycarbonate

Structure

Processing

**Poly para-phenylene terephthalamide - Kevlar**

Amide group

Monomer unit contains aromatic rings and highly polar amide groups – high chain stiffness – high T<sub>g</sub> and the ability to crystallise. Main chain stiffness facilitates elongation in solution

(Methyl) × 2

**Polycarbonate**

Ether Phenyl Ether

Setup Electrospinning process  
 Nanofibers can be produced using this technique.  
 Main parts :Syringe , high voltage and a collector  
 Electrostatic repulsions counteract , surface tension resulting in droplet stretching

**Structure ↔ Processing**

Could be a lot better organised

Stimulates student interest in lecture	Efficient / effective Learning	Clear/ Organized
<input type="checkbox"/> Disagree	<input checked="" type="checkbox"/> Disagree	<input checked="" type="checkbox"/> Disagree
<input checked="" type="checkbox"/> Neutral	<input type="checkbox"/> Neutral	<input type="checkbox"/> Neutral
<input type="checkbox"/> Agree	<input type="checkbox"/> Agree	<input type="checkbox"/> Agree

Better understanding of several aspects of polymers	How would you rate this combination ?
<input type="checkbox"/> Disagree	<input checked="" type="checkbox"/> Poor
<input checked="" type="checkbox"/> Neutral	<input type="checkbox"/> Fair
<input type="checkbox"/> Agree	<input type="checkbox"/> Satisfactory

#### 2. Property – Processing

**What is the best combination during the lecture: Introduction to polymer science?**

properties

Processing

**(a) Elongation at break, (b) yield strength, and (c) Young's modulus of the irradiated UHMWPE sheets with and without annealing.**

**Ram extrusion of UHMWPE powder resins :** The powder is fed continuously into an extruder at high temperature. Molten resin is forced horizontally through the outlet to the cooling system.

**Radiation cross-linking of UHMWPE**

**Properties ↔ Processing**

Stimulates student interest in lecture	Efficient / effective Learning	Clear/ Organized
<input type="checkbox"/> Disagree	<input type="checkbox"/> Disagree	<input type="checkbox"/> Disagree
<input checked="" type="checkbox"/> Neutral	<input type="checkbox"/> Neutral	<input type="checkbox"/> Neutral
<input type="checkbox"/> Agree	<input checked="" type="checkbox"/> Agree	<input type="checkbox"/> Agree

Better understanding of several aspects of polymers	How would you rate this combination ?
<input type="checkbox"/> Disagree	<input type="checkbox"/> Poor
<input checked="" type="checkbox"/> Neutral	<input type="checkbox"/> Fair
<input checked="" type="checkbox"/> Agree	<input type="checkbox"/> Satisfactory

### 3. Property – Characterization

What is the best combination during the lecture: Introduction to polymer science?

Case study: PEEK (Polyether ether ketone) , PES ( Polyether sulfone)

Properties ↔ Characterization

Physical properties: PEEK , PES

Property	PEEK	PES
Density (g/cm <sup>3</sup> )	1.32	1.38
Tensile strength (MPa)	100	90
Elongation at break (%)	20.0	1.00
Young's Modulus (GPa)	2.6	2.6
Heat Deflection Temp. (°C)	150	150
Thermal stability (°C)	300	300
Flammability	UL94 V-0	UL94 V-0
Water Absorption (%)	0.05	0.05
Chemical resistance	Good	Good
Biocompatibility	Yes	Yes
Applications	Aerospace, automotive, medical	Automotive, electrical, medical

Thermogravimetric analysis (TGA) of PEEK and its glass and carbon fibres in Nitrogen atmosphere

Properties ↔ Characterization

Stimulates student interest in lecture:  Disagree  Neutral  Agree

Efficient / effective Learning:  Disagree  Neutral  Agree

Clear / Organized:  Disagree  Neutral  Agree

Better understanding of several aspects of polymers:  Disagree  Neutral  Agree

How would you rate this combination?:  Poor  Fair  Satisfactory

*it entries in this table!*

### 4. Structure – Characterization

What is the best combination during the lecture: Introduction to polymer science?

Case study: PMMA, UHMWPE

Molecular Structure ↔ Characterization

Poly(methyl methacrylate), PMMA (stiff and brittle)

CC(=O)C(C)C

Ultra-high molecular weight Polyethylene, UHMWPE, at 100k-250k (Ductile)

CC1=CC=CC=C1

Tensile test specimens instrumented with clip-on (left) or laser (right) extensometers

Stress-strain curves for (A) Highly brittle material (e.g. PMMA ), (B) Stiff material capable of sustaining large deformation ( e.g. UHMWPE) (C) Soft material with very high deformation capabilities (e.g. rubber elastomers),

Molecular Structure ↔ Characterization

Stimulates student interest in lecture:  Disagree  Neutral  Agree

Efficient / effective Learning:  Disagree  Neutral  Agree

Clear / Organized:  Disagree  Neutral  Agree

Better understanding of several aspects of polymers:  Disagree  Neutral  Agree

How would you rate this combination?:  Poor  Fair  Satisfactory

*Side-by-side comparison is very good.*

## 5. Structure – Property

**What is the best combination during the lecture: Introduction to polymer science?**

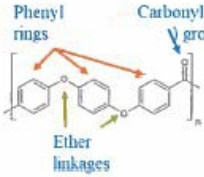
❖ Case study: PEEK – High performance engineering thermoplastic polymer.

Molecular Structure

↔

Properties

**Phenyl rings**      **Carbonyl (ketone) group**



**Ether linkages**

**PEEK:**  
**Poly(ether ether ketone)**, with a main chain consisting of aromatic rings interconnected with ether and ketone functional groups

❖ Glass transition temperature:  
 $T_g: 143^\circ\text{C}$

❖ Melting point:  
 $T_m: \text{up to } 343^\circ\text{C}$

High temperature performance  
 ➤ **Stiff/rigid** aromatic rings in the backbone that hinder chain mobility and raise energy barrier required for conformational change.

Stimulates student interest in lecture	Efficient / effective Learning	Clear / Organized
<input type="checkbox"/> Disagree	<input type="checkbox"/> Disagree	<input type="checkbox"/> Disagree
<input checked="" type="checkbox"/> Neutral	<input type="checkbox"/> Neutral	<input checked="" type="checkbox"/> Neutral
<input type="checkbox"/> Agree	<input checked="" type="checkbox"/> Agree	<input type="checkbox"/> Agree

Better understanding of several aspects of polymers	How would you rate this combination ?
<input type="checkbox"/> Disagree	<input type="checkbox"/> Poor
<input type="checkbox"/> Neutral	<input type="checkbox"/> Fair
<input type="checkbox"/> Agree	<input type="checkbox"/> Satisfactory

## 6. Characterization – Processing

**What is the best combination during the lecture: Introduction to polymer science?**


❖ Case study: PEEK

Characterization

↔

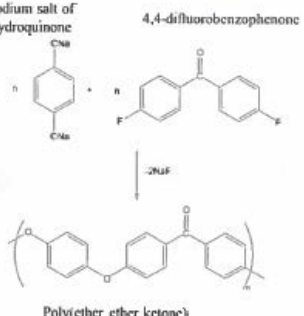
Processing

**Impact testing setup**



SEM micrographs of fractured PEEK samples upon Izod impact testing

**Sodium salt of Hydroquinone**      **4,4-difluorobenzophenone**



**Poly(ether ether ketone)**  
**PEEK synthesis**

Stimulates student interest in lecture	Efficient / effective Learning	Clear / Organized
<input type="checkbox"/> Disagree	<input checked="" type="checkbox"/> Disagree	<input checked="" type="checkbox"/> Disagree
<input checked="" type="checkbox"/> Neutral	<input type="checkbox"/> Neutral	<input type="checkbox"/> Neutral
<input type="checkbox"/> Agree	<input type="checkbox"/> Agree	<input type="checkbox"/> Agree

Better understanding of several aspects of polymers	How would you rate this combination ?
<input checked="" type="checkbox"/> Disagree	<input checked="" type="checkbox"/> Poor
<input type="checkbox"/> Neutral	<input type="checkbox"/> Fair
<input type="checkbox"/> Agree	<input type="checkbox"/> Satisfactory



ESJ Natural/Life/Medical Sciences

## **Análisis De Las Variables Físico-Químicas Y Microbiológicas De Las Lagunas Del Municipio De Escárcega, Campeche, México**

*Blanca del Rosario Martín Canché (Maestra en Gestión y Administración de Proyectos)*

*Maximiliano Vanoye Eligio (Doctor en Ciencias)*

*Martín Gabriel Chan Palomo (Ingeniero bioquímico)*

*José Luis Guillen Taje (Maestro en Gestión Educativa)*

*José de los Ángeles Aguilar Sánchez (Maestro en Administración)*

Instituto Tecnológico Superior de Escárcega

[Doi:10.19044/esj.2021.v17n25p116](https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n25p116)

Submitted: 03 May 2021

Accepted: 21 June 2021

Published: 31 July 2021

Copyright 2021 Author(s)

Under Creative Commons BY-NC-ND

4.0 OPEN ACCESS

*Cite As:*

Del Rosario Martín Canché B., Vanoye Eligio M., Chan Palom M.G., Guillen Taje J.L & Ángeles Aguilar Sánchez J. (2021). *Análisis De Las Variables Físico-Químicas Y Microbiológicas De Las Lagunas Del Municipio De Escárcega, Campeche, México*. European Scientific Journal, ESJ, 17(25), 116.

<https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n25p116>

### **Resumen**

La seguridad hídrica en México enfrenta problemas de contaminación, escasas, deterioro ambiental de las cuencas, de las cuales son el resultado del mal uso y aprovechamiento de la población en sus distintas actividades económicas y de uso doméstico. Por tal motivo, el presente trabajo tiene como objetivo principal evaluar la calidad del agua en los principales cuerpos de agua lénticos (lagunas) que abastece a las comunidades del municipio de Escárcega, utilizando energías limpias. Para el logro de este trabajo se muestrearon cinco puntos en distintas lagunas de la mencionada región, para determinar los parámetros físico-químicos (Nitrógeno, Cloruros, pH y Dureza) y microbiológicos (organismos Coliformes Totales, y Fecales (E. coli)). Los resultados indican que la calidad del agua en las distintas lagunas del municipio cumple con los límites máximos permisibles (LMP) conforme a la modificación de la NOM-127-SSA1-2000. En relación a los análisis microbiológicos en la etapa confirmatoria se observó la presencia de

Coliformes fecales (*E. coli*), en todos los puntos de muestreo de las lagunas. Por otro lado, las pruebas confirmatorias indicaron la presencia de esta bacteria en las distintas diluciones; 1:10, 1:100 y 1:1000 respectivamente, contrastando los resultados conforme a los parámetros de la NMX-AA-042-SCFI-2015, demostrando la presencia significativa de *Escherichia coli*. en las pruebas. Por lo tanto, se concluye que emplear tratamientos térmicos contribuye a la eliminación o desactivación parcial principalmente de bacterias *E. coli* así como otras bacterias termotolerantes, además este procedimiento combinado con un sistema de recirculación (SRA) y los tratamientos convencionales (Plantas de Tratamientos de Aguas (PTAR)), resulta una alternativa sustentable de potabilización del agua de forma eficiente debido a que interviene en el proceso especies bioindicadores ecológicas que permiten la remoción de los microorganismos para el uso doméstico de la población local.

---

**Palabras Clave:** Medio Rural, Calidad Del Agua, Lagunas, Parámetros Físicoquímicos, Microbiológicos, Calentador Solar, Energías Limpias

## **Analysis Of The Physical-Chemical And Microbiological Variables Of The Lagoons Of The Municipality Of Escárcega, Campeche, Mexico**

*Blanca del Rosario Martín Canché (Maestra en Gestión y Administración de Proyectos)*

*Maximiliano Vanoye Eligio (Doctor en Ciencias)*

*Martín Gabriel Chan Palomo (Ingeniero bioquímico)*

*José Luis Guillen Taje (Maestro en Gestión Educativa)*

*José de los Ángeles Aguilar Sánchez (Maestro en Administración)*

Instituto Tecnológico Superior de Escárcega

---

### **Abstract**

Water security in Mexico faces problems of contamination, shortages, and environmental deterioration of the basins, of which are the result of the misuse and exploitation of the population in their different economic and domestic activities. For this reason, the main objective of this work is to evaluate the quality of the water in the main bodies of water (lagoons) that supply the communities of the municipality of Escárcega, using clean energy. To achieve this work, five points were sampled in different lagoons of the aforementioned region, to determine the physical-chemical parameters (Nitrogen, Chlorides, pH and Hardness) and microbiological (Total Coliform organisms, and Fecal (*E. coli*)). The results indicate that the water quality in

the different lagoons of the municipality complies with the maximum permissible limits (LMP) according to the modification of NOM-127-SSA1-2000. In relation to the microbiological analysis in the confirmatory stage, the presence of fecal coliforms (*E. coli*) was observed in all the sampling points of the lagoons. On the other hand, the confirmatory tests indicated the presence of this bacterium in the different dilutions; 1:10, 1: 100 and 1: 1000 respectively, contrasting the results according to the parameters of the NMX-AA-042-SCFI-2015, demonstrating the significant presence of *Escherichia coli*. in tests. Therefore, it is concluded that using heat treatments contributes to the partial elimination or deactivation, mainly of *E. coli* bacteria as well as other thermotolerant bacteria, in addition to this procedure combined with a recirculation system (SRA) and conventional treatments (Treatment Plants of Waters (WWTP), is a sustainable alternative for water purification in an efficient way because ecological bioindicator species intervene in the process that allow the removal of microorganisms for the domestic use of the local population.

---

**Key Words:** Rural Areas, Water Quality, Lagoons, Physicochemical And Microbiological Parameters, Solar Heater, Clean Energy

## Introducción

Gray (1996) menciona que el agua es un elemento vital para la existencia humana, de su uso adecuado depende nuestra salud, alimentación y producción agrícola. México, actualmente enfrenta distintos problemas de abastecimiento de agua por diversas razones, haciendo énfasis en la escasez del recurso y su contaminación, como ocurre en la producción de alimentos en otras partes del mundo, (Peña et al., 2019). Las comunidades rurales no son ajenas a esta problemática, ya que en estas los principales problemas de disponibilidad del agua son el desabasto y su falta de potabilización (Sánchez-Pérez et al., 2000). El abastecimiento de agua a las comunidades rurales proviene principalmente de lagunas, manantiales, ríos, arroyos, ojos de agua, entre otros, estando estas fuentes naturales de agua expuestas a la contaminación, exposición y arrastre de partículas orgánicas e inorgánicas, lo cual ha causado serios problemas en los cuerpos de agua de muchas regiones del mundo (Isaac-Márquez et al., 1994; Ruiz-Marín et al., 2010). El uso de agua contaminada en las distintas actividades domésticas produce un gran número de casos de infección (Fernández, 1981). Distintas investigaciones definen que un contaminante de agua es cualquier sustancia que altera las cualidades físicas, químicas, biológicas o radiológicas del agua, convirtiéndose en una sustancia contaminante cuando excede una concentración o estándar aceptable (Méndez et al., 2009; Ruiz-Marín et al., 2010; Rubio et al., 2015). Datos a nivel mundial registran en promedio 1,8

millones de personas que mueren anualmente por enfermedades diarreicas, siendo el 88% de las enfermedades diarreicas producidas por un abastecimiento de agua contaminada con presencia de bacterias como el *Vibrio cholerae*, *Salmonella typhi*, *Yersinia enterocolitica*, virus como el de la hepatitis A y de Norwalk, protozoos importantes como *Giardia lamblia*, *Entamoeba histolytica* y *Cryptosporidium parvum* (Félix-Fuentes et al., 2007). Por su parte la Organización Panamericana de la Salud en 1993 mencionó que existen descritas más de 20 enfermedades relacionadas con el agua contaminada, presentando algunas de ellas un alto impacto en términos de morbilidad y mortalidad (OPS, 1993). Considerando el problema que presenta el agua para su abastecimiento a zonas urbanas y rurales, su suministro a estas zonas debe cumplir con parámetros de calidad (físicos, químicos y microbiológicos) establecidos en las normas mexicanas para garantizar su consumo y evitar riesgos a la salud. Las normas mexicanas establecen una serie de parámetros fisicoquímicos y biológicos que se deben de cumplir en la explotación de agua para uso y consumo humano proveniente de distintos cuerpos de agua. En 2007, el Sistema Nacional de Información del Agua reportó resultados de bioquímica de oxígeno, demanda química de oxígeno y sólidos suspendidos totales de 1014 sitios de monitoreo de la calidad del agua operados por CONAGUA manifestando que la calidad del agua es de buena calidad a fuertemente contaminada (Ruiz-Marín et al., 2010), por lo que concluyeron que el agua extraída en México es en muchas ocasiones enviada directamente para su consumo sin antes verificar su calidad.

En el sureste mexicano se han realizado distintos estudios enfocados a evaluar la calidad del agua que se consume en la región. Sánchez et al. (2016) realizó un estudio en Quintana Roo, México y sus estados vecinos (Campeche y Yucatán), mencionando que los acuíferos son la principal fuente de abastecimiento de agua para todas las actividades humanas que se realizan en zonas urbanas y rurales, sin embargo, estas fuentes de agua son altamente vulnerables a la contaminación, permitiendo la infiltración y arrastre de contaminantes, además, el crecimiento demográfico y económico impulsado por la industria turística propicia una mayor demanda de agua, al mismo tiempo una creciente generación de aguas residuales y desechos sólidos, obteniendo en sus resultados que ninguna de las muestras analizadas estuvo fuera de los límites permisibles de la NOM-127-SSA1-1994. Por su parte, Benítez et al. (2011) analizó la calidad del agua en el estado de Campeche, reportando que los valores de sólidos totales disueltos, pH y sulfatos un tercio de los pozos rebasaron los límites permisibles de la normatividad mexicana, mientras que el resto de los sitios no excedieron los límites permisibles para nutrientes y metales pesados. De igual forma mencionaron que todos los pozos presentaron contaminación por bacterias coliformes, esto debido principalmente a la proliferación de basureros a cielo abierto y la deficiente



red de alcantarillado, así como al cambio de uso del suelo en el área. Sin embargo, Cisneros (2007) ha comentado que el estudio de la calidad del agua, ha sido un tema público desde el año 1990, y que no ha sido clara la forma de evaluarlas provocando una dificultad de conocer cómo ha cambiado. En el estado de Campeche la calidad del agua potable se rige bajo la ley de agua potable y alcantarillado del estado de Campeche emitido por el Poder Legislativo del Estado de Campeche, en su artículo 10 menciona que con el objeto de reducir la contaminación y atender la degradación de la calidad original de las aguas dentro del “Sistema de Agua Potable y Alcantarillado del Estado”, las autoridades estatales y municipales, así como los organismos a que se refiere la presente ley, en el ámbito de su competencia, promoverán el establecimiento de sistemas de potabilización y, en su caso, de tratamiento de aguas residuales y manejo de lodos, así como el fomento de sistemas alternos que sustituyan al alcantarillado sanitario, cuando éste no pueda construirse; y la realización de las acciones necesarias para conseguir y mantener un adecuado nivel de calidad de las aguas (PLEC, 2020). El objetivo principal de este trabajo de investigación fue evaluar la calidad del agua en los principales cuerpos de agua que abastecen a las comunidades del Municipio de Escárcega, para proponer estrategias de potabilización utilizando las energías limpias.

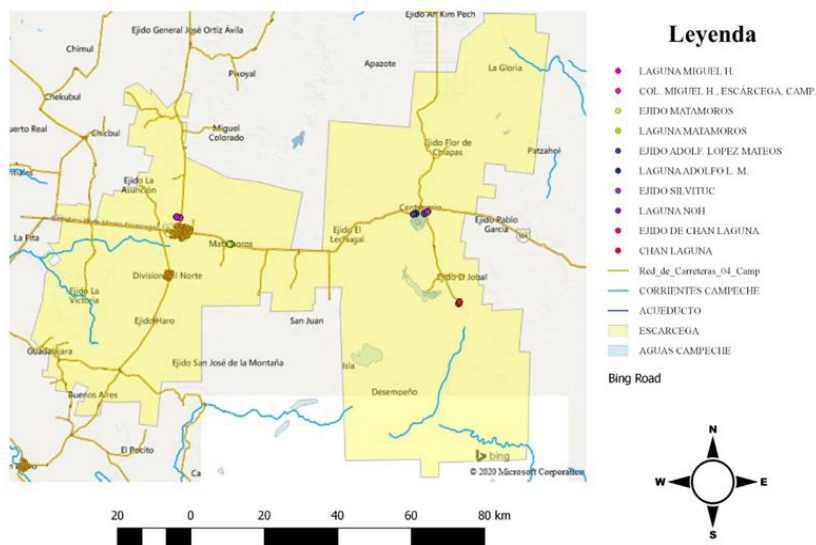
## **Materiales y métodos**

### **Descripción del área de estudio**

De acuerdo con la información documentada por el INEGI (2009), el municipio de Escárcega, Campeche, México, se ubica entre los paralelos 18°10' y 19°01' de latitud norte; los meridianos 90°03' y 91°02' de longitud oeste; altitud entre 100 y 200 m. De igual forma, se registra que la temperatura promedio ronda entre el 26° - 28°C, con una precipitación total anual de 1 100 – 1 500 mm, con un clima considerado de tipo Cálido subhúmedo con lluvias en verano, de humedad media (99.97%) y cálido subhúmedo con lluvias en verano, de mayor humedad (0.03%). Registrando un suelo dominante de Leptosol (47.59%), Vertisol (37.71%), Phaeozem (11.41%), Gleysol (1.86%), Luvisol (0.19%) y No aplicable (0.11%).

El área de estudio abarcó distintas lagunas que forman parte del municipio de Escárcega (Fig. 1), siendo la más representativa la laguna Silvituc ubicada en las coordenadas 18° 37' 21" LN y 90° 16' 26" LO, con una altitud de 54 msnm, perteneciente en el municipio de Escárcega, Campeche, México. Por lo que, se considera el cuerpo de agua interior más grande del estado, debido a que colinda con los puntos que se tomaron para muestrear; Adolfo López Mateos, Chan Laguna, Laguna Noh. De igual forma se hicieron otros muestreos en la Laguna Matamoros ubicado en elegido con el mismo nombre (18°35'02" LN 90° 38' 43" LO 107msnm) y la Laguna de Miguel Hidalgo (18°38' 01.55"LN 90°45'00.04" LO con altitud de 99 msnm)

localizada en la cabecera Municipal, siendo esta última un cuerpo de agua superficial. De la misma manera, se registró *in situ* en cada sitio la temperatura del agua y del aire (T y Ta, respectivamente, ° C) en temporada de lluvias.



**Fig. 1.** Distribución geográfica de las Lagunas, Escárcega, Campeche, México.

**Fuente:**(Earth, 2020)

### Muestreo en campo

Como primera actividad se seleccionaron los cinco puntos de muestreo en las lagunas más representativas del municipio de Escárcega, Campeche, México, para conocer sus propiedades físico-químicas y microbiológicas de los cuerpos de agua. En donde se siguió un protocolo para la toma y resguardo de la muestra registrándose los parámetros determinantes regidos por las Normas Mexicanas. En la medición de nitrógeno total Kjeldahl en aguas naturales, residuales y residuales tratadas para la medición de Nitrógeno Total, se realizó con base a la NMX-AA-026-SCFI-2010, para conocer el grado de descomposición de la materia orgánica, así como para conocer el índice de contaminación de los derivados compuestos nitrogenados (productos de amonio, nitratos, etc.), que está basado en la digestión acida de la muestra, seguido de una destilación en medio alcalino, finalizando la titulación para obtener el nitrógeno Total. Asimismo, se determinó los cloruros totales presentes en agua de las lagunas bajo la aplicación de la metodología de la NMX-AA-073-SCFI-2001. Para la medición del pH se utilizó el método directo electrométrica en el sitio de muestreo conforme a la NMX-AA-008-SCFI-2016, siendo uno de los más importantes para la evaluación de las propiedades corrosivas de un medio acuático. Por otro lado, se aplica el

método de análisis para la determinación de dureza total en aguas naturales, residuales y residuales tratadas conforme a los procedimientos establecidos en la NMX-AA-072-SCFI-2001.

Finalmente procedió a la cuantificación de microorganismos Coliformes totales, organismos coliformes Fecales (termotolerantes) y *E. coli* según la (NMX-AA-042-SCFI-2015). Cabe señalar que estas normativas aplicadas en cada procedimiento permitieron comparar los Límites Máximos Permisibles establecidos en la modificación de la NOM-127-SSA1-2000, para conocer su cumplimiento.

### **Criterio para la selección del punto de muestreo**

Derivado a lo anterior se tomaron de referencia los cuerpos de agua más representativos del municipio de Escárcega, Campeche, México, para determinar sus características físicas-químicas y microbiológicas. Cabe señalar que los sitios de muestreo se encuentran dentro de una zona de influencia urbana, por lo que se observa una estrecha relación con su uso doméstico, el cual se realiza sin previo tratamiento pudiendo originar tanto enfermedades como efectos medioambientales. Por tal motivo, se pretende aplicar las energías limpias para tratarlas y contrarrestar la presencia de los microorganismos termotolerantes Coliformes Totales y Coliformes Fecales.

### **Resultados y discusión**

Derivado de la revisión bibliográfica, se enlista los parámetros conforme a los LMP de la calidad y tratamiento a que debe someterse el agua para su potabilización, de acuerdo a la modificación de la NOM-127-SSA1-2000 (Tabla 1).

**Tabla 1.** Características fisicoquímicas y microbiológicas, según modificación de la NOM-127-SSA-2000

<b>Características</b>	<b>Límite Máximos Permisibles</b>
Nitrógeno total	No establece LMP
Nitratos (como N)	10,00 Mg/l
Cloruros Totales	250,00 Mg/l
pH	6,5-8,5 Mg/l
Dureza Total (como CaCO <sub>3</sub> )	500,00 Mg/l
Organismos Coliformes totales	Ausencia o no detectables
<i>E. coli</i> o coliformes fecales u organismos termotolerantes	Ausencia o no detectables

Se aplicó la metodología conforme a los parámetros de la NMX, registrando los resultados de la caracterización del agua de las lagunas (Tabla 2). Asimismo, se contrastaron los LMP de acuerdo a la modificación de la NOM-127-SSA1-2000 referente a los parámetros seleccionados.

**Tabla 2.** Determinación de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos

Características Sitio	Parámetros Físicoquímicos					Parámetros Microbiológicos confirmatorios			
	Nitrógeno Total ml/l	Cloruros Totales Cl-mg/L	pH	T° ambiental	T° del agua	Dureza Total mg/l CaCO <sub>3</sub>	NMP (Número más probable)	organismos Coliformes totales	organismos coliformes Fecales
Laguna Noh	1.65	0.0595	7.65	30 °C	23.4 °C	500	≥2400 NMP/100 ML	+	+
Laguna Matamoros	2.8	0.0645	7.8	30 °C	23.5 °C	600	≥2400 NMP/100 ML	+	+
Laguna Miguel Hidalgo	2.5	0.0446	7.68	31 °C	23.6 °C	500	≥2400 NMP/100 ML	+	+
Laguna Adolfo López Mateo	2.2	0.0595	7.38	31 °C	23.5 °C	450	210 NMP/100 ML	+	+
Laguna Chan Laguna	1.7	0.0397	7.62	30°C	23.5 °C	500	210 NMP/100 ML	+	+

En la tabla 2, se representan los resultados obtenidos de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos de las lagunas en el municipio. Respecto a los resultados obtenidos del Nitrógeno Total, referente a la (NMX-AA-026-SCFI-2010), se observa que la norma NOM-127-SSA1-2000 no establece controles específicos para el Nitrógeno Total, pero si establece LMP de nitratos, los cuales son productos derivados de la oxidación del Nitrógeno. Dado lo anterior, se toma como referencia los valores controlados por la Norma establecida, donde indica que el LMP es de 10,00 mg/l, de Nitratos (NO<sub>3</sub>), contrastándolas con las muestras se identificó que los valores son inferiores para la transformación del Nitrógeno, por lo que se cumple con la norma. En el caso de cloruros, se contrasta con la información establecida en el apartado 4.3.1, registrado en la modificación de la NOM-127-SSA1-2000. En el caso de la medición de cloruros, se observó que están por debajo de los límites que marca la norma, infiriendo que la muestra es libre de cloruros. Los resultados de pH medidos en campo se encuentran dentro de los LMP, con una tendencia en alcalinidad en las aguas, método aplicado de acuerdo a la NMX-AA-008-SCFI-2016, mismos que se contrasta el resultado con los LMP establecidos en el apartado 4.3.1 de la norma NOM-127-SSA1-2000. En cuanto al parámetro de Dureza, donde se considera a los compuestos de carbonatos (Carbonato de Calcio y de Magnesio), que son de mayor control en la actividad agrícola por su tendencia a alcalinizar el suelo (Appelo & Postma, 1991). Los resultados muestran que cuatro de los cinco sitios de muestreo se encuentran dentro de los LMP (500 mg/l), con excepción de la Laguna Matamoros, que se encuentra por arriba del LMP (600 mg/l CaCO<sub>3</sub>), sin embargo, las restantes se encuentran al límite de las especificaciones máximas del criterio normativo en estudio. Tomando en consideración lo antes mencionado, es importante señalar que las lagunas en estudio son aptas para aplicar tratamiento térmico debido a que contribuye a la eliminación o

desactivación parcial principalmente de la bacteria E. Coli, así como las bacterias termotolerantes, aunado a este proceso es de suma importancia mencionar que el proceso de biofiltración contribuye a la purificación de las aguas, Wong (2019), ha mencionado que el empleo de un biofiltro de flujo horizontal es un método efectivo para la remoción de metales pesados y reducción de las concentraciones de Demanda Biológica de Oxígeno (DBO<sub>5</sub>). Además Mallama et al. (2011), demuestran que la filtración en membranas empleando organismos con ciertos beneficios biológicos como lo es la almeja de agua dulce (*Anodonta imbecilis*), es considerada una alternativa para disminuir la carga de E. coli. Por su parte, Villacorte et al., 2015, hace mención que los procedimientos algales son de gran importancia debido a sus variaciones en las concentraciones de sustancias orgánicas en los cuerpos de agua, de las cuales causan interferencia en la operación de los procesos de tratamiento. Asimismo, Henderson, et al 2008, describe que las interferencias sobrecargan los tanques de sedimentación, además de sufrir cambios de pH que dificultan la operación, alteraciones en la floculación especialmente por la materia orgánica excretada, colmatación y variación de tiempos de operación en filtros, generación de precursores de subproductos de desinfección (SPD) e incremento en la dosis de cloro.

Correa (2008), enfatiza que los sistemas convencionales contribuyen a mejorar la eficiencia de los tratamientos del agua, de los cuales se resalta la PTAR de Puerto Mallarino; este utiliza desarenación, adsorción con carbón activado, precloración, coagulación, floculación, sedimentación, filtración, desinfección y estabilización química. Cabe señalar que el biofiltro forma parte esencial del (SRA), resultando de la actividad bacteriana encargada de convertir en nitritos y nitratos de los cuales resultan menos tóxicos para los organismos.

Por otro lado, una vez aplicada la proclama de pasteurización se recomienda realizar pruebas analíticas para conocer si el proceso también aporta sedimentación de carbonato de calcio, por el efecto de interacción física de ionización. La medición de los parámetros físicos, químicos y microbiológicos en el agua para consumo humano, es una actividad constante que se realiza a nivel internacional. A nivel nacional se ha documentado por la CONAGUA (2018) múltiples sitios de muestreo con respecto a los ecosistemas lenticos, de los cuales, para el estado de Campeche, el Ejido Adolfo López Mateo que forma parte del municipio de Escárcega, mostró presencia de E. coli y Coliformes Totales en el año 2012, sin embargo, en el mes de marzo y julio del 2018, según los informes publicados por la CONAGUA, reportaron que ya no tiene presencia de estos microorganismos, en contraste a los análisis realizados en el 2020 en este estudio en las distintas lagunas del municipio Escárcega, se obtuvo como resultado, la presencia de estos microorganismos, por lo que se considera que es debido a escorrentía asociada a la cercanía de

la población adyacentes a la laguna. La presencia de microorganismos coliformes en los distintos cuerpos de agua en el territorio mexicano ha sido reportado en diversas investigaciones, las cuales manifiestan constantemente sobre la contaminación microbiológica existente en los ecosistemas lénticos se caracteriza por la identificación de organismos indicadores como las bacterias Coliformes Totales (CT) y Fecales (CF). Por su parte Félix-Fuentes et al. (2007) en su estudio en comunidades rurales del sur de Sonora, demostró que en las comunidades de Aduana y Melchor Ocampo existe presencia significativa de CF, los cuales el 99% corresponde a 83 muestras y de un 86% de 72 muestras respectivamente, registrando los parámetros fuera de norma, siendo el principal causante de enfermedades de infección intestinal (gastroenteritis) a la población local, derivado del uso y consumo de estas aguas sin tratamiento de depuración, por lo que en su estudio en el municipio con Etchojoa se registró un 6% de CF de las 21 muestras tomadas aleatoriamente de tres comunidades durante un año, dada la desinfección por cloro que realiza en condiciones normales. Es importante considerar estos procesos térmicos, de recirculación y PTAR para la eliminación de los microorganismos de CF y CT, ya que de no tratar el agua, estos se pueden ver reflejados en la producción de alimentos, tal es la producción de alimentos (Hannibal et al., 2015). Asimismo, se aplicó la metodología propuesta según la NMX-AA-042-SCFI-2015, para la evaluación en la determinación de organismos coliformes totales, organismos coliformes Fecales (termotolerantes) y *Escherichia coli* (tabla 2). Los resultados preliminares demostraron presencia de microorganismos patógenos termotolerantes en la etapa de prueba presuntiva (Tabla 3), quedando registrado el grado de contaminación microbiana de las muestras de agua sometidas a una temperatura de  $44,5 \pm 0,5$  °C. Estos resultados coinciden con lo reportado por la CONAGUA (2018), quien manifestó la presencia de Coliformes Fecales en 3751 sitios muestreados, de los cuales se hace hincapié en el apartado XII que corresponde a la Península de Yucatán, se registró presencia muy alta de microorganismos termotolerantes contaminantes (0.5%). Distintas investigaciones (Méndez et al., 2009; Ruiz-Marín et al., 2010; Rubio et al., 2015), han registrado bacterias coliformes en algunas de las principales fuentes de abastecimiento de agua del estado de Campeche, debido a la presencia de contaminación bacteriológica, originada principalmente por la acumulación de residuos inorgánicos a cielo abierto, así como el deficiente manejo del sistema de agua y al impacto que deja la zona de influencia por el cambio de uso de suelo. Dichas investigaciones registran que el 100% de cuerpos acuíferos excedieron los LMP establecidos en la norma, con valores que van desde 2 hasta 240,000 NMP/100 ml-1., resaltando que Candelaria fue el municipio que registró la mayor concentración de coliformes totales y fecales a diferencia del resto de los sitios de muestreo. Asimismo, se realizaron

pruebas confirmatorias para validar la presencia real de bacterias conforme a la referencia de los LMP en el apartado 4.1.4 de la norma NOM-127-SSA1-2000, registrando la presencia significativa de estos microorganismos termotolerantes la temperatura de incubación es de  $44.5 \pm 0.5$ , causantes de infecciones gastrointestinales nocivas para el ser humano, donde CONAGUA (2018) hace mención que se distinguen por ser bacterias aerobias y anaerobias facultativas, no esporuladas, de forma de bacilo corto que fermentan la lactosa con producción de gas en 48 horas a  $35 \pm 0.5^{\circ}\text{C}$ .

La necesidad de mejorar la calidad del agua para consumo humano a través del control de distintos parámetros ha llevado a los investigadores a generar técnicas, métodos e instrumentos que apoyen para esta actividad, sin embargo, también es fundamental hoy en día considerar el uso de las energías limpias al aplicar métodos para el control de microorganismos (coliformes totales y fecales) que se presentan en los cuerpos de agua. Desde este enfoque, Hermosillo-Villalobos, (2001), hace mención que una de la forma más eficiente de desactivar o eliminar los microorganismos presentes en al agua es a través de la pasteurización mediante calentadores solares, siendo una alternativa sustentable para las comunidades que no tienen acceso al agua entubada; un ejemplo de ello es el uso de estufas solares de reflectores con un apropiado manejo logra temperaturas de ebullición del agua con el simple hecho de emplear la energía solar, aportando enormemente a la población local una alternativa viable que contribuya a la reducción de estos microorganismos termotolerantes presentes en el agua. Como se demostró en este estudio, mediante la aplicación de un proceso térmico solar, se pudo registrar la disminución de microorganismos termotolerantes (*E. Coli*), en rangos de temperatura de  $65-73^{\circ}\text{C}$  que alcanzó el proceso térmico implementado. *E. Coli* es considerada como el principal indicador microbiano presente en las heces de humanos y animales de sangre caliente (contaminación fecal), (Cordova Castañeda, 2017), por lo que los resultados sugieren a su vez que otras especies termotolerantes de distintos géneros (*Escherichia*, *Streptococcus*, *Klebsiella*, *Enterobacter* y *Citrobacter*), muy posiblemente también disminuyan su población inclusive las desactive, como se considera en este estudio y otras investigaciones, (Márquez-Bravo, 1998; Pullés, 2014; Berrio\_Moreno 2018; Zárate Sarapura, 2021).

Así mismo se menciona que diversos microorganismos tolerantes mueren a varias escalas de temperaturas; por ejemplo, la amiba en menos de una hora a  $50^{\circ}\text{C}$  o de forma instantánea a  $57^{\circ}\text{C}$ ; la salmonela en una hora a  $55^{\circ}\text{C}$  y en 20 min. a  $60^{\circ}\text{C}$ ., también Márquez-Bravo (1998) menciona que este proceso destruye a organismos coliformes y otras bacterias no termorresistentes transmitidos por el agua contaminada entre un rango de temperatura de  $62.8^{\circ}\text{C}$  por 30 min y de 71.7% por 15 min son necesarios para reducirlas. Se realizó una prueba final de proceso térmico solar a las aguas de

los sitios de muestreo, para disminuir significativamente los microorganismos termotolerantes presentes en ella, mediante el uso de recipientes de diferentes materiales (aluminio y Zinc), por lo que se observó que las condiciones de temperatura de 65-75°C y un tiempo de 20-30 min, son efectivo y logran su inactivación o muerte instantánea indistintamente del material utilizado, como fue confirmado con las pruebas microbiológicas, estos resultados coinciden con los expresados por Márquez-Bravo (1998). Es importante mencionar que no es preciso que el agua logre el grado de ebullición para disminuir la carga bacteriana.

Por lo anterior, se recomienda emplear tratamientos térmicos que contribuyan a la eliminación o desactivación parcial principalmente de bacterias *E. coli* así como otras bacterias termotolerantes, además este procedimiento combinado con un sistema de recirculación (SRA) y los tratamientos convencionales (Plantas de Tratamientos de Aguas (PTAR), para disminuir en gran medida los riesgos microbiológicos en la población, mediante el uso de las energías limpias que permitan disminuir significativamente la contaminación por estos microorganismos termotolerantes.

**Tabla 3.** Pruebas confirmatorias microbiológicas para *E. Coli*

DILUCIÓN	MUESTRAS				
	M1	M2	M3	M4	M5
1:10	3+	1+	3+	3+	3+
1:100	3+	1+	0	3+	3+
1:1000	3+	1+	0	3+	3+
RESULTADOS norma 042	≥2400	11	23	≥2400	≥2400

Finalmente, se diseñó un prototipo tipo calentador solar (proceso térmico) elaborados con distintos materiales (aluminio y zinc), para disminuir significativamente la contaminación por microorganismos termotolerantes, mediante el uso de las energías renovables y de material reciclado. Hoy en día para alcanzar la sostenibilidad de un sistema es fundamental emplear materiales y recursos ecológicos que contribuyan a la conservación del ecosistema (Malla et al., 2019), por lo contrario de continuar utilizando los sistemas tradiciones conlleva al deterioro del medio ambiente.

## Conclusión

La importancia de realizar estudios sobre la calidad del agua empleada para el consumo humano, es un requisito responsable y regulatorio aplicado para evitar problemas de salud. Como antecedente a lo anterior, se puede hacer mención que existe un órgano regulatorio conocido como la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), cuya responsabilidad es trabajar adjunto con la Comisión Federal de Protección contra Riesgos Sanitarios (COFEPRIS)



para garantizar que dicho líquido vital cubra las características de inocuidad alimentaria.

Sin embargo, existe un sector de la población aislada de las zonas urbanas que usan agua natural de manera directa a partir de mantos de almacenamiento como embalses, lagos y ríos. de acuerdo al contexto anterior, surge la importancia de realizar un número mayor de investigaciones aplicadas a las características de la composición del agua natural, para realizar proyectos con procedimientos sustentables y económicamente disponibles de potabilización, para dicho sector comunitario. El resultado del estudio, concluye en emplear tratamientos térmicos que contribuyan a la eliminación o desactivación parcial principalmente como organismos unicelulares sin formas de resistencia, tal es el caso del *E. coli* y de otras bacterias termotolerantes. Sin embargo, este procedimiento combinado con un sistema de recirculación (SRA) y los tratamientos convencionales (Plantas de Tratamientos de Aguas (PTAR)), resulta una alternativa sustentable de potabilización del agua de recursos lénticos de forma eficiente debido a que interviene en el proceso especies bioindicadores ecológicas que permiten la remoción de los microorganismos para el uso doméstico de la población local.

### **Agradecimientos**

Nuestro sincero agradecimiento al Laboratorio de Industrias Alimentarias del Instituto Tecnológico Superior de Escárcega, por facilitar el uso de sus materiales y equipos para llevar a cabo las pruebas físico-químicas y microbiológicas de la calidad del agua de las Lagunas del Municipio de Escárcega. Así como al Instituto Tecnológico Superior de Escárcega a través de la División de estudios de la Carrera Ingeniería en Energías Renovables, por brindarnos los recursos necesarios para concretar el proyecto. Finalmente, pero no menos importante, agradecer por contribuir en el desarrollo de las pruebas del proyecto a los estudiantes de la carrera Ingeniería en Energías Renovables al Br. Ismael Molar Fernández y al Br. Luis Vázquez Oleta.

### **References:**

1. Barrera-Escorcia, G., Fernández-Rendón, C. L., Wong-Chang, I., & Ramírez Romero, P. (2013). La sensibilidad del grupo coliforme como indicador de la presencia de enterobacterias patógenas en cuatro cuerpos acuáticos de México. *Hidrobiológica*, 23(1), 87-96.
2. Benítez, J. A., Lara-Flores, M., Amábilis, L., Ben-Arie, J., Vidal-Maldonado, J. A., Cen-Poot, B. T., Acevedo, V. M., Rendón-Von, J. O., & Sonda-Santos, K. (2011). An assessment of water quality (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, NO<sub>2</sub><sup>-</sup>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, TP, SO<sub>4</sub>, coliform bacteria and heavy metals) of the main water supplies in the state of Campeche. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 13: 187 – 197.

3. Berrio\_Moreno, S. (2018). Estudio de la calidad microbiológica de hábitats lénticos de la provincia de Jaén.
4. Cisneros, B. E. J. (2007). Información y calidad del agua en México. *Trayectorias*, 9(24), 45-56.
5. Cordova Castañeda, M. A. (2017). Calidad del agua en la microcuenca del río Challhuahuacho comparado con los estándares de calidad ambiental para riego y bebedero (eca 3) en la zona de Challhuahuacho, Cotabamba–Apurímac-2016.
6. Correa, L. F. M. (2008). Optimización del proceso de floculación en la planta de tratamiento de agua potable el dorado de Bogotá (Doctoral dissertation, Uniandes).
7. DOF. (2000). Norma Oficial Mexicana NOM-127-SSA1-1994. Límites permisibles de calidad y tratamientos a que debe someterse el agua para su potabilización. D.F., México. Recuperado el 14 de octubre de 2020  
[http://www.siaqa.gob.mx/sites/default/files/norma\\_oficial.pdf](http://www.siaqa.gob.mx/sites/default/files/norma_oficial.pdf)
8. Earth, G. (20 de 11 de 2020). Obtenido de <https://earth.google.com>
9. Félix-Fuentes, A., Campas-Baypoli, O. N., Aguilar-Apodaca, M. G., & Meza-Montenegro, M. M. (2007). Calidad microbiológica del agua de consumo humano de tres comunidades rurales del sur de sonora (México). *Revista Salud Pública y Nutrición*, 8(3), 1-13.
10. Fernández, E. 1981. *Microbiología Sanitaria: Agua y sus Alimentos*. Vol. 1 Universidad de Guadalajara. Pp. 39-56,159-170.
11. Giraldo Garzón, A. C. (2016). Evaluación de la interferencia de florecimientos algales en la remoción de AOM durante el proceso de coagulación en sistemas de potabilización (Master's thesis, Maestría en Ingeniería Ambiental).
12. Gray, N.F. 1996. *Calidad del agua potable (Problemas y soluciones)*. Editorial Acriba Zaragoza, España. Pp. 154-160
13. Hannibal, B., Santillán, A., Mercy, A., Ramos, E., Paola, V., & Rincon, A. (2015). Aprovechamiento del suero de leche como bebida energizante para minimizar el impacto ambiental. *European Scientific Journal*, 11(26).
14. Henderson, R., Chips, M., Cornwell, N., Hitchins, P., Holden, B., Hurley, S., ... y Jefferson, B. (2008). Experiencias de algas en aguas del Reino Unido: una perspectiva de tratamiento. *Revista de agua y medio ambiente* , 22 (3), 184-192.
15. Hermosillo-Villalobos, J. J. (2001). Agua potable para microcomunidades con energía solar.
16. INEGI, Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. (2009). *Prontuario de información geográfica municipal de los Estados*

- Unidos Mexicanos, Escárcega, Campeche. <https://www.inegi.org.mx/> consultado el 09 de diciembre de 2020.
17. Isaac-Márquez AP, Lezama-Dávila CM, Ku-Pech PP, Tamay-Segovia P. (1994). Calidad sanitaria de los suministros de agua para consumo humano en Campeche. *Salud Publica Mex*, 36, 355-361.
  18. Malla, O., Hidalgo, C., & Vásquez, R. Diseño De Un Modelo De Vivienda Ecológica Con Bambú Para La Zona Rural De Yantzaza Zamora Chinchipe, Ecuador.
  19. Mallama Leyton, J. R., & Guzmán Alvis, A. I. (2011). Clearance rate of faecal coliforms by netropical freshwater clam. *Acta Agronómica*, 60(1), 76-83.
  20. Márquez-Bravo, L. G. (1998). Desinfección solar. In *En memorias de Simposio Regional sobre Calidad del Agua: Desinfección Efectiva*. Lima, CEPISOPS (pp. 1-22).
  21. Méndez, J. P., Ramírez, C. A. G., Gutiérrez, A. D. R., & García, F. P. (2009). Contaminación y fitotoxicidad en plantas por metales pesados provenientes de suelos y agua. *Tropical and subtropical Agroecosystems*, 10(1), 29-44.
  22. Mexicana, N. (2010). NMX-AA-026-SCFI-2010. Análisis De Agua-Medición De Nitrógeno Total Kjeldahl En Aguas Naturales, Residuales Y Residuales Tratadas - Método De Prueba -(CANCELA A LA NMX-AA-026-SCFI-2001). Recuperada el 20 de noviembre de 2020.  
<https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/166772/NMX-AA-026-SCFI-2010.pdf>
  23. Mexicana, N. (2015). NMX-AA-042-SCFI-2015. Análisis De Agua - Enumeración De Organismos Coliformes Totales, Organismos Coliformes Fecales (Termotolerantes) Y Escherichia Coli –Método Del Número Más Probable En Tubos Múltiples (Cancela A La Nmx-Aa-42-1987). Recuperada el 16 de diciembre de 2020  
<https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/166147/nmx-aa-042-scfi-2015.pdf>
  24. Mexicana, N. (2016). NMX-AA-008-SCFI-2016. Análisis de agua. Medición del pH en aguas naturales, residuales y residuales tratadas.- Método de prueba (Cancela a la NMXAA-008-SCFI-2011). Secretaria de Economía. México, DF. Recuperado el 17 de noviembre de 2020  
<https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/166767/NMX-AA-008-SCFI-2016.pdf>
  25. Mexicana, N. O. (2001). NMX-AA-073-SCFI-2001. Análisis de agua-determinación de cloro total en agua natural, aguas residuales y tratamiento de aguas residuales-método de prueba. Recuperado el 15 de diciembre de 2020.

- <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/166789/NMX-AA-073-SCFI-2001.pdf>
26. OPS, Organización Panamericana de la Salud, Organización Mundial de la Salud. (1993). Agua, nuestro planeta y nuestra salud. Informe de la Comisión de Salud y Medio Ambiente de la Organización Mundial de la Salud. Washington, D.C.: OPS, OMS, 1993.
  27. Peña, R. F., León, J. E., Cuesta Subía, H. X., & Rivadeneira Ruales, J. E. (2019). Riego deficitario por goteo a niveles de humedad del suelo en la papa (*Solanum spp.*) variedad victoria, Riobamba, Ecuador.
  28. PLEC, Poder Legislativo del Estado de Campeche. (2020). Ley de agua potable y alcantarillado del estado de Campeche <https://www.escarcega.gob.mx/transparencia/smapae/2014/LEY%20DE%20AGUA%20POTABLE%20DEL%20ESTADO%20CAMPECHE.pdf>. Consultado el 01 de noviembre de 2020.
  29. Pullés, M. R. (2014). Microorganismos indicadores de la calidad del agua potable en Cuba. *Revista CENIC. Ciencias Biológicas*, 45(1), 25-36.
  30. Rubio, A. H. O., Balderrama, T. L. R., Burrola, B. E., Aguilar, P. G. N., & Saucedo, T. R. A. (2015). Niveles de contaminación del agua potable en la cabecera municipal de Ascensión, Chihuahua, México. *Nova scientia*, 7(14), 178-201.
  31. Ruiz-Marín, A., Rodríguez-Barradas, E., & Canedo-López, Y. (2010). Variabilidad temporal de cloro residual y presencia de Fe, Cu y Mn en una red de distribución de agua potable en Cd. del Carmen, Campeche.
  32. Sánchez, J. A., Álvarez, T., Pacheco, J. G., Carrillo, L., & González, R. A. (2016). Calidad del agua subterránea: acuífero sur de Quintana Roo, México. *Tecnología y ciencias del agua*, 7(4), 75-96.
  33. Sánchez-Pérez, H. J., Vargas-Morales, M. G., & Méndez-Sánchez, J. D. (2000). Calidad bacteriológica del agua para consumo humano en zonas de alta marginación de Chiapas. *salud pública de México*, 42, 397-406.
  34. Villacorte, L. O., Ekowati, Y., Neu, T. R., Kleijn, J. M., Winters, H., Amy, G., ... & Kennedy, M. D. (2015). Characterisation of algal organic matter produced by bloom-forming marine and freshwater algae. *Water Research*, 73, 216-230.
  35. Wong Lopez, E. S. (2019). Tratamiento de aguas de la laguna de Conache-Laredo, para uso en acuicultura, mediante un biofiltro de flujo horizontal.
  36. Zárate Sarapura, E. (2021). Modelamiento de curvas de supervivencia no lineal para determinar la inactivación térmica de salmonella ssp., escherichia coli y bacterias ácido lácticas en la carne molida de pollo.



ESJ Natural/Life/Medical Sciences

## **The Interrelation Between Textile Engineering Graduates' Results And Their Job Performance In Textile Industry Of Bangladesh**

*Md. Mahbubul Haque*  
*Tanvir Ahmed Chowdhury*  
*Md. Mominur Rahman*

Department of Textile Engineering, Daffodil International University  
*Shamima Akter Smrity*

Department of Fabric Engineering, Bangladesh University of Textiles  
*Md. Azharul Islam*

Department of Textile Engineering, Mawlana Bhashani Science and  
Technology University

*Tariq Mahub*  
Department of Mechanical Engineering, Military Institute of Science and  
Technology

[Doi:10.19044/esj.2021.v17n25p132](https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n25p132)

---

Submitted: 19 April 2021

Accepted: 06 July 2021

Published: 31 July 2021

Copyright 2021 Author(s)

Under Creative Commons BY-NC-ND

4.0 OPEN ACCESS

*Cite As:*

Haque M., Chowdhury T.A., Rahman M., Smrity S.A., Islam A. & Mahub T.(2021). *The Interrelation Between Textile Engineering Graduates' Results And Their Job Performance In Textile Industry Of Bangladesh*. European Scientific Journal, ESJ, 17(25), 132.

<https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n25p132>

---

### **Abstract**

It has been a long that educators, employers, and researchers are trying to relate the university grades and job performance of graduates to improve the quality of teaching and make recruitment easy. However, a concrete conclusion is yet to achieve. In the current study, attempts were made to correlate the relationship between the grades obtained by the textile graduates of a university and their performance in the textile industries in Bangladesh using the Likert scale. Twenty dimensions of quality were identified and corresponding graduates' competence in these dimensions were evaluated and a relation was made with the grades obtained by the graduates. It was found that students with excellent academic results showed their excellence in the

majority of the dimensions of quality over the students with average and poor results. Students with average and poor results also showed their excellence for few quality dimensions and no relation could be proposed. From this study, the authors concluded that, in general, the graduates' job performance was highly related to the GPA obtained by the graduates of that university.

---

**Keywords:** Academic Result, Job performance, Competence, Quality

## **Introduction**

The textile sector is the largest foreign revenue-generating sector in Bangladesh. Each year a large number of fresh textile engineers enter the job market. It has been decades that educators have been trying to update and adjust their education and mode of teaching so that the graduates can perform well in their working place. Keeping this in mind, attempts have been made to correlate between university grades and their corresponding performance in the working area. A good number of examples are common around us who are outstanding in their university grades and job performance. Surprisingly, it is not also very uncommon that graduates with good grades in the university do not perform well in the workplace and graduates with poor grades in the university perform very well in their job. Considering these points of view, universities worldwide have been trying to find out the facts behind such mismatches of University grades and job performance. From the above perceptions, an attempt has been made to correlate university grades and their corresponding performance in the job place.

A novel hybrid algorithm, HLVQ, is proposed to predict students' academic performance and employability chances compared to present and earlier performance (K. Subhash Bhagavan, 2020). In contrast, tacit knowledge sharing obtained from academic performance is an important parameter for job performance and better workplace productivity (Carol P. Huie, 2020). But often, academic procrastination is very significant for academic achievement and task performance (Alexandre Gareau, 2019). On the other hand, perceptions of employability and academic performance both increased at the end of graduation to avail faster placements (Brooke Harris-Reeves, 2017); that's why realistic job expectations is a potential predictor for academic achievement (Georg Krammer, 2016). By considering the phenomenon, meta-analysis was used by some groups where a positive relationship was found between academic performance and job performance (Nathan R. Kuncel, 2004).

Moreover students' procedural knowledge as cognitive factors sometimes predicts academic and post-academic success (Filip Lievens, 2012). Still, knowledge management from academic achievement can be an important factor for better performance and positively impacts innovation in

the workplace (Mafeng Dauda Gyemanga, 2020) (Lina Al-Abbadia, 2020). Similarly, components of the knowledge management process show positive relation with the performance of an organization measured by its employees' satisfaction (Lekhanath Khanal, 2017). Finally, it has been observed that knowledge management significantly impacts human resource performances in the workplace (Mir Hamid Reza Torabia, 2016). Beyond those factors, academic performance and extracurricular activities participation approach distinctiveness in job performance (Luisa H. Pinto, 2017) ('In the eyes of the beholder': the influence of academic performance and extracurricular activities on the perceived employability of Chinese business graduates, 2018) and a good academic project performance aids the placement due to sharp practical skills (Tripti Mishra, 2017) which can be a factor for satisfied job performance, in the same way proactive students with academic grades become an asset for employers (Alex Tymon, 2016) predicting a higher chance of effective job performance. Like other authors and research groups, this idea of academic qualification is a determining factor for job performance (FAITH, 2014).

It is still not justified whether a good university grade can foretell a good job performance. The volume of employment is quite large; a rigorous study on selection criteria is necessary. Unfortunately, no study took place to see if there is actually any relation between the grades a graduate earns in academia and his performance in the textile industry in Bangladesh. To meet this requirement, this study was conducted.

## **Methodology**

The objective of this paper was to see the relationship between the performance of a student in their university and their performance in the industry. Performance in the University was assessed from the grades/GPA achieved by a student, while the performance in the industry was assessed by filling a questionnaire by an immediate supervisor. In fact, the study was conducted as part of a "Self-assessment survey", a project of the Institutional Quality Assurance Cell (IQAC) of the University Grants Commission of Bangladesh funded by the World Bank. IQAC provided a detailed manual containing questionnaires for various stakeholders of a university, including employers. For the current paper, we have used the questionnaire for employers. The questionnaire contains two parts for judging 20 quality parameters. The first part aims to see what an employer expects from a graduate regarding the 20 quality parameters. The purpose of the second part is to see to what extent a graduate could satisfy those expectations. For the study, fifty graduates from the department of textile engineering of a renowned private university in Bangladesh were selected. All the graduates have been working in the different types of textile industries in and around greater Dhaka.

Based on GPA the graduates are classified into three groups e.g. (i) GPA 2.5-3.0, (ii) GPA 3.0-3.5 and (iii) GPA 3.5-4.0. It was observed that 10 graduates (20% of the total number) were within GPA 2.50 to 3.00 are classified as poor-performing students, 25 graduates (50% of the total number) were with GPA 3.00 to 3.50 are classified as average performing students and 15 graduates (30% of the total number) were with GPA 3.50 to 4.00 are classified as good performing students. All the employers are encouraged to fill up a separate questionnaire form for each employee if more graduates from that respected university are working in the same industry. The employers are also encouraged to consult with the respected section head about the employee to ensure the accurateness of their response.

Questionnaire-1 Please evaluate the importance of the following dimensions of competence at your organization using the following scale:		Questionnaire-2: Please evaluate the following dimensions of competence of graduates based on their performance at your organization using the following scale:	
5- Extremely important	4- Important	5- Excellent	4- Very Good
3- Moderately important	2- Slightly important	3- Good	2- Average
1- Not important at all.		1- Poor	
No.	Dimension of Quality	No.	Dimension of Quality
<b>Knowledge</b>		<b>Knowledge</b>	
1	Job knowledge (Knowledge on the subject matter)	1	Job knowledge (Knowledge on the subject matter)
2	IT knowledge	2	IT knowledge
3	Innovative Knowledge	3	Innovative Knowledge
<b>Communication Skills</b>		<b>Communication Skills</b>	
4	Oral communication	4	Oral communication
5	Written communication	5	Written communication
6	Presentation skills	6	Presentation skills
<b>Interpersonal Skills</b>		<b>Interpersonal Skills</b>	
7	Ability to work in teams	7	Ability to work in teams
8	Leadership	8	Leadership
9	Empathy	9	Empathy
10	Motivation ability	10	Motivation ability
11	Reliability	11	Reliability
12	Appreciation of ethical values	12	Appreciation of ethical values
13	Adaptability	13	Adaptability
<b>Work Skills</b>		<b>Work Skills</b>	
14	Time management	14	Time management
15	Judgment	15	Judgment
16	Problem formulation, solving and decision-making skills	16	Problem formulation, solving and decision-making skills
17	Collecting and analyzing appropriate data	17	Collecting and analyzing appropriate data
18	Ability to link theory to practice	18	Ability to link theory to practice
19	Discipline	19	Discipline
20	Sense of responsibility	20	Sense of responsibility

Figure 1. Sample Questionnaires for Survey

A sample questionnaire is given below to clearly understand the assessed quality of graduates in employment (*IQAC Manuals*, n.d.). Here, questionnaire 01 was used to assess the importance of different dimensions of quality and questionnaire 02 was used to assess graduates' competence.

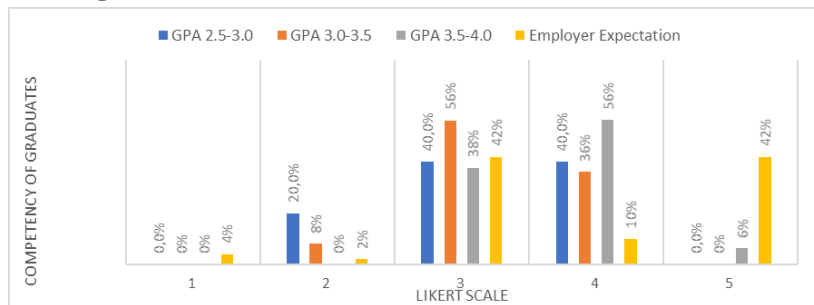
Collecting all the data from the employers, they are processed and plotted to see the relationship between the three groups of graduates based on GPA and their performance based on these twenty qualities. These plots will show which group of students are most competent in industries.

## Result & Discussion

For all figures, the X-axis indicates Likert Scale and Y-axis indicates the competency of graduates. For the employer's expectancy, 1: not important, 2: slightly important, 3: moderately important, 4: important, 4: extremely important. For a graduate's competency, 1: poor, 2: average, 3: good, 4: very good, 5: excellent.



## Job knowledge

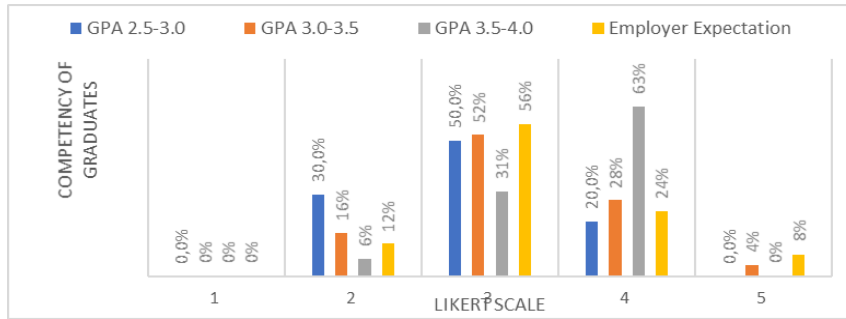


**Figure 2.** Competency of graduates and employer's expectancy vs Likert scale for job knowledge

The first quality that the study assessed is job knowledge. In figure 2, the employer's view of the graduates' importance of job knowledge and competency is plotted against Likert scale. Forty-one percent of the employers think job knowledge is extremely important (5 on the Likert scale), while another forty one percent think it is moderately important (3 on Likert scale). This shows the variability in the requirement of a certain quality in different sectors of the Textile industry. The competency of good performing students is visible by having 8% of the students get 5, 56% get 4, and 36% get 3 on the Likert scale. But interestingly, the two categories of students also did well on the scale. Since 41% of employers consider job knowledge to be somewhat important (3 on Likert scale), we can consider 3 to be an acceptable competency of the graduates. Figure 1 shows a total of 100% of good performing students, 92% of average performing students and 80% of poor-performing students get 3 or more on the Likert scale. This suggests that, though all categories of students look to be competent with respect to job knowledge, GPA has a positive relationship with Job knowledge.

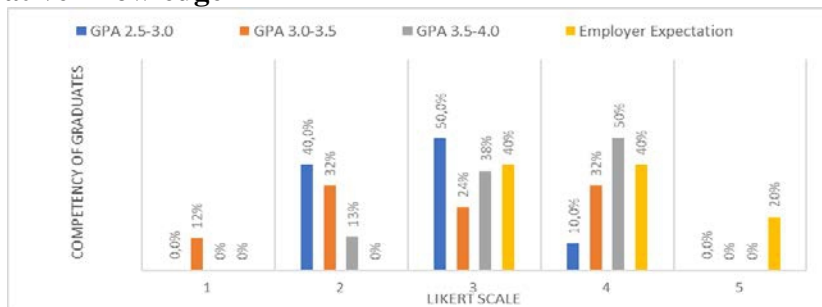
## IT knowledge

Figure 3 shows that 56% of the employers think IT knowledge is moderately important (3 on Likert scale). Hence, considering good IT knowledge (3 on Likert scale) is sufficient to show competency of graduates. Total 94%, 84% and 70% of good performing, average performing, and poor performing students respectively are average competent (3 on Likert scale). This figure also concludes GPA has a positive relationship with the competency of graduates in the job market.



**Figure 3.** Competency of graduates and employer's expectancy vs Likert scale for IT knowledge

### Innovative knowledge



**Figure 4.** Competency of graduates and employer's expectancy vs Likert scale for innovative knowledge

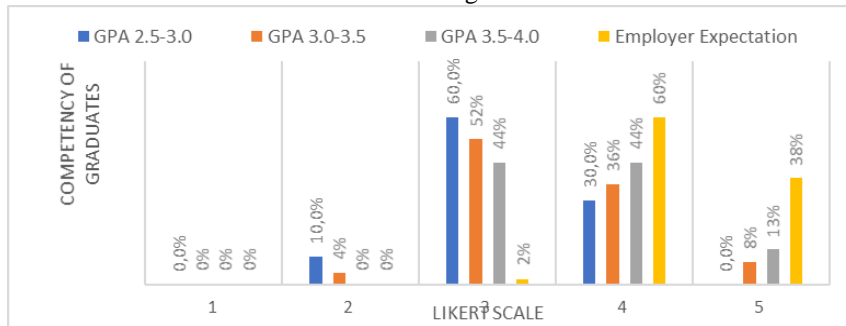
From the employer's point of view, innovative knowledge seems to be very important. A total of 60% of the employers think innovative knowledge is either important or extremely important. So, it is assumed Likert scale 4 is an acceptable value for the competency of graduates. The overall competence of graduates with respect to innovative knowledge seems to be poor having no graduates get excellent grades. However, 50%, 32% and 10% of good performing, average performing, and poor performing students respectively received 4 on the Likert scale. Here we again found a positive relationship between GPA and competency of graduates.

### Oral Knowledge

Oral knowledge is clear to be very important in all the sectors. 60% of employers thinks it is important (4 on Likert scale), while 40% think it is extremely important (5 on Likert scale). Good performing students showed their dominance in this quality, too, with 57% getting 4 or more Likert scale. Total 44% and 30% of average performing and poor performing students respectively received 4 on the Likert scale. Once again, we again found a positive relationship between GPA and competency of graduates. The plot also shows, nearly 60%, 52% and 44% of poor-performing, average

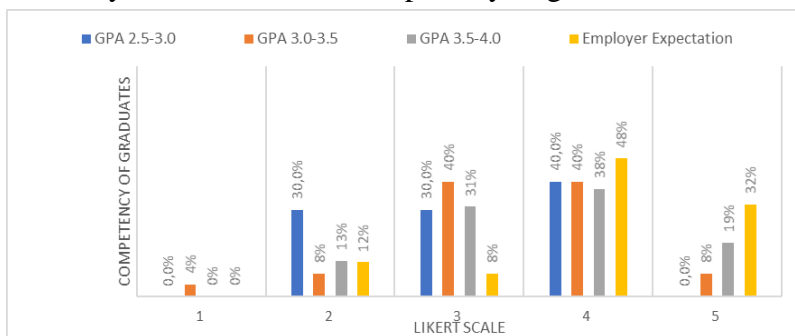
performing, and good performing students received good (3 on Likert scale), which indicates the good competence of the graduates.

**Figure 5.** Competency of graduates and employer’s expectation vs Likert scale for oral knowledge



### Written Knowledge

Written knowledge is also found to be very important to employers. 80% of employers think written knowledge is important or extremely important to be successful in the job. But there are some employers (12%) who think written knowledge is slightly important. The plot shows that 19% of good performing students and 8% of average performing students received excellent (5 on Likert scale) from their employers. The rest of the students show a kind of mixed competency. About 40% of all category students received 4 on the Likert scale and nearly 35% of all category students received 3 on the Likert scale. This suggests, for written knowledge, possibly GPA doesn’t hold any relation with the competency of graduates.

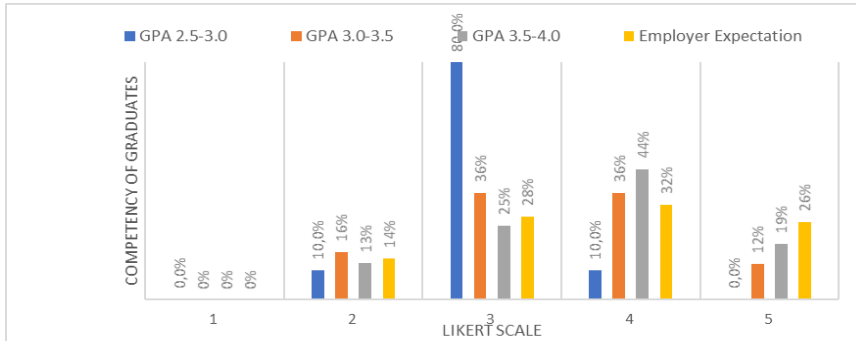


**Figure 6.** Competency of graduates and employer’s expectation vs Likert scale for written knowledge

### Presentation skill

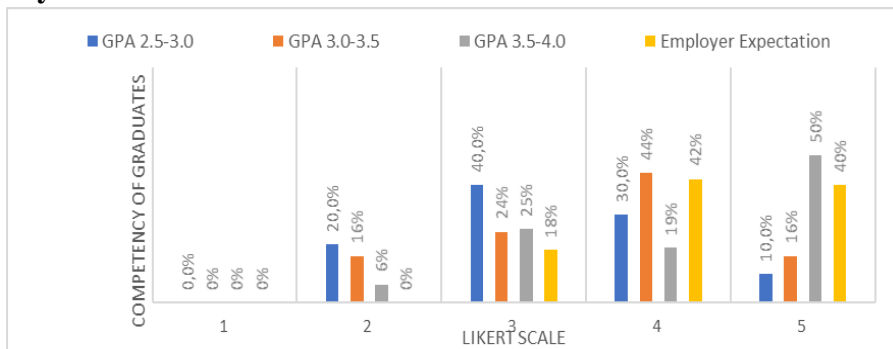
Figure 7 shows a total 84% of employers gave presentation skills to be moderately important or more (3 or more on Likert scale). The competency of good performing and average performing students is very good for this skill. Total 63% and 48% of good performing and average performing students

respectively received a very good or excellent rating from the employer. Surprisingly 80% of the poor performing students get good (Likert scale 3) competency from the employer. So, it is clear that for presentation skills, GPA holds a positive relationship with the competency of graduates.



**Figure 7.** Competency of graduates and employer's expectation vs Likert scale for presentation skill

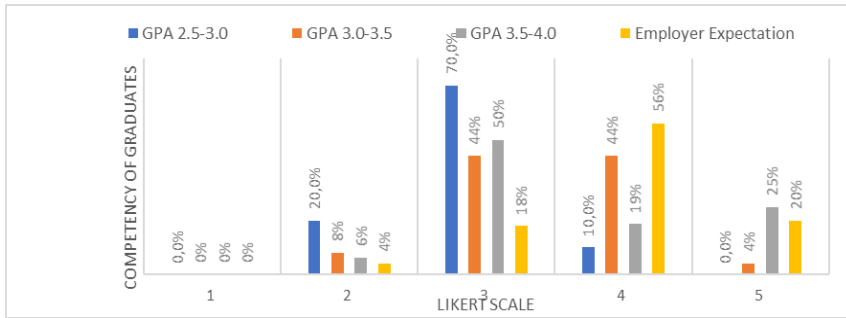
### Ability to work in a team



**Figure 8.** Competency of graduates and employer's expectation vs Likert scale for teamwork

Figure 8 shows a total 80% of employers expect or consider teamwork is important or extremely important (4 and 5 in Likert scale). The figure also suggests that a total of 69%, 60% and 40% of the good performing, average performing, and poor performing students show very good or excellent teamwork, respectively. So, it is clear GPA also indicates how good a team player an employee will be in the work field.

## Leadership

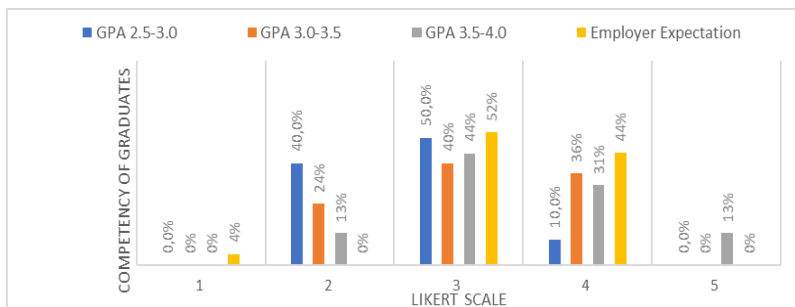


**Figure 9.** Competency of graduates and employer's expectation vs Likert scale for leadership

Figure 9 clearly shows that 76% of employers believe leadership quality is important or extremely important for employees. To analyze the competency, average performing students (48%) showed very good or excellent leadership than the good performing students (44%). But most of the students, 50% of good performing students, 44% of average performing students and 70% of the poor-performing students, show good leadership qualities. So, it is tough to say that GPA can predict the leadership quality of any employee. It was evident since, in calculating GPA, leadership quality cannot be included.

## Empathy

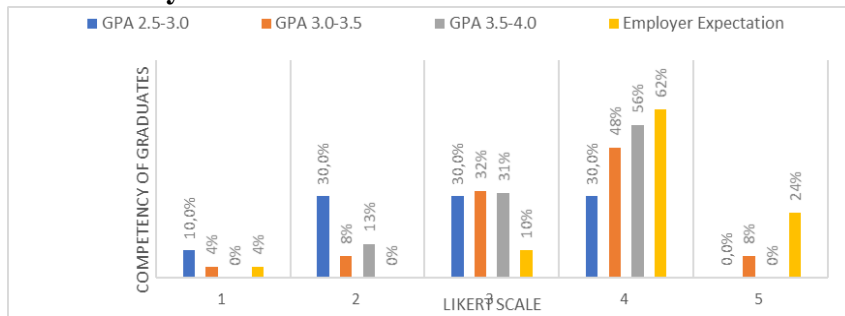
Here, 96% of the total employer think that being empathetic is moderately important or important (3 and 4 on the Likert scale) in industry. The plot also suggests the empathetic nature of the graduates. From the field, it is seen 87%, 76% and 60% of the good performing, average performing, and poor performing graduates are empathetic or very empathetic (Likert scale 3 or 4). Though empathy is never considered to calculate GPA even indirectly, it seems that good performing students are more empathetic than average or poor-performing students. In turn, empathy shows a positive relationship with GPA.



**Figure 10.** Competency of graduates and employer's expectation vs Likert scale for empathy

Here, 96% of the total employer think that being empathetic is moderately important or important (3 and 4 on the Likert scale) in industry. The plot also suggests the empathetic nature of the graduates. From the field, it is seen 87%, 76% and 60% of the good performing, average performing, and poor performing graduates are empathetic or very empathetic (Likert scale 3 or 4). Though empathy is never considered to calculate GPA even indirectly, it seems that good performing students are more empathetic than average or poor-performing students. In turn, empathy shows a positive relationship with GPA.

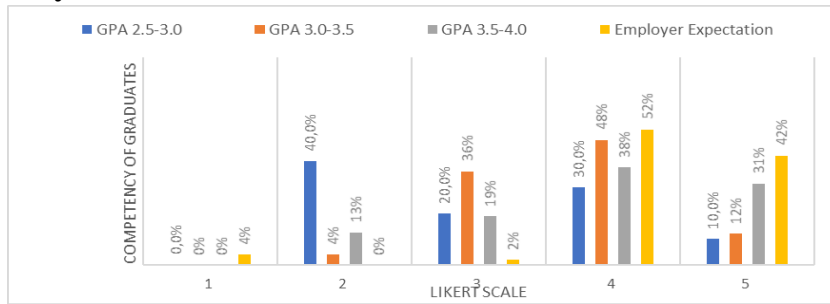
### Motivation ability



**Figure 11.** Competency of graduates and employer’s expectation vs Likert scale for motivational ability

In Figure 11, the employer’s expectation and graduate’s motivation for motivation are presented over the Likert scale. As expected, 86% of the total employers consider motivation an important or highly (4 or 5 on Likert scale) important quality. If we look into the competency of graduates, we see 56% of the good performing students show very good motivation ability while 31% show good motivation ability. Surprisingly there are 8% of average performing students showed excellent motivation ability, and 48% showed very good motivation. Poor performing students showed a lack of motivation ability having 30% in each average, good and very good motivation ability status. We found 10% of poor-performing students and 4% average performing students who showed poor motivation. So, it can be concluded that motivation also maintains a positive relationship with GPA.

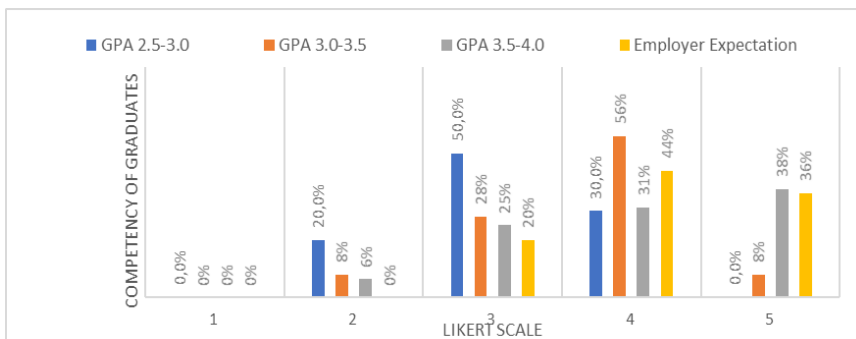
## Reliability



**Figure 12.** Competency of graduates and employer's expectation vs Likert scale for reliability

Figure 12 shows the employer's expectation and graduate's competence for reliability over the Likert scale. It is visible that 94% of the employers give reliability as Likert scale 4 and 5 that is important or extremely important. The plot also shows the graduate's competency in this virtue. Good performing students showed high competency securing 31% and 38% of the students getting very good and excellent from the employer. For average performing students, 12% received excellent, 48% very good and 36% received well on reliability from the employer. For poor performing students, 40% received an average from the employer. So, it is clear that reliability has a positive relationship with GPA resulting in good performing students being more reliable than poor-performing students.

## Appreciation of ethical values



**Figure 13.** Competency of graduates and employer's expectation vs Likert scale for appreciation of ethical value

Figure 13 shows the employer's expectation and graduate competence to appreciate ethical value over the Likert scale. A total of 80% of the employers think appreciation of ethical value is important or extremely important, while the rest 20% think it is moderately important. To look into the graduate's competency, we find that 38%, 35%, and 21% of good performing students

received excellent, very good and good performance (5,4,3 in Likert scale). So it is clear that good performing students are highly competent. Among the average performing students, 8%, 56%, and 28% students got excellent, very good and good performance (5,4,3 on Likert scale) respectively. So they are also very competent. Among the poor performing students, no one received excellent grades from the employers. Most of them (50%) received good from their employers. So, it looks that appreciation of ethical values has a positive relation with GPA.

### Adaptability

Figure 14 shows the expectancy of employer and graduate's competency with respect to adaptability. For the plot it is clear 98% of the employers think adaptability is important or extremely important (4 or 5 on Likert scale). For the graduate's competency, we see a mixed response. 31%, 38% and 21% of the good performing students received excellent, very good and good competence (Likert scale 5,4 and 3) from the employer. Among the average performing students, 28%, 32% and 36% received excellent, very good and good competence for adaptability. Among the poor performing students, 10%, 50%, and 30% got excellent, very good and good competence from the employer. So it seems that all the graduates are fairly competent in adaptability. This data concludes there is possibly no relationship between adaptability and GPA.

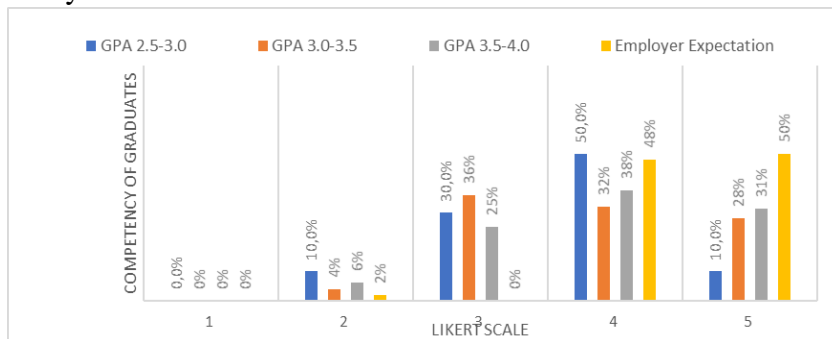
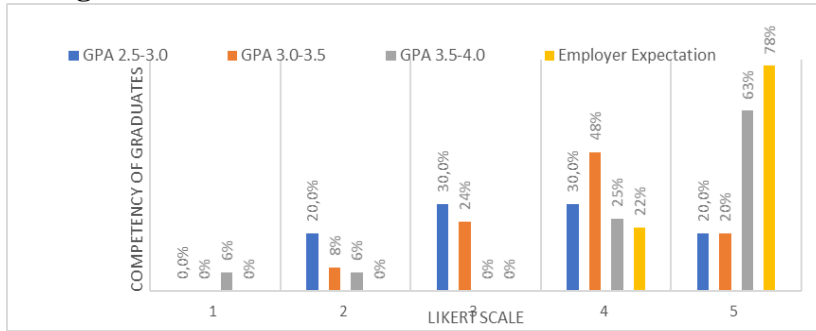


Figure 14. Competency of graduates and employer's expectation vs Likert scale for adaptability



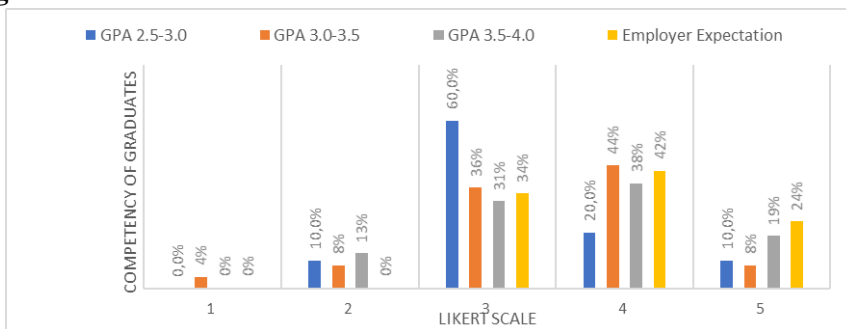
## Time management



**Figure 15.** Competency of graduates and employer's expectation vs Likert scale for time management

Figure 15 clearly shows 100% of the employers consider time management as important or extremely important (4 and 5 on Likert scale). Good performing students showed their excellent competence by 63% of the total students receiving excellent from the employer. Although 6% of the good performing students received poor ratings (1 on the Likert scale), 88% of the total good performing students received very good or excellent from the employer. Average performing students also showed good competency by 20%, 48%, and 24% of the students receiving excellent, very good and good remarks from the employer. The poor-performing students got mixed comments. 20%, 30%, 30% and 20% of the total students received excellent, very good, good and average remarks from the employers. So it can be concluded that time management quality is positively related to GPA. Better performing students are expected to have more time management skills.

## Judgment



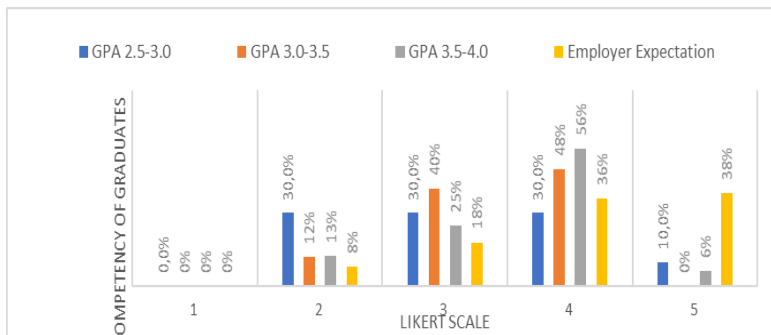
**Figure 16.** Competency of graduates and employer's expectation vs Likert scale for judgment

Total 24%, 42% and 34% of the employers think judgement is extremely important, important and moderately important (Likert scale 5,4 and 3), respectively. So, it is clear that the judgment of the employee is

important to the employers. Now to see the competency of the graduates, the plot shows a mixed nature. Total 19%, 38% and 31% of the good performing students received excellent, very good and good (Likert scale 5,4 and 3). In comparison, 8%, 44% and 36% of the average performing students received excellent, very good and good (Likert scale 5,4 and 3), respectively. Close performance is also observed for poor-performing students with 10%, 20%, and 60% of them received excellent, very good and good (Likert scale 5,4 and 3). So a total of 57% of good performing students, 52% of average performing students and 30% of the poor performing students received very well or excellent from the employer. Nearly 40% of good and average performing students and 60% of poor-performing students received well. So, it can be concluded that judgment may have no relationship with GPA.

**Problem formulation, solving and decision-making skills:**

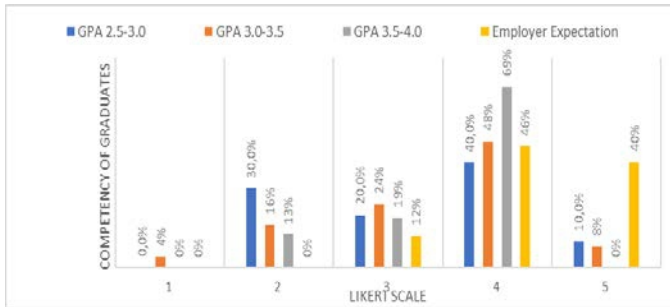
Here, 38%, 36%, 18% and 8% of the employers consider this skill is extremely important, important, moderately important and slightly important (Lyert scale 5,4,3 and 2), respectively. The plot also shows 87% of the good performing students, 88% of the average performing students and 70% of the poor performing students received excellent, very good and good (Likert scale 5,4 and 3) from the employer. So, it can be said there may be a weak positive relation of problem formulation, solving and decision-making skills with GPA.



**Figure 17.** Competency of graduates and employer’s expectation vs Likert scale for problem formulation, solving and decision-making skill

**Collecting and analyzing appropriate data**

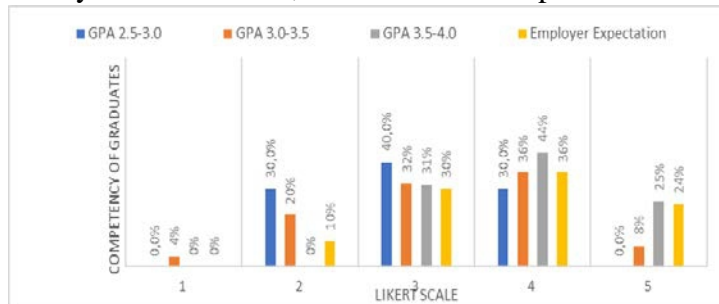
Figure 18 shows that 86% of the employers think this quality is either extremely important or important (Likert scale 5 and 4). The plot also suggests the dominance of good performing students for this quality. Total 69%, 56% and 50% of good performing, average performing, and poor performing received excellent and very good remarks from the employee. So, it is visible that collecting and analyzing appropriate data skills has a positive relationship with GPA.



**Figure 18.** Competency of graduates and employer's expectation vs Likert scale for collecting and analyzing appropriate data

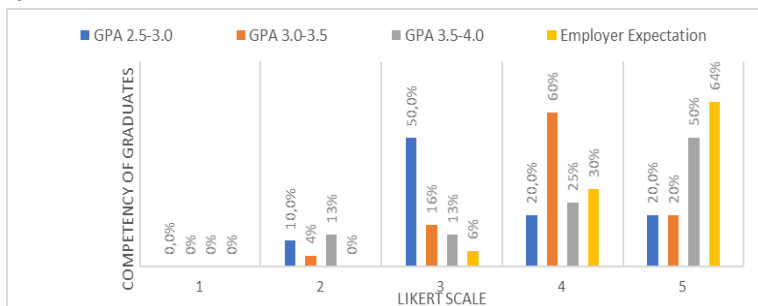
### Ability to link theory to practice

Figure 19 indicates that employees do not consider this ability very important. 24%, 36%, 30% and 10% of the total employer think this ability to be extremely important, important, moderately important and slightly important (5,4,3 and 2 on Likert scale), respectively. Graduate's competency also shows a mixed type of nature. 25% of the good performing students and 8% of average performing students received excellent from the employer, while most of the students received average or good remarks from the employer. So, it can be concluded that the ability to link theory to practice a skill is positively related to GPA, but the relationship is weak.



**Figure 19.** Competency of graduates and employer's expectation vs Likert scale for the ability to link theory to practical

### Discipline

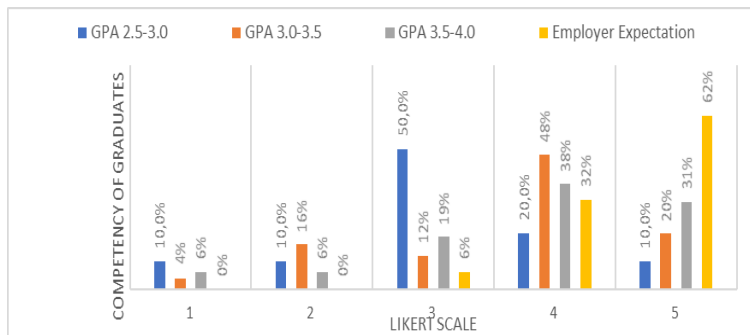


**Figure 20.** Competency of graduates and employer's expectation vs Likert scale for discipline

64% of the employers think discipline is extremely important, while 30% think this is important. Good performing students are very disciplined, 50% of them received excellent and 25% received very good remarks. Average performing students also did very well; 20% received excellent, while 60% received very good remarks. Poor performing students received various remarks, while half of them received average remarks from the employer. So it is clear that discipline has a solid positive relationship with GPA. Good performing students are expected to be more disciplined than average or poor-performing students.

### Sense of responsibility

62% of the employers think a sense of responsibility is extremely important, while 32% think it is important. The competency of good performing and average performing students are found to be good. A total of 69% and 68% of good performing and average performing students respectively received excellent or very good remarks from the employers. Most of the poor performing students (50%) received good remarks. So, it can be concluded again that a sense of responsibility has a positive relation with GPA.



**Figure 21.** Competency of graduates and employer’s expectancy vs Likert scale for sense of responsibility

### Future Work

In the current study, the authors considered fifty graduates from a reputed university of Bangladesh as sample size and their competency in overall textile job sectors. The textile field is an enormous field with several sub-branches. So, the study should be extended soon with a higher number of students taking from other institutes and covering different textile job sectors of the country.

### Conclusion

During employment, the grades they obtained in their university are the primary assessing tool the employers have. Unfortunately, educators around

the globe are still in a dilemma whether good grades in university are a good indicator of future job performance? A survey-based investigation is performed in the current study to shed some light on this matter in the textile industry in Bangladesh. The authors used twenty dimensions of quality to see how important they are to the employers and how competent the graduates are on these quality dimensions. The study showed that with a few exceptions, for most of the quality dimensions, students with good academic results are better competent than graduates with average and poor academic results. From this, it can be concluded that a good university grade from this university can be considered to forecast good job performance in the future in the textile sector.

### **Acknowledgement**

The authors acknowledge the Institutional Quality Assessment Cell (IQAC), University Grants Commission of Bangladesh and World Bank for funding and providing guidelines for this study.

### **References:**

1. 'In the eyes of the beholder': the influence of academic performance and extracurricular activities on the perceived employability of Chinese business graduates. (2018). *Asia Pacific Journal of Human Resources*, 57(4).
2. Alex Tymon, S. B. (2016). Improved academic performance and enhanced employability? The potential double benefit of proactivity for business graduates. *Teaching in Higher Education*, 21(8), 915-932.
3. Alexandre Gareau, M. C. (2019). The detrimental effect of academic procrastination on subsequent grades: the mediating role of coping over and above past achievement and working memory capacity. *Anxiety, Stress, & Coping*, 32(2), 141-154.
4. Brooke Harris-Reeves, J. M. (2017). Brief work-integrated learning opportunities and first-year university students' perceptions of employability and academic performance. *Australian Journal of Career Development*, 26(1), 32–37.
5. Carol P. Huie, T. C. (2020). The Impact of Tacit Knowledge Sharing on Job Performance. *International Journal on Social and Education Sciences*, 2(1), 34-40.
6. Faith, J. A. (2014). Perceived Relationship Between Employee Academic Qualifications And Job Performance In Mukuru Slums Development Projects, Nairobi County.
7. Filip Lievens, P. R. (2012). The Validity of Interpersonal Skills Assessment Via Situational Judgment Tests for Predicting Academic Success and Job Performance. *Journal of Applied Psychology*, 97(2), 460–468.

8. Georg Krammer, M. S. (2016). Realistic job expectations predict academic achievement. *Learning and Individual Differences*, 51, 341-348.
9. K. Subhash Bhagavan, J. T. (2020). Predictive analysis of student academic performance and employability chances using HLVQ algorithm. *Journal of Ambient Intelligence and Humanized Computing*.
10. Lekhanath Khanal, P. D. (2017). Knowledge Management, Employee Satisfaction and Performance: Empirical Evidence from Nepal. *Saudi Journal of Business and Management Studies*, 2(2), 82-91.
11. Lina Al-Abbadia, R. A. (2020). Knowledge management processes and innovation performance: The moderating effect of employees' knowledge hoarding. *Management Science Letters*, 10, 1463–1472.
12. Luisa H. Pinto, D. C. (2017). Perceived employability of business graduates: The effect of academic performance and extracurricular activities. *Journal of Vocational Behavior*, 99, 165–178.
13. Mafeng Dauda Gyemanga, O. L. (2020). The roles of dynamic capabilities, innovation, organizational agility and knowledge management on competitive performance in telecommunication industry. *Management Science Letters*, 10, 1533–1542.
14. Mir Hamid Reza Torabia, A. K. (2016). An Investigation of the Impact of Knowledge Management on Human Resource Performance in Management of Keshavarzi Bank Branches in Tehran. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 230, 471 – 481.
15. Nathan R. Kuncel, S. A. (2004). Academic Performance, Career Potential, Creativity, and Job Performance: Can One Construct Predict Them All? *Journal of Personality and Social Psychology*, 86(1), 148–161.
16. Tripti Mishra, D. K. (2017). Students' Performance and Employability Prediction through Data Mining: A Survey. *Indian Journal of Science and Technology*, 10(24).



ESJ Natural/Life/Medical Sciences

## **Inventaire Et Évaluation Scientifique Des Géosites Des Falaises De Fresco En Côte d'Ivoire**

*Wrohou Bénédicte Dibo*

*Ezzoura Errami*

*N'Goran Jean-Paul Yao*

Département de Géosciences Marines, UFR des Sciences de la Terre et des Ressources Minières, Université Félix Houphouët Boigny, Abidjan, Côte d'Ivoire

Faculté Polydisciplinaire de Safi, Université Cadi Ayyad, Marrakech, Maroc

*Kouamé Léger Djeya*

*Juliette Tea*

*Gboméa Marcelle Gaily*

*Zéli Bruno Digbehi*

Département de Géosciences Marines, UFR des Sciences de la Terre et des Ressources Minières, Université Félix Houphouët Boigny, Abidjan, Côte d'Ivoire

Société Nationale d'Opération Pétrolière de Côte d'Ivoire

[Doi:10.19044/esj.2021.v17n25p150](https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n25p150)

Submitted: 20 March 2021

Accepted: 21 June 2021

Published: 31 July 2021

Copyright 2021 Author(s)

Under Creative Commons BY-NC-ND

4.0 OPEN ACCESS

*Cite As:*

Dibo.W.B., Errami E., Jean-Paul Yao N'G., Djeya K.L., Tea J., Gaily G.M. & Digbehi Z.B.(2021). *Inventaire Et Évaluation Scientifique Des Géosites Des Falaises De Fresco En Côte d'Ivoire*. European Scientific Journal, ESJ, 17(25), 150.

<https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n25p150>

### **Résumé**

Plusieurs pays africains ont adhéré au Réseau Africain de Géoparc (AGN) et ont entrepris de nombreuses études sur le géopatrimoine suite aux investigations menées par cette organisation pour promouvoir les richesses naturelles des pays africains. Les falaises de Fresco, premiers sites identifiés en Côte d'Ivoire, sont connues pour leurs richesses géologiques et écologiques. Ainsi, une étude bibliographique approfondie et complétée par l'analyse des données géologiques sur l'ensemble de ces affleurements ont permis de faire l'inventaire des éléments de valeur des falaises et de les évaluer

sur le plan scientifique. L'évaluation de ces géosites (ensemble des cinq falaises) a livré une valeur moyenne de 0,7/1 et a ainsi confirmé leur importance en tant que géosites potentiels. L'environnement naturel aux alentours des falaises renferme une riche biodiversité de végétation littorale abritant de nombreuses espèces animales dont certaines sont en voie de disparition. Cette étude aura permis d'évaluer les falaises comme élément important de la géodiversité pouvant favoriser la promotion du géotourisme et contribuer au développement socio-économique de la région de Fresco.

---

**Keywords:** Géopatrimoine, Falaises, Valeur Scientifique, Biodiversité, Fresco, Géoparc, AGN, Géotourisme

## **Inventory And Scientific Assessment Of The Geosites Of The Cliffs Of Fresco In Côte d'Ivoire**

*Wrohou Bénédicte Dibo*

*Ezzoura Errami*

*N'Goran Jean-Paul Yao*

Département de Géosciences Marines, UFR des Sciences de la Terre et des Ressources Minières, Université Félix Houphouët Boigny, Abidjan, Côte d'Ivoire

Faculté Polydisciplinaire de Safi, Université Cadi Ayyad, Marrakech, Maroc

*Kouamé Léger Djeya*

*Juliette Tea*

*Gboméa Marcelle Gauly*

*Zéli Bruno Digbehi*

Département de Géosciences Marines, UFR des Sciences de la Terre et des Ressources Minières, Université Félix Houphouët Boigny, Abidjan, Côte d'Ivoire

Société Nationale d'Opération Pétrolière de Côte d'Ivoire

---

### **Abstract**

Several African countries have joined the African Geopark Network (AGN) and have undertaken numerous studies on geoheritage following the investigations carried out by this organization to promote the natural resources of African countries. The Fresco escarpments, the first site identified in Côte d'Ivoire, are known for their geologic and biologic wealth. Thus, an in-depth bibliographical study completed by the analysis of geological data made it possible to make an inventory of the elements of geodiversity of the five escarpments and to evaluate their scientific value. The evaluation of these geosites (all five cliffs) yielded an average of 0.7/1; and confirmed their



importance as potential geosites. The natural environment around the cliffs contains a rich biodiversity of coastal vegetation, home to many animal species that some of them are endangered. This study will have made it possible to assess the cliffs as an important element of geodiversity that can allow the promotion of geotourism and contribute to the socio-economic development of the Fresco region.

---

**Keywords:** Geoheritage, Cliffs, Scientific Value, Biodiversity, Fresco, Geopark, AGN, Geotourism

## Introduction

L'inventaire, la valorisation, la conservation et la promotion des sites géologiques en Afrique qui ont des atouts exceptionnels (scientifiques, pédagogiques, culturels et esthétiques) à l'échelle locale, nationale et internationale, est un des objectifs principaux visés par le Réseau Africain de Géoparcs nommé en anglais "African Geoparks Network (AGN)". Ce dernier a été créé par l'Association Africaine des Femmes en Géosciences (AAWG) lors de la préparation de sa 5<sup>ème</sup> conférence tenue en 2009 à Abidjan (Côte d'Ivoire). Ainsi, plusieurs travaux portant sur le géopatrimoine et la création de géoparcs ont été entrepris dans différents pays africains (Maroc, Ethiopie, Algérie, Sénégal, Côte d'Ivoire, Cameroun, Tanzanie, Afrique du Sud, etc.). Aussi, l'AGN a organisé en association avec d'autres partenaires plusieurs tables rondes, conférences, groupes de travail et visites de sites dans différents pays africains (Errami *et al.*, 2013). Le but ultime en est de sensibiliser les populations et les autorités locales et les gouvernements de chaque pays sur l'importance de leur géopatrimoine comme outil potentiel de développement socio-économique local durable à travers la promotion du géotourisme et la création de géoparcs. Ainsi, les éléments de la géodiversité (roches, minéraux, fossiles, reliefs...) pourront être utilisés d'une manière durable qui, tout en assurant leur conservation, leur permet de jouer pleinement leur rôle de développement humain et socio-économique local durable. Selon l'AGN, la création de géoparc pourrait être un facteur de développement socio-économique local à travers la création de routes, l'électrification, l'apport en eau potable ; mais aussi l'exploitation des produits locaux et la promotion des richesses culturelles et la promotion d'une nouvelle niche touristique, le géotourisme. Les géoparcs constituent aussi une source de cohésion sociale et de paix dans la région, à l'échelle nationale ainsi qu'entre pays africains (Errami *et al.* 2015).

Toutes ces investigations de l'AGN ont favorisé l'élan considérable depuis quelques années des pays déjà visités à travers des études entreprises portant sur l'inventaire de leurs géosites potentiels. En effet, l'AGN a débuté ses activités un an après sa création en Côte d'Ivoire en 2010 ; et pendant la

5<sup>ème</sup> conférence de l'AAWG, les falaises de Fresco ont été visitées et identifiées comme étant des géosites pouvant être valorisés à l'échelle locale, nationale, voire internationale. La Côte d'Ivoire a ratifié la convention pour la protection du patrimoine mondial culturel et naturel de l'UNESCO en 1981 et compte cinq biens patrimoniaux : le parc national de Taï (1982), la ville historique de Grand-Bassam (2012), la danse Zaouli en pays Gouro (2017, le plus récent), le parc national de la Comoé (1983), la réserve naturelle intégrale du mont Nimba (1981). Les deux derniers étant depuis peu sur la liste du patrimoine mondial en péril pour manque d'assistance conforme aux termes de la convention.

Le choix porté sur les falaises de Fresco est lié à leur importance scientifique. Du point de vue stratigraphique, elles représentent le seul site où affleurent les formations marines (argiles et calcaires glauconieux) d'âge Paléocène-Eocène dans le bassin sédimentaire sud-ouest de la Côte d'Ivoire (Martin & Tastet, 1972). Ces falaises présentent un contenu fossilifère riche auquel sont associées de nombreuses figures sédimentaires (stratifications obliques, hardgrounds, bioturbations) ; elles ont fait l'objet de nombreux travaux géologiques (Remy, 1960 ; Tessier, 1960 ; Lys, 1961 ; Tastet & Roques, 1969 ; Yao, 2012) et ayant fournis des informations importantes sur le plan sédimentologique, paléontologique et stratigraphique (lithostratigraphie du bassin sud-ouest, l'âge relatif des formations, etc.). Par ailleurs, les indices d'hydrocarbures découverts à travers les argiles noires bitumineuses au niveau de ces falaises ont suscité un intérêt et des campagnes d'exploration des sociétés pétrolières notamment la PETROCI. Le but de ce travail est d'identifier, d'inventorier et d'évaluer la géodiversité des falaises de Fresco dans le but de montrer leur richesse en tant qu'élément important du géopatrimoine. L'évaluation scientifique de ces géosites, complétée par un inventaire général de la biodiversité et des richesses culturelles et socio-économiques de la zone permet d'accorder une attention particulière à la région pouvant jouer un rôle capital dans la création du géoparc sud-ouest ivoirien.

## **Cadre Géographique**

### **Localisation**

Fresco est une ville située au sud-ouest de la Côte d'Ivoire à environ 200 km de la ville d'Abidjan sur le littoral dans la région du Gbôklè. Elle est limitée à l'ouest par la ville de Sassandra, à l'est par la ville de Grand-Lahou, au Nord par la ville de Divo et au Sud en contact direct avec le golfe de Guinée. Fresco (5°05'00''N/5°34'00''W) s'étend sur une superficie de 3255km<sup>2</sup> et compte près de 41058 habitants (RGPH 2014). Le nom "Fresco" désigne une localité au Portugal, a été donné à cette localité en Côte d'Ivoire, vers 1472 par un explorateur portugais qui naviguait dans le golfe de Guinée

pour des échanges commerciaux. En 1967, du fait des menaces constantes de la mer, les populations ont dû quitter les côtes (ancien site Fresco-village) pour s'installer sur la terre ferme. Aujourd'hui, la nouvelle ville de Fresco surplombe la lagune N'gni appelée aussi la lagune de Fresco.

### **Géographie physique**

Fresco est situé sur le littoral ivoirien et est par conséquent soumis aux conditions naturelles et environnementales de ce milieu. Le littoral s'étend du cap des Points à l'Est vers le cap des Palmes à l'Ouest et est limité au Nord par la route côtière à l'ouest d'Abidjan et la route de Noé en passant par Alépé à l'est. Dans la partie sud, il est délimité par l'isobathe 120 m. Sa superficie est estimée à 23253 km<sup>2</sup> soit 7% de la superficie totale de la Côte d'Ivoire qui est de 322462 km<sup>2</sup> (Ministère de l'environnement 2003 *in* N'Dri 2008). Le relief de la région de Fresco est parsemé de bas et de hauts plateaux, de plaines, de vallées et de bas-fonds marécageux alimentés par un important réseau hydrographique de rivières, fleuves (Bolo et Niouniourou) alimentant la lagune N'gni et qui à son tour atteint la mer par moment. Le littoral est la région la plus arrosée de la Côte d'Ivoire avec des précipitations annuelles supérieures à 1500 mm. La zone qui abrite Fresco reçoit entre 1600 et 1800 mm par an ; le climat reste pratiquement humide toute l'année (taux d'humidité 80%), avec une température moyenne de 27°C. Les sols sont hydromorphes plus ou moins humides adaptés à une végétation de forêt littorale associée aux groupements herbacés et fourrés littoraux. Les forêts marécageuses à dominante *Mitragyna ciliata*, *Symphonia globulifera* et *Raphia* abondent et les mangroves formées sur les sols hydromorphes à gley dans les estuaires sont dominées par les espèces arborées à palétuvers rouge *Rhizophora racemosa* et palétuvers blanc *Avicennia germinans* mais remplacées au fil du temps par une strate herbacée à *Paspalum vaginatum* ou arbustive à *Drepanocarpus lunatus* et *Dalbergia ecastaphyllum* (Egnankou, 2009). La forêt, presque entièrement détruite pour les cultures et la végétation, ne peut plus assurer totalement son rôle de protection des côtes et les mangroves détruites ne servent plus d'habitat privilégié pour de nombreuses espèces animales (poissons, crustacés, reptiles, oiseaux...). Le lamantin d'Afrique *Trichechus senegalensis* en voie de disparition vivant dans la lagune de Fresco fait l'objet de mesures de protection grâce au projet lamantin entrepris en collaboration avec la Wildlife Conservation Society (WCS) de New York depuis 1986. Ce projet couvre la région côtière qui s'étend de Grand-Lahou à Fresco.

### **Géographie humaine**

Les populations autochtones qui occupent la zone de Fresco proviennent de la rencontre entre les deux grands groupes ethniques qui

constituent les peuples du littoral : les Akans (les plus nombreux, côte est) et les Krous (en minorité, côte ouest). La langue parlée est le “Godié”. Le littoral ouest est peu peuplé contrairement à l’est qui présente une très forte population car les plus grands secteurs d’activité économique du pays sont regroupés autour d’Abidjan, la capitale économique du pays. A l’origine, le peuple Godié étant installé directement sur la côte entre la lagune et la mer vivait de la pêche principalement ; mais aujourd’hui, les populations s’adonnent à l’agriculture comme activité principale. La pêche est laissée aux étrangers dominés par les Fantis venus du Ghana (Fig 8a); ceux-ci se sentent lésés par la pêche moderne industrielle pratiquée à l’aide de chalutiers et produisant en très grande quantité. Les populations burkinabés, installées dans la région, constituent une main d’œuvre agricole très importante. Les boualés (peuples du centre de la Côte d’Ivoire) y habitent depuis de nombreuses années, dans des petits campements, et produisent de très grandes quantités de cacao (1<sup>er</sup> produit agricole de la région) et les autres cultures de rente telles que le café, l’hévéa, le palmier à huile, les noix de coco et aussi les produits vivriers (igname, riz, maïs, légumes, les agrumes). Le manioc, qui sert à la fabrication de l’attiéké, est produit continuellement constitue une source de revenu importante pour les femmes ; ce qui constitue au développement dans la région d’une activité commerciale intense. Quant à l’activité touristique, elle occupe une place moins importante car les plages de la zone de Fresco sont peu valorisées par rapport aux plages de la région sud-ouest (Monogaga, baie des sirènes à Grand-béréby) et donc moins fréquentées du fait de la vétusté des infrastructures de la ville et du mauvais état de la route qui rend son accès difficile.

### **Cadre Géologique**

La géologie de la Côte d’Ivoire (Tastet *et al.* 1993, Mondé 1997, Sombo 2002, Digbéhi *et al.* 2011, Coulibaly *et al.* 2012, Gnanzou 2014) révèle deux parties distinctes (i) un socle précambrien scindé en deux domaines : un domaine archéen (10% du territoire) et un domaine protérozoïque (le reste du socle) dominé par les formations d’âge birrimien. Il est constitué de roches magmatiques (granites et granitoïdes, ...) et de roches métamorphiques (micaschistes, gneiss, migmatites, ...) parfois recoupées par des filons de roches basiques (dolérites); (ii) un bassin sédimentaire qui s’est formé au Jurassique supérieur au cours du rifting intracratonique et qui a séparé l’Afrique occidentale et l’Amérique latine lors de l’ouverture de l’Atlantique. Sa partie émergée représente 2,5% (Fig 1) de la superficie du territoire et est traversée d’est en ouest par une importante faille « l’accident majeur des lagunes ». Celle-ci sépare : une partie nord avec une zone de couverture peu épaisse (hauts plateaux) constituée de sable, argile et grès plus ou moins ferrugineux (latérite) d’âges mio-pliocène et quaternaire et une partie sud où

le bassin est subsident dans sa partie est, et où les formations sont dominées par des sédiments sablo-argileux marins d'âge crétacé supérieur au quaternaire qui représentent les bas plateaux et les plaines.

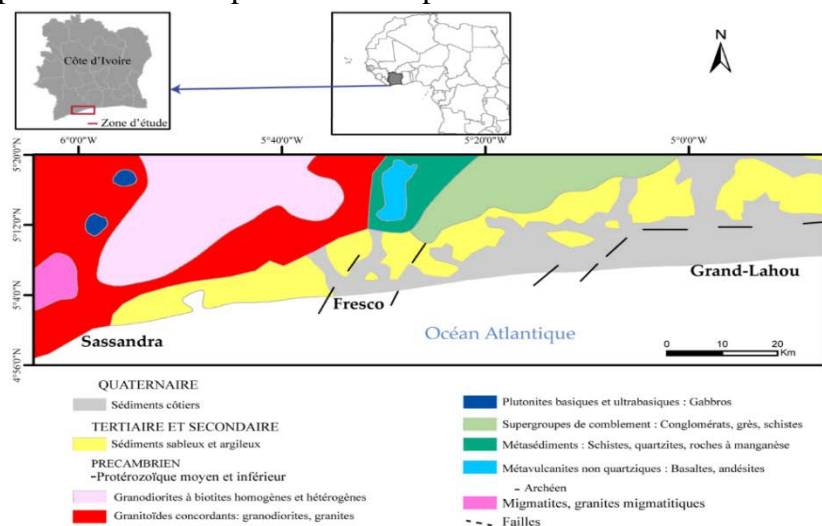


Figure 1. Carte géologique de la zone d'étude

Des études antérieures (Martin & Tastet, 1972) ont indiqué que cet accident majeur serait accompagné de failles satellites qui lui sont parallèles et des failles méridiennes nord-sud. Ainsi, ces failles parallèles à la ligne de rivage sont probablement à l'origine de la formation des falaises vives de Fresco (Yao, 2012). En dehors de ces hautes falaises, on y trouve les bas plateaux formés de sables et d'argiles d'origine continentale de faible altitude (8 à 12 m environ). Ils forment un glacis sablo-argileux, aux pieds des hauts plateaux (Assemien *et al.*, 1970), qui est considéré comme un épandage fluvial de matériaux issus du continental terminal et des sables quaternaires. Les cordons sableux marins (1,5 à 6 m) plus ou moins parallèles à la côte atteignent parfois des altitudes supérieures sur le littoral. Dans les affleurements des falaises fossilifères de Fresco apparaissent des formations d'argiles calcaires et gréseuses d'âge Paléocène-Eocène ; et qui leur confèrent une importance exceptionnelle à valoriser parmi les formations sédimentaires qui longent le littoral ivoirien.

### Approche Methodologique

L'identification, des géosites potentiels d'une région donnée, suit une démarche systématique. Elle débute par un inventaire des sites d'intérêt géologique à travers une revue bibliographique des études déjà menées et des visites de terrain dans la zone concernée. Ensuite l'évaluation des sites identifiés se fait selon une analyse qualitative et quantitative en attribuant des notes pour chaque critère qui caractérise les éléments de valeur des différents

sites d'intérêt. Pour qu'un site soit considéré comme définitif, c'est-à-dire un géosite, il est nécessaire que sa valeur soit élevée et justifiée sur la base de la note totale (moyenne) obtenue en faisant la somme des différentes notes attribuées par critère d'évaluation pour chaque élément qui compose ce site.

## **Inventaire**

Selon Grandgirard (1999), réaliser un inventaire répond à trois objectifs : recenser, et classer des objets géologiques, mettre en exergue des éléments de valeur à des fins de sensibilisation et aussi pour des raisons de protection des sites géologiques. L'inventaire prend en compte également les éléments de la biodiversité; ainsi inventorier revient à identifier, recenser, dénombrer et classer les objets de la géodiversité et de la biodiversité susceptibles d'avoir une valeur particulière pouvant les intégrer dans le géopatrimoine. Dans le cas de cette étude, l'inventaire porte principalement sur les éléments de valeur qui caractérisent les falaises au plan scientifique. Ces falaises représentent le géosite principal le mieux connu qui caractérise la zone de Fresco. Ainsi, le but de cet inventaire est de faire l'analyse de détail du contenu des différentes strates (lithologie, fossiles, figures sédimentaires) qui permettra de les évaluer et de les présenter en tant qu'élément important de la géodiversité à valoriser sur divers plans : local, national et international comme patrimoine géologique.

## **Evaluation scientifique**

Elle permet d'analyser qualitativement et quantitativement chaque géosite identifié à travers les critères choisis qui caractérisent les valeurs intrinsèques du géosite. Ces valeurs permettent de le distinguer comme géosite potentiel ou non. Selon Reynard *et al.* (2007), les éléments caractéristiques ou critères d'évaluation prennent en compte d'une part la valeur scientifique qui représente la valeur centrale et d'autre part les valeurs additionnelles (valeurs écologiques, esthétiques, culturelles et économiques). Pour l'évaluation scientifique, plusieurs auteurs se sont basés sur les trois critères principaux proposés par Grandgirard (1999) à savoir la rareté, l'intégrité et la représentativité puis l'ont adapté à chaque fois en fonction de l'échelle d'analyse et de l'objectif des projets d'étude (Reynard, 2004 ; Reynard *et al.* 2007; Poirier, 2008 ; Martin, 2011 ; Iosif, 2014 ; Reynard *et al.*, 2016...). L'évaluation scientifique des falaises de Fresco s'appuie sur la méthode de Reynard *et al.* (2016). Celle-ci utilise comme critères: l'intégrité, la représentativité, la rareté et la valeur paléogéographique; chacun de ces critères est évalué indépendamment par un score numérique allant jusqu'à 1 (valeur plus élevée) par intervalle de 0,25. Les sites à grande valeur scientifique sélectionnés devraient être les meilleures de la région en ce qui

concerne leur capacité à illustrer les processus et phénomènes géologiques visant la promotion des géosciences et devraient se présenter dans un bon état de conservation avec des caractéristiques qui les différencient des autres sites ayant des caractéristiques géologiques similaires (Reynard & Brilha, 2018).

## **Resultats: Valeur Scientifique Des Falaises Inventaire**

Les côtes qui bordent la partie sud de la ville de Fresco sont caractérisées par des falaises vives en contact permanent avec la mer. Ces falaises s'étendent sur près de 15 km de Fresco à Dassioko et sont connues pour leur richesse sédimentologique, paléontologique et stratigraphique.

Les eaux d'infiltration et l'effet de la houle qui vient battre régulièrement ces falaises, les exposent à l'érosion et entraînent des éboulements qui sont fréquents. Ainsi, les flancs décapés laissent entrevoir à travers les couches sédimentaires formées essentiellement de sables et d'argiles, de nombreuses figures sédimentaires (stratifications entrecroisées, stratifications obliques, grands chenaux, figures d'érosion) traduisant les mouvements eustatiques anciens ainsi que les processus sédimentaires qui y sont associés et révèlent l'histoire du bassin.

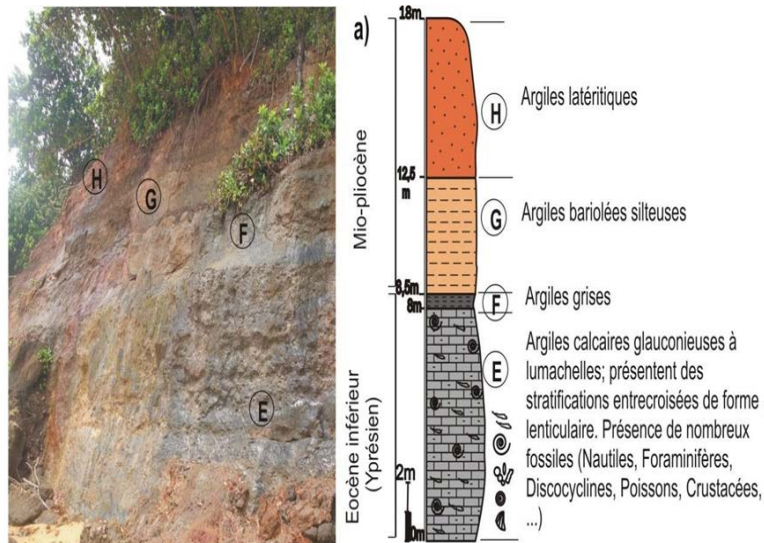
Certaines unités basales des falaises dans les argiles calcaires glauconieuses renferment un contenu fossilifère riche composé de nautilus, de foraminifères planctoniques et benthiques, des ostracodes, des gastéropodes, des discocyclines et des crustacés. Ces couches fossilifères sont connues comme les seules formations d'âge Paléocène-éocène qui affleurent dans le bassin sud-ouest ivoirien, ce qui leur confère une importance encore plus significative sur le plan scientifique. Cette richesse que révèlent les falaises de Fresco justifie les nombreuses missions d'études géologiques qui y sont organisées chaque année par les universités et les grandes écoles ivoiriennes notamment l'Unité de Formation et de Recherches des Sciences de la Terre et des Ressources Minières (UFR- STRM) de l'université Félix Houphouët Boigny, l'Institut National Polytechnique Houphouët Boigny (INPHB), les groupes LOKO, l'Ecole Supérieure des Bâtiments et Travaux Publics (ESBTP), etc. Ces falaises s'étendent de Fresco à Dassioko et peuvent atteindre des altitudes allant de moins de 20 m à près de 30 m environ ; on les regroupe en cinq falaises :

**Tableau 1.** Localisation des falaises de Fresco

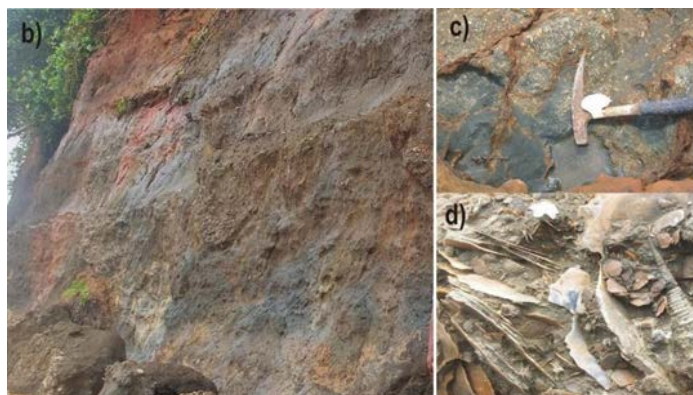
Falaises	Code	Hauteur	Coordonnées
Falaise de Françoisikro	FAL01	18 m	N05°04'37 / W05°36'09
Falaise de 12 Frères	FAL02	22,5 m	N05°04'18 / W 05°37'17
Falaise de Fanti	FAL03	21 m	N05°03'32/ W 05°42'31
Falaise Kossô	FAL04	20 m	N 05°03'25 /W 05°43'25
Falaise de Dassioko	FAL05	19 m	N 05°02'24/ W 05°49'50

## Falaise de Françoiskro

C'est la première falaise que l'on rencontre lorsqu'on part de l'est vers l'ouest en suivant la côte. D'une hauteur de 18 m environ, elle présente à sa base une couche d'argiles calcaires très fossilifères avec de nombreux minéraux de glauconite et quelques minéraux de pyrite (Fig 2a). Son contenu fossilifère justifie l'intérêt porté aux falaises de Fresco et les nombreuses études qui y ont été menées. La datation basée sur l'identification des faciès de microfossiles a permis de donner l'âge Eocène inférieur (Yprésien) à cette formation basale dans la falaise de Françoiskro (Yao, 2012). Le bassin sédimentaire ivoirien s'est formé au Crétacé et présente des formations carbonatées rares. Au niveau de Fresco, elles apparaissent dans les argiles lumachelliques des falaises de Françoiskro et de 12 Frères; et sont dues à l'abondance des fossiles à tests calcaires qui se sont désagrégés et accumulés dans les sédiments. Les stratifications entrecroisées et ondulées observées dans ces lumachelles (Fig 2b) indiquent que ces argiles calcaires plus ou moins sableuses se sont déposées dans un environnement sédimentaire agité. La numérotation des couches de E à H est dû au fait que les formations de cette falaise correspondent aux couches supérieures de la falaise de 12 Frères plus haute et renferme la totalité des couches contenues dans les falaises.





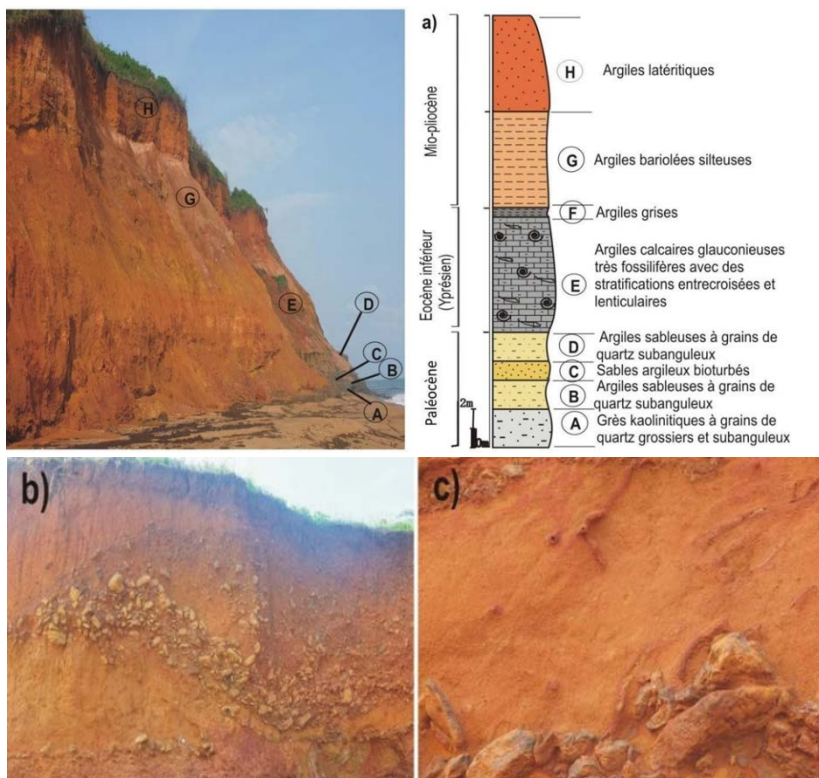


**Figure 2.** a) Log stratigraphique de la Falaise de François ; b) Stratifications entrecroisées, lenticulaires ; c) Argiles calcaires glauconieux verdâtre montrant de fines lumachelles ; d) Grands discocyclines et gastéropodes

### Falaise de 12 Frères

Elle renferme la totalité des couches sédimentaires rencontrées dans les falaises et numérotées de A à H (Fig 3a). C'est la falaise la plus haute, pouvant atteindre 25 m.

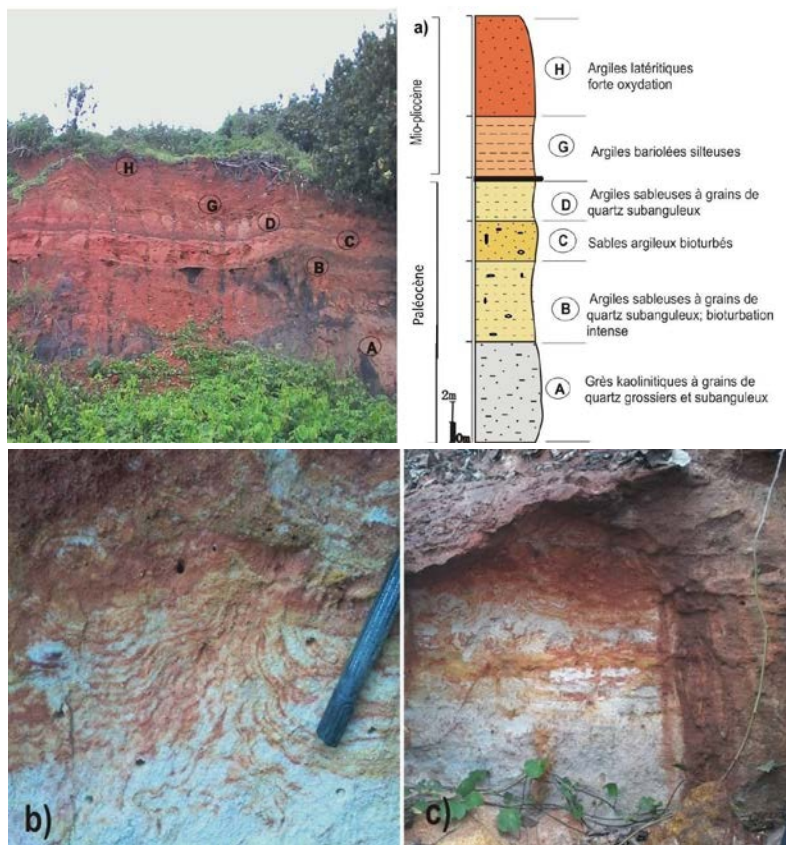
Elle présente également la couche argileuse fossilifère observée dans la première falaise, mais avec une épaisseur moindre (5 m) et inclinée formant un biseau dans sa partie ouest. Dans les argiles latéritiques s'observe une figure sédimentaire spectaculaire qui caractérise la falaise des 12 Frères. Il s'agit d'un grand chenal dont le comblement s'est fait par des argiles fines de sables et de galets subanguleux de tailles variables dans un désordre sédimentaire traduisant un environnement de dépôt très agité (Fig 3b). Ces latérites renferment de nombreuses traces de bioturbation liées à l'activité des crustacés, des poissons et de divers foraminifères (Fig 4c). Le niveau lenticulaire d'argile calcaire lumachellique très fossilifère présente des stratifications entrecroisées obliques (Fig 2b). Cette couche a une coloration qui varie du gris foncé au vert noirâtre du fait de la présence de la glauconite ; on y trouve également les minéraux de pyrite mais moins abondants. Elle est très riche en fossiles et comprend de grands foraminifères (Fig 2c – 2d): nautilus (*Deltoïdonutilus frescoensis*) ; discocyclines (*Discocycline archiaci*, *Discocycline fortisi* ...) et nummulites et de petits foraminifères : foraminifères planctoniques (*Morozovella acuta*, *Acarinina primitiva*, *Planorotalites chapmani* ...) ; foraminifères benthiques (*Lenticulina sp*, *Anomaloïdes sp* ...) et ostracodes (*Hermanites sp* ; *Reticulin sp* ...).



**Figure 3.** a/ Log stratigraphique de la falaise de 12 Frères ; b/ Grand chenal formant un biseau ; c/ Traces de bioturbation

### Falaise de Fanti

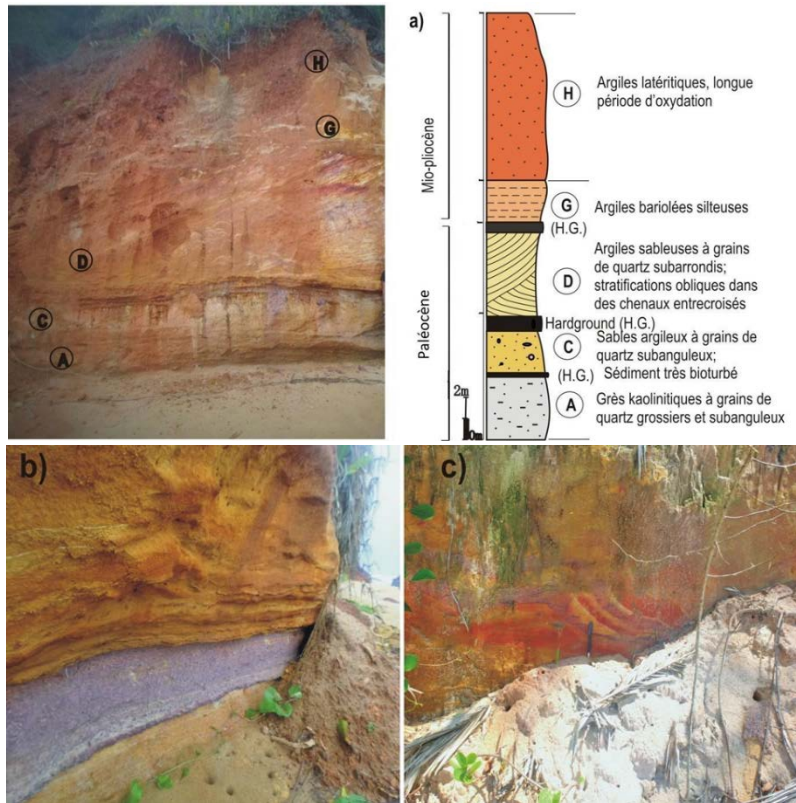
Dans cette falaise, la couche lenticulaire d'argiles calcaires glauconieuses est absente et les couches supérieures (argiles ferrugineuses) du Mio-pliocène reposent directement sur les formations paléocènes. Cette absence est due à sa position surélevée par rapport aux deux premières falaises et traduit donc une phase de non dépôt de ces sédiments fossilifères (Fig 4a). Comme figures sédimentaires l'on remarque à la base, des figures de charges dans les grès et de nombreuses traces de bioturbation (Fig 4b). La présence de hardground traduit un arrêt de sédimentation et justifierait une régression marine; les eaux d'infiltration créent le lessivage des couches de dessus et entraînent les minéraux de fer donnant une coloration ocre dans les grès kaoliniques blanchâtres (Fig 4c).



**Figure 4.** a) Log stratigraphique de la Falaise de Fanti ; b - c) Figures de charge ; Oxydation du grès kaolinitique

### Falaise de Kossô

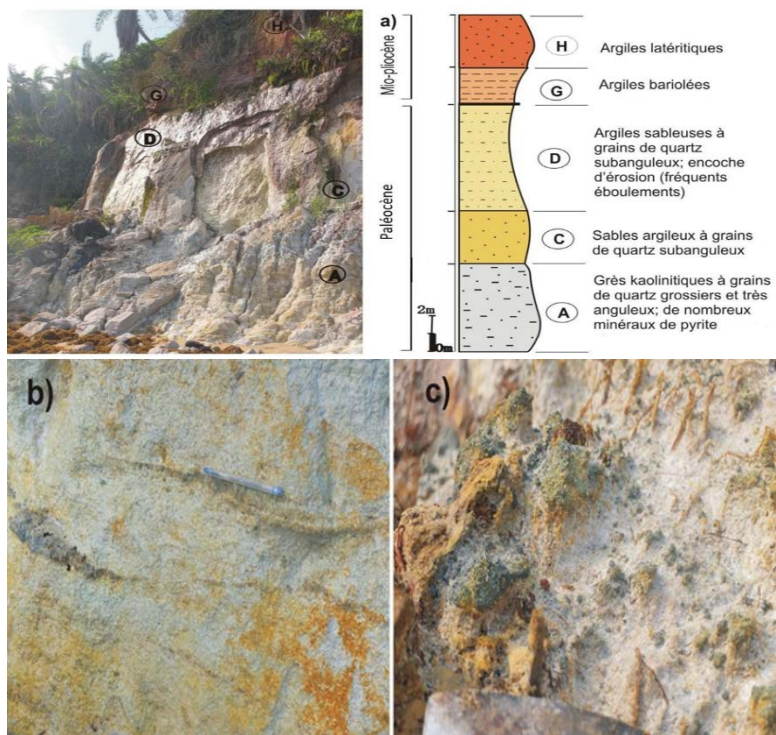
La falaise de Kossô est caractérisée par de grandes stratifications obliques formant des chenaux entrecroisés. Ceci explique que les sédiments argileux se sont déposés dans un environnement plus ou moins calme avec des phases d'érosions successives. Les stratifications obliques forment des lentilles de tailles variables dans des argiles sableuses fines (Fig 5a). Cette falaise présente particulièrement plusieurs hardgrounds. Ces surfaces encrustées d'oxydes de fer et de manganèse traduisent un arrêt dans la continuité de la sédimentation (discordance lacunaire). Les sédiments de la falaise de Kossô sont fortement oxydés et cela se traduit par leur coloration qui prend plusieurs teintes (rouge, ocre, orange, jaune, violet...) du fait des minéraux de Fer, Aluminium, et de Manganèse très abondants (Fig 5b).



**Figure 5 . a) Log stratigraphique de la Falaise de Kossô; b-c) Diverses colorations des sédiments oxydés**

### Falaise de Dassioko

Cette falaise subit fortement l'érosion de la houle. Ses formations argileuses moins dures (argiles sableuses) sont constamment en éboulement. Elles forment des encoches dans la falaise, rendant cette partie encore plus vulnérable à l'éboulement (Fig 6a). C'est la plus extrême à l'ouest et les minéraux de pyrite très abondants, les sables grossiers quartzeux anguleux, et les galets de quartz subanguleux à anguleux traduisent la proximité du socle (Fig 6b-6c). L'altération du socle précambrien, l'action des vagues sur ces sédiments issus de cette altération complétée du matériel sédimentaire charrié par les cours d'eau a fourni l'essentiel des sédiments ayant formé les falaises de Fresco.



**Figure 6.** a) Log stratigraphique de la Falaise de Dassioko ; b) Grès kaolinitique à grains de quartz grossiers et anguleux ; c) Minéraux de pyrite

### Evaluation scientifique

L'évaluation scientifique des falaises à partir des scores attribués pour chaque critère d'évaluation permet d'en relever les valeurs exceptionnelles qui sont résumées dans les grilles d'évaluation suivantes (Tab 2 à 6):

**Tableau 2.** Résultats de l'évaluation scientifique de la Falaise de François

Géosites	Critères d'évaluation	Notes
<b>Falaise de François</b> <b>FAL(01)</b>	<b>Intégrité:</b> La falaise présente des zones de forts éboulements	<b>0,5</b>
	<b>Représentativité:</b> Le contenu fossilifère a permis la datation précise des formations sédimentaires de la région, et de voir plusieurs fossiles à l'affleurement.	<b>1</b>
	<b>Rareté:</b> Elle renferme la couche importante d'argile glauconieuse (11 m) et fossilifère d'âge Paléocène-éocène connue à Fresco (Tessier 1960 ; Tastet <i>et al.</i> 1993 ; Yao 2012).	<b>1</b>
	<b>Valeur paléogéographique:</b> Elle traduit les environnements de dépôts des sédiments de la région et les mouvements eustatiques anciens à travers les figures sédimentaires observées.	<b>0,75</b>
<b>Valeur scientifique Falaise de François</b>		<b>0,812 /1</b>

**Tableau 3.** Résultats de l'évaluation scientifique de la falaise des 12 Frères

Géosites	Critères d'évaluation	Notes
<b>Falaise de 12 Frères</b> <b>FAL(02)</b>	<b>Intégrité:</b> La falaise est conservée mais présente des éboulis à la base.	<b>0,5</b>
	<b>Représentativité:</b> Elle est la plus haute de toutes et renferme la totalité des couches sédimentaires et a permis de préciser l'âge des formations (Yao 2012).	<b>0,75</b>
	<b>Rareté:</b> C'est la seule qui renferme toutes les couches des formations sédimentaires rencontrées.	<b>1</b>
	<b>Valeur paléogéographique :</b> Elle traduit les environnements de dépôts des sédiments de la région ainsi que les mouvements eustatiques anciens à travers les figures sédimentaires observées.	<b>0,75</b>
<b>Valeur scientifique Falaise de 12 Frères</b>		<b>0,75/1</b>

**Tableau 4.** Résultats de l'évaluation scientifique de la falaise de Fanti

Géosites	Critères d'évaluation	Notes
<b>Falaise de Fanti</b> <b>FAL(03)</b>	<b>Intégrité:</b> La falaise est affectée par l'érosion et présente des zones d'éboulement	<b>0,5</b>
	<b>Représentativité:</b> Les formations de cette falaise ont servi par corrélation avec les sondages à confirmer l'âge des niveaux.	<b>0,75</b>
	<b>Rareté:</b> Elle comporte un niveau bitumineux qui suscite la curiosité sur l'origine de ce dernier ; l'absence de la couche d'argiles calcaires glauconieuses et fossilifère dans cette falaise confirme sa forme en biseau.	<b>0,75</b>
	<b>Valeur paléogéographique:</b> Elle traduit les environnements de dépôts des sédiments de la région ainsi que les mouvements eustatiques anciens à travers les figures sédimentaires observées.	<b>0,75</b>
<b>Valeur scientifique Falaise de Fanti</b>		<b>0,687/1</b>

**Tableau 5.** Résultats de l'évaluation scientifique de la falaise de Kossô

Géosites	Critères d'évaluation	Notes
<b>Falaise de Kossô</b> <b>FAL(04)</b>	<b>Intégrité:</b> La falaise est en éboulement et les formations sont affectées par une forte oxydation	<b>0,5</b>
	<b>Représentativité:</b> Cette falaise présente des stratifications obliques dans des chenaux entrecoupés qui traduisent les mouvements eustatiques anciens.	<b>0,75</b>
	<b>Rareté:</b> Elle permet une meilleure explication des mouvements eustatiques successifs anciens.	<b>0,75</b>
	<b>Valeur paléogéographique:</b> Elle traduit les environnements de dépôts des sédiments de la région ainsi que les mouvements eustatiques anciens à travers les figures sédimentaires observées.	<b>0,75</b>
<b>Valeur scientifique Falaise de Kossô</b>		<b>0,687/1</b>

**Tableau 6.** Résultats de l'évaluation scientifique de la Falaise de Dassioko

Géosites	Critères d'évaluation	Notes
<b>Falaise de Dassioko FAL(05)</b>	<b>Intégrité:</b> La falaise présente de fréquents éboulements à divers endroits	<b>0,5</b>
	<b>Représentativité:</b> Les grains grossiers et très anguleux, les nombreux minéraux de pyrite traduisent la proximité du socle	<b>0,5</b>
	<b>Rareté:</b> La falaise est la plus extrême à l'ouest et confirme la présence du socle à mesure que l'on s'avance vers Sassandra.	<b>0,5</b>
	<b>Valeur paléogéographique:</b> Elle traduit les environnements de dépôts des sédiments de la région et les mouvements eustatiques anciens à travers les figures sédimentaires observées.	<b>0,75</b>
<b>Valeur scientifique Falaise de Dassioko</b>		<b>0,562/1</b>

## Synthèse

L'évaluation scientifique des falaises indique que chacune d'elle affiche une note supérieure à la moyenne (0,5) ; ce qui signifie qu'elles présentent toutes un intérêt scientifique particulier. Les falaises de Françoiskro et des 12 Frères présentent les valeurs les plus élevées et qui sont respectivement de 0,812 et 0,75. Cela est dû au fait qu'elles contiennent la plus importante couche, celle d'argile calcaire et fossilifère qui confère un grand intérêt scientifique des falaises. Ces argiles calcaires glauconieuses riches en fossiles (foraminifères planctoniques et benthiques, ostracodes) ont permis, avec des données de deux sondages de dater et d'établir la stratigraphie des formations de la zone (Yao, 2012) puis relater l'histoire des falaises. Les fréquents éboulements dus à l'érosion ont justifié la valeur moyenne de 0,5 relative à l'intégrité des falaises. L'évaluation des falaises de Fanti et de Kossô fournit une même moyenne 0,687 bien qu'elles présentent des différences au niveau de leurs caractéristiques. Les figures sédimentaires (hardgrounds, chenaux entrecroisés) présentes dans la falaise de Kossô décrivent les mouvements eustatiques et permettent d'interpréter les environnements de dépôt des formations. La falaise de Dassioko présente la note la moins élevée d'une valeur de 0,562 car sur le plan scientifique elle fournit peu d'informations sur les conditions de mise en place des falaises étudiées. La valeur scientifique globale de l'ensemble des géosites des falaises est de 0,7/1 et confirme donc leur grande importance et leur utilité pour les travaux de recherches géologique et la nécessité de leur accorder un intérêt particulier en tant que géosites potentiels non seulement de la région sud-ouest, mais aussi au niveau national voire international.

## Environnement naturel du géosite

La côte sud-ouest est caractérisée par son relief accidenté de hauts plateaux en « dents de scie ». Ces hauts plateaux atteignent des altitudes plus élevées entre 50 et 100 m vers l'ouest dans les régions de San-pedro et Monogaga. A Fresco ces plateaux sont moins élevés (20-50 m) forment avec

des collines des vallées plus ou moins élargies, empruntées par un important réseau hydrographique de fleuves et de rivières et lagunes. Ces cours d'eau créent avec les nombreuses précipitations que connaît la région un climat qui reste humide toute l'année. Aussi la végétation de forêt littorale, de savanes herbacées autour des mangroves est adaptée à ce climat tropical humide. En effet, en quittant la ville de Fresco, on traverse la lagune puis on passe par la forêt et les collines et vallées couvertes de végétation représentant la zone de transition entre le continent et la mer, pour atteindre les falaises qui la bordent. Cet ensemble forme un milieu naturel très agréable (Figure 7) et favorable pour de nombreuses espèces animales telles que les mammifères (singes, rongeurs, éléphants...); les oiseaux (hirondelles, pigeons, pintades, rapaces...); les reptiles (crocodiles, serpents, tortues, lézards ...) et amphibiens. Les eaux sont riches en poissons (Tilapia, Capitaine, Mérou, Hareng, Raie...) et crustacés (crabes, langoustes, ...) et gastéropodes (g. *Pachymelania*) qui se réfugient préférentiellement dans les racines échasses des palétuviers qui y sont implantés. Ces eaux abritent particulièrement le lamantin d'Afrique, mammifère spécifique de l'écosystème lagunaire et des estuaires de Fresco, faisait autrefois l'objet de visite de nombreux touristes tout comme les hautes falaises qui représentent les escarpements des hauts plateaux en face de la mer, elle-même un véritable atout pour la région.



**Figure 7.** Environnement naturel de Fresco ; a) Lagune de Fresco présentant des palétuviers ; b) Forêt littorale ; c) Estuaire ; d) Falaise

### **Activités socio-économique, culturelle et touristique**

L'Autorité pour l'Aménagement de la Région du Sud-Ouest (ARSO), société de développement à compétence régionale placée sous la tutelle directe de la présidence de République a été créée le 22 Décembre 1969. L'amélioration du tronçon Abidjan-San Pedro, la construction de port de San



Pedro et l'avènement de l'agro-industrie ont favorisé l'évolution sur le plan agricole, urbain, industriel et touristique de la région (N'Dri, 2008); plus particulièrement dans les villes de Sassandra, San Pedro, Grand-Béréby et Tabou pour leurs belles baies et plages sablonneuses à côté des caps rocheux. L'eau de mer présente une couleur plus claire qui varie du bleu au vert montrant l'aspect naturel et préservé du milieu ; ceci permet aux touristes de bénéficier d'un cadre paisible de détente et de loisir. L'activité touristique était principalement portée sur le tourisme balnéaire, et la ville de Fresco bien qu'ayant les mêmes atouts naturels ne bénéficiait pas d'autant d'attention. Mais était connue particulièrement pour ses hautes falaises sédimentaires et sa lagune abritant une importante quantité de lamantins. Cependant, les populations locales profitent de ces richesses à travers l'activité agricole (café, cacao, palmier à huile, vivriers, ..), la pêche, et le commerce. Mais celles-ci rencontrent des difficultés pour acheminer et vendre leurs produits car les lieux de production sont éloignés des voies principales, pas de routes bien tracées accessibles par les véhicules et les pistes sont souvent impraticables. Comme activités récréatives elles pratiquent la baignade, la pêche traditionnelle, les courses à pirogue, les festivals culinaires entre villages. Le tourisme a toujours été pratiqué d'une manière lente dans le sud-ouest contrairement à la côte est qui est plus peuplée et dotée d'énormes d'infrastructures (grands complexes hôteliers, nombreux restaurants, musée de civilisation ...), bien entretenus; ceci a été encore plus accentué par la forte dégradation de la route côtière mais aussi par les crises politiques débutées en 1999 qui ont fait baisser la notoriété de la Côte d'Ivoire au plan international. A Fresco, le tourisme est pratiqué de façon occasionnelle et les visites concernent des excursions à pied (randonnée dans la forêt, visite des falaises, balade sur la plage) (Fig 8) ou à pirogue sur la lagune pour voir les îles de mangrove ou quelques rares lamantins qui y vivent encore. Cette activité est peu rémunératrice pour les fils de la région qui préfèrent s'adonner à leurs activités habituelles. Notons cependant que la tradition Godié joue un rôle capital dans l'attrait touristique à travers des chants et des danses traditionnelles qui attirent beaucoup de spectateurs, le festival *Pôpaix*, la promotion des danses du terroir telles que l'*Abi Ayara* de Dadjéré, l'*Alloukou* , le *Sakékowê* (danse du Grélot) et la mythique danse *Tosi* des femmes du village Guédikpô. Fresco manque énormément de structures d'accueil et a besoin de réhabiliter les anciens édifices et construire de nouvelles infrastructures en vue de réactiver la splendeur de la ville et attirer plus de touristes pour accéder au développement socio-économique de la région ; et cela doit être précédé de la réhabilitation de la route côtière principale. Depuis quelques années les autorités régionales s'y activent ardemment et dans cette optique s'est tenu en Octobre 2017 à Palm Club Hôtel à Abidjan un atelier avec les partenaires au développement (WABiCC-USAID) pour identifier les menaces, les risques, les vulnérabilités

et les opportunités socio-économiques et proposer des solutions d'adaptation pour la ville de Fresco.



**Figure 8.** a) Pêche pratiquée en mer par les Fanti; b - c) Visites guidées sur la plage ; d) Destruction de mangrove par l'ouverture de l'embouchure (technique de pêche artisanale)

## Discussion Et Conclusion

L'évaluation scientifique des falaises réalisée dans cette étude montre qu'elles ont une intégrité et des valeurs paléogéographiques similaires. Cependant, elles présentent chacune une certaine rareté et sont représentatives dans la caractérisation des milieux de dépôt des formations de la région de Fresco. La grande importance des falaises de Fresco se rapporte principalement à leur intérêt paléontologique du fait des nombreux fossiles ayant permis d'identifier avec précision l'âge Eocène inférieur (Yprésien) des argiles calcaires glauconieuses et identifier des grès kaolinitiques et argiles sableuses d'âge Paléocène à la base des falaises. Des marnes et calcaires à faune de mollusques et discocyclines et de nautilus observés dans la falaise de Thiès au Sénégal sont également d'âge Yprésien (Tessier 1952). Les formations fossilifères dans les falaises de Fresco présentent de grandes stratifications entrecroisées traduisant d'anciennes dunes sous-marines tout comme celles des falaises calcaires de Bonifacio et dans les carrières d'Orival (Jonin *et al.* 2007) ; mais celles-ci présentent des dunes bien visibles exondées à l'issue d'une longue histoire géologique. L'ensemble de ces objets géologiques remarquables (formations fossilifères, figures sédimentaires) représente des témoins des paléo-milieus ayant permis de reconstituer le paléoenvironnement lors de la mise en place des falaises tout en précisant les variations du niveau de la mer. Ces géosites des falaises de Fresco deviennent donc un repère stratigraphique régional à partir duquel l'on peut identifier par des corrélations les autres formations du bassin sédimentaire. Ceci traduit sa

valeur exceptionnelle au de vue de leur rareté en tant que géosites potentiels du patrimoine géologique en Côte d'Ivoire. Il serait judicieux d'exposer les spécimens déjà collectionnés (nautilus de Fresco) dans un musée proche des sites de prélèvement que sont les falaises; tout comme fut le cas pour le géosite du « mur des douaniers » dans la réserve naturelle de Vireux-Molhain en France. Ce gisement paléontologique connu pour sa riche faune de trilobites a fournis de nombreux spécimens qui sont bien conservés et exposés à Bogny-sur-Meuse ; c'est une richesse patrimoniale conservée ex-situ (Jonin *et al.* 2007). Cette étude aura permis de montrer la valeur scientifique et pédagogique des falaises de Fresco à travers un inventaire détaillé et une évaluation des formations sur les plans sédimentologique et paléontologique. Aussi, la présentation d'une biodiversité riche qui entoure ces falaises permet de montrer l'état de conservation de la zone malgré l'influence anthropique par endroits. L'étude de ces falaises comme premier site du géopatrimoine révèle le contexte d'adhésion de la Côte d'Ivoire dans le Réseau Africain de Géoparc (AGN), mais aussi permet d'attirer l'attention des autorités locales sur l'importance de ces géosites des falaises en tant qu'éléments importants du géopatrimoine, qui aura besoin d'une meilleure promotion à travers une valorisation (piste bien tracées, panneaux indicateurs ...) en vue de favoriser le géotourisme pouvant contribuer au développement durable et socio-économique de la région de Fresco.

### References:

1. Assemien P., Filleron J.C., Martin L., Tastet J.P. (1970) Le Quaternaire de la zone littorale de Côte d'Ivoire. Ass. Sénégal. Et. Quatern. Ouest afr., Bull. Liaison, Sénégal, n° 25, pp. 65-78.
2. Brilha J. (2016): Inventory and Quantitative Assessment of Geosites and Geodiversity Sites: a review *Geoheritage*, v. 8, no. 2, pp. 119–134.
3. Coulibaly, Y., Kouaho, B., Gnanzou, A., Allialy, M.E. et Djro, S.C. (2012). Contexte géologique de la minéralisation aurifère du prospect de Bobosso (région de Dabakala, centre-nord de la Côte d'Ivoire). *J. Rech. Sci. Univ. Lomé (Togo)*, 2012, Série A, 14(2): 149-162
4. Digbehi Z. B., Toé Bi K. K., Adopo K. L., Guédé K. E., Tahi I. et Yao K. R. (2011) : Palynologie et environnements de dépôt des sédiments d'âge cénomanien supérieur-maastrichtien inférieur dans le bassin offshore de Côte d'Ivoire (Afrique de l'ouest). *Sciences & Nature Vol. 8 N°1*, p 95 - 105
5. Egnankou W. M. (2009) Réhabilitation des mangroves comprises entre Fresco et Grand-Lahou en Côte d'Ivoire : Zones importantes pour la pêche : in *Nature et faune*, volume 24, n°1, FAO, Rome pp 85-93.
6. Errami E., Ennih N., Bendaoud A., Bouzidi O., Chabou M.C., AndrianaIvo L., Ben Ismail-Latrache K., Hasina M. (2013) Inventaire

- du géopatrimoine en Afrique : état des lieux et perspectives. in Egoroff G., Cornée A., De Wever P. & Lalanne A., (eds.) ; - Actes du colloque « Géopatrimoine, un lustre d'inventaire en France », Digne-les-Bains. - Mém. H.S. Soc. géol. France; 10-12 octobre 2012, 13, 128-139.
7. Errami E., Schneider G., Ennih N., Nirina Randrianaly H., Bendaoud A., Noubhani A., Norman N., Allan M., Vasconcelos L., Costa L., Al-Wosabi M., Al-Subbary A. Mabvuto-ngwira P., Okunlola G., Lawal Halliru S., L. Andrianaivo L., Siby S., Ketchemen B., Gauly M., Hassine M, Azki F., Tea J., Lattrache K., Omulo M. and P. Bobrowsky (2015) Geoheritage and Geoparks in Africa and the Middle-East: Challenges and Perspectives. In Geoheritage to Geoparks: Case Studies from Africa and Beyond. E. Errami, M. Brocx, & V. Semeniuk (eds), 3-23. Springer Verlag. ISBN; 978 - 3- 319 - 10707 - 3.
  8. Gnanzou A. (2014) Etude des séries volcano-sédimentaires de la région de Dabakala (Nord-Est de la Côte d'Ivoire): genèse et évolution magmatique. Contribution à la connaissance de la minéralisation aurifère de Bobosso dans la série de la Haute-Comoé. Thèse Université Paris sud Orsay, France et Université Félix Houphouët Boigny d'Abidjan Côte d'Ivoire. 303 p.
  9. Grandgirard V. (1999) L'évaluation des géotopes. *Geologia Insubrica* 4: pp 59-66
  10. Iosif D. (2014) La fiche d'évaluation des géosites. Un exemple exhaustif utilisé sur des sites Roumains. *Cinq Continents* 4 (10): 158-180.
  11. Jonin M., Avoine J., Balme C., Gilly Y., Cassagne B., Hango M., Moreno P., Ponet D., Rosenthal P., Fiers V., Buttifant A. (2007) : Patrimoine Géologique. Les réserves naturelles de France. pp.1 – 16
  12. Le Loeuff P. & Marchal E. (1993) Géographie littorale. Le milieu marin. Paris Orstom, pp 15-22 Faculté des lettres et sciences humaines, Université de Lomé (Togo), p 112-125.
  13. Lys M. (1961) Études paléontologiques et géologiques de la falaise de Fresco (Côte d'Ivoire). *Ann. Fac. Sci. Univ. Dakar*, 6. pp 47-80.
  14. Martin J-P. (2011) Intégration du patrimoine géologique à la stratégie de développement local du parc naturel du Massif des Bauges (France). Maîtrise en Sciences de l'environnement. Université du Québec à Montréal. 206 p.
  15. Martin L. & Tastet J.P. (1972) Le quaternaire du littoral et du plateau continentale Côte d'Ivoire ; rôle des mouvements tectoniques et eustatiques. *Ass, Sénégal. Et. Quatern. Ouest afr. Bull. Liaison, Sénégal*, n° 33-34, pp 17-32.

16. Mondé S. (1997). Nouvelles approches de la cartographie du plateau continental de la Côte d'Ivoire: aspects morphologiques et sédimentologiques, Thèse Doctorat. Univ. Abidjan- Cocody (Côte d'Ivoire), 58p.
17. Poirier B. (2008) Identification, évaluation et sélection de géosites potentiels le long du sentier national du Québec dans la MRC des Laurentides: une contribution à l'offre écotouristique régionale des municipalités de Labelle et de la conception. Mémoire de maîtrise en Géographie. Université du Québec à Montréal. 202 p.
18. N'Dri G. A. (2008) Le tourisme littoral dans le Sud-Ouest ivoirien. Géographie. Thèse de Doctorat Université de Cocody - Abidjan, 2001 363 p.
19. Remy J.M. (1960) Études paléontologiques et géologiques sur les falaises de Fresco (Côte d'Ivoire). II-Crustacés. Ann. Fac. Sc. Univ. Dakar, 5, pp 55-64.
20. Reynard E. (2004). L'évaluation des géotopes géomorphologiques en Suisse, in Paysages géomorphologiques - Comptes rendus du séminaire de 3ème cycle, E. Reynard & J-P. Pralong, Editors. Institut de Géographie: Lausanne. p. 137-149
21. Reynard E. & Brilha J. (Edts.) (2018) Geoheritage: assessment, protection and management. Elsevier, Amsterdam, 450 p
22. Reynard E., Fontana G., Kozlik L., Scapozza C. (2007) A method for assessing scientific and additional values of geomorphosites. Geographica Helvetica 62(3): pp148-158,
23. Reynard E., Perret A., Bussard J., Grangier L., Martin S. (2016) Integrated Approach for the Inventory and Management of Geomorphological Heritage at the Regional Scale. Geoheritage p 43-60.
24. Sombo B. C. (2002) Etude de l'évolution structurale et sismo-stratigraphique du bassin sédimentaire offshore de Côte d'Ivoire, marge passive entaillée d'un canyon. Thèse Doctorat d'Etat, Univ. Abidjan-Cocody (Côte d'Ivoire), 304p.
25. Spengler A. & Delteil J.B. (1964) Le bassin secondaire-tertiaire de la Côte d'Ivoire. Bassins sédimentaires du littoral africain D. REYRE, Ass. Sew. géol. afr., Paris, pp. 99-113.
26. RGPH (2014) Recensement général de la Population et de l'Habitat. Rapport de l'exécution et présentation des principaux résultats. Institut National de la Statistique. 49 p.
27. Tastet J. P., Martin L. et Aka K. (1993) Géologie et environnement sédimentaire de la marge continentale de Côte d'Ivoire. Le milieu marin. Paris Orstom, pp 23-61.

28. Tastet J.P. & Roques R. (1969). Sur quelques minéraux accessoires des falaises paléocènes de Fresco. Ann. Univ. Abidjan, Sciences, 5, pp 157-174.
29. Tessier F. (1952) Contributions à la stratigraphie et à la paléontologie de la partie ouest du Sénégal (Crétacé et Tertiaire). Bulletin de la Direction des Mines de l'AOF, Dakar, 14, (1), p. 1-267.
30. Tessier F. (1960) Etudes paléontologiques et géologiques sur les falaises de Fresco (Côte d'Ivoire). Introduction. Ann. Fac. Sc. Univ. Dakar, 5, pp 35-53.
31. Yao N. J-P. (2012) Caractérisation sédimentologique, minéralogique, géochimique et biostratigraphique des falaises vives de Fresco : Région de Grand-Lahou . Thèse Université Félix Houphouët Boigny (Côte d'Ivoire). 218 p.

**Evaluation Des Teneurs En Eléments Traces Métalliques  
(Cadmium Et Plomb) Dans L'eau, Les Sédiments Et Deux  
Espèces De Poissons *Clarias gariepinus* (Burchell, 1822) Et  
*Oreochromis niloticus* (Linné, 1758) Dans Le Pool Malebo  
(Fleuve Congo), RD Congo**

**Jeff Nakweti K., BSc**

Département de Biologie, Faculté des Sciences, Université de Kinshasa  
(UNIKIN), Kinshasa XI, R.D Congo

**Willy Lusasi Swana, BSc**

**John Tembeni M., PhD**

Laboratoire de Limnologie, Hydrobiologie et Aquaculture, Département de  
Biologie, Faculté des Sciences, Université de Kinshasa (UNIKIN), Kinshasa  
XI, R.D Congo

[Doi:10.19044/esj.2021.v17n25p174](https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n25p174)

Submitted: 23 February 2021

Accepted: 26 April 2021

Published: 31 July 2021

Copyright 2021 Author(s)

Under Creative Commons BY-NC-ND

4.0 OPEN ACCESS

*Cite As:*

Nakweti K.J., Lusasi S.W. & Tembeni M.J. (2021). *Evaluation Des Teneurs En Eléments Traces Métalliques (Cadmium Et Plomb) Dans L'eau, Les Sédiments Et Deux Espèces De Poissons Clarias Gariepinus (Burchell, 1822) Et Oreochromis Niloticus (Linné, 1758) Dans Le Pool Malebo (Fleuve Congo), RD Congo*. European Scientific Journal, ESJ, 17(25), 174.

<https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n25p174>

## Résumé

Cette étude a pour objectif d'évaluer les niveaux de contamination en Eléments Traces Métalliques (Cadmium et Plomb) dans l'eau, les sédiments et dans l'organisme de deux espèces de poissons, pélagique (*Oreochromis niloticus* Linné, 1758) et benthique (*Clarias gariepinus* Burchell, 1822). Elle a eu lieu de Juillet 2019 à Octobre 2019, dans le Pool Malebo (fleuve Congo/Kinshasa) à Kingabwa, sur deux sites (Baramoto et Mongole). Les analyses des Eléments Traces Métalliques ont été effectuées à l'aide du spectrophotomètre UV-visible. Les teneurs en ETM dans les eaux ont été respectivement de  $0,01 \pm 0,001$  pour le Cd (mg/L) et  $0,05 \pm 0,03$  pour le Pb (mg/L) à Baramoto, et de  $0,02 \pm 0,01$  pour le Cd (mg/L), et  $0,01 \pm 0,005$  pour le

Pb (mg/L) à Mongole. Ces teneurs sont supérieures aux seuils recommandés par l’OMS (Cd: 0,003 mg/L ; Pb: 0,01 mg/L). L’analyse des sédiments des deux sites a révélé des teneurs généralement faibles, en dessous des seuils recommandés par le Conseil Canadien des Ministres de l’Environnement (CCME). Par ailleurs, les teneurs de ces deux ETM ont montré une certaine variabilité relative dans les branchies et les muscles de deux espèces étudiées. Ces teneurs dépassent les seuils de recommandation de l’OMS (Cd: 0,05 mg/kg; Pb: 0,2 mg/kg) sur la comestibilité des poissons. L’espèce pélagique, *Oreochromis niloticus* (Cd: 0,179±0,086 mg/kg; Pb: 0,249±0,117 mg/kg) a montré des teneurs élevées que l’espèce benthique, *Clarias gariepinus* (Cd: 0,173±0,097 mg/kg; Pb: 0,219±0,096 mg/kg). Des plus, chez les deux espèces, Les branchies (Pb: 0,272±0,075 mg/kg à 0,263±0,055 mg/kg; Cd: 0,219±0,122 mg/kg à 0,208±0,055 mg/kg) concentrent plus d’Eléments Traces que les muscles (Pb: 0,166±0,081 mg/kg à 0,236±0,082 mg/kg; Cd: 0,127±0,085 mg/kg à 0,150±0,063 mg/kg). La consommation régulière de ces poissons pourrait engendrer des effets néfastes à la santé humaine.

---

**Mots clés :** Pool Malebo, Fleuve Congo, Eléments Traces Métalliques, Poissons, Sédiment

## **Evaluation Of Trace Metal Elements (Cadmium And Lead) In Water, Sediment And Two Fish Species *Clarias gariepinus* (Burchell, 1822) And *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1758) In Malebo Pool (Congo River), DR. Congo**

*Jeff Nakweti K., BSc*

Department of Biology, Faculty of Sciences, University of Kinshasa (UNIKIN), Kinshasa XI, Democratic Republic of Congo

*Willy Lusasi Swana, BSc*

*John Tembeni M., PhD*

Laboratory of Limnology, Hydrobiology and Aquaculture, Department of Biology, Faculty of Sciences, University of Kinshasa (UNIKIN), Kinshasa XI, Democratic Republic of Congo

---

### **Abstract**

The objective of this study is to assess the levels of contamination of Metal Trace Elements (Cadmium and Lead) in the water, sediments and in the organism of two species of fish, pelagic (*Oreochromis niloticus* Linnaeus, 1758) and benthic (*Clarias gariepinus* Burchell, 1822). It took place from July 2019 to October 2019, in the Pool Malebo (Congo River / Kinshasa) in Kingabwa, on two sites (Baramoto and Mongole). The analyzes of the Metal



Trace Elements were carried out using the UV-visible spectrophotometer. The ETM contents in the water were respectively  $0.01 \pm 0.001$  for Cd (mg / L) and  $0.05 \pm 0.03$  for Pb (mg / L) at Baramoto, and  $0.02 \pm 0.01$  for Cd (mg / L), and  $0.01 \pm 0.005$  for Pb (mg / L) in Mongolian. These levels are above the thresholds recommended by WHO (Cd: 0.003 mg / L; Pb: 0.01 mg / L). Analysis of the sediments from both sites revealed generally low levels, below the thresholds recommended by the Canadian Council of Ministers of the Environment (CCME). In addition, the contents of these two ETM showed a certain relative variability in the gills and the muscles of two species studied. These levels exceed the WHO recommendation thresholds (Cd: 0.05 mg / kg; Pb: 0.2 mg / kg) on the edibility of fish. The pelagic species, *Oreochromis niloticus* (Cd:  $0.179 \pm 0.086$  mg / kg; Pb:  $0.249 \pm 0.117$  mg / kg) showed higher levels than the benthic species, *Clarias gariepinus* (Cd:  $0.173 \pm 0.097$  mg / kg; Pb :  $0.219 \pm 0.096$  mg / kg). In addition, in both species, the gills (Pb:  $0.272 \pm 0.075$  mg / kg to  $0.263 \pm 0.055$  mg / kg; Cd:  $0.219 \pm 0.122$  mg / kg to  $0.208 \pm 0.055$  mg / kg) concentrate more Trace Elements than muscles (Pb:  $0.166 \pm 0.081$  mg / kg to  $0.236 \pm 0.082$  mg / kg; Cd:  $0.127 \pm 0.085$  mg / kg to  $0.150 \pm 0.063$  mg / kg). Regular consumption of these fish could have harmful effects on human health.

---

**Keywords:** Malebo Pool, Congo River, Trace Metal Elements, Fish, Sediment

## Introduction

Depuis quelques années, la consommation des ressources halieutiques, spécifiquement les poissons, se trouve au centre de l'actualité par rapport aux éléments bénéfiques qu'elles procurent à la santé humaine, tels que les acides gras essentiels, les protéines, les vitamines A, D et E ainsi que les éléments minéraux. Cependant, ils sont également exposés à certains contaminants toxiques de l'environnement tels que les Eléments Traces Métalliques (ETM: le cadmium, le plomb, etc.) qui s'accumulent dans leurs tissus et se transfèrent dans la chaîne alimentaire jusqu'à l'homme (Chadid, 2016).

La problématique du transfert des contaminants métalliques de l'environnement vers la chaîne alimentaire est une source d'inquiétudes et un sujet de nombreuses recherches à travers le monde (Falasi, 2018). Elle a attiré l'attention des plusieurs chercheurs depuis que l'industrialisation a apporté une augmentation des contaminants dans les écosystèmes aquatiques qui, sont utilisés comme décharges par les humains. Il en résulte des perturbations de l'équilibre écologique. Ce problème a tout d'abord était mis en évidence dans les pays industrialisés (Ouedraogo, 2016).

Bien que l'activité industrielle soit moins développée dans la plupart des pays Africains, une prise de conscience croissante a été observée à travers des nombreuses études quant à la nécessité de gérer rationnellement les ressources

aquatiques et de maîtriser les déversements des déchets dans l'environnement (Ouedraogo, 2016).

La République Démocratique du Congo, bien qu'ayant un réseau industriel très peu développé, n'est pas épargnée par la pollution métallique. Quelques études ont été entreprises dans le cadre de l'évaluation de l'impact des concentrations en ETM dans certains écosystèmes aquatiques (Monama *et al.*, 1985 ; Foxall *et al.*, 2000 ; Katemo *et al.*, 2010 ; Muteba *et al.*, 2011 ; Nsimanda *et al.*, 2015a et b ; Kashimbo *et al.*, 2016 ; Nzapo *et al.*, 2018). Ces travaux ont mis en évidence la présence des Eléments Traces Métalliques dans la chaîne trophique.

Dans la ville province de Kinshasa, le Pool Malebo n'échappe pas à ce constat. Avec le développement des activités urbaines, ce plan d'eau est devenu le réceptacle de rejets anthropiques (industrielles, agricoles, domestiques, etc..) ou d'origines naturelles chargés en éléments métalliques toxiques (Pb, Cd, Hg, etc.) qui se concentrent dans différents compartiments environnementaux.

Des études antérieures portées sur la bioaccumulation des Eléments Traces Métalliques chez les espèces de poissons ainsi que les risques sanitaires liés à leur consommation (Nsimanda *et al.*, 2015a et b ; Nzapo *et al.*, 2018) et sur le degré de contamination en ETM dans les sédiments du Pool Malebo (Mwanamoki *et al.*, 2014; Mata *et al.*, 2020) ont mis en évidence l'existence d'une contamination métallique dans le Pool Malebo. Cependant, la détermination du niveau de cette contamination dans l'eau, les sédiments et les poissons suivant leur habitat n'a jusqu'alors été développé.

Dans ce contexte, nous nous sommes engagés d'évaluer la teneur en Eléments Traces Métalliques (Cd et Pb) dans l'eau, les sédiments ainsi que dans les tissus de deux espèces de poissons, benthique (*Clarias gariepinus* Burchell, 1822) et pélagique (*Oreochromis niloticus* Linné, 1758) dans le Pool Malebo (fleuve Congo).

## **Matériel et méthodes**

### **Milieu d'étude**

Cette étude a eu lieu dans le Pool Malebo plus spécifiquement aux sites de Baramoto et Mongole situés à la station de pêche de Kingabwa dans la commune de Limete à Kinshasa en République Démocratique du Congo. La station de Kingabwa a été choisie en raison de sa vocation industrielle, de l'activité de pêche, en plus, du fait qu'elle est soumise à des sources de pollution d'origine urbaine et agricole (Falasi, 2018).

Le Pool Malebo est un lac formé par le fleuve Congo et ses cours moyen, alimenté par d'importants cours d'eau permanents (les rivières : N'djili, Kalamu, N'sele et Bitshaku-tshaku). Il est formé d'un élargissement du fleuve Congo à 35 km de long et de 25 km de large. Sa superficie est de 500 km<sup>2</sup> et

il est situé entre la R.D.C (ville province de Kinshasa) et la République du Congo (préfecture de Brazzaville). Le Pool est situé à 4° 5' à 4° 20' Sud et de 15° 19' à 15° 30' Est et à une altitude de 275m. Il occupe le fond d'une cuvette entourée de collines dépassant souvent 500 m (Pwema *et al.*, 2019). La partie centrale du Pool Malebo est occupée par l'île M'bamou en République du Congo et par plusieurs groupes de petits îles dont un archipel se trouve à l'embouchure de la rivière N'djili. D'après la classification de Koppen, le Pool Malebo connaît un climat tropical du type AW<sub>4</sub>, c'est-à-dire climat tropical humide (A) caractérisé par une période sèche (W) de 4 mois. Ayant une pluviosité moyenne annuelle de 1400 mm, la température moyenne annuelle de l'eau est de 24,6 °C (Nzapo *et al.*, 2018).

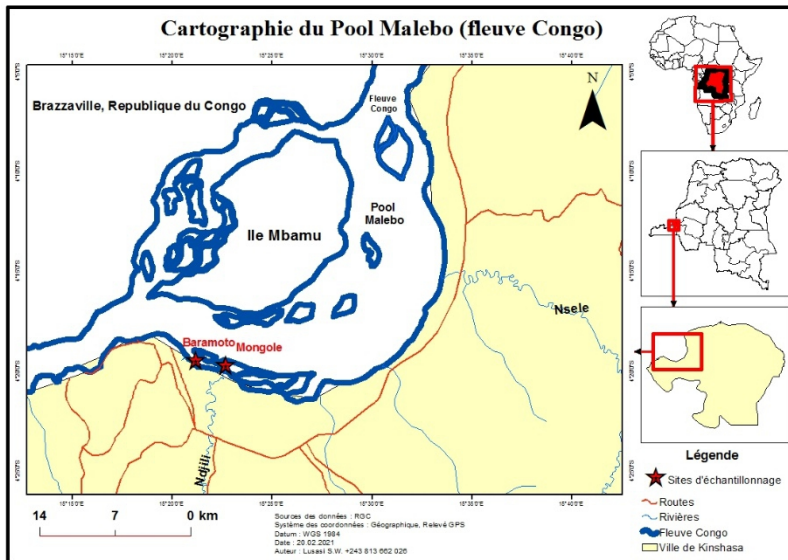
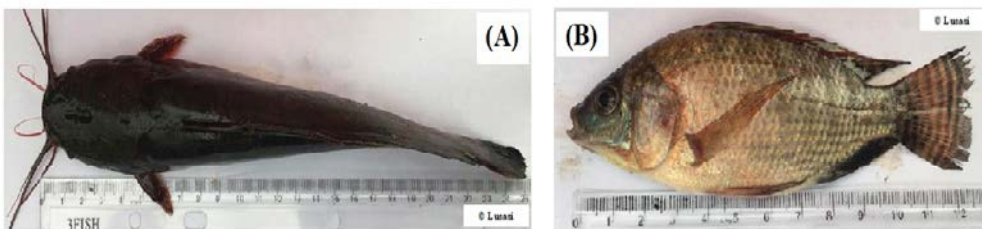


Figure 1. Cartographie du Pool Malebo (fleuve Congo) reprenant les sites d'échantillonnage

### Matériel biologique

Deux espèces des poissons ont été utilisées comme matériel biologique en fonction de leur habitat, leur abondance et leur importance économique. Il s'agit de *Clarias gariepinus* et *Oreochromis niloticus* (figures 2 & 3).



Figures 2 & 3. *Clarias gariepinus* (A) & *Oreochromis niloticus* (B) (Photos Nakweti, Lusasi & Tembani, 2020)

## Méthodes

### Echantillonnage

Le prélèvement d'échantillons s'est déroulé sur une période allant de Juillet 2019 à Octobre 2019, sur deux sites d'études (Baramoto et Mongole). Les poissons ont été capturés par la technique de pêche artisanale, à l'aide d'un filet épervier de 2 cm de maille et de 5m de diamètre, et d'un filet maillant longs de 24 à 30 cm sur 1 à 1,5 m de largeur. Au total 80 individus de poissons ont été échantillonnés dont 35 spécimens de *Oreochromis niloticus* et 45 de *Clarias gariepinus*, mis dans des sachets en polyéthylène étiquetés et placés sous glacière bien fermé.

Les spécimens capturés ont été acheminés au Laboratoire de Limnologie, Hydrobiologie et Aquaculture de la Faculté des Sciences de l'Université de Kinshasa et conservés au froid à -4 °C jusqu'à l'identification systématique et les analyses toxicologiques ultérieures.

Sur chaque site, seuls les sédiments de surface ont fait l'objet de prélèvements. Au moins 200 g de sédiment meuble ont été collectés à l'aide d'une perche, conditionnés dans des sachets en polyéthylène numérotés, indiquant le site de prélèvement. L'eau a été prélevée à l'aide des bouteilles en plastique de 1,5 L numérotés. Ces prélèvements ont été conservés dans une glacière ensuite transporter au Laboratoire de Géochimie du Centre de Recherche Géologique et Minière de Kinshasa où ils ont été d'abord placés au froid (- 4 °C) avant les analyses. Au cours de nos campagnes d'échantillonnage, la température, la conductivité et le pH de l'eau ont été mesurés *in situ* à l'aide d'une sonde multi paramétrique Combo (HANNA).

### Identification des poissons et préparation d'échantillons

Les spécimens ont été identifiés à l'aide de clés d'identification systématique proposées par Lévêque *et al.*, (1990 et 1992); Poll et Gosse (1995); Mbenga et Teugels (2003), ensuite classés en lots de tailles en fonction de leur longueur totale (Lt). Les lots ont été définis sur la base de la règle de Sturge selon la formule suivante:

$$NC = 1 + (3.3 \log N)$$

Où NC: nombre de classe; N: nombre total d'individus pour l'échantillon considéré. L'intervalle entre les classes (IC) a été déterminé par le rapport suivant :

$$IC = \frac{\text{Taille maximale} - \text{taille minimale}}{\text{Nombre total de classes}}$$

Cinq gammes de taille ont été constituées. Les individus ont ensuite été répartis en deux groupes selon leur stade de croissance (adulte et juvénile) suivant Leprieur et Rubin (2011). Chez *Oréochromis niloticus* (adulte: Lt  $\geq$ 14 cm; juvénile: Lt <14 cm); pour *Clarias gariepinus* (adulte: Lt  $\geq$ 30,8 cm;

juvénile: Lt < 30,8 cm). Pour chaque groupe constitué, 3 spécimens ont été tirés aux hasards pour les analyses.

Les analyses toxicologiques ont été effectuées au Laboratoire de Géochimie du Centre de Recherches Géologiques et Minières de Kinshasa. La première opération a consisté d'abord à la dissection des poissons afin de prélever les branchies et les muscles. Les organes ont été séchés à l'étuve (DRY Line) à 105 °C pendant 48 heures afin d'obtenir la MS (Matière Sèche). Ces MS ont été broyées dans le mortier en porcelaine avec pilon. 2 g de MS était introduit dans un creuset en porcelaine et calciner pendant 2h au four à moufle à 450 °C jusqu'à l'obtention des cendres. Ces cendres obtenues ont été refroidit et conservées dans un dessiccateur jusqu'à la minéralisation. 1g des cendres de chaque échantillon a été attaqué avec 30 ml de HCl (10%) dans un bécher de 100 ml. La solution obtenue a été filtrée sur du papier filtre sans cendre, puis ramener à 100 ml avec de l'eau distillée.

Les sédiments humides ont été d'abord séchés à l'étuve à 105 °C pendant 48h, puis broyés et soumis à l'attaque acide avec 30 ml de HCl (10%). Le minéralisât obtenu a été filtré à l'aide du papier filtre dans une fiole de 100 ml. Le volume était ajusté à 100 ml avec de l'eau distillée.

Les échantillons d'eau ont été décongelés à la température ambiante du laboratoire, ensuite filtrés dans un ballon jaugé de 100 ml à l'aide du papier filtre. Le filtrat obtenu a été soumis au dosage spectrophotométrique.

### **Méthode d'analyse des échantillons**

Les dosages d'ETM, ont été réalisés par la spectrophotométrie UV-visible à l'aide du Spectrophomètre DR-4000U. Nous avons prélevés 25 ml dans la solution à 100 ml obtenue, les échantillons ont été colorés par une réaction de complexation en utilisant la dithizone pour le Cd et une solution d'acide phosphorique pour le Pb. Le produit coloré obtenu est déposé dans l'analyseur. La lecture sur spectrophotomètre a été effectuée suivant une longueur d'onde spécifique. Les longueurs d'ondes ont été fixées à 540 nm pour le Cd et 283 nm pour le Pb. Les concentrations obtenues ont été déterminés en se rapportant à une gamme d'étalonnage.

### **Facteur de Bioconcentration (FBC)**

Les Facteurs de Bioconcentration ont été calculés par la formule utilisée par Casas (2005), à partir des données des analyses de l'échantillon d'eau de chaque site et celles des poissons:

$$FBC = \frac{Co}{Ce}$$

Où, Co: concentration en ETM dans l'organisme; Ce: concentration environnementale (eau). Si le FBC est supérieur à 1, il y a une bioconcentration de l'Elément Trace.

## Analyse et traitement statistique des données

Le logiciel Microsoft Excel 2010 a été utilisé pour le traitement des données. Le test de Student a été appliqué pour comparer les moyennes des teneurs en ETM entre les groupes de poissons étudiés. Le logiciel Origin 6.1 a été utilisé pour cette fin. Les différences ont été considérées comme significatives à des valeurs  $p < 0,05$ . Les résultats obtenus ont été présentés sous formes des tableaux.

## Résultats

### Paramètres physico-chimiques de l'eau

Les valeurs moyennes des paramètres physico-chimiques des eaux enregistrées sur les sites de Baramoto et Mongole sont reprises dans le tableau 1.

**Tableau 1.** Valeurs moyennes des paramètres physico-chimiques mesurées sur les deux sites de prélèvement de notre étude

Paramètres	Sites d'échantillonnage		
	Baramoto	Mongole	Normes OMS (2011)
pH	6,51±0,42	6,64±0,78	6,5-8,5
Conductivité (µS/cm)	29,3 ± 2,2	27,8 ± 2,7	50-2000
Température (°C)	26,4±1,27	27,3±0,79	25-29

Les résultats d'analyse de l'eau montrent que, le pH des eaux de deux sites est légèrement acide, soit 6,51±0,42 à Baramoto et 6,64±0,78 à Mongole. La conductivité de l'eau des deux sites varie entre 29,3±2,2 µS/cm à Baramoto et 27,8±2,7 µS/cm à Mongole. Ceci traduit une faible minéralisation des eaux au niveau des sites étudiés. La température de l'eau de surface, sur l'ensemble des sites varie entre 26,4±1,27 °C à Baramoto et 27,3±0,79 °C à Mongole.

### Teneurs en Eléments Traces Métalliques dans les eaux et les sédiments

Les résultats des teneurs en Eléments Traces Métalliques obtenus dans les eaux et les sédiments des sites de Baramoto et Mongole sont consignés dans le tableau 2.

**Tableau 2.** Teneurs en ETM des eaux et sédiments mesurées au niveau des deux sites d'étude

Sites	Eaux		Sédiments	
	Cd (mg/L)	Pb (mg/L)	Cd (µg/g)	Pb (µg/g)
Baramoto	0,01±0,001	0,05±0,03	0,04±0,02	0,02±0,01
Mongole	0,02±0,01	0,01±0,005	0,01±0,00	0,01±0,006
Normes OMS (2017)	0,003	0,01	-	-
Normes CCME	-	-	600	35000

L'analyse du tableau 2 indique que les teneurs moyennes en Pb varient entre 0,01±0,005 mg/L et 0,05±0,03 mg/L respectivement dans les eaux de

Mongole et de Baramoto. Pour le Cd, les teneurs moyennes varient entre  $0,01 \pm 0,001$  mg/L à Baramoto et  $0,02 \pm 0,01$  mg/L à Mongole.

Quant aux sédiments, les teneurs moyennes en Cd ont été de  $0,04 \pm 0,02$  µg/g et de  $0,01 \pm 0,00$  µg/g respectivement à Baramoto et à Mongole; par contre, celles de Pb ont varié entre  $0,01 \pm 0,006$  µg/g (à Mongole) et  $0,02 \pm 0,01$  µg/g (à Baramoto).

### Teneurs en ETM des poissons de la station de Kingabwa

Les teneurs moyennes en Eléments Traces Métalliques (Pb et Cd) chez les deux espèces de poissons étudiées dans la station de pêche de Kingabwa sont présentées dans le tableau 3.

**Tableau 1.** Teneurs moyennes en ETM de deux espèces des poissons capturées à la station de pêche de Kingabwa

Espèces	Eléments Traces Métalliques	
	Pb (mg/kg)	Cd (mg/kg)
<i>C. gariepinus</i>	$0,219 \pm 0,096$	$0,173 \pm 0,097$
<i>O. niloticus</i>	$0,249 \pm 0,117$	$0,179 \pm 0,086$
<b>Normes OMS (1995 et 2005)</b>	0,2	0,05

Les résultats du tableau 3 renseignent que l'espèce *Oreochromis niloticus* accumule plus d'ETM que l'espèce *Clarias gariepinus* avec de teneurs de  $0,249$  mg/kg contre  $0,219$  mg/kg pour le Pb; et de  $0,179$  mg/kg contre  $0,173$  mg/kg pour le Cd. Le test de Student appliqué à ces données n'indique aucune différence significative dans les teneurs entre les deux espèces (Pb:  $t = 0,74$  ;  $p = 0,45$  ; Cd:  $t = 0,15$  ;  $p = 0,87$ ).

### Variation spatiale de la bioaccumulation d'Eléments Traces Métalliques (Cd et Pb)

Les teneurs moyennes en Eléments Traces Métalliques (Pb et Cd) des deux espèces des poissons capturées à Baramoto et à Mongol sont présentées dans le tableau 4.

**Tableau 2.** Teneurs moyennes en ETM des poissons capturés sur les deux sites d'échantillonnage

Sites	Espèces	Eléments Traces Métalliques	
		Pb (mg/kg)	Cd (mg/kg)
Baramoto	<i>C. gariepinus</i>	$0,213 \pm 0,096$	$0,195 \pm 0,082$
	<i>O. niloticus</i>	$0,311 \pm 0,075$	$0,173 \pm 0,067$
Mongol	<i>C. gariepinus</i>	$0,226 \pm 0,091$	$0,151 \pm 0,080$
	<i>O. niloticus</i>	$0,188 \pm 0,102$	$0,186 \pm 0,060$

Les résultats du tableau 4 renseignent que chez *Clarias gariepinus*, la plus grande concentration moyenne en Pb a été enregistré à Mongole, soit  $0,226 \pm 0,091$  mg/kg; tandis que pour le Cd, à Baramoto, soit  $0,195 \pm 0,082$  mg/kg. L'analyse statistique appliquée aux données n'a pas montré de

différences significatives des concentrations en Pb et Cd entre les deux sites d'échantillonnages (Pb:  $t = -0,36$  ;  $p = 0,71$  ; Cd:  $t = 0,73$  ;  $p = 0,47$ ).

Chez *Oreochromis niloticus*, la plus grande teneur moyenne en Pb a été détectée à Baramoto, soit  $0,311 \pm 0,075$  mg/kg; en revanche la plus grande teneur moyenne en Cd a été détectée à Mongole, soit  $0,186 \pm 0,060$  mg/kg. Le test-T appliqué aux données n'a montré aucune différence significative dans les concentrations de deux micropolluants entre les deux sites d'études (Pb:  $t = 2,05$  ;  $p = 0,05$ ; Cd:  $t = -0,24$  ;  $p = 0,81$ ).

### Evolution des teneurs en ETM dans les organes des poissons capturés à Baramoto

Le tableau 5 présente les teneurs moyennes en Plomb et Cadmium détectées dans les branchies et les muscles des poissons adultes et juvéniles des espèces *Clarias gariepinus* et *Oreochromis niloticus* à Baramoto.

**Tableau 5.** Teneurs moyennes en ETM des poissons pêchés à Baramoto

Espèces	Stade de croissance	Eléments Traces Métalliques			
		Plomb (mg/kg)		Cadmium (mg/kg)	
		Branchie	Muscle	Branchie	Muscle
<i>C. gariepinus</i>	Adulte	0,26±0,16	0,23±0,04	0,27±0,13	0,17±0,03
	Juvenile	0,23±0,11	0,12±0,01	0,21±0,19	0,1±0,02
<i>O. niloticus</i>	Adulte	0,35±0,03	0,3±0,02	0,23±0,04	0,2±0,07
	Juvenile	0,3±0,14	0,27±0,10	0,14±0,06	0,1±0,007

L'analyse du tableau 5 indique que, chez *Clarias gariepinus*, les spécimens adultes accumulent plus les deux ETM que les juvéniles, sans différence significative (Pb :  $t = 1,04$  ;  $p = 0,31$  ; Cd :  $t = 0,55$  ;  $p = 0,59$ ), et cela quel que soit l'organe. La même tendance s'observe dans l'évolution des teneurs chez *Oreochromis niloticus*, avec une différence significative pour le Cd ( $t = 2,46$  ;  $p = 0,03$ ) et sans différence significative pour le Pb ( $t = 0,42$  ;  $p = 0,67$ ).

### Evolution des teneurs en ETM dans les organes des poissons capturés à Mongole

Les valeurs des teneurs moyennes en ETM observées dans les branchies et muscles des poissons adultes et juvéniles de deux espèces capturées à Mongole sont présentées dans le tableau 6.

**Tableau 6.** Teneurs moyennes en ETM des poissons pêchés à Mongole

Espèces	Stade de croissance	Eléments Traces Métalliques			
		Pb (mg/kg)		Cadmium (mg/kg)	
		Branchie	Muscle	Branchie	Muscle
<i>C. gariepinus</i>	Adulte	0,33±0,07	0,21±0,01	0,22±0,14	0,13±0,02
	Juvenile	0,25±0,08	0,1±0	0,15±0,07	0,08±0
<i>O. niloticus</i>	Adulte	0,28±0,11	0,22±0,09	0,18±0,21	0,15±0,05



	Juvénile	0,1±0,12	0,13±0,17	0,26±0,05	0,13±0,07
--	----------	----------	-----------	-----------	-----------

L'examen du tableau 6 renseigne que, chez *Clarias gariepinus*, les teneurs moyennes en Pb et Cd sont plus élevées chez les spécimens adultes que chez les juvéniles, avec une différence significative pour le Pb ( $t = 4,58$  ;  $p = 7,86$ ), et sans différence significative pour le Cd ( $t = 1,00$  ;  $p = 0,33$ ). La même tendance a été observée chez *Oreochromis niloticus*, mais sans aucune différence significative dans les teneurs (Pb:  $t = 1,6$  ;  $p = 0,12$  ; Cd:  $t = - 0,27$  ;  $p = 0,79$ ).

### Comparaison des teneurs en ETM entre branchies et muscles des deux espèces des poissons étudiées

La comparaison des teneurs moyennes en Eléments Traces Métalliques entre les branchies et muscles de deux espèces des poissons étudiées est reprise dans le tableau 7.

**Tableau 7.** Comparaison inter-organes des teneurs en ETM des poissons étudiés

Espèces	Organes	Eléments Traces Métalliques	
		Pb (mg/kg)	Cd (mg/kg)
<i>C. gariepinus</i>	Branchie	0,272±0,075	0,219±0,122
	Muscle	0,166±0,081	0,127±0,085
<i>O. niloticus</i>	Branchie	0,263±0,055	0,208±0,095
	Muscle	0,236±0,082	0,150±0,063

Le tableau 7 indique que, les ETM accumulés par les deux espèces sont inégalement distribués au sein de deux organes. Quel que soit l'élément étudié, les branchies concentrent plus d'ETM que les muscles, avec des teneurs de 0,272±0,075 mg/kg contre 0,166±0,081 mg/kg pour le Pb, et 0,219±0,122 mg/kg contre 0,127±0,085 mg/kg pour le Cd, Chez *Clarias gariepinus*. De même chez *Oreochromis niloticus*, avec des teneurs de 0,263±0,055 mg/kg contre 0,236±0,082 pour le Pb, et 0,208±0,095 mg/kg contre 0,150±0,063 mg/kg pour le Cd. Le test-T appliqué aux teneurs de *C. gariepinus* indique une différence significative pour les deux ETM (Pb:  $t = 4,9$  ;  $p = 5,84$  ; Cd:  $t = 3,9$  ;  $p = 7,13$ ) ; l'application du même test aux teneurs de *O. niloticus* révèle une différence significative pour le Cd ( $t = 2,74363$  ;  $p = 0,01$ ) et aucune différence significative pour le Pb ( $t = 0,9$  ;  $p = 0,37$ ).

### Facteur de bioconcentration des Eléments Traces Métalliques

Les résultats des facteurs de bioconcentration d'ETM en fonction des stades de croissance de deux espèces des poissons étudiées sont présentés dans le tableau 8.

**Tableau 8.** Facteur de bioconcentration en ETM des espèces de poissons suivant les sites d'études

Espèces	Stade de croissance	FBC			
		Baramoto		Mongole	
		Pb (mg/kg)	Cd (mg/kg)	Pb (mg/kg)	Cd (mg/kg)
<i>C. gariepinus</i>	Adulte	5	22,8	27,5	9,1
	Juvénile	3,5	16,1	17,7	6,1
<i>O. niloticus</i>	Adulte	6,7	21,9	25,3	8,6
	Juvénile	5,8	12,6	12,3	10,1

L'analyse du tableau 8 indique que les deux espèces ont bien accumulé les deux ETM présents dans leur environnement. Au niveau de Baramoto, les spécimens adultes concentrent plus les deux ETM que les juvéniles, avec les FBC de 5 pour le Pb et 22,8 pour le Cd chez *Clarias gariepinus*, et de 6,7 pour le Pb et 21,9 pour le Cd chez *Oreochromis niloticus*. La même situation s'observe à Mongole chez *C. gariepinus* (27,5 pour le Pb et 9,1 pour le Cd), tandis que chez *O. niloticus*, les juvéniles accumulent plus le Cd (10,1) que les adultes, qui sont les plus fort concentrateurs de Pb (25,3).

## Discussion

Les résultats des analyses physico-chimiques des sites de prélèvement des poissons ont montré que les eaux ont un pH légèrement acide, avec une température moyenne allant de  $26,4 \pm 1,27$  °C à Baramoto et  $27,3 \pm 0,79$  °C à Mongole, et une conductivité faible. Ces paramètres mesurés sont comprises dans les limites préconisées par l'OMS (2011) soit (6,5 - 8,5) pour le pH et (25 - 29 °C) pour la température contrairement à la conductivité qui est restée inférieure aux mêmes normes (50 – 2000  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ). Ces observations sur la qualité physico-chimique des eaux du Pool Malebo corroborent à celles de Pwema (2014), qui a signalé une conductivité faible entre 28,9 et 52,4  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , un pH légèrement acide oscillant autour de 6,1 à 6,3, avec une température moyenne de l'eau variant entre 27,6 et 28,3 °C. Tembeni (2017) souligne également un pH légèrement acide avec des valeurs oscillant autour de 6,3 à 6,55, avec une température moyenne de l'eau de 26,4 °C, et une conductivité de 35,27 à 43,53  $\mu\text{S}/\text{cm}$ .

La présente étude a mis en évidence la présence de Cd et Pb dans tous les compartiments retenus (eau-sédiment-poissons) à la station de pêche de Kingabwa. Les teneurs en Eléments Traces Métalliques mesurés dans les eaux provenant de deux sites ont varié entre 0,01 et 0,02 mg/L pour le Cd et 0,01 à 0,05 mg/L pour le Pb. Ces teneurs se sont révélées supérieures au seuil recommandé par l'OMS (2017) qui est de 0,003 mg/L pour le Cd et de 0,01mg/L pour le Pb. Par contre, la teneur en Pb dans les eaux prélevées à Mongole a été à la limite de la norme (soit 0,01 mg/L). Au regard de la norme précitée, cette situation indique qu'il pourrait y avoir pollution en ETM dans

ce compartiment. Cette observation est en harmonie à celle de Nzapo *et al.*, (2018) qui ont révélé des teneurs supérieures (Cd : 0,12 à 0,13 mg/L; Pb : 0,12 à 0,13 mg/L) dans les eaux du Pool Malebo à Kingabwa par rapport aux teneurs déterminées dans la présente étude. Ceci pourrait s'expliquer par les méthodes utilisées pour la détection des Eléments Traces Métalliques; la technique spectrophotométrique d'absorption atomique, tandis que la présente étude a utilisé la méthode d'analyse spectrophotométrique d'absorption moléculaire (Uv-visible).

Quant aux sédiments, les valeurs obtenues sur les deux sites sont restées en générale plus faibles, fluctuant entre 0,01 à 0,04  $\mu\text{g/g}$  pour le Cd, et 0,01 à 0,02  $\mu\text{g/g}$  pour le Pb. Ces valeurs sont en dessous de la limite de recommandation du CCME (Cd: 600  $\mu\text{g/g}$ ; Pb: 35000  $\mu\text{g/g}$ ). Les teneurs détectées dans ce compartiment sont inférieures à celles obtenues par Mata *et al.*, (2020) pour le Cd (0,02 à 6,65 mg/kg) et pour le Pb (2,36 à 200,89 mg/kg) dans les sédiments de surface de sept stations du Pool Malebo. Mwanamoki *et al.*, (2014) dans une étude approfondie sur la distribution d'Eléments Traces dans les sédiments du Pool Malebo, ont mis en évidence des teneurs supérieures à celles de la présente étude. La différence avec ces auteurs serait due aux périodes d'échantillonnages des études.

Les valeurs des ETM (Cd et Pb) enregistrées dans les eaux et les sédiments de Kingabwa indiquent que l'eau est plus chargée en Eléments Traces Métalliques que les sédiments. Cette situation peut s'expliquer par les conditions physico-chimiques du milieu, notamment le pH. En effet, le pH acide favorise la biodisponibilité d'ETM dans la solution ainsi que leur mobilité le long du cours d'eau. Par contre, lorsqu'il est basique, les ETM précipitent et s'accumulent dans les sédiments, accroissant ainsi leurs concentrations (Kashimbo *et al.*, 2016). Les valeurs obtenues dans cette étude pour l'eau, sont également inférieures à celles rapportées par Muteba *et al.*, (2011) (Cd: 1,42 mg/L; Pb: 0,24 mg/L) dans les eaux de la rivière Kafubu et à celles de Katemo *et al.*, (2010) (Cd: 2,838 mg/L; Pb: 0,011 mg/L) dans le bassin de la Lufira, dans le Haut-Katanga en R.D Congo. Cette différence des teneurs avec ces auteurs peut s'expliquer du fait que le Haut-Katanga est une zone à haute exploitation minière, et les écosystèmes de cette zone seraient plus exposés aux ETM que notre zone d'étude.

Les résultats d'analyses toxicologiques des poissons de la station de Kingabwa ont révélés la présence de Cd et Pb à des concentrations assez importantes; ces concentrations oscillent entre 0,173 et 0,179 mg/kg pour le Cd, et entre 0,219 et 0,249 mg/kg pour le Pb. En se référant aux seuils de recommandations fixés par l'OMS (1995 et 2005) sur la comestibilité des poissons (Pb : 0,2 mg/kg ; Cd : 0,05 mg/kg), nos résultats montrent que les deux espèces de poissons étudiées sont contaminées par les ETM. De ce fait,

elles pourraient donc engendrées des problèmes pour la santé humaine au fil du temps.

La comparaison des teneurs en Eléments Traces Métalliques dans les poissons aux différents sites étudiés, montre que les espèces capturées à Baramoto renferment des concentrations supérieures par rapport à celles de Mongole, mais cela sans différence significative. Ceci peut s'expliquer du fait de la fréquence élevée d'activités anthropiques observées sur ce site (décharges industrielles, rejets domestique, rejets accidentelles de carburant et huile de moteur par les transporteurs des barges qui remontent le fleuve Congo, vidange des fosses septiques).

Les résultats d'analyses faites par Nsimanda *et al.*, (2015a et b); Nzapo *et al.*, (2018) corroborent avec les notre dans la mesure où ils confirment la présence des Eléments Traces Métalliques chez les poissons du Pool Malebo. Comparativement à ces travaux, la présente étude a révélée des teneurs en ETM inférieures à celles rapportées par Nsimanda *et al.*, (2015a) chez *Distichodus fasciolatus* (Pb : 12,48 mg/kg ; Cd : 8,34 mg/kg), *Mormyrops anguilloïdes* (Pb : 28,91 mg/kg ; Cd : 9,44 mg/kg) et *Schilbe mystus* (Pb: 75,22 mg/kg ; Cd: 15,29 mg/kg) à la station de Kinsuka. Ceci s'explique par le fait que la station de Kinsuka est le carrefour de concentrations des tous les polluants de la ville (rejet industriel et domestique, ruissellement, etc.). Par contre, nos résultats restent supérieurs à ceux des mêmes auteurs chez *D. fasciolatus* (Pb: 0,003 mg/kg ; Cd: 0,001 mg/kg), *M. anguilloïdes* (Pb : 0,005 mg/kg ; Cd : 0,001 mg/kg) et *S. mystus* (Pb: 0,007 mg/kg ; Cd : 0,002 mg/kg) à la station de pêche de Maluku. Cette différence des teneurs en ETM à ce niveau serait due au fait que les espèces de poissons étudiées se diffèrent. Mais aussi, la faible fréquence d'activités anthropiques observées sur la station de pêche de Maluku, une zone avec moins d'activités humaines que la zone de Kingabwa pouvait aussi influencer l'accumulation des ETM chez les poissons. Le même constat fait chez les poissons de la station de Kingabwa a été aussi relevé par Nzapo *et al.*, (2018).

Quant à la variation des concentrations en Eléments Traces Métalliques dans les organes de *Clarias gariepinus* et *Oreochromis niloticus*, il a été constaté que les branchies accumulent plus d'ETM que les muscles. Ces fortes concentrations observées dans les branchies se justifient par le fait que cet organe intervient directement dans la filtration de l'eau au contact du poisson. La même observation a été faite par Chadid (2016) chez *Sardina pilchardus*. En outre, Drevet (2014) révèle que les branchies contiennent un taux élevé en métallothionéine par rapport aux muscles, qui intervient dans la séquestration d'ETM.

Les valeurs du FBC enregistrées chez les deux espèces de poissons varient entre 3,5 à 27,5 pour le Pb, et de 6,1 à 22,8 pour le Cd. La variation de ces valeurs montre que les espèces du site de Baramoto accumulent plus le Cd,

tandis que celles de Mongole accumulent plus le Pb. Ceci serait probablement lié à la fraction assimilable présente dans chaque site. Nos résultats du FBC ont révélé des valeurs inférieures à celles obtenues par Diop *et al.*, (2019) qui ont rapporté des valeurs variant entre 44 et 506 pour le Pb, et entre 8 et 65 pour le Cd chez les espèces de *Tilapia*, dans cinq étangs de Dakar. La différences des résultats obtenus avec ceux de cet auteur serait lié à la différence des écosystèmes aquatiques exploités et du temps de résidence des eaux (Blanquet *et al.*, 2004). La présente étude a été réalisée dans un milieu lotique, contrairement à cette dernière, dans un milieu lentique. D'une manière générale, la mesure de l'intensité de la bioaccumulation suivant le stade de croissance a montré que les poissons adultes accumulent plus les deux ETM que les juvéniles. Ceci pourrait s'expliquer par le temps d'imprégnation qui augmente avec l'âge (taille) et qui a un effet sur l'accumulation d'ETM lorsque les concentrations des métaux sont très élevées dans l'eau (Ennouri *et al.*, 2013).

La comparaison interspécifique de la variation de concentrations de deux ETM (Pb et Cd) chez les deux espèces de poissons étudiées a montré que *Oreochromis niloticus* accumule davantage les ETM que *Clarias gariepinus*, mais cela sans différence significative. Nous avons constaté, au travers de cette variation, que les espèces pélagiques pourront être plus vulnérables à la contamination aux Eléments Traces Métalliques que les espèces benthiques. Les travaux réalisés par Kidd *et al.*, (2003) ; Power *et al.*, (2002) ont montré que les espèces pélagiques accumulent plus d'ETM que les espèces benthiques. Toutefois, d'après Casas (2005), le concept de la bioaccumulation résulte de plusieurs mécanismes agissant simultanément ou avec un décalage dans le temps. La bioaccumulation, pour un même composé chimique, peut varier considérablement selon l'espèce considérée, le stade de développement des individus, les variables environnementale (pH, salinité et température, etc.), le sexe, le régime alimentaire, les propriétés du contaminant, etc.

## Conclusion Et Suggestions

Cette étude a montré que la station de Kingabwa dans le Pool Malebo (fleuve Congo) est bel et bien contaminée par le Cadmium et le Plomb. Les eaux des différents sites d'échantillonnage, ont présentées des teneurs en ETM supérieures aux seuils recommandés par l'OMS pour l'eau potable. Les résultats d'analyse des sédiments ont révélés des faibles concentrations par rapport aux normes édictées par le CCME pour les sédiments d'eau douce. Les concentrations d'ETM trouvées dans les organes de deux espèces des poissons étudiées ont été généralement au-dessus de normes préconisées par l'OMS pour la consommation; de ce fait elles constituent un risque pour la santé de la population consommatrice. Il a été démontré au cours de cette étude que, les eaux renferment plus d'ETM que les sédiments alors que le poisson pélagique,

*Oreochromis niloticus* est plus contaminé en Cd et Pb que le poisson benthique, *Clarias gariepinus*. Nous conseillons à la population riveraine du fleuve Congo dans le Pool Malebo d'éviter une consommation régulière des poissons qui proviennent des zones à fortes concentrations en ETM mais aussi, d'éviter l'utilisation des eaux du Pool Malebo dans les processus domestiques.

### Remerciements

Les auteurs remercient les pêcheurs du Pool Malebo en général dont ceux de Kingabwa pour leur apport durant la collecte des données ainsi que les responsables du Laboratoire de Géochimie du Centre de Recherches Géologiques et Minières de Kinshasa pour les analyses des échantillons.

### References:

1. Blanquet, J.P., Le Goff, F., Coquery, M., Gaudillot, A., Gondelle, F., Houeix, N., Magaud, H., Meunier, L., Sanchez, W. & Vincent B. (2004). Devenir et comportement des métaux dans l'eau : biodisponibilité et modèles BLM. Rapport technique, Institut National de la Recherche Scientifique, Québec, Canada, 85 p.
2. Casas, S. (2005). Modélisation de la bioaccumulation de métaux traces (Hg, Cd, Pb, Cu et Zn) chez la moule, *Mytilus galloprovincialis* en milieu méditerranéen. Thèse de Doctorat, Université du Sud Toulon. France, 301 p.
3. CCME disponible sur : <http://www.ccme.ca/recommandation-canadienne-pour-la-qualite-de-l-environnement>. Consulté le 09/01/2020.
4. Chadid, A. (2016). Quantification des éléments traces métalliques (cadmium, plomb et mercure total) de certains produits de la pêche débarqués dans la zone Essaouira-Dakhla : Evaluation des risques sanitaires. Thèse de Doctorat, Université Ibn Zohr. Maroc, 191 p.
5. Diop, C., Diatta, A., Ndiaye, A., Cabral, M., Toure, A. & Fall, M. (2019). Teneurs en métaux traces des eaux et poissons de cinq étangs de Dakar et risques pour la santé humaine. *Journal of Applied Biosciences*, 137 : 13931-13939.
6. Drevet, O. (2014). Exposition de la perchaude (*Perca flavescens*) à un mélange de cadmium et nickel: répartition subcellulaire des métaux accumulés et conséquences métaboliques. Mémoire de Master, Université du Québec, Institut National de la Recherche Scientifique Centre Eau Terre Environnement, Canada, 82 p.
7. Ennouri, R., Mili, S. & Chouba, L. (2013). La contamination métallique du rouget de vase (*Mullus barbatus*) et de la sardinelle (*Sardinella aurita*) du golfe de Tunis. *Cybiu*, 37(1-2): 49-58.

8. Falasi, N. (2018). Pollution de la rivière N'djili et contraintes de gestion des sols autour du Pool Malebo (cas du site agricole Masina Rail 1/Kinshasa). Mémoire de DEA, Université de Liège, Belgique, 64 p.
9. Foxall, C., Chale, F., Bailey-Watts, A., Patterson, G. & West, K. (2000). Les pesticides et les métaux lourds dans les poissons et les mollusques du Lac Tanganyika. Lake Tanganyika Biodiversity Project, République Démocratique du Congo, 16 p.
10. Kashimbo, K. S., Mukanya, S. S., Mukoj, K. A., Mwenge T. L., Kesonga, N. M., Meli, K. & Kiyukeno, K. Y. (2016). Etudes d'impacts des rejets liquides de l'usine STL (Société de Terril de Lubumbashi) sur la rivière Lubumbashi (Haut-Katanga/RD. Congo). International Journal of Innovation and Scientifique, Research, 21(2) : 285-292.
11. Katemo, B. M., Colinet, G., André, L., Chocha, A. M., Marquet, J- P. & Micha, J- C. (2010). Evaluation de la contamination de la chaîne trophique par les éléments traces (Cu, Co, Zn, Pb, Cd, U, V et As) dans le bassin de la Lufira supérieure (Katanga/RD Congo). Tropicultura, 28(4) :246-252.
12. Kidd, K. A., Bootsma, H. A., Hesslein, R. H., Lockhart, L. & Hecky, R. E. (2003). Mercury concentrations in the food web of Lake Malawi, East Africa. Journal of Great Lakes Research, 29 :258-266.
13. Laprieur, F. & Rubin, A. (2011). INVAQUA : Prédiction de l'établissement des espèces exotiques dans les milieux aquatiques : vers une anticipation des invasions biologiques. Rapport scientifique. France, 131 p.
14. Lévêque, C., Paugy, D. & Teugels, G. G. (1990). Faune des poissons d'eaux douces et saumâtres d'Afrique de l'Ouest. Tome 1, MRAC, O.R.S.T.O.M, Collection faune tropicale, n°28, 902 p.
15. Lévêque, C., Paugy, D. & Teugels, G. G. (1992). Faune des poissons d'eaux douces et saumâtres d'Afrique de l'Ouest. Tome 2, MRAC, O.R.S.T.O.M, Collection faune tropicale, n°28, 902 p.
16. Mata, K. H., Mohammed, M. A. D., Ngweme, N. G., Konde, N. J., Mulaji, K. C., Kiyombo, M. G. & Poté, W. J. (2020). Toxique metal concentration and ecotoxicity test of sediments from dense populated areas of Congo River, Kinshasa, Democratic republic of the Congo. Environmental chemistry and ecotoxicology, 2 : 83-90.
17. Mbega, J. D. & Teugels, G. G. (2003). Guide de détermination des poissons du Bassin inférieur de l'Ogooué. Presse Universitaire de Namur, Belgique, 165 p.
18. Monama, O., Mukinayi, J. & Sibukaku, S. (1985). Chaîne trophique du plomb. Revue Zaïroise des Sciences Nucléaires, 6 :226-237.

19. Muteba, L. J- P., Kitoko, N. F., Moma, T. M. B. & Mande, S. M. (2011). Pollution de la rivière Kafubu. Rapport d'enquête, 97 p.
20. Mwanamoki, P. M., Naresh, D., Niane, B., Ngelinkoto, P., Thevenon, F., Nlandu, J. W., Mpiana, T. P., Prabakar, K., Mubedi, I. J., Kabele, G. C., Wildi, W. & Poté, J. (2014). Trace metal distributions in the sediments from river-reservoir systems: case of the Congo River and Lake Ma Vallée, Kinshasa (Democratic Republic of Congo. Environ Sci. Pollut Res, 10 :11356-3381.
21. Nsimanda, I. C., Musibono, E. D., Basosila, L. N. & Wang, B. M. B. (2015a). Etude préliminaire de la contamination au Cadmium et au Plomb de *Distichodus fasciolatus*, *Mormyrops anguilloides* et *Schilbe mystus* au Pool Malebo (fleuve Congo - Kinshasa/R.D Congo) à Kinsuka. International Journal of Innovation and Applied Studies, 10(1) :176–183.
22. Nsimanda, I. C., Musibono, E. D., Basosila, L. N. & Wang, B. M. B. (2015b). Contribution à l'étude écotoxicologique du Cadmium et du Plomb dans *Distichodus fasciolatus*, *Mormyrops anguilloides* et *Schilbe mystus* au Pool Malebo (fleuve Congo - Kinshasa/R.D Congo) à Maluku. International Journal of Innovation and Applied Studies, 10(1) : 166–175.
23. Nzapo, K. H, Ngbolua, Koto-te-Nyiwa., Bongema A. L., Bongo N. G., Inkoto L. C, Falanga M. C., Ashande M. C., Ndembo N. J. L., Lokilo L. E. & Djoza D. R. (2018). Evaluation de la bioaccumulation de métaux lourds chez *Clarias gariepinus* (Burchell, 1822), *Chrysichthys nigrodigitatus* (Lacepède, 1803), *Mormyrops anguilloides* (Linnaeus, 1758) et *Coptodon rendalli* (Boulenger, 1897). International Journal of Innovation and Scientific Research, 38(1) : 185-191.
24. OMS. (1995). Normes générale codex pour les contaminants et les toxines présents dans les produits de la consommation humaine et animale. Codex standard 193-1995, 43 p.
25. OMS. (2005). Liste provisoire des principales espèces de poissons faisant l'objet d'un commerce internationale (y compris les propositions concernant des concentrations maximales de plomb dans différentes espèces de poissons). Trente septième sessions, La Haye, Pays-Bas, 4 p.
26. OMS. (2017). Directives de qualité pour l'eau de boisson. 4<sup>e</sup> Edition, Genève, Suisse, 539 p.
27. Ouédraogo, A. (2016). Évaluation de la teneur en métaux lourds, dans les tissus du Tilapia du Nil (*Oreochromis niloticus*) et du poisson chat africain (*Clarias* sp) d'eau douce du Burkina-Faso. Mémoire de Licence, Université Polytechnique de Bobo- Dioulasso, Burkina-faso, 73 p.



28. Poll, M. & Gosse J. P. (1995). *Genera des poissons d'eau douce de l'Afrique*. Classe des Sciences, Académie Royale de Belgique. 324 p.
29. Power, M., Klein, G. M., Guiguere, K. R. R. A. & Kwan, M. H. (2002). Mercury accumulation in the fish community of a sub-arctic lake in relation to trophic position and carbon sources. *Journal of Applied Ecology*, 39 : 819-830.
30. Pwema, K. V. (2014). *Ecologie alimentaire, reproduction et modes d'adaptation de cinq espèces du genre Labeo Cuvier, 1817 dans les milieux lenticules et des rapides au Pool Malebo dans le fleuve Congo*. Thèse de Doctorat en Sciences Biologiques, Université de Kinshasa. RD. Congo, 163 p.
31. Pwema, K. V., Mbomba, B. N., Kikala, A. E., Lusasi, S. W. & Micha, J- C. (2019). Utilisation des alevins de *Schilbe mystus* (Linné, 1758) (Siluriformes : Schilbeidae) dans la lutte biologique contre les larves de moustiques. *Congo science*, 7(1) : 83-86.
32. Tembeni, M. T. J. (2017). *Structure des communautés des poissons Mochokidae (Ostariophysi, Siluriformes) dans le Pool Malebo (Fleuve Congo/R.D. Congo) en relation avec la distribution spatio-temporelle, la niche trophique et la stratégie démographique*. Thèse de Doctorat en Sciences Biologiques, Université de Kinshasa, R.D. Congo, 303 p.
33. WHO (World Health Organization). (2011). *Guidelines for drinking-water quality*. Fourth édition, Genève, Suisse, 564 p.



## **Medidas De Prevención De Infecciones Y Colonizaciones Nosocomiales Por *Enterococcus Faecium* Resistente A Vancomicina**

***Sandra Alvarez Hidalgo(MQCD)***

Universidad Autónoma de Querétaro, Querétaro, México  
Facultad de Medicina

Maestría en Química Clínica Diagnóstica, Facultad de Química

***Ruth Magdalena Gallegos Torres(PhD)***

Universidad Autónoma de Querétaro, Querétaro, México  
Facultad de Enfermería

***Juan Campos Guillén(PhD)***

Universidad Autónoma de Querétaro, Querétaro, México  
Maestría en Química Clínica Diagnóstica, Facultad de Química

***Maribel Liñan Fernandez(PhD)***

***Aide Teran Alcocer(PhD)***

Universidad Autónoma de Querétaro, Querétaro, México  
Facultad de Medicina

***María Carlota García-G(PhD)***

Universidad Autónoma de Querétaro, Querétaro, México  
Facultad de Medicina

Maestría en Química Clínica Diagnóstica, Facultad de Química

[Doi:10.19044/esj.2021.v17n25p193](https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n25p193)

---

Submitted: 09 June 2021

Accepted: 24 June 2021

Published: 31 July 2021

Copyright 2021 Author(s)

Under Creative Commons BY-NC-ND

4.0 OPEN ACCESS

*Cite As:*

Hidalgo S.A., Gallegos Torres R.M., Guillén J.C., Fernandez M.L., Alcocer A.T. & García-G. M.G.(2021). *Medidas De Prevención De Infecciones Y Colonizaciones Nosocomiales Por Enterococcus Faecium Resistente A Vancomicina*. European Scientific Journal, ESJ, 17(25), 193.<https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n25p193>

---

### **Resumen**

Las Infecciones Asociadas a la Atención de la Salud (IAAS) son un problema de salud pública global, causado por microorganismos oportunistas, dentro de los cuales los *Enterococcus faecium* resistentes a vancomicina (ERV) son una de las tres principales especies de bacterias responsables. La

colonización intestinal por ERV es considerada requisito y factor de riesgo para el desarrollo de estas infecciones. La presencia de ERV se ha asociado a multi-terapia antimicrobiana, largas estancias hospitalarias, inmunosupresión y enfermedades graves. Se ha propuesto que la diseminación intrahospitalaria entre pacientes, por el personal de salud o vía fómites, es el mecanismo de transmisión en infecciones y brotes hospitalarios. Éste es un artículo de revisión que resume las publicaciones en habla inglesa de la última década, acerca de las principales recomendaciones de prevención y control de brotes por ERV. Las medidas para la prevención y contención de la colonización e infecciones por ERV se clasificaron en: 1) medidas de vigilancia epidemiológica y detección temprana; 2) prevención de la colonización y eliminación de reservorios; 3) Manejo de pacientes colonizados y/o infectados; y 4) recomendaciones para el uso razonados de antimicrobianos y tratamiento empírico inicial de las infecciones por ERV. El impacto positivo de la implementación de este tipo de medidas ha sido demostrado por distintos autores.

---

**Palabras Clave:** Enterococcus Faecium, Resistencia A Vancomicina, Monitoreo Epidemiológico, Guías

## **Measures Of Prevention And Control Of Vancomycin Resistant *Enterococcus Faecium* Colonization And Infection**

***Sandra Alvarez Hidalgo(MQCD)***

Universidad Autónoma de Querétaro, Querétaro, México  
Facultad de Medicina

Maestría en Química Clínica Diagnóstica, Facultad de Química

***Ruth Magdalena Gallegos Torres(PhD)***

Universidad Autónoma de Querétaro, Querétaro, México  
Facultad de Enfermería

***Juan Campos Guillén(PhD)***

Universidad Autónoma de Querétaro, Querétaro, México  
Maestría en Química Clínica Diagnóstica, Facultad de Química

***Maribel Liñan Fernandez(PhD)***

***Aide Teran Alcocer(PhD)***

Universidad Autónoma de Querétaro, Querétaro, México  
Facultad de Medicina

***María Carlota García-G(PhD)***

Universidad Autónoma de Querétaro, Querétaro, México  
Facultad de Medicina

Maestría en Química Clínica Diagnóstica, Facultad de Química

---

## Abstract

Health Care Associated Infections (HAI) are a global public health problem caused by opportunistic microorganisms, among which vancomycin resistant *Enterococcus faecium* (VRE) are considered one of the three main responsible bacteria. The colonic colonization by VRE is considered a requirement as well as risk factor for the development of these infections. The presence of VRE has been associated with multiple antimicrobial therapy, prolonged hospitalization, immunosuppression, or serious diseases. Intrahospital dissemination between patients, through healthcare workers or via fomites, has been described as the transmission mechanism in endemic infections and hospital outbreaks. This is a review article in Spanish that compiles the English-language publications of the last decade, about the main recommendations for the prevention and control of VRE outbreaks. Recommendations for prevention and control of VRE colonization and infection are classified in: 1) epidemiological surveillance and early detection measures; 2) prevention of colonization and reservoirs elimination; 3) management of colonized and / or infected patients; and 4) recommendations for rational use of antimicrobials and initial empirical VRE infection treatment. The positive impact of the implementation of this type of measures has been demonstrated by different authors.

---

**Keywords:** *Enterococcus Faecium*, Vancomycin Resistance, Epidemiological Monitoring, Guidelines

## Introducción

*Enterococcus faecium* es una bacteria que normalmente forma parte de la microbiota del sistema digestivo de personas sanas, así como de algunos animales, principalmente mamíferos, siendo un colonizador natural, presentándose en los humanos solo a una concentración menor al 1% (Contreras, Munita, & Arias, 2019). Sin embargo, bajo ciertas circunstancias, adquisición de resistencia antimicrobianos, puede convertirse en un patógeno oportunista capaz de generar infecciones en personas hospitalizadas, traspasando las barreras intestinales e infectando otros órganos, provocando bacteriemia, infección en vías urinarias, endocarditis, infecciones intraabdominales y pélvicas, infecciones de la piel y en algunas ocasiones infecciones del sistema nervioso central (Arias & Murray, 2012; Contreras et al., 2019; Mutters et al., 2013).

Los *Enterococcus* resistentes a vancomicina (ERV) ocupa entre el segundo y tercer lugar dentro de los patógenos causantes de Infecciones Asociadas a la Atención de la Salud, por lo que es considerado un problema de salud mundial, afectando principalmente a personas con

inmunocompromiso, largas estancias hospitalarias y uso prolongado de terapia antimicrobiana (O'Driscoll & Crank, 2015).

La emergencia de ERV como patógeno se ha atribuido principalmente a su capacidad de colonizar el tracto gastrointestinal de pacientes que han sido hospitalizados por largos periodos de tiempo y que han estado bajo terapia antimicrobiana, debido a que el uso de antibióticos inhibe la microbiota benigna, permitiendo así la invasión intestinal por ERV, volviéndose una situación decisiva para su transmisión y la adquisición de resistencia antimicrobiana (Contreras, 2019).

Adicionalmente, esta bacteria tiene una gran capacidad de sobrevivir y permanecer por periodos prolongados en el ambiente hospitalario, aunado a su plasticidad genómica y presencia de elementos genéticos móviles que le confieren capacidades adaptativas y de resistencia que lo convierten en un patógeno de difícil manejo (Isenman & Fisher, 2016; O'Driscoll & Crank, 2015; Orsi & Ciorba, 2013; Satilmis, Vanhems, & Bénét, 2015).

Entre los factores de riesgo descritos para que un paciente curse colonización y posible posterior infección por EVR se incluyen: edad, inmunocompromiso, uso prolongado de antimicrobianos, larga estancia hospitalaria en Unidades de Cuidados Intensivos, presencia de dispositivos médicos invasivos (catéteres, sondas), cirugías y la movilización de los pacientes colonizados o infectados entre distintas áreas del hospital (Chiang et al., 2017; Djembi et al., 2017; Gilbert et al., 2017; Mahony et al., 2018).

La propagación de EVR se ha asociado a su presencia principalmente en instrumental médico y mobiliario hospitalario, los cuales actúan como fómites. A su vez, las infecciones debidas a este microorganismo se asocian a largas estancias hospitalarias, alta mortalidad, readmisión y altos costos hospitalarios (Chiang et al., 2017; Miller, Munita, & Arias, 2014; Miller, Murray, Rice, & Arias, 2016).

Además de la gran capacidad de *Enterococcus faecium* de adquirir multiresistencia a antibióticos, también tiene la capacidad de adaptarse fácilmente y resistir a condiciones ambientales adversas de temperatura, pH y concentración de sales, etc. El incremento en las infecciones nosocomiales por enterococos resistente a glucopéptidos como la vancomicina, es considerado un grave problema de salud, debido a la limitación de la terapia de antibióticos. Dichas infecciones se han diseminado alrededor del mundo, aumentando la morbilidad, la mortalidad y los costos de hospitalización (Faron, Ledebøer, & Buchan, 2016; Isenman & Fisher, 2016; O'Driscoll & Crank, 2015; Reyes, Bardossy, & Zervos, 2016).

El objetivo del presente documento es proponer una compilación, en idioma español, de las principales recomendaciones para la vigilancia, prevención y control de la infección y colonización por *Enterococcus* spp. resistentes a vancomicina, basado en la literatura internacional, para lo cual se

realizó una búsqueda en la literatura mundial de la última década en idioma inglés. Se inicia con un panorama histórico y epidemiológico de ERV, culminando con el impacto que ha tenido la implementación de estas medidas en distintos países.

### **Texto principal**

#### **Historia y epidemiología de *Enterococcus faecium* resistente a vancomicina**

Las cepas de enterococci resistentes a vancomicina fueron identificadas por primera vez en Europa en la década de 1980; su resistencia fue asociada al uso de avoparcina, un glucopéptido utilizado para favorecer el crecimiento del ganado. Posteriormente ERV fue identificado en los Estados Unidos en donde en la década de 1990 incrementó rápidamente su transmisión para finalmente distribuirse por todo el mundo (Levitus, Rewane, & Perera, 2021). Para la especie *E. faecium* se conocen dos grupos principales, el clado hospitalario y el clado comunitario; los microorganismos pertenecientes al clado hospitalario tienen una mayor capacidad de diseminarse en los ambientes nosocomiales (Faron et al., 2016; Miller et al., 2014, 2016; O'Driscoll & Crank, 2015; Reyes et al., 2016).

Los enterococos son la tercera causa más común de infección como la endocarditis y fue a finales de 1940 cuando se propuso el uso combinado de penicilina y un aminoglucósido como parte del tratamiento de ésta. Actualmente, la resistencia a los aminoglucósidos se ha incrementado, por lo cual dicho tratamiento ya no es eficiente contra algunas cepas (Faron et al., 2016; Miller et al., 2016; Reyes et al., 2016).

La ocurrencia de infecciones por ERV ha ido en aumento; por ejemplo en Estados Unidos, el incremento en el aislamiento de esta bacteria ha sido de más del 90% (Chiang et al., 2017). Se considera que esta bacteria ha adquirido características genéticas que contribuyen al éxito en su prevalencia en ambientes hospitalarios, adicional al desarrollo y adquisición de determinantes de resistencia a múltiples antimicrobianos (Faron et al., 2016; Miller et al., 2014, 2016; O'Driscoll & Crank, 2015; Reyes et al., 2016; Whang, Miller, Partain, & McKinnell, 2013).

Actualmente se sabe que genotipo *vanA* tiene un origen plasmídico pero es codificado por un transposon *vanA* y por lo tanto puede incorporarse al cromosoma; por el contrario, el gen *vanB* es codificado por un transposon *vanB* conjugativo y también puede ser transferido a otras cepas por medio de un plásmido. El genotipo *vanA* confiere resistencia a vancomicina y teicoplanina mientras que el genotipo *vanB* solo a la vancomicina (Faron et al., 2016; Miller et al., 2014, 2016; Reyes et al., 2016).

La mayoría de los casos de *E. faecium* resistente a vancomicina en los Estados Unidos, Europa, Corea, América del Sur y África se deben

actualmente al genotipo *vanA*. En cambio, en el caso de Australia y Singapur son ocasionados principalmente por el genotipo *vanB*. La tasa de diseminación de *E. faecium* V varía mucho, pero el mayor porcentaje de ERV se ha registrado en los EE.UU., Irlanda y Australia (Miller et al., 2016; Reyes et al., 2016; Talaga-Ćwiertnia & Bulanda, 2018).

En Australia se ha rastreado una nueva secuencia tipo de *E. faecium* ERV, la ST796, la cual se considera la causa principal de bacteriemia. La secuenciación completa del genoma (WGS) ha demostrado una estructura poblacional esencialmente clonal de ST796, pero a diferencia de las bacterias gram negativas resistentes a múltiples medicamentos, al parecer, su éxito no se debe a una mayor resistencia a los antibióticos. Esto sugiere que otros determinantes han impulsado su rápida diseminación como la posibilidad de resistencia a los biocidas (Mahony et al., 2018).

Las infecciones causadas por ERV constituyen una amenaza relevante para la salud pública, por lo tanto es necesario contar con guías de vigilancia y programas destinados a la detección temprana, con el fin de prevenir su propagación en la población hospitalaria. La adherencia a este tipo de programas ha demostrado tener un impacto en la prevención del desarrollo de brotes hospitalarios (Cheng et al., 2016; Chiang et al., 2017; Djembi et al., 2017; Lai CK, Wong SY, Lee SS, Siu HK, Chiu CY, Tsang DN, Ip MP, 2017; Lemieux et al., 2017; Talaga-Ćwiertnia & Bulanda, 2018; Ulrich & Gastmeier, 2017).

Los Departamentos de Control de las Infecciones Nosocomiales son los grupos conformados por enfermeras, epidemiólogos y/o infectólogos, clínicos y administradores de servicios en salud que coordinan y supervisan las actividades de detección, investigación, registro, notificación y análisis de información, además de la capacitación para la detección, manejo y control de las infecciones nosocomiales (cdc, 2010; Diario Oficial de la Federación, 2009; Flanagan, Cassone, Montoya, & Mody, 2016; Frakking et al., 2018; Montoya, Cassone, & Mody, 2016; Ulrich & Gastmeier, 2017).

A continuación se presentan las recomendaciones de vigilancia activa para la prevención y control de la infección y colonización por ERV. Dichas medidas deben realizarse de manera rutinaria en unidades de cuidados intensivos, pacientes trasplantados, con diálisis crónica, y en unidades con largas estancias hospitalarias. Adicionalmente deben establecerse estas medidas ante un brote de infección en cualquier área hospitalaria (Cheng et al., 2016; Lai CK, Wong SY, Lee SS, Siu HK, Chiu CY, Tsang DN, Ip MP, 2017; Reyes et al., 2016).

## **Recomendaciones para la vigilancia epidemiológica y detección temprana de colonización intestinal por ERV**

- La detección de enterococos resistentes a glucopéptidos en heces fecales de los pacientes que cumplan con una estancia hospitalaria mayor de 72 horas (Faron et al., 2016; Flanagan et al., 2016; Lai CK, Wong SY, Lee SS, Siu HK, Chiu CY, Tsang DN, Ip MP, 2017; Montoya et al., 2016; Reyes et al., 2016).

- Para que un paciente pueda considerarse negativo a la colonización por ERV, es necesario obtener un mínimo de tres cultivos negativos realizados semanalmente (Battipaglia et al., 2019), o 5 cultivos negativos de hisopado rectal, tomados en diferentes días posteriores al término de la exposición potencial (Contreras et al., 2019; Frakking et al., 2018).

- Algunos autores consideran importante hacer un muestreo ambiental de superficies y fómites para la identificación de reservorios artificiales, así como de las manos del personal sanitario y de los familiares (Flanagan et al., 2016; Lowden, Miller Neilan, & Yahdi, 2014; Montoya et al., 2016; Reyes et al., 2016).

- Como parte de la vigilancia epidemiológica para identificar la presencia de ERV así como el tipo de cepa, los métodos de identificación pueden incluir técnicas microbiológicas o biomoleculares (Cheng et al., 2016; Faron et al., 2016; Reyes et al., 2016; Tan, Jiang, & Ng, 2017):

- Cultivo en medios selectivos (agar entecoccosel suplementado con vancomicina, cromogénicos, entre otros) (Faron et al., 2016; Reyes et al., 2016; Tan et al., 2017).

- Un pre-enriquecimiento de la muestra en caldos de uso común (cerebro-corazón, soya tripticasa, M17) por 4-6 h, disminuye a la mitad el tiempo de identificación de colonias presuntivas en los agares selectivos (Domig, Mayer, & Kneifel, 2003).

- En los lugares en los que se cuente con la infraestructura y personal capacitado, el uso de métodos biomoleculares permite la identificación de ERV colonizantes en menos de 24 h (Faron et al., 2016; Ozback, 2018; Reyes et al., 2016; Tan et al., 2017).

- Realizar la tipificación molecular de los aislamientos de enterococos resistentes a glucopéptidos para clarificar la epidemiología de este microorganismo (Frakking et al., 2018; Grabsch et al., 2012; Mahony et al., 2018; Reyes et al., 2016).

- Para el análisis de la relación filogenética entre las cepas, se recomienda utilizar la secuenciación completa del genoma (WGS), la cual ofrece una diferenciación más precisa de cada cepa que la técnica de PFGE (Electroforesis en Gel con Campos Pulsados), y se empieza a utilizar de una manera más constante en las investigaciones de brotes por ERV (Frakking et al., 2018; Grabsch et al., 2012; Mahony et al., 2018; Reyes et al., 2016).



- También se recomienda el uso de la técnica de Tipificación Multilocus de Secuencias (MLST) para identificar la presencia de cepas que pertenezcan al complejo clonal 17 (CC17), complejo que agrupa linajes de *Enterococcus faecium* aislados de pacientes hospitalizados (Contreras et al., 2019; Freitas et al., 2010; Lee, Pang, Abraham, & Coombs, 2019).

### **Recomendaciones de prevención de colonización y eliminación de reservorios (educación, higiene, instrumentos de barrera, limpieza)**

- La higiene de manos es fundamental antes y después del contacto con cada paciente. El jabón por sí solo puede no ser suficiente, es mejor utilizar soluciones de jabón y desinfectante. El alcohol líquido o en gel es más conveniente que el uso de otros desinfectantes; éstas medidas aplican para el personal médico y para los familiares del paciente (Barnes, Morgan, Harris, Carling, & Thom, 2014; Bryce et al., 2015; Cheng et al., 2016; Fernando, Gray, & Gottlieb, 2017; Kecik Bosnak, Namiduru, Karaoglan, & Ozlem Mete, 2013; Lai CK, Wong SY, Lee SS, Siu HK, Chiu CY, Tsang DN, Ip MP, 2017).
- Las manos del personal médico deben ser descontaminadas en los 5 momentos para la higiene de manos y según los criterios de la Organización Mundial de la Salud (OMS) (cdc, n.d.; Rutala, Weber, Healthcare, & Infection Control Practices Advisory Committee, 2017).
- Evitar el uso de uñas artificiales y anillos, pulseras y relojes del personal médico, al tener contacto directo con los pacientes (Francisco, Aragão, & Cardoso, 2018; Reyes et al., 2016).
- El uso y recambio de batas, de preferencia desechables, y guantes es obligatorio al ingresar a las unidades de cuidados intensivos o al manipular secreciones corporales. El recambio y/o limpieza entre pacientes también se recomienda cuando se utilizan equipos de atención relacionada con el paciente, como estetoscopios y manguitos de presión arterial (Fernando et al., 2017; Martin et al., 2016; Morgan DJ, Murthy R, Munoz-Price LS, Barnden M, Camins BC, Johnston BL & Z, Sullivan KV, Shane AL, Dellinger EP, Rupp ME, 2015; Mutters et al., 2013; Rubin, Samore, & Harris, 2018). Sin embargo el uso de este tipo de protección no sustituye otras medidas (Fernando et al., 2017; Martin et al., 2016; Morgan DJ, Murthy R, Munoz-Price LS, Barnden M, Camins BC, Johnston BL & Z, Sullivan KV, Shane AL, Dellinger EP, Rupp ME, 2015; Reyes et al., 2016; Rubin et al., 2018).
- Baño diario con toallas impregnadas en clorhexidina a pacientes en unidades de cuidados intensivos. Esta medida no es necesaria de manera rutinaria en otros servicios (Fernando et al., 2017; Kim et al., 2016; Mendes et al., 2016; Reyes et al., 2016).
- Las salas del hospital deben limpiarse regularmente como parte de un programa general de higiene hospitalaria (Bryce et al., 2015; Cheng et al.,

2016; Lai CK, Wong SY, Lee SS, Siu HK, Chiu CY, Tsang DN, Ip MP, 2017; Rutala et al., 2017).

- Después de un brote o incidente de colonización o infección, las habitaciones de aislamiento o la totalidad de una sala después de brotes más extensos, deben ser limpiadas a fondo para reducir la contaminación del medio ambiente (Fernando et al., 2017; Rutala et al., 2017).

- Los equipos contaminados con sangre, fluidos corporales, secreciones o excreciones, deben limpiarse y desinfectarse después de su uso. La misma pauta aplica para todas las superficies, por ejemplo, barandillas, carros, cómodas, perillas de puertas y manijas de lavamanos. Se recomienda el uso de sustancias indicadas para patógenos que pueden sobrevivir en un ambiente inanimado por periodos prolongados (Fernando et al., 2017). Se recomiendan utilizar los siguientes compuestos: fenólicos, sales cuaternarias de amonio, dicloro-isocianurato de sodio e hipoclorito de sodio para superficies, y para equipos médicos los compuestos de dicloro-isocianurato (Fernando et al., 2017; Rutala et al., 2017).

- El proceso de descontaminación se debe realizar después de la limpieza. La solución de hipoclorito a una concentración del 6% y de alcohol al 70% son recomendadas para este proceso; llevar bitácoras para la realización de la limpieza y descontaminación rutinaria (Lai CK, Wong SY, Lee SS, Siu HK, Chiu CY, Tsang DN, Ip MP, 2017; Mutters et al., 2013; O'Driscoll & Crank, 2015; Reyes et al., 2016).

- Se deben descontaminar las franelas con las que se realiza la limpieza, en una solución de hipoclorito durante 2 minutos. Si son franelas reutilizables o trapeadores de limpieza, deben descontaminarse con regularidad para evitar la contaminación durante la limpieza, con la posterior transferencia de organismos entre los pacientes o equipos por las manos de los trabajadores de salud (Rutala et al., 2017).

- Se debe realizar una limpieza y desinfección exhaustiva con regularidad en las áreas de la unidad, para eliminar reservorios ambientales de EVR, asimismo llevar registro en bitácoras de este tipo de limpieza (Bryce et al., 2015; Cheng et al., 2016; Lai CK, Wong SY, Lee SS, Siu HK, Chiu CY, Tsang DN, Ip MP, 2017; Rutala et al., 2017). El beneficio de otros métodos que no requieren contacto, tales como rayos UV, vapor de peróxido de hidrogeno, para la desinfección de superficies e instrumental también ha sido demostrado (Marra, Schweizer, & Edmond, 2018; Reyes et al., 2016).

- Uno de los factores de riesgo más importante para el desarrollo de infección en pacientes colonizados es el uso de dispositivos médicos de apoyo. Las personas con ventilación mecánica durante más de cinco días incrementaron 10,6 veces el riesgo de contraer infecciones resistentes. En relación con el uso de este dispositivo, se recomienda manipular asépticamente los circuitos, evitar la reintubación, cambiar los circuitos de

ventilación cuando se ensucien o dañen, cambiar la fijación del tubo endotraqueal y realizar lavados con clohexedina cada 6 h. Se deberá además, ubicar a los pacientes en una habitación individual, con los equipos básicos requeridos para evitar el contagio directo o indirecto (Fernando et al., 2017; Kim et al., 2016; Mendes et al., 2016; Reyes et al., 2016).

- Educación y capacitación constante al personal específico a cargo de unidades de cuidados intensivos, así como de todo el personal que labora en los nosocomios, respecto a la diseminación de bacterias multi-fármaco resistentes, para el control de las infecciones, para lo cual se sugiere la creación de programas de capacitación permanente centrados en la prevención de la contaminación ambiental y la propagación de agentes patógenos (Fernando et al., 2017; Frakking et al., 2018; Montoya et al., 2016).

- Educación en cuanto a las buenas prácticas higiénicas de manos, tanto para el personal sanitario, como de los familiares del paciente (Fernando et al., 2017; Frakking et al., 2018; Montoya et al., 2016).

- Conferencias didácticas, además de información para ser difundida en el hospital respecto a las medidas adecuadas de control de infecciones y el uso de glucopéptidos (Fernando et al., 2017; Flanagan et al., 2016; Frakking et al., 2018).

### **Recomendaciones para el manejo de colonización y/o infección (aislamiento y traslado)**

- Con base en los resultados de la vigilancia activa, se realizará la clasificación de los pacientes en: no colonizados, colonizados e infectados, para el manejo en aislamiento de los dos últimos (Frakking et al., 2018; Lai CK, Wong SY, Lee SS, Siu HK, Chiu CY, Tsang DN, Ip MP, 2017).

- Cuando surja un brote de infección por ERV se debe informar al personal para prevenir riesgos de diseminación, así como clasificar como colonización, infección esporádica, infección endémica o epidémica (Lai CK, Wong SY, Lee SS, Siu HK, Chiu CY, Tsang DN, Ip MP, 2017; Satilmis et al., 2015; Ulrich & Gastmeier, 2017).

- Los pacientes deben aislarse en habitaciones individuales. Más si presentan diarrea o incontinencia, debido a que el riesgo de diseminación es mayor (Frakking et al., 2018; Lai CK, Wong SY, Lee SS, Siu HK, Chiu CY, Tsang DN, Ip MP, 2017).

- Si un paciente con ERV se transfiere a otra institución de salud, se deberá informar a la recepción de la nueva clínica y al personal de control de infecciones (Bryce et al., 2015; Cheng et al., 2016; Lai CK, Wong SY, Lee SS, Siu HK, Chiu CY, Tsang DN, Ip MP, 2017).

- El trasplante de microbiota fecal (FMT por sus siglas en inglés), es considerado una de las estrategias de descolonización más prometedora, por medio de la cual se han obtenido resultados favorables al reducir la

concentración de ERV y en algunos casos, su eliminación completa del intestino de los pacientes tratados (Contreras et al., 2019). Para lograr obtener mejores resultados, se recomienda llevar a cabo el FMT de forma coordinada con la administración de antibióticos y el suministro de probióticos para evitar una reinfección, así como seguir las medidas de limpieza y desinfección ambiental y el aislamiento del paciente (Cheng et al., 2014).

- Otro procedimiento muy innovador para eliminar bacterias multiresistentes, es el uso de bacteriófagos. Se han obtenido resultados favorables cuando el tratamiento se lleva a cabo combinando diversos fagos y administrando al mismo tiempo antibióticos, disminuyendo de ese modo la mortalidad de una manera considerable (Gelman et al., 2018).

- El seguimiento de los pacientes tras el alta es recomendable, para monitorear la persistencia de colonización (Frakking et al., 2018).

- Se deben tomar en cuenta los factores de riesgo para un diagnóstico más personal. Los factores de riesgo que son importantes en la mortalidad de los pacientes son la edad avanzada, la presencia de enfermedades como el cáncer, la existencia de comorbilidades, la gravedad de la infección, los cultivos de sangre positivos e infección por otros patógenos del grupo ESKAPE (*Enterococcus faecium*, *Staphylococcus aureus*, *Klebsiella pneumoniae*, *Acinetobacter baumannii*, *Pseudomonas aeruginosa* y *Enterobacter* spp) (Francisco et al., 2018).

### **Recomendaciones para el tratamiento empírico temprano de infecciones por ERV y uso razonado de antimicrobianos (uso de antimicrobianos)**

- La aparición y propagación de ERV parece ser intensificada por el uso de agentes antimicrobianos, especialmente glucopéptidos y cefalosporinas (Gilbert et al., 2017). Por lo tanto, todos los hospitales deben tener políticas establecidas para el uso prudente de antibióticos en todas las áreas de la clínica (Fernando et al., 2017; Flanagan et al., 2016; Montoya et al., 2016; Reyes et al., 2016).

- Considerar que la resistencia a glucopéptidos reduce las opciones terapéuticas contra una sepsis por enterococos. La elección de la terapia antimicrobiana debe ser guiada por pruebas previas de sensibilidad a los antibióticos (Fernando et al., 2017; Gilbert et al., 2017; Reyes et al., 2016).

- El uso razonado de antimicrobianos es el principal factor modificable para combatir la resistencia antimicrobiana. Los programas de optimización de uso de antimicrobianos (antimicrobial stewardship) incluyen dosis, ruta de administración y duración del tratamiento antimicrobiano, así como la reducción de su uso innecesario. Estos programas deben garantizar la prescripción del antimicrobiano preciso, en el momento y para el diagnóstico correcto (Fernando et al., 2017; Flanagan et al., 2016; Montoya et al., 2016; Reyes et al., 2016).

- Las estrategias de preautorización y restricción de antibióticos, combinadas con educación, ciclos de auditoría y retroalimentación, son piedra angular de los programas de optimización de uso de antimicrobianos (Fernando et al., 2017; Flanagan et al., 2016; Reyes et al., 2016).
- Reducción del tiempo predeterminado de terapia y revaloración para su seguimiento o cambio de terapia (Fernando et al., 2017; Flanagan et al., 2016; Reyes et al., 2016).
- Preferir la vía de administración oral (Fernando et al., 2017; Flanagan et al., 2016; Reyes et al., 2016).
- Para el tratamiento de bacteriemia por ERV se ha sugerido el uso de daptomicina o linezolid con resultados similares (Isenman & Fisher, 2016; Zhao et al., 2016). Es importante considerar que algunas cepas con sensibilidad limítrofe a daptomicina presentan mutaciones y se comportan de manera similar a cepas resistentes, por lo que el uso de daptomicina en estas cepas debe evitarse (Munita et al., 2014; Shukla et al., 2016).
- Otros autores consideran que el uso de linezolid no es lo más recomendado contra la bacteriemia por ERV, debido a la actividad bacteriostática y en cambio sugieren el uso de la daptomicina contra infecciones severas pero a concentraciones elevadas de entre 10-12 mg/kg o utilizar la daptomicina en combinación con  $\beta$ -lactamos (Foolad, Taylor, Shelburne, Arias, & Aitken, 2018; Hall, Steed, Arias, Murray, & Rybak, 2012; Kebriaei et al., 2018).
- El tratamiento con quinupristina-dalfopristina o tigeciclina puede ser usado en casos de falla de tratamiento con daptomicina o linezolid (Isenman & Fisher, 2016).
- Por último, se recomienda la capacitación en salud al personal asistencial y a los familiares para facilitar la adopción de los protocolos, el cumplimiento de las normas de aislamiento, el seguimiento de los pacientes infectados para disminuir así las estadísticas de infección (Fernando et al., 2017; Londoño Restrepo, Macias Ospina, & Ochoa Jaramillo, 2016; Mutters et al., 2013; Rutala et al., 2017).

### **Impacto de las medidas de vigilancia y control de colonización e infección por *Enterococcus faecium* resistente a vancomicina**

La importancia de tomar medidas precautorias en casos de brotes de infección por ERV ha sido demostrada en diversos estudios. Ulrich y Gastmeier (2017), analizando la información de la base de datos de brotes multinacional “[www.outbreakdatabase.com](http://www.outbreakdatabase.com)” realizaron una investigación comparativa sobre las medidas de control de infecciones por ERV utilizadas en diversos hospitales. Compararon el éxito de dichas medidas enfocadas a un brote altamente endémico y brotes de corta duración, así como si los brotes eran monoclonales o policlonales. En dicho estudio no se pudieron identificar

diferencias relevantes entre las medidas de control aplicadas de acuerdo al tipo de brote, por lo que consideran que la distinción entre los brotes es importante con fines epidemiológicos, sin embargo no es relevante para la implementación de las medidas de control; es decir, que las medidas podrían generalizarse sin importar el tipo de brote.

Además consideran que no solo el tipo de medidas que se implementen es lo importante, sino la forma y rigurosidad en que fueron implementadas. La única medida de control que resultó significativa entre algunos hospitales, fue el lavado de manos, el cual se puede considerar como una medida fundamental para el control de ERV. También estos autores consideran que es importante detectar de manera temprana a los pacientes con ERV para poder prevenir su propagación entre los pacientes. En promedio, 4.5 medidas de control de infección por brote fueron empleadas (rango 1 a 9). La medida más frecuente adoptada fue la detección de ERV en los pacientes (en 28 brotes), seguido por el aislamiento físico de los pacientes en 21 brotes. En 14 brotes involucrados se hizo la evaluación ambiental y en 15 brotes se intensificó la limpieza y la desinfección del medio ambiente y en seis brotes se implementó el cierre de la ubicación afectada (Urlich y Gastmeier, 2017b).

Diversos estudios han demostrado que dentro de las principales medidas de control y prevención de las infecciones por este microorganismo se encuentra el lavado de manos, y el control de la colonización (Ajao et al., 2011; Grabsch et al., 2012; Mendes et al., 2016; Ziakas, Thapa, Rice, & Mylonakis, 2013). Asimismo, integrar un Comité de Medicamentos y Terapéutica en trabajo conjunto con el Comité de Vigilancia Epidemiológica, formado por un grupo interdisciplinario con experiencia en el control de las infecciones asociadas a la atención de la salud (IAAS), permitirá dar el seguimiento a las diversas medidas de control y prevención, incluyendo la instauración del uso racional de antibióticos (cdc, n.d.; Diario Oficial de la Federación, 2009; Frakking et al., 2018; Londoño Restrepo et al., 2016; Montoya et al., 2016).

## **Conclusión**

En conclusión, las recomendaciones de control y prevención de infecciones y colonizaciones nosocomiales por *Enterococcus faecium* resistente a vancomicina se pueden resumir en: 1) acciones de vigilancia epidemiológica y detección temprana, 2) medidas de prevención de colonización y eliminación de reservorios, 3) manejo de colonización y/o infección, y 4) el tratamiento empírico temprano de infecciones por ERV y uso razonado de antimicrobianos. Es importante que las instituciones sanitarias cuenten con estas medidas de control y prevención de la colonización e infección por ERV, las cuales deben de ser reguladas por un

comité multidisciplinario *ad hoc*, quien decidirá y dará seguimiento al conjunto de medidas que considere prioritario en cada caso.

### **Agradecimiento**

El desarrollo de este trabajo recibió financiamiento por parte de Fondo Sectorial de Investigación en Salud y Seguridad Social SS/IMSS/ISSSTE-CONACYT, Fondo para el Fortalecimiento de la Investigación-UAQ y Becas Conacyt para Posgrado PNPC. Se agradece el apoyo para la búsqueda bibliográfica a Hernández Vázquez y Ortega Ramírez y a Rodrigo González Sánchez por la revisión crítica.

### **References:**

1. Ajao, A. O., Harris, A. D., Roghmann, M.-C., Johnson, J. K., Zhan, M., McGregor, J. C., & Furuno, J. P. (2011). Systematic review of measurement and adjustment for colonization pressure in studies of methicillin-resistant *Staphylococcus aureus*, vancomycin-resistant enterococci, and *Clostridium difficile* acquisition. *Infection Control and Hospital Epidemiology*, 32(5), 481–489. <https://doi.org/10.1086/659403>
2. Arias, C. A., & Murray, B. E. (2012). The rise of the Enterococcus: beyond vancomycin resistance. *Nature Reviews Microbiology*, 10(4), 266–278. <https://doi.org/10.1038/nrmicro2761>
3. Barnes, S. L., Morgan, D. J., Harris, A. D., Carling, P. C., & Thom, K. A. (2014). Preventing the transmission of multidrug-resistant organisms: modeling the relative importance of hand hygiene and environmental cleaning interventions. *Infection Control and Hospital Epidemiology*, 35(9), 1156–1162. <https://doi.org/10.1086/677632>
4. Battipaglia, G., Malard, F., Rubio, M. T., Ruggeri, A., Mamez, A. C., Brissot, E., ... Mohty, M. (2019). Fecal microbiota transplantation before or after allogeneic hematopoietic transplantation in patients with hematologic malignancies carrying multidrug-resistance bacteria. *Haematologica*, 104(8), 1682–1688. <https://doi.org/10.3324/haematol.2018.198549>
5. Bryce, E., Grant, J., Scharf, S., Dempster, L., Lau, T. T. Y., Laing, F., ... Forrester, L. (2015). Horizontal infection prevention measures and a risk-managed approach to vancomycin-resistant enterococci: An evaluation. *American Journal of Infection Control*, 43(11), 1238–1243. <https://doi.org/10.1016/j.ajic.2015.06.003>
6. cdc. (2010). Vancomycin-resistant Enterococci (VRE) and the Clinical Laboratory | HAI | CDC. Retrieved October 7, 2020, from <https://www.cdc.gov/hai/settings/lab/vreclinical-laboratory.html>

7. Cheng, V. C. C., Chen, J. H. K., Tai, J. W. M., Wong, S. C. Y., Poon, R. W. S., Hung, I. F. N., ... Yuen, K.-Y. (2014). Decolonization of gastrointestinal carriage of vancomycin-resistant *Enterococcus faecium*: case series and review of literature. *BMC Infectious Diseases*, 14(1), 514. <https://doi.org/10.1186/1471-2334-14-514>
8. Cheng, V. C. C., Tai, J. W. M., Chau, P. H., Lai, C. K. C., Chuang, V. W. M., So, S. Y. C., ... Yuen, K. Y. (2016). Successful control of emerging vancomycin-resistant enterococci by territory-wide implementation of directly observed hand hygiene in patients in Hong Kong. *American Journal of Infection Control*, 44(10), 1168–1171. <https://doi.org/10.1016/j.ajic.2016.03.050>
9. Chiang, H.-Y., Perencevich, E. N., Nair, R., Nelson, R. E., Samore, M., Khader, K., ... Schweizer, M. L. (2017). Incidence and Outcomes Associated With Infections Caused by Vancomycin-Resistant Enterococci in the United States: Systematic Literature Review and Meta-Analysis. *Infection Control & Hospital Epidemiology*, 38(02), 203–215. <https://doi.org/10.1017/ice.2016.254>
10. Contreras, G. A., Munita, J. M., & Arias, C. A. (2019). Novel Strategies for the Management of Vancomycin-Resistant Enterococcal Infections. *Current Infectious Disease Reports*, 21(7). <https://doi.org/10.1007/s11908-019-0680-y>
11. Diario Oficial de la Federación. (2009). NORMA Oficial Mexicana NOM-045-SSA2-2005, Para la vigilancia epidemiológica, prevención y control de las infecciones nosocomiales. Al margen un sello con el Escudo Nacional, que dice: Estados Unidos Mexicanos.-Secretaría de Salud. Norma Oficial Mexicana Nom-045-Ssa2-2005, Para La Vigilancia Epidemiologica, Prevencion Y Control De Las Infecciones Nosocomiales. México, DF. Retrieved from [http://www.ssm.gob.mx/portal/page/vig\\_epid/1/normas/NOM-045-SSA2-2005, Para la vigilancia epidemiologica, prevencion y control de las infecciones nosocomiales.pdf](http://www.ssm.gob.mx/portal/page/vig_epid/1/normas/NOM-045-SSA2-2005,Para%20la%20vigilancia%20epidemiologica,%20prevencion%20y%20control%20de%20las%20infecciones%20nosocomiales.pdf)
12. Djembi, L. F., Hodille, E., Chomat-Jaboulay, S., Coudrais, S., De Santis, N., Gardes, S., ... Girard, R. (2017). Factors associated with Vancomycin-resistant *Enterococcus* acquisition during a large outbreak. *Journal of Infection and Public Health*, 10, 185–190. <https://doi.org/10.1016/j.jiph.2016.04.010>
13. Domig, K. J., Mayer, H. K., & Kneifel, W. (2003). Methods used for the isolation, enumeration, characterisation and identification of *Enterococcus* spp.: 1. Media for isolation and enumeration. *International Journal of Food Microbiology*, 88(2–3), 147–164. [https://doi.org/10.1016/S0168-1605\(03\)00177-6](https://doi.org/10.1016/S0168-1605(03)00177-6)



14. Faron, M. L., Ledebor, N. A., & Buchan, B. W. (2016). Resistance Mechanisms, Epidemiology, and Approaches to Screening for Vancomycin-Resistant Enterococcus in the Health Care Setting. *Journal of Clinical Microbiology*, 54(10), 2436–2447. <https://doi.org/10.1128/JCM.00211-16>
15. Fernando, S. A., Gray, T. J., & Gottlieb, T. (2017). Healthcare-acquired infections: prevention strategies. *Internal Medicine Journal*, 47(12), 1341–1351. <https://doi.org/10.1111/imj.13642>
16. Flanagan, E., Cassone, M., Montoya, A., & Mody, L. (2016). Infection Control in Alternative Health Care Settings: An Update. *Infectious Disease Clinics of North America*, 30(3), 785–804. <https://doi.org/10.1016/j.idc.2016.05.001>
17. Foolad, F., Taylor, B. D., Shelburne, S. A., Arias, C. A., & Aitken, S. L. (2018). Association of daptomycin dosing regimen and mortality in patients with VRE bacteraemia: A review. *Journal of Antimicrobial Chemotherapy*, 73(9), 2277–2283. <https://doi.org/10.1093/jac/dky072>
18. Frakking, F. N. J., Bril, W. S., Sinnige, J. C., Klooster, J. E. va. t., de Jong, B. A. W., van Hannen, E. J., & Tersmette, M. (2018). Recommendations for the successful control of a large outbreak of vancomycin-resistant *Enterococcus faecium* in a non-endemic hospital setting. *Journal of Hospital Infection*, S0195-6701, 30109–9. <https://doi.org/10.1016/j.jhin.2018.02.016>
19. Francisco, J., Aragão, I., & Cardoso, T. (2018). Risk factors for long-term mortality in patients admitted with severe infection. *BMC Infectious Diseases*, 18(1), 161. <https://doi.org/10.1186/s12879-018-3054-4>
20. Freitas, A. R., Tedim, A. P., Novais, C., Ruiz-Garbajosa, P., Werner, G., Laverde-Gomez, J. A., ... Coque, T. M. (2010). Global spread of the hylefem colonization-virulence gene in megaplasmids of the *Enterococcus faecium* CC17 polyclonal subcluster. *Antimicrobial Agents and Chemotherapy*, 54(6), 2660–2665. <https://doi.org/10.1128/AAC.00134-10>
21. Gelman, D., Beyth, S., Lerer, V., Adler, K., Poradosu-Cohen, R., Copenhagen-Glazer, S., & Hazan, R. (2018). Combined bacteriophages and antibiotics as an efficient therapy against VRE *Enterococcus faecalis* in a mouse model. *Research in Microbiology*, 169(9), 531–539. <https://doi.org/10.1016/j.resmic.2018.04.008>
22. Gilbert, E. M., Zembower, T. R., Rhodes, N. J., Qi, C., Reiner, S., Malczynski, M., & Scheetz, M. H. (2017). Factors contributing to vancomycin-resistant *Enterococcus* spp. horizontal transmission events: exploration of the role of antibacterial consumption.

- Diagnostic Microbiology and Infectious Disease, 89(1), 72–77. <https://doi.org/10.1016/J.DIAGMICROBIO.2017.05.014>
23. Grabsch, E. A., Mahony, A. A., Cameron, D. R. M., Martin, R. D., Heland, M., Davey, P., ... Grayson, M. L. (2012). Significant reduction in vancomycin-resistant enterococcus colonization and bacteraemia after introduction of a bleach-based cleaning–disinfection programme. *Journal of Hospital Infection*, 82(4), 234–242. <https://doi.org/10.1016/J.JHIN.2012.08.010>
24. Hall, A. D., Steed, M. E., Arias, C. A., Murray, B. E., & Rybak, M. J. (2012). Evaluation of standard- and high-dose daptomycin versus linezolid against vancomycin-resistant Enterococcus isolates in an in vitro pharmacokinetic/ pharmacodynamic model with simulated endocardial vegetations. *Antimicrobial Agents and Chemotherapy*, 56(6), 3174–3180. <https://doi.org/10.1128/AAC.06439-11>
25. Isenman, H., & Fisher, D. (2016). Advances in prevention and treatment of vancomycin-resistant Enterococcus infection. *Curr Opin Infect Dis*, 29, 577–582. <https://doi.org/10.1097/QCO.0000000000000311>
26. Kebriaei, R., Rice, S., Stamper, K., Dinh, A., Rios, R., Diaz, L., ... Ryback, M. (2018). crossm Influence of Inoculum Effect on the Efficacy of Daptomycin Monotherapy and in Combination with NL - Lactams against. *Antimicrobial Agents and Chemotherapy*, 62(8), 1–12.
27. Kecik Bosnak, V., Namiduru, M., Karaoglan, I., & Ozlem Mete, A. (2013). Evaluation of compliance in control and prevention study of vancomycin resistant Enterococcus outbreak. *The Scientific World Journal*, 2013, 252469. <https://doi.org/10.1155/2013/252469>
28. Kim, H. Y., Lee, W. K., Na, S., Roh, Y. H., Shin, C. S., & Kim, J. (2016). The effects of chlorhexidine gluconate bathing on health care–associated infection in intensive care units: A meta-analysis. *Journal of Critical Care*, 32, 126–137. <https://doi.org/10.1016/J.JCRC.2015.11.011>
29. Lai CK, Wong SY, Lee SS, Siu HK, Chiu CY, Tsang DN, Ip MP, H. C. (2017). A hospital-wide screening programme to control an outbreak of vancomycin-resistant enterococci in a large tertiary hospital in Hong Kong. *Hong Kong Med J*, 23(2), 140–149. <https://doi.org/10.12809/hkmj164939>
30. Lee, T., Pang, S., Abraham, S., & Coombs, G. W. (2019). Antimicrobial-resistant CC17 Enterococcus faecium: The past, the present and the future. *Journal of Global Antimicrobial Resistance*, 16, 36–47. <https://doi.org/10.1016/j.jgar.2018.08.016>

31. Lemieux, C., Gardam, M., Evans, G., John, M., Suh, K. N., VanWalraven, C., ... Hota, S. (2017). Longitudinal Multicenter Analysis of Outcomes After Cessation of Control Measures for Vancomycin-Resistant Enterococci. *Infection Control & Hospital Epidemiology*, 38(01), 24–30. <https://doi.org/10.1017/ice.2016.235>
32. Levitus, M., Rewane, A., & Perera, T. B. (2021). Vancomycin-Resistant Enterococci. *StatPearls*. StatPearls Publishing. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/30020605>
33. Londoño Restrepo, J., Macias Ospina, I. C., & Ochoa Jaramillo, F. L. (2016). Factores de riesgo asociados a infecciones por bacterias multirresistentes derivadas de la atención en salud en una institución hospitalaria de la ciudad de Medellín 2011-2014. *Infectio*, 20(2), 77–83. <https://doi.org/10.1016/j.infect.2015.09.002>
34. Lowden, J., Miller Neilan, R., & Yahdi, M. (2014). Optimal control of vancomycin-resistant enterococci using preventive care and treatment of infections. *Mathematical Biosciences*, 249, 8–17. <https://doi.org/10.1016/J.MBS.2014.01.004>
35. Mahony, A. A., Buultjens, A. H., Ballard, S. A., Grabsch, E. A., Xie, S., Seemann, T., ... Johnson, P. D. R. (2018). Vancomycin-resistant *Enterococcus faecium* sequence type 796 - rapid international dissemination of a new epidemic clone. *Antimicrobial Resistance and Infection Control*, 7(1). <https://doi.org/10.1186/s13756-018-0335-z>
36. Marra, A. R., Schweizer, M. L., & Edmond, M. B. (2018). No-touch disinfection methods to decrease multidrug-resistant organism infections: A systematic review and meta-analysis. *Infection Control and Hospital Epidemiology*, 39(1), 20–31. <https://doi.org/10.1017/ice.2017.226>
37. Martin, E. M., Russell, D., Rubin, Z., Humphries, R., Grogan, T. R., Elashoff, D., & Uslan, D. Z. (2016). Elimination of Routine Contact Precautions for Endemic Methicillin-Resistant *Staphylococcus aureus* and Vancomycin-Resistant *Enterococcus*: A Retrospective Quasi-Experimental Study. *Infection Control and Hospital Epidemiology*, 37(11), 1323–1330. <https://doi.org/10.1017/ice.2016.156>
38. Mendes, E. T., Ranzani, O. T., Marchi, A. P., Silva, M. T. da, Filho, J. U. A., Alves, T., ... Costa, S. F. (2016). Chlorhexidine bathing for the prevention of colonization and infection with multidrug-resistant microorganisms in a hematopoietic stem cell transplantation unit over a 9-year period: Impact on chlorhexidine susceptibility. *Medicine*, 95(46), e5271. <https://doi.org/10.1097/MD.0000000000005271>
39. Miller, W. R., Munita, J. M., & Arias, C. A. (2014). Mechanisms of antibiotic resistance in enterococci HHS Public Access. *Expert Rev Anti Infect Ther*, 12(10), 1221–1236.

- <https://doi.org/10.1586/14787210.2014.956092>
40. Miller, W. R., Murray, B. E., Rice, L. B., & Arias, C. A. (2016, June). Vancomycin-Resistant Enterococci: Therapeutic Challenges in the 21st Century. *Infectious Disease Clinics of North America*. <https://doi.org/10.1016/j.idc.2016.02.006>
  41. Montoya, A., Cassone, M., & Mody, L. (2016). Infections in Nursing Homes Epidemiology and Prevention Programs. *Clin Geriatr Med.*, 32, 585–607. <https://doi.org/10.1016/j.cger.2016.02.004>
  42. Morgan DJ, Murthy R, Munoz-Price LS, Barnden M, Camins BC, Johnston BL, R., & Z, Sullivan KV, Shane AL, Dellinger EP, Rupp ME, B. G. (2015). Reconsidering contact precautions for endemic methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* and vancomycin-resistant *Enterococcus*. *Infect Control Hosp Epidemiol*, 36(11), 1163–1172. <https://doi.org/10.1016/j.ajic.2015.06.003>
  43. Munita, J. M., Mishra, N. N., Alvarez, D., Tran, T. T., Diaz, L., Panesso, D., ... Arias, C. A. (2014). Failure of high-dose daptomycin for bacteremia caused by daptomycin-susceptible enterococcus faecium harboring *liaSR* substitutions. *Clinical Infectious Diseases*, 59(9), 1277–1280. <https://doi.org/10.1093/cid/ciu642>
  44. Mutters, N. T., Mersch-Sundermann, V., Mutters, R., Brandt, C., Schneider-Brachert, W., & Frank, U. (2013). Control of the spread of vancomycin-resistant enterococci in hospitals: epidemiology and clinical relevance. *Deutsches Arzteblatt International*, 110(43), 725–731. <https://doi.org/10.3238/arztebl.2013.0725>
  45. O’Driscoll, T., & Crank, C. W. (2015). Vancomycin-resistant enterococcal infections: epidemiology, clinical manifestations, and optimal management. *Infection and Drug Resistance*, 8, 217–230. <https://doi.org/10.2147/IDR.S54125>
  46. Orsi, G. B., & Ciorba, V. (2013). Vancomycin resistant enterococci healthcare associated infections. *Ann Ig*, 25(1), 485–492. <https://doi.org/10.7416/ai.2013.1948>
  47. Ozback, H. A. (2018). A novel high-resolution melting analysis approach for rapid detection of vancomycin-resistant enterococci. *Ann Saudi Med*, 38, 200–207. <https://doi.org/10.14260/jemds/2014/2083>
  48. Reyes, K., Bardossy, A. C., & Zervos, M. (2016). Vancomycin-Resistant Enterococci: Epidemiology, Infection Prevention, and Control. *Infectious Disease Clinics of North America*, 30(4), 953–965. <https://doi.org/10.1016/j.idc.2016.07.009>
  49. Rubin, M. A., Samore, M. H., & Harris, A. D. (2018). The Importance of Contact Precautions for Endemic Methicillin-Resistant

- Staphylococcus aureus* and Vancomycin-Resistant Enterococci. *JAMA*, 319(9), 863–864. <https://doi.org/10.1001/jama.2017.21122>
50. Rutala, W. A., Weber, D. J., Healthcare, & Infection Control Practices Advisory Committee. (2017). *Guideline for Disinfection and Sterilization in Healthcare Facilities, 2008*. Retrieved from <https://www.cdc.gov/infectioncontrol/pdf/guidelines/disinfection-guidelines.pdf>
51. Satilmis, L., Vanhems, P., & Bénet, T. (2015). Outbreaks of Vancomycin-resistant enterococci in hospital settings: A systematic review and calculation of the basic reproductive number. *Infection Control and Hospital Epidemiology*, 37(3), 289–294. <https://doi.org/10.1017/ice.2015.301>
52. Shukla, B. S., Shelburne, S., Reyes, K., Kamboj, M., Lewis, J. D., Rincon, S. L., ... Arias, C. A. (2016). Influence of Minimum Inhibitory Concentration in Clinical Outcomes of Enterococcus faecium Bacteremia Treated with Daptomycin: Is it Time to Change the Breakpoint? *Clinical Infectious Diseases*, 62(12), 1514–1520. <https://doi.org/10.1093/cid/ciw173>
53. Talaga-Ćwiertnia, K., & Bulanda, M. (2018). Analysis of the world epidemiological situation among vancomycin-resistant Enterococcus faecium infections and the current situation in Poland. *Przegląd Epidemiologiczny*, 72(1), 3–15. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/29664245>
54. Tan, T. Y., Jiang, B., & Ng, L. S. Y. (2017). Faster and economical screening for vancomycin-resistant enterococci by sequential use of chromogenic agar and real-time polymerase chain reaction. *Journal of Microbiology, Immunology and Infection*, 50(4), 448–453. <https://doi.org/10.1016/j.jmii.2015.08.003>
55. Ulrich, N., & Gastmeier, P. (2017). Where is the difference between an epidemic and a high endemic level with respect to nosocomial infection control measures? An analysis based on the example of vancomycin-resistant Enterococcus faecium in hematology and oncology departments. *GMS Hygiene and Infection Control*, 12, 2196–5226. <https://doi.org/10.3205/dgkh000299>
56. Whang, D. W., Miller, L. G., Partain, N. M., & McKinnell, J. A. (2013). Systematic review and meta-analysis of linezolid and daptomycin for treatment of vancomycin-resistant enterococcal bloodstream infections. *Antimicrobial Agents and Chemotherapy*, 57(10), 5013–5018. <https://doi.org/10.1128/AAC.00714-13>
57. Zhao, M., Liang, L., Ji, L., Chen, D., Zhang, Y., Zhu, Y., & Patel, K. (2016). Similar efficacy and safety of daptomycin versus linezolid for treatment of vancomycin-resistant enterococcal bloodstream

infections: a meta-analysis. *International Journal of Antimicrobial Agents*, 48(3), 231–238.

<https://doi.org/10.1016/J.IJANTIMICAG.2016.06.010>

58. Ziakas, P. D., Thapa, R., Rice, L. B., & Mylonakis, E. (2013). Trends and significance of VRE colonization in the ICU: a meta-analysis of published studies. *PloS One*, 8(9), e75658.

<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0075658>



ESJ Natural/Life/Medical Sciences

## **Cartographie De La Dynamique Historique Du Trait De Côte Des Plages De Guédiawaye Et Malika (Dakar, Sénégal)**

***Papa Sagne***

***Kader Ba***

Laboratoire de Biostratigraphie-Sédimentologie, Département de Géologie,  
Université Cheikh Anta Diop de Dakar, Sénégal

Laboratoire de Télédétection Appliquée, Institut des Sciences de la Terre,  
Université Cheikh Anta Diop de Dakar, Sénégal

***Boubacar Fall***

Laboratoire de Biostratigraphie-Sédimentologie, Département de Géologie,  
Université Cheikh Anta Diop de Dakar, Sénégal

***Jean Paul Marcel Youm***

Laboratoire de Biostratigraphie-Sédimentologie, Département de Géologie,  
Université Cheikh Anta Diop de Dakar, Sénégal.

Laboratoire de Télédétection Appliquée, Institut des Sciences de la Terre,  
Université Cheikh Anta Diop de Dakar, Sénégal

***Gayane Faye***

Laboratoire de Télédétection Appliquée, Institut des Sciences de la Terre,  
Université Cheikh Anta Diop de Dakar, Sénégal

***Jean Pierre Gane Sarr***

***El Hadji Sow***

Laboratoire de Biostratigraphie-Sédimentologie, Département de Géologie,  
Université Cheikh Anta Diop de Dakar, Sénégal

[Doi:10.19044/esj.2021.v17n25p214](https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n25p214)

---

Submitted: 11 March 2021

Accepted: 21 June 2021

Published: 31 July 2021

Copyright 2021 Author(s)

Under Creative Commons BY-NC-ND

4.0 OPEN ACCESS

*Cite As:*

Sagne P., Ba K., Fall B., Youm J.P.M., Faye G., Sarr J.P.G. & Sow E.H. (2021). *Cartographie De La Dynamique Historique Du Trait De Côte Des Plages De Guédiawaye Et Malika (Dakar, Sénégal)*. European Scientific Journal, ESJ, 17(25), 214.

<https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n25p214>

---

### **Résumé**

L'érosion côtière est une des causes de la disparition des plages, du recul des falaises et de la perte de terrains à valeur socio-économique et

écologique. La compréhension de la dynamique côtière est donc primordiale avant d'entreprendre toute politique d'aménagement du littoral.

Cette étude se propose de retracer la dynamique historique du trait de côte de la zone de Malibu à Malika au Nord de Dakar qui subit actuellement une forte pression humaine avec l'extension de la Voie de Dégagement Nord. Elle est basée sur l'analyse de données de télédétection au moyen du logiciel ArcGIS 10.4 et de l'extension DSAS 4.3 (Digital Shoreline Analysis System).

Les résultats obtenus laissent apparaître, entre 1942 et 2011, une évolution du trait de côte en faveur d'une érosion avec une vitesse moyenne de -0,15 m/an. Cette évolution, qui n'est pas uniforme d'un secteur à un autre mais aussi d'une période à une autre, serait essentiellement due à l'action des agents hydrodynamiques qui gouvernent les mouvements sédimentaires.

Néanmoins, la pression humaine commence à se faire sentir avec l'extension de la Voie de Dégagement Nord, les extractions de sables et la coupe des filaos au profit des constructions humaines dont les conséquences sur la dynamique côtière peuvent être alarmantes.

---

**Mots clés :** Littoral, Dakar, SIG, Télédétection, Érosion



## **Mapping Of The Historical Coastline Dynamics Of Guediawaye And Malika Beaches (Dakar, Senegal)**

***Papa Sagne***

***Kader Ba***

Laboratoire de Biostratigraphie-Sédimentologie, Département de Géologie,  
Université Cheikh Anta Diop de Dakar, Sénégal

Laboratoire de Télédétection Appliquée, Institut des Sciences de la Terre,  
Université Cheikh Anta Diop de Dakar, Sénégal

***Boubacar Fall***

Laboratoire de Biostratigraphie-Sédimentologie, Département de Géologie,  
Université Cheikh Anta Diop de Dakar, Sénégal

***Jean Paul Marcel Youm***

Laboratoire de Biostratigraphie-Sédimentologie, Département de Géologie,  
Université Cheikh Anta Diop de Dakar, Sénégal.

Laboratoire de Télédétection Appliquée, Institut des Sciences de la Terre,  
Université Cheikh Anta Diop de Dakar, Sénégal

***Gayane Faye***

Laboratoire de Télédétection Appliquée, Institut des Sciences de la Terre,  
Université Cheikh Anta Diop de Dakar, Sénégal

***Jean Pierre Gane Sarr***

***El Hadji Sow***

Laboratoire de Biostratigraphie-Sédimentologie, Département de Géologie,  
Université Cheikh Anta Diop de Dakar, Sénégal

---

### **Abstract**

Coastal erosion is one of the causes of the disappearance of beaches, retreat of cliffs and loss of land with socio-economic and ecological value. Understanding coastal dynamics is therefore essential before undertaking any coastal development policy.

This study aims to retrace the historical dynamics of the coastline from the Malibu to Malika area located in the north of Dakar which is currently under strong human pressure with the extension of the Northern Clearance Way. It is based on the analysis of remote sensing data using ArcGis 10.4 and the DSAS 4.3 extension (Digital Shoreline Analysis System).

The results obtained show, between 1942 and 2011, an evolution of the coastline in favor of erosion with an average speed of -0.15 m/year. This evolution, which is not uniform from a sector to another, but also from one period to another, is essentially due to the hydrodynamic agents which govern sediment movements.

However, human pressure is starting to be felt with the extension of the Northern Clearance Way, sand extraction and the cutting of casuarinas for

human constructions benefit. The consequences of such practices on coastal dynamics can be alarming.

---

**Keywords:** Coast, Dakar, GIS, Remote Sensing, Erosion

## **Introduction**

Situé sur la pointe extrême occidentale du continent africain, le Sénégal est un pays côtier avec une façade littorale de 706,72 km de long environ (Diaw, 1984) où se concentrent 58,7 % de la population avec un taux de croissance annuel estimé à 2,7 % entre 2002-2013 (ANSD, 2014). Selon le rapport du CSE sur l'état de l'environnement (2010), cette façade littorale sénégalaise traverse six (6) régions administratives (Saint Louis, Louga, Thiès, Dakar, Fatick, et Ziguinchor) où se trouvent des villes dont les activités économiques contribuent à hauteur de 68 % du produit intérieur brut du pays. En effet, cette zone abrite 90 % des industries et l'essentiel de l'activité touristique qui est principalement balnéaire. La pêche côtière y est également très développée. Par ailleurs, elle fournit jusqu'à environ 70 % des fruits et légumes consommés, à travers l'agriculture péri-urbaine (CSE, 2010).

Malgré ces potentialités importantes, cette zone est confrontée à de nombreux défis dont l'érosion côtière (Balle *et al.*, 2021) qui est reconnue comme étant l'un des risques naturels majeurs dans le Plan d'Action National d'Adaptation du Sénégal (PANA, 2006). L'érosion côtière est un phénomène naturel engendré par la conjonction d'un certain nombre de facteurs dynamiques tels que les houles, surtout celles exceptionnelles (Suanez et Cariolet, 2010 ; Stéphanian *et al.*, 2011 ; Konan *et al.*, 2016), les vagues et la marée (Bird, 1985 ; Ibe et Quélenec 1989 ; Paskoff, 1993 ; Niang-Diop, 1995 ; Pinot, 1998 et Mugica *et al.*, 2008 ; CSE, 2010). Cependant, ce phénomène est actuellement exacerbé dans beaucoup de zones par les changements climatiques et surtout les actions anthropiques qui perturbent parfois l'équilibre dynamique des milieux littoraux (Daniel et Hubaud, 1996). La compréhension de la dynamique côtière est donc primordiale dans l'aménagement du littoral. Elle constitue une préoccupation commune des géomorphologues et des gestionnaires des espaces côtiers (Hénaff *et al.*, 2015). Elle est souvent basée sur des méthodes topographiques (Young *et al.*, 2010 ; Thior *et al.*, 2019), sédimentologiques et cartographiques (Faye, 2010 ; Emmanuel, 2017).

Les méthodes cartographiques permettent le plus souvent de retracer les fluctuations ou cinématiques du trait de côte sur plusieurs décennies. Elles sont d'habitude axées sur l'analyse de données de télédétection par l'utilisation des systèmes d'information géographique (SIG) (Faye 2010, Emmanuel, 2017). Ces méthodes ont été initialement utilisées dans un but purement théorique (Niang-Diop, 1995), mais elles ont connu à partir de la fin

des années 80 de plus en plus d'applications pratiques, notamment pour l'évaluation des impacts des travaux de génie côtier, la détermination des volumes de sables nécessaires pour l'alimentation artificielle des plages et l'estimation des changements futurs de la ligne de rivage (Niang-Diop, 1995). Elles sont de ce fait, devenues un élément indispensable à la définition des politiques d'aménagement du littoral (Grenier et Dubois, 1990).

Cette présente étude, basée sur le traitement d'images satellitaires et de photographies aériennes multi-dates au moyen du logiciel « ArcGIS 10.4 » et de l'extension DSAS 4.3 (Digital Shoreline Analysis System), a pour objectif de retracer la dynamique du trait de côte de la zone de Malibu à Malika au Nord de Dakar entre 1942 et 2011 soit 69 ans d'évolution.

## Cadre Experimental

### Présentation de la zone d'étude

Cette étude concerne le littoral nord de Dakar plus particulièrement les communes de Golf Sud, Ndiarème Limamoulaye, Sam Notaire, Wakhinane Nimzatt situées dans le département de Guédiawaye et celles de Yeumbeul Nord et Malika dans le département de Pikine (figure 1).

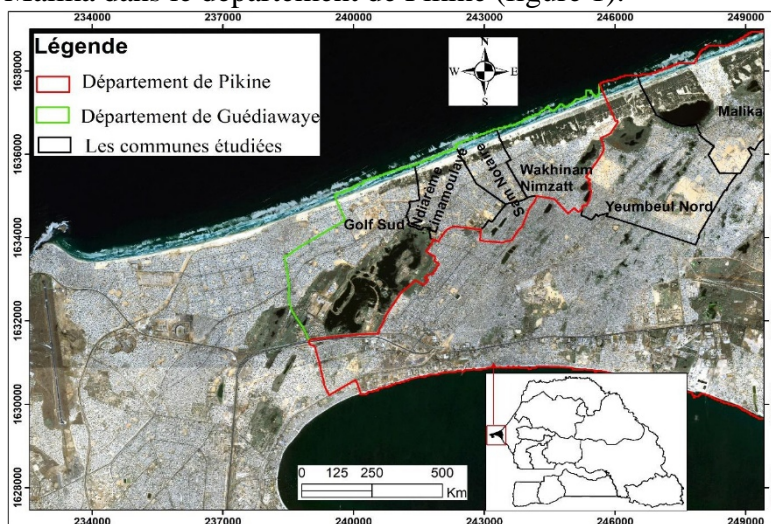
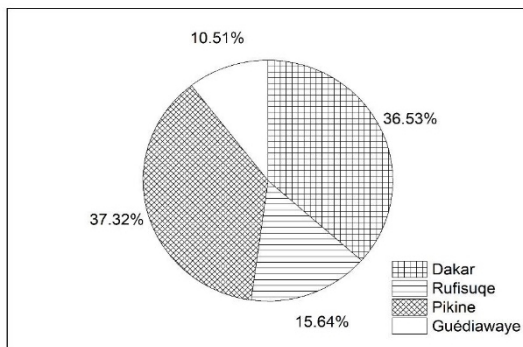


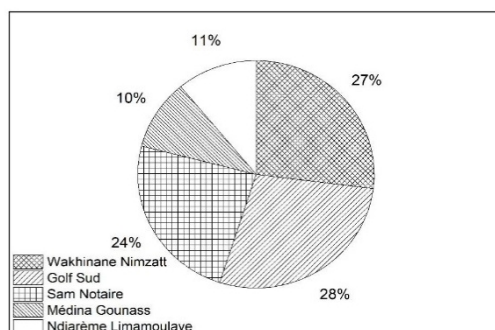
Figure 1. Situation de la zone d'étude

Pikine est le département le plus peuplé de la région de Dakar voire du Sénégal avec environ 1 170 791 habitants, soit 37,32 % de la population de Dakar (SRSD, 2015). Il est suivi par le département de Dakar qui abrite une population d'environ 1 146 053 habitants soit 36,53 % de la population de la région de Dakar (figure 2). Ceux de Rufisque et Guédiawaye arrivent très loin derrière, avec respectivement 490 694 et 329 659 habitants (SRSD, 2015).



**Figure 2.** Répartition spatiale de la population de Dakar selon les départements (SRSD, 2015)

La commune de Yeumbeul Nord est la deuxième commune la plus peuplée du département de Pikine après celle de Keur Massar (figure 3) avec une population de 168 379 habitants (SRSD, 2015). Dans le département de Guédiawaye, la commune la plus peuplée est celle de Golf Sud avec 92 325 habitants. Elle est suivie de très près par la commune de Wakhinane Nimzatt qui abrite 89 721 habitants du département. La commune d'arrondissement de Ndiarème Limamoulaye est la moins peuplée de Guédiawaye avec une population de 35 171 habitants (SRSD, 2015).



**Figure 3.** Répartition spatiale de la population du département de Guédiawaye (SRSD, 2015)

Il est important de noter que la population des départements de Pikine et Guédiawaye qui couvrent notre zone d'étude risque d'augmenter de manière plus considérable dans les années à venir en raison de l'extension de la Voie de Dégagement Nord (photo 1) qui permet quelque part de désengorger la banlieue dakaroise en facilitant la libre circulation des personnes et des biens au Nord de Dakar.



**Photo 1.** l'extension 3 de la Voie de Dégagement Nord

Cette forte croissance démographique pourrait, en plus de la Voie de Dégagement Nord, entraîner l'occupation de toute la bande côtière nord de Dakar occupée par des filaos qui permettent de fixer les dunes datées du Quaternaire (Roger *et al.*, 2009). En effet, c'est la végétation littorale, représentée dans notre zone par les filaos (*Casuarina equisetifolia*) qui piège et stabilise le sable en mouvement pour former les dunes littorales qui sont d'une grande importance pour la stabilité du littoral (Paskoff, 1993 ; Ibe et Quélenec, 1989). Ainsi, toute destruction de ces filaos côtiers pour faire place à des constructions comme ce qui se passe actuellement dans la zone d'étude (photo 2), pourrait, sur le long terme, entraîner une disparition des dunes et la suppression des leurs rôles de protection naturelle des zones côtières (Ibe et Quélenec, 1989).



**Photo 2.** Coupe de filaos dans la zone de Malika

Sur les côtes sénégalaises, la marée est de type semi-diurne avec un marnage variant entre 0,5 et 0,6 m lors des marées de mortes eaux et entre 1,2 et 1,6 m pendant les marées de vives eaux (Niang-Diop, 1995). Par ailleurs, en plus du faible marnage (inférieur à 2 m), qui lui confère le caractère de côte micro-tidale, les vitesses des courants de marées inférieures à 0,15 m/s indiquent une faible influence de la marée sur les mouvements de ce littoral (Fall, 2004 ; Ndour, 2015 ; Stéphanain *et al.*, 2011).

Compte tenu de ce qui précède, les houles du Nord-Ouest auxquelles est exposée la côte nord, constituent les principaux agents responsables de la

dynamique morphologique et sédimentaire sur cette partie du littoral de Dakar (Niang-Diop, 1995, Ndour, 2015).

### Description de la méthodologie

Il existe un certain nombre de méthodes d'étude de l'évolution des littoraux (Moore, 2000 ; Le Berre et *al.*, 2016) tant pour l'analyse des documents que pour l'exploitation des résultats. De ce fait, deux chercheurs travaillant dans la même zone peuvent obtenir des résultats différents (Crowell et Buckley, 1993). Ainsi, le choix d'une méthode adéquate dépendant des objectifs de l'étude, de la nature de la côte, de la base de données disponible et des outils de mesure est fondamental. L'utilisation de la photographie aérienne et des images satellitaires de haute résolution est bien adaptée à l'analyse de la cinématique des littoraux meubles à l'échelle de plusieurs décennies car elles offrent une grande précision (Suanez et Simon, 1997 ; Durand, 2000). De ce fait, les principales données utilisées pour la présente étude de la cinématique historique de la côte sableuse nord de Dakar sont constituées de photographies aériennes datant de 1942, 1966, 1978, 1997 et d'une image satellitaire de type Alos/Palsar (Advanced Land Observation Satellite/Phased Array type L-band Synthetic Aperture Radar) du satellite Japonais, acquise en 2011. Quelques caractéristiques concernant ces données sont consignées dans le tableau 1.

**Tableau 1.** Caractéristiques des données numériques utilisées

Données	Référence de la mission		Echelle	Date de prise de vue
Photos aériennes	Mission de reconnaissance de l'armée de l'air américaine		1/20000	4 avril 1942
	Mission Satellite American corona		1/20000	19 février 1966
	IGN 1978		1/60000	1978
	IGN 12-01-1997		1/20000	12 janvier 1997
Alos/Palsar	Mode	Polarisation	Résolution	Date
	Ascendant	HH	10 m	2011

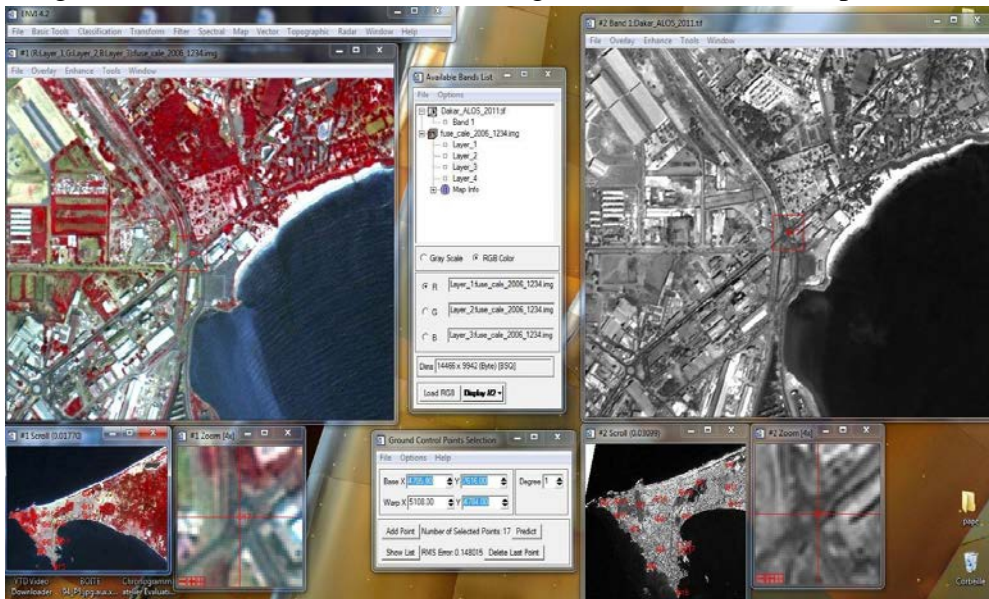
Ces données ont subi un géoréférencement puis sont utilisées pour la réalisation des cartes d'évolution du trait de côte et celles de l'occupation du sol du littoral nord de Dakar.

### Géoréférencement

La reproduction conforme n'est pas de règle en télédétection (Ndour, 2015). En effet, lors d'une prise de vue, les images satellitaires ainsi que les photographies aériennes subissent plusieurs déformations causées par plusieurs facteurs tels que les variations en roulis, tangage, lacet en altitude, l'angle de prise de vue (Dolan et *al.*, 1978 ; Crowell et *al.*, 1991 ; Thieler et Danforth, 1994 ; Moore, 2000 ; Provencher et Dubois, 2007 ; Bâ, 2013 ; Mall,

2016). Elles ne peuvent donc être directement utilisées dans une étude d'évolution historique de la ligne de rivage du fait que certains points occupent sur les images ou photos des positions différentes de celles qu'ils occupent réellement sur le terrain. L'objectif du géoréférencement est donc, d'une part, de rectifier les déformations de la prise de vue ou erreurs géométriques, et d'autre part, de pouvoir représenter l'image à rectifier dans un système de coordonnées. Dans cette étude, le système géodésique WGS\_1984 et la projection UTM fuseau 28N ont été utilisés pour projeter ces données.

La correction géométrique ou géoréférencement des données a été effectuée avec le logiciel Envi 4.2 en utilisant la méthode « image à image » ; l'image de référence étant celle du satellite Spot 5 de résolution spatiale 2,5 m prise en octobre 2006. Cet exercice nécessite l'établissement des points de contrôle ou amers (ou GCP : Ground Control Point ou Points de contrôle au Sol) qui sont des points permanents et stables dont les coordonnées géographiques (longitude, latitude et altitude) ou UTM (X, Y et Z) sont connues au sol. Ces points de contrôle au sol sont choisis suffisamment fixes comme les carrefours, les angles de maisons, d'usines, les croisements de route etc. Ils peuvent être obtenus sur le terrain par des levés GPS ou directement sur les documents de référence. Dans notre étude, ces points sont obtenus sur l'image de référence (figure 4). Ils sont bien répartis sur les images et sont assez nombreux (17 points) avec des erreurs de correction géométrique inférieures à un demi pixel (0,5) (RMS error maximum étant de 0,15 pour 17 points de contrôle). La rectification permet une superposition satisfaisante des images avant l'extraction manuelle des lignes de référence à comparer.



**Figure 4.** Répartition des points sur les images lors du géoréférencement et l'erreur moyenne quadratique ou (RMS) obtenue

## Choix d'un indicateur du trait de côte

Le littoral, situé à l'interface entre la terre, la mer et l'atmosphère, est un milieu très dynamique. Pour mieux caractériser son évolution, il est nécessaire de définir des indicateurs. Ces indicateurs peuvent être regroupés sous le concept de « trait de côte ». Dans les faits, la définition de ce concept de trait de côte encore appelé ligne de rivage dans les zones littorales de types micro-tidales (Suanez et Simon, 1997 ; Durand, 1998 ; Durand, 2000 ; Sabatier et Suanez, 2003) comme celles du Sénégal est tout à fait délicate, même problématique et sujette à controverse. Les définitions du trait de côte et les méthodes d'analyse dépendent essentiellement du type de côte (Shoshany et Degani, 1992), mais également des données disponibles et des outils de traitement des données à utiliser. Il est possible de distinguer : les lignes de rivage à référence géomorphologique, celles de végétation et les lignes instantanées de rivage et les limites d'humectation (Faye, 2010 ; Juigner *et al.*, 2012).

Dans cette étude, c'est la limite supérieure d'humectation de l'estran qui est utilisée comme ligne de rivage (ou trait de côte) car elle est visible, continue et facilement reconnaissable sur toutes les données utilisées (figure 5). Dans ce cas, elle est la ligne qui sépare les parties mouillées qui apparaissent gris foncé et les parties sèches qui apparaissent gris clair à blanc (Dolan *et al.*, 1978 ; Dolan *et al.*, 1980 ; Crowell *et al.*, 1991 ; Douglas et Crowell, 2000). En plus, sur les littoraux micro-tidaux où le marnage est relativement négligeable comme ceux du Sénégal, elle atténue l'influence de la marée au moment des prises de données (Suanez et Simon, 1997 ; Durand, 1998 ; Durand, 2000 ; Sabatier et Suanez, 2003 ; Ndour, 2015). Cependant, pour mieux atténuer les erreurs liées à la marée, il est recommandé d'utiliser des données prises à des heures de marées identiques (Ndour, 2015).

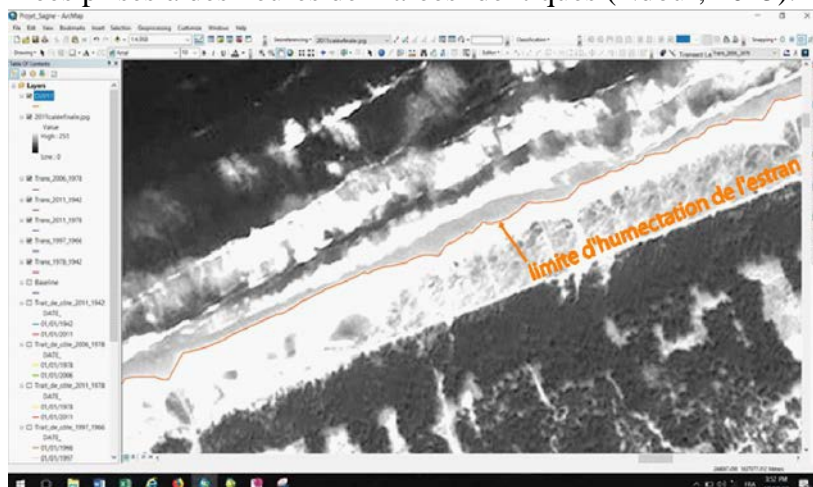


Figure 5. Limite d'humectation de la ligne de rivage sur fond photo aérienne de 1997



## Méthodes statistiques d'étude de la mobilité du trait de côte

L'analyse s'appuie sur l'utilisation des logiciels ArcGIS 10.4 et l'extension en accès libre DSAS 4.3 (Digital Shoreline Analysis System) (Thieler *et al.*, 2009), afin de comparer l'évolution de la position du trait de côte à différentes dates. L'extension DSAS permet de décrire de manière statistique et par période, la dynamique côtière (érosion, accrétion, stabilité) (Thieler *et al.*, 2009). Le principe consiste d'abord à une mise en forme rigoureuse des données dans une Géodatabase personnelle, ensuite à numériser pour chaque image ou photo, la ligne de rivage puis à définir une ligne de base (Baseline). Celle-ci, placée en zone mer (offshore) est parallèle aux différentes lignes de rivage. L'extension DSAS génère automatiquement, en fonction du pas choisi (en mètre), un ensemble de transects perpendiculaires aux différents traits de côte au droit de la ligne de base déterminée par l'utilisateur (figure 6). La distance entre les transects (espacement des transects ou encore pas entre les transects) est définie dans l'interface de l'extension par l'utilisateur. Elle dépend quelque part de la longueur et de la forme du linéaire côtier que l'on étudie mais surtout de la précision des résultats que l'on veut obtenir. En effet, les résultats reflètent plus la réalité du terrain quand l'espacement entre les transects est faible. Dans notre cas, cet espacement est de 50 m pour un segment linéaire d'un peu plus de 8 Km. Pour chaque transect, le DSAS calcule automatiquement la distance entre la ligne de base fictive et la position des traits de côte.

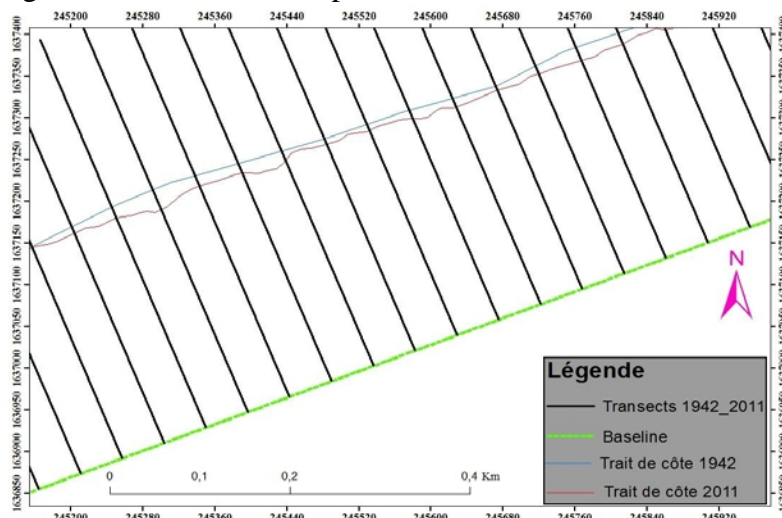


Figure 6. Transects générés par le DSAS pour la mesure de l'évolution du trait de côte

Les méthodes statistiques d'analyse quantitative de la mobilité du linéaire côtier utilisent des moyennes ou des régressions pour modéliser au mieux les tendances évolutives du littoral.

Deux méthodes sont utilisées : la méthode des points extrêmes (End point rates) et la régression linéaire simple (Linear Regression Rate-of-change).

- La méthode des points extrêmes (EPR) n'utilise que deux positions connues de la ligne de référence (la position la plus ancienne et la plus récente). La distance (en mètre) mesurée entre ces deux emplacements extrêmes du trait de côte durant la période d'étude est divisée par le nombre d'années écoulées pour obtenir la vitesse d'évolution annuelle du littoral. Exprimé en m/an, c'est cet attribut que l'on retrouve dans le modèle cartographique, sous le libellé : moyenne annuelle. L'avantage de cette méthode réside dans sa simplicité. Toutefois, lorsque l'on dispose de positions intermédiaires entre les deux dates extrêmes de la période d'étude, les taux estimés par cette technique n'intégreront pas les éventuelles variations temporelles dans l'évolution du littoral (accélération, ralentissement ou inversion de tendance). L'EPR convient bien lorsque l'on ne dispose que de deux traits de côte pour évaluer la cinématique littorale (Thieler *et al.*, 2005).

- Dans le cas de la régression linéaire simple (LRR), les mesures de distances entre la ligne de référence et les positions successives du trait de côte sont utilisées pour calculer, par les moindres carrés, une droite de régression linéaire. Celle-ci est ajustée aux différents emplacements de la ligne de référence. La pente de la droite de régression correspond au taux d'évolution. La régression linéaire est la méthode la plus robuste pour estimer les tendances historiques de l'évolution du trait de côte (Dolan *et al.*, 1991 ; Fensterer *et al.*, 1993).

### **Estimation des erreurs ou incertitudes**

Les études d'évolution historique de la ligne de rivage souffrent de plusieurs erreurs ou incertitudes (Fletcher *et al.*, 2003 ; Juigner, 2012). Ces erreurs peuvent avoir comme source la précision des documents de référence, la précision du repérage des amers sur les images satellitaires ou photographies aériennes, les modèles polynomiaux utilisés par le logiciel lors du géoréférencement, la position exacte du trait de côte lors de son extraction manuelle et enfin les fluctuations saisonnières du trait de côte (Dolan *et al.*, 1991 ; Durand, 1999). Toutes ces erreurs peuvent être des facteurs de décalages supplémentaires. Il est donc important de les évaluer avant de tirer des conclusions sur la cinématique du trait de côte (Crowell *et al.*, 1991 ; Durand, 1998 et 2000).

L'incertitude liée à la marée a été négligée dans cette étude puisque :

- la date de prise de la photo aérienne 1978 n'est pas connue,
- nous ne disposons d'aucune donnée sur la marée en raison de l'absence de marégraphe opérationnel pendant la date de prise de certaines photos,

- en plus de l'échelle des photos, les côtes sénégalaises sont des côtes micro-tidales à marnage faible (inférieur à 2 m) faisant que l'influence de la marée sur la cinématique du trait de côte est faible.

Finalement, deux erreurs ont été évaluées : l'erreur liée au géoréférencement et celle liée à la digitalisation de la ligne de rivage.

Lors du géoréférencement, les erreurs liées à la résolution du scannage, à la précision des documents de référence, et au repérage des amers sur les images satellitaires ou photographies aériennes sont directement prises en compte par le programme informatique. Elles sont dans ce cas rassemblées sous le concept « erreur moyenne quadratique » ou « Root-Mean-Square Error » (RMSE) et générées directement. Dolan *et al.*, (1991) et Durand, (2000) recommandent que cette erreur soit ramenée à  $\pm 1$  pixel alors que Faye (2010) la considère égale à 2 pixels lorsque l'on compare deux images dont l'une est calée par rapport à l'autre. Pour notre étude, cette erreur est multipliée par la résolution de l'image pour obtenir l'incertitude liée à la correction géométrique ou géoréférencement en mètres comme l'avait fait Samat, (2007 In. Ndour, 2015). La résolution de l'image SPOT (2,5 m) utilisée comme référence lors du géoréférencement a été considérée pour le calcul de cette incertitude.

Lors de la digitalisation, la précision de la ligne extraite résulte de l'expérience du photo-interprète, de son appréciation de la ligne de référence, elle-même étant conditionnée par la résolution, l'échelle et la qualité radiométrique des images (Juigner *et al.*, 2012). Afin de minimiser l'erreur de numérisation résultant de l'expérience du photo-interprète, les traits de côte ont été numérisés à cinq reprises pour chaque date. L'expérience de photo-interprétation que cela génère amène à retenir les lignes de la dernière série, notamment lors de la superposition des lignes numérisées pour chaque date. Globalement, on obtient une précision métrique pour la ligne considérée sur des prises de vue de bonne qualité et à grande échelle comme celles de nos images. Cette erreur de digitalisation est estimée à  $\pm 4$  m (tableau 2).

**Tableau 2.** Estimation de la marge d'erreur globale de chaque période d'étude

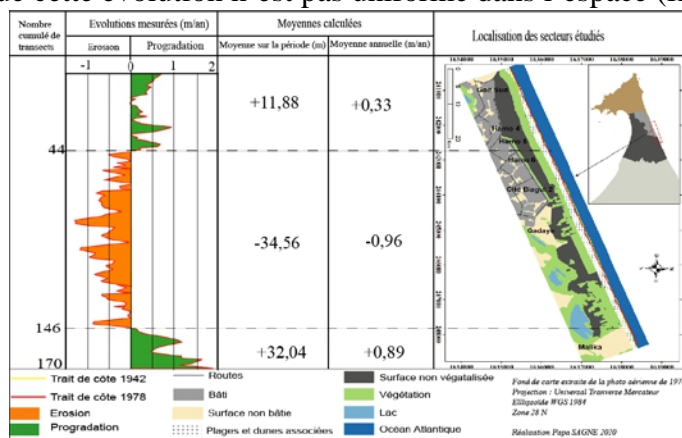
Supports numériques	Photo 1942	Photo 1966	Photo 1978	Photo 1997	Image 2011
Incertitude de géoréférencement	$\pm 0,38$	$\pm 0,38$	$\pm 0,33$	$\pm 0,28$	$\pm 0,28$
Incertitude de digitalisation	$\pm 4$	$\pm 4$	$\pm 4$	$\pm 4$	$\pm 4$
Incertitude totale en mètres	$\pm 4,38$	$\pm 4,38$	$\pm 4,33$	$\pm 4,28$	$\pm 4,28$
Erreur moyenne sur chacune des périodes considérées en m/an	1942-1978	1966-1997		1978-2011	
	$\pm 0,24$	$\pm 0,28$		$\pm 0,26$	

## Resultats

L'étude par photo-interprétation de l'évolution historique de la ligne de rivage de la zone de Malibu à Malika au Nord de Dakar a été effectuée pendant la période allant de 1942 à 2011. Durant ces 69 ans, trois périodes de trente ans au minimum ont été considérées dans les analyses puisque les vitesses d'évolution obtenues sont très faibles : la première période va de 1942 à 1978 (36 ans), la deuxième période est celle de 1966 à 1997 (31 ans), la troisième et dernière période va de 1978 à 2011 (33 ans).

### Période 1942 à 1978 (36 ans)

Le littoral allant de la plage de Malibu à celle de Malika est caractérisé pendant la période 1942 à 1978 par une faible prédominance des phénomènes de progradation (figure 7) matérialisée par une vitesse moyenne globale d'évolution du trait de côte de +0,26 m/an, soit une avancée du trait de côte de +3,24 m en 36 ans. Cependant, une analyse plus fine de ce segment permet de constater que cette évolution n'est pas uniforme dans l'espace (figure 7).



**Figure 7.** Evolution de la ligne de rivage du littoral allant de la plage de Malibu à celle de Malika de 1942 à 1978

Durant cette période deux secteurs en progradation et un troisième en érosion peuvent être distingués :

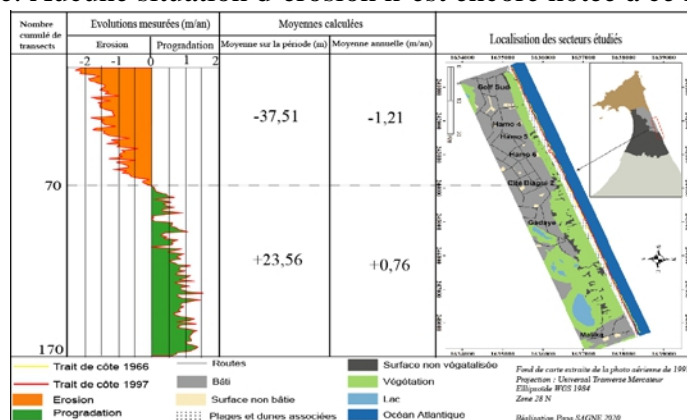
- pour les secteurs en progradation, le premier secteur (transects 1 à 44), situé à l'Ouest de la zone d'étude notamment entre la plage de Malibu au niveau de Golf Sud et la Cité Hamo 6 de Guédiawaye, a enregistré une avancée du trait de côte de +11,88 m sur 36 ans, soit une vitesse de +0,33 m/an. Le deuxième secteur est quant à lui situé au Nord-Est de la zone d'étude (transect 146 à transect 170) plus précisément à Malika. Il est caractérisé par une avancée du trait de côte de +32,04 m sur 36 ans soit +0,89 m/an. La vitesse des mouvements du trait de côte dans ce secteur est un peu plus importante que celle du premier secteur (+0,33 m/an) ;

- les deux secteurs en progradation encadrent un troisième secteur en érosion de  $-0,96$  m/an, soit  $-34,56$  m de recul en 36 ans. Il va de la Cité Hamo 6 jusqu'à l'Ouest de Malika (transects 44 à 146) et couvre une partie de la Cité Hamo 6, toute la Cité Biagui 2 et la localité de Gadaye où cette érosion semble être dominante.

### Période allant de 1966 à 1997 (31 années)

Cette période, contrairement à celle allant de 1942 à 1978, est caractérisée par un recul du trait de côte de  $-13,95$  m en 31 ans, ce qui équivaut à une vitesse moyenne de  $-0,45$  m/an. Par contre, les mouvements notés sont également non uniformes dans l'espace. Sur les 170 transects considérés, les 70 premiers, c'est-à-dire de la plage de Malibu (Golf Sud) à la Cité Biagui 2 (Wakhinane Nimzatt), se situent dans un secteur en érosion avec un recul moyen de  $-37,51$  m sur 31 années soit un taux de recul de  $-1,21$  m/an (figure 8). L'érosion devient moins intense vers la Cité Biagui 2. Le reste de la zone d'étude (qui va de la Cité Biagui 2 à Malika) est en progradation avec une avancée de  $+23,56$  m. La vitesse moyenne d'évolution correspondante est de  $+0,76$  m/an. Certaines particularités peuvent être notées pendant cette période comparée à la précédente :

- de la plage de Malibu (Golf Sud) à la cité Biagui 2 (du premier transect au 70<sup>ème</sup> transect) où prédominaient des mouvements accréionnels lors de la période 1942-1978, une inversion de la tendance évolutive est notée entre 1966 et 1997 avec une prédominance des mouvements érosifs occasionnant un recul du trait de côte avec une vitesse de  $-1,21$  m/an ;
- du transect 70 au transect 146 (de la cité Biagui 2 à Malika) où il y'avait une prédominance des mouvements érosifs entre 1942 et 1978, l'évolution est en faveur d'une progradation avec une vitesse de  $+0,76$  m/an de 1966 à 1997 ;
- la plage de Malika a, par contre, connu une diminution du taux d'avancée du trait de côte. Aucune situation d'érosion n'est encore notée à ce niveau.



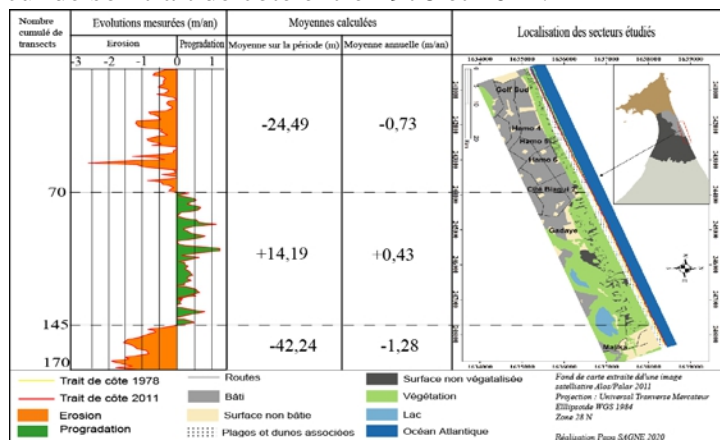
**Figure 8.** Evolution de la ligne de rivage du littoral allant de la plage de Malibu à celle de Malika de 1966 à 1997

### Période de 1978 à 2011 (33 ans)

Pendant cette période, l'érosion précédemment notée de 1966 à 1997 se poursuit mais avec une forte augmentation de la vitesse de recul du trait de côte. Celle-ci, initialement de -0,45 m/an entre 1966 et 1997 passe à -1,58 m/an entre 1978 et 2011 soit un recul de -52,14 m en 33 ans. Une analyse plus fine montre que le recul du trait de côte noté pendant la période 1966-1997 dans le secteur allant de la plage Malibu à la Cité Biagui 2 (transects 1 à 70) se poursuit entre 1978 et 2011. Cependant, la vitesse d'érosion a diminué pendant cette dernière période ; elle passe de -1,21 m/an entre 1966 et 1997 à -0,73 m/an entre 1978 et 2011 ; ce qui correspond à un recul du trait de côte de -24,49 m en 33 ans. Le secteur de Malika, situé entre les transects 145 et 170 initialement en progradation de 23,56 m pendant la période 1966-1997, est marqué pendant entre 1978 et 2011 par une érosion de -39,6 m. La vitesse de recul de -1,28 m/an, fait que le secteur de Malika a enregistré le plus grand taux de recul pendant cette période. Les transects 70 à 145 (Cité Biagui 2 à Gadaye) se situent quant à eux dans un secteur en progradation avec une avancée de +14,19 m correspondant à un taux moyen de +0,43 m/an (figure 9).

Comparée à la précédente période, celle de 1978 à 2011 est caractérisée par :

- une réduction des taux d'érosion au niveau du secteur allant de la plage de Malibu à la Cité Biagui 2 ;
- une inversion de sa tendance évolutive s'observe à la plage de Malika avec un recul de son trait de côte entre 1978 et 2011.



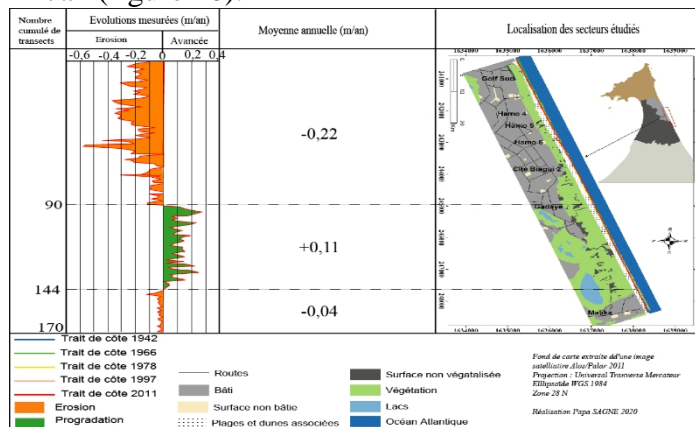
**Figure 9.** Evolution de la ligne de rivage du littoral allant de la plage de Malibu à celle de Malika de 1978 à 2011

### La période d'étude : 1942 à 2011

L'analyse des taux d'évolution de la ligne de rivage obtenus par la méthode de la régression linéaire de 1942 à 2011 laisse apparaître une

évolution du trait de côte en faveur d'une érosion avec une vitesse moyenne globale de  $-0,15$  m/an. Cependant, cette érosion n'est pas uniforme sur toute la zone. Ainsi trois secteurs selon le sens d'évolution du trait de côte et l'ampleur des mouvements sont nettement distincts.

Le premier secteur est en érosion et se situe à l'Ouest depuis la plage de Malibu jusqu'à la Cité Biagui 2 (transects 1 à 90). La vitesse moyenne de recul du trait de côte est de  $-0,22$  m/an. On note que cette érosion devient plus intense de la Cité Biagui 2 à la plage de Malibu. Le troisième secteur est aussi en érosion et se situe dans la zone de Malika (transects 144 à 170). Il présente une vitesse d'évolution du trait de côte de  $-0,04$  m/an, très faible comparée à celle du premier secteur. Ces secteurs encadrent une autre qui est quant à lui en progradation. Il couvre toute la zone de Gadaye et va du Nord-Est de la cité Biagui 2 jusqu'à l'Ouest de Malika (transects 90 à 144). Le taux d'évolution est de  $+0,11$  m/an (figure 10).



**Figure 10.** Evolution de la ligne de rivage du littoral allant de la plage de Malibu à celle de Malika de 1942 à 2011

## Discussions

L'analyse de l'évolution de la ligne de rivage durant la période allant 1942 à 2011 par la méthode de la régression linéaire montre une prédominance des mouvements de recul du trait avec une vitesse moyenne globale de  $-0,15$  m/an. Ce recul n'est cependant pas uniforme le long de la zone d'étude et durant toute la période d'étude indiquant une certaine variabilité spatio-temporelle des mouvements du trait de côte. En effet, la plage de Malika avait enregistré une avancée du trait de côte avec une vitesse de  $+0,89$  m/an entre 1942 et 1978, puis une inversion de la tendance évolutive marquée par un recul du trait de côte de  $-1,28$  m/an entre 1978 et 2011. De la même manière, la zone de Malibu à Hamo 6, initialement en progradation de  $+0,33$  m/an entre 1942 et 1978, s'est retrouvée dans une situation d'érosion entre 1978 et 2011 avec un taux de recul du trait de côte de  $-0,73$  m/an. Une alternance des

mouvements de recul et de progradation est aussi notée dans la zone de Cité Biagui 2 et surtout à Gadaye. Cependant, une prédominance des mouvements de progradation serait à l'origine de la tendance accrétionnelle notée à Gadaye par la méthode de la régression linéaire. Cette variabilité spatio-temporelle des mouvements du trait de côte aurait traduit une variation de l'énergie des houles d'un secteur à un autre et d'une période à une autre comme l'avait noté Fall (2004) à Yoff. Les variations spatiales de la dynamique du trait de côte pendant une même période pourraient également être liées à des différences sectorielles de la bathymétrie puisque celle-ci a une forte influence sur le déferlement des houles et vagues. Ceci fait qu'une étude bathymétrique semble être nécessaire pour mieux comprendre la dynamique de ce milieu.

L'étude de l'évolution de l'occupation du sol montre que les installations humaines absentes dans la bande côtière de la zone d'étude jusqu'en 1966, ont été notées en 1978 et se sont multipliées depuis cette date jusqu'en 2011 en se rapprochant davantage du rivage (figures 11, 12, 13, 14 et 15).

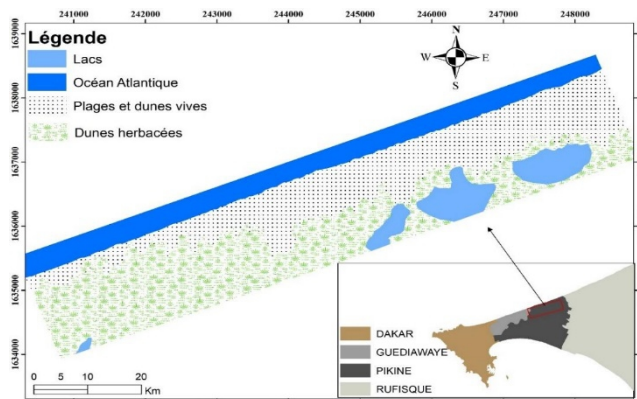


Figure 11. Occupation du sol de la zone nord de Dakar en 1942

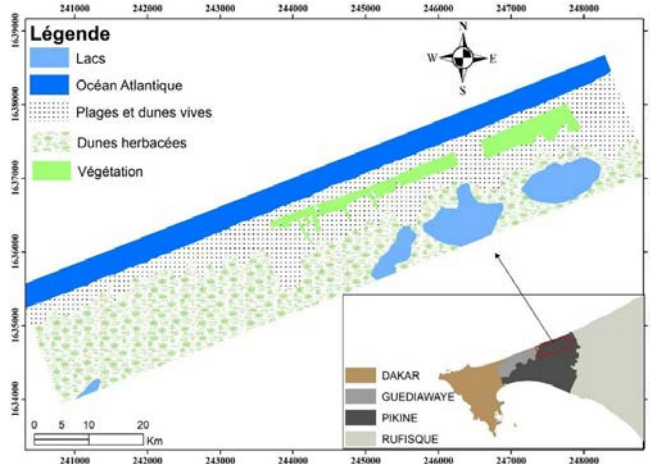


Figure 12. Occupation du sol de la zone nord de Dakar en 1966



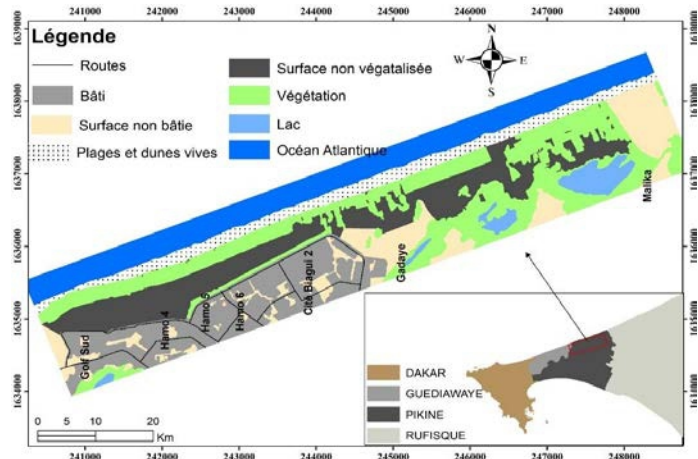


Figure 13. Occupation du sol de la zone nord de Dakar en 1978

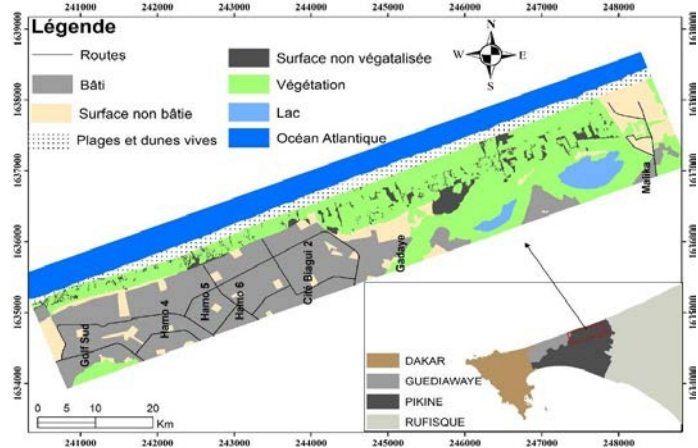


Figure 14. Occupation du sol de la zone nord de Dakar en 1997

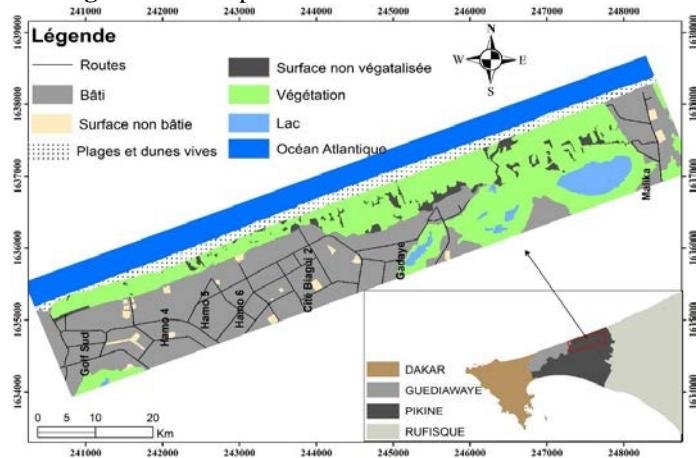


Figure 15. Occupation du sol de la zone nord de Dakar en 2011

Cette urbanisation croissante se traduit par une forte demande en matériaux de construction notamment en sable marin. Des prélèvements frauduleux de sables qui se font soit au niveau des dunes soit directement sur la haute plage ou même sur l'estran ont été signalés à Malika (Ndao, 2012). Ils peuvent dans ce cas contribuer à accroître le déficit sédimentaire des plages et rendre la zone plus sensible à l'action des fortes houles. Ce fait peut, dans le long terme, affecter la dynamique du trait de côte dans certains endroits. Ces extractions de sables peuvent donc être considérées comme une cause probable du recul du trait de côte à ce niveau. Cependant, la carte de l'occupation du sol de 2011 montre qu'il existe toujours une certaine distance entre ces installations humaines et le rivage en raison de la bande de filaos notée dans cette partie. Ceci exclue jusque-là des actions humaines directes, à l'exception des extractions de sables signalées en haut, sur les processus d'évolution de cette côte. Ainsi, jusqu'en 2011, les véritables causes de l'évolution côtière dans cette partie du littoral de Dakar seraient probablement dues aux extractions frauduleuses de sables côtiers et à l'action des agents hydrodynamiques particulièrement les houles du Nord-Ouest, facteurs prépondérants qui gouvernent les mouvements des sédiments (Joire, 1947) puisque la zone est protégée des houles du Sud-Ouest par la configuration géomorphologique de la région de Dakar et que l'effet de la marée est très faible. De la même façon Sall (1982) considère la houle du Nord-Ouest comme le principal agent dynamique déterminant l'évolution de la côte nord de Dakar. Néanmoins, la pression humaine commence à se faire mieux sentir actuellement sur cette partie nord du littoral de Dakar avec l'extension de la Voie de Dégagement Nord qui facilite le déplacement des personnes et biens vers cette partie. A cela s'ajoute la forte croissance démographique notée ces dernières décennies. Tous ces facteurs font que les filaos commencent à être abattus au profit des constructions humaines surtout entre 2018 et 2019. Les conséquences de la destruction de ces filaos peuvent être alarmantes. En effet, Bakhoum et *al.* (2018) avait montré que la forte vulnérabilité physique de la Grande Côte à l'élévation du niveau de la mer dans ce contexte de changement climatique serait, en partie, liée à des coupes de filaos. En effet, au niveau des zones littorales, c'est la végétation comme les filaos qui freine le vent, piège et stabilise le sable en mouvement (Paskoff, 1993) pour former les dunes littorales. Ces dunes sont d'une grande importance pour ces zones. Ainsi, toute destruction des filaos pour faire place à des constructions pourrait entraîner une réduction du stock sédimentaire dunaire voire une disparition des dunes et la suppression de leurs rôles de protection naturelle contre l'érosion côtière surtout dans ce contexte actuel de changement climatique. Il est donc impératif que cette bande de filaos soit protégée.

En comparant les résultats de cette étude avec ceux trouvés dans d'autres zones, les observations suivantes sont faites. La vitesse maximale de

recul de trait de côte qui est de -1,28 m/an et enregistrée entre 1978 et 2011 à Malika est légèrement plus faible que celle trouvée à Yoff située dans la même zone de même que celle trouvée dans d'autres zones de Dakar, même si les méthodes d'étude ou les périodes considérées sont quelque part différentes. En effet, au niveau du littoral de Yoff, les taux varient entre -0,7 et -1,7 m/an (Fall, 2014). A Rufisque, Ndour (2015) a trouvé par la même méthode que la présente étude des taux d'évolution atteignant -1,51 m/an. Au niveau des littoraux de Bargny, Ngoudou, de Bargny Guedj et de Siendou au Sud de Dakar, les vitesses de recul du trait de côte sont respectivement de -1,58 m/an ; -1,04 m/an et -0,97 m/an entre 1927 et 1997 (Faye, 2010).

Ces tendances évolutives du trait de côte indiquent que les côtes nord et sud de Dakar sont toutes en érosion. Plusieurs raisons peuvent expliquer les différences notées. Au niveau du littoral de Yoff, en plus de l'absence de dunes actives qui devraient stabiliser et alimenter la plage en sédiments, les activités humaines participent à l'augmentation de la sensibilité de cette côte à l'action des fortes houles responsables en grande partie de son érosion (Fall, 2004). Cette situation est comparable à celle de Rufisque mais qui est plutôt protégée des houles du Nord-Ouest par la configuration de la Presqu'île du Cap Vert (Ndour, 2015). L'autre particularité de cette zone est que les structures de protection telles que les épis et murs de protection exercent une influence notoire sur l'évolution du trait de côte (Ndour, 2015) alors qu'à Yoff ce sont plutôt les extractions de sables associées à l'occupation anarchique de l'arrière plage qui sont déterminantes. A Bargny, ce sont aussi les extractions frauduleuses de sables et l'occupation anarchique qui déstabilisent le littoral (Faye, 2010). La zone de Malibu à Malika est quant à elle caractérisée par un stock sédimentaire puissant en raison de la présence de massif dunaire important. Celui-ci alimente les plages en sédiments et permet de renouveler leur stock sédimentaire pendant les périodes de fortes houles érosives. Ce fait permet de ralentir le recul du trait de côte grâce à une alternance de mouvements d'érosion majoritairement liés aux houles fortes et de mouvements d'accumulation. Toutefois des mouvements d'érosion dominants dus aux extractions de sables et à l'action des houles du Nord-Ouest seraient à l'origine de ce recul.

## Conclusion

L'étude par photo-interprétation de l'évolution historique de la ligne de rivage de la zone de Malibu à Malika au Nord de Dakar montre par la méthode de la régression linéaire que la période allant de 1942 à 2011 est caractérisée par des taux d'érosion variant entre -0,04 m/an et -0,22 m/an et un petit secteur en accrétion situé entre Gadaye et Malika avec une vitesse de +0,11 m/an. Ceci donne une vitesse moyenne globale de -0,15 m/an. L'analyse de l'évolution de l'occupation du sol montre une urbanisation de plus en plus

importante dans la zone entre 1942 et 2011. Cependant, l'impact de cette urbanisation sur les fluctuations de la ligne de rivage n'est pas encore véritablement établi, ce qui confirme bien que les facteurs qui déterminent le plus l'évolution de ce segment littoral sont les houles du Nord-ouest auxquelles s'ajoutent les extractions de sables. Toutefois, avec l'extension de la Voie de Dégagement Nord, les coupes de filaios au profit des constructions humaines, il pourrait se produire une certaine influence des activités humaines dans le fonctionnement de ces plages en favorisant la rupture des échanges sédimentaires entre les dunes et la plage par immobilisation des sédiments dunaires sur lesquelles s'effectuent les constructions. Les conséquences peuvent être l'accélération de la vitesse de recul du trait de côte et/ou la généralisation de l'érosion dans cette partie.

Cette étude mérite donc d'être approfondie par l'utilisation de données météo-marins et de techniques plus modernes telles que le DGPS ou le LIDAR et les drones afin de produire des modèles d'évolution plus précis de toute la bande côtière. Une étude bathymétrique permettrait également de mieux expliquer les variations spatiales du trait de côte pendant une même période. Il serait aussi important d'effectuer une étude de vulnérabilité physique et socio-économique et de produire des modèles d'évolution future qui peuvent permettre de mieux prévoir les conséquences de la pression humaine sur l'évolution du rivage.

### **Remerciement**

Les auteurs de cet article s'inclinent très respectueusement devant la mémoire du feu Professeur Isabelle Niang qui leur a initié à la recherche. Ils lui rendent un vibrant hommage et lui souhaitent que la terre lui soit légère.

### **References:**

1. ANSD Agence nationale de la Statistique et de la démographie (2014). Résumé des chapitres du rapport définitif RGPHAE, Dakar, Sénégal.
2. Bâ K. (2013). Apport de la télédétection et des SIG dans l'étude de l'évolution de la langue de Barbarie et de l'estuaire du fleuve Sénégal. Thèse de Doctorat, Université Cheikh Anta Diop de Dakar. 212 pp, 106 fig, 30 tab, 10 photos.
3. Bakhoum P. W., Niang I., Sambou B., et Diaw A. T. (2018). Physical vulnerability of Dakar region facing sea levels rising s in the context of climate change. Environmental and Water Sciences, Public Health Territorial Intelligence Journal, vol. 2, no 3, p. 1126.
4. Balle G. R. A., Ahouansou D. M. M., Sintondji L. C., Agbossou E. K. (2021). Analyse des tendances du littoral à court et à long terme de la côte sud-ouest du Bénin. Journal of Coastal Research, volume 37 numéro 2, 316-325.

5. Bernabeu A. M., Medina R. et Vidal C. (2003). A morphological model of the beach profile integrating wave and tidal influences. *Marine. Geology*, vol. 197, no 1, p. 95116.
6. Bird E.C.F. (1985). *Coastline changes. A global review*. John Wiley & Sons, Chichester, New York, Brisbane, Toronto, Singapore, 219 p.
7. Crowell M., Leathermann S. P., and Buckley M. K. (1991). Historical shoreline change: error analysis and mapping accuracy. *Journal of Coastal Research*, 7(3), 839-852.
8. Crowell M., Leatherman S., Buckley M.K., (1993). Shoreline change rate analysis: long term versus short term data. *Shore and Beach*, vol. 61, n ° 2, p. 13 - 20.
9. CSE Centre de Suivi Ecologie (2010). *Rapport sur l'état de l'environnement au Sénégal*
10. Daniel F., Hubaud M.O. (1996). *Érosion côtière des systèmes littoraux sableux*. ODEM, 21 p.
11. Diaw A.T. (1984). *Morphométrie du littoral sénégalais et gambien*. Notes Africaines, Dakar, 183, 58-63, 5 fig., 1 tab.
12. Dolan R., Hayden B. P., Heywood J. (1978). A new photogrammetric method for determining shoreline erosion. *Coastal Engineering*, 2, 21 - 39
13. Dolan R., Hayden B. P., May P. and May S. (1980). The reliability of shoreline change measurements from aerial photographs. *Shore and Beach*, 48(4), 22-29.
14. Dolan, R., Fenster, M.S., Holme, S. J. (1991). Temporal analysis of shoreline recession and accretion. *Journal of Coastal Research*, 7, 723-744.
15. Douglas B.C. and Crowell M. (2000). Long term shoreline prediction and error propagation. *Journal of Coastal Research*, 16, 1, 145-152.
16. Durand P. (1998). *Cinématique d'un littoral sableux à partir de photographies aériennes et de cartes topographiques. Exemple du littoral d'Argelès-plage à Saint-Cyprien (Roussillon, France)*. *Géomorphologie : relief, processus, environnement*, 2, 155-166.
17. Durand P. (1999). *L'évolution des plages de l'ouest du golfe du Lion au XXe siècle. Cinématique du trait de côte, dynamique sédimentaire, analyse prévisionnelle*. Thèse de Doctorat, Université Lyon II, 2, 461 p.
18. Durand P. (2000). *Approche méthodologique pour l'analyse de l'évolution des littoraux sableux par photo-interprétation*. *Photo-interprétation*, 38(1-2), 3-18.
19. Emmanuel B. (2017). *Etude des dynamiques du trait de côte de la région Bretagne à différentes échelles spatio-temporelles*. *Géographie*.

- Université de Bretagne Occidentale — Brest. Français. <NNT : 2017BRES0010>.
20. Fall B. (2004). Le littoral de Yoff : évolution morphosédimentaire et changements à long terme de la ligne de rivage. Thèse 3ème cycle, Université Cheikh Anta Diop de Dakar. 165 pp, 41 tab, 70 fig, 8 photos.
  21. Faye I. (2010). Dynamique du trait de côte sur les littoraux sableux de la Mauritanie à la Guinée-Bissau (Afrique de l'Ouest) : Approches régionale et locale par photo-interprétation, traitement d'images et analyse de cartes anciennes. Thèse de Doctorat, Université de Bretagne Occidentale, 393 p.
  22. Fenster M. S., Dolan R., Elder J. F. (1993). A new method for predicting shoreline positions from historical data. *Journal of Coastal Research*, vol. 9, n°1, p. 147 - 171.
  23. Fletcher C.H., Rooney J.J., Barbee M., LIM S.C., and Richmond B. (2003). Mapping shoreline change using digital orthophotogrammetry on Maui, Hawaii. *Journal of Coastal, Research, Special Issue n ° 38*, pp 106 - 124.
  24. Hénaff A., Lageat Y., Hallégouët B., Jabbar M., Delliou N. et Diard M. (2015). Évolutions des accumulations littorales et relations avec les dynamiques d'avant-plage dans l'archipel des Glénan (Sud-Finistère, France), *Géomorphologie : relief, processus, environnement*, vol. 21– n° 4, DOI : 10.4000/geomorphologie.11195
  25. Grenier A., Dubois J.M. (1990). Evolution littorale récente par télédétection : synthèse méthodologique. *Photo-Interprétation*, vol 29, n°6, pp. 3-7
  26. Ibe A.C., Quelennec R.E. (1989). Méthodologie d'inventaire et de contrôle de l'érosion côtière dans la région de l'Afrique de l'Ouest et du Centre. *Rapports et Etudes mers régionales*, PNUE, Nairobi, 107 p.
  27. JOIRE J. (1947). Amas de coquillage du littoral sénégalais dans la banlieue de Saint-Louis. *Bulletin de l'Institut Français d'Afrique noire*, Tome 9, n° 1-4, p. 170 - 340.
  28. Juigner M. (2012). Cinématique d'un trait de côte sableux en Vendée entre 1920 et 2010, Méthode et analyse, *Géolittomer CNRSUMR 6554 LETG*, Université de Nantes, 13p.
  29. Juigner M., Robin M., Fattal P., Maanan M., Le Guern C., Gouguet L., Baudouin V., Debaine F. (2012). Cinématique d'un trait de côte sableux en Vendée entre 1920 et 2010 : méthode et analyse, <https://www.researchgate.net/publication/278624019>.
  30. Konan K. E., Abe J., Aka K., Neumeier U., Nyssen J., et Ozer A. (2016). Impacts des houles exceptionnelles sur le littoral ivoirien du

- Golfe de Guinée. Géomorphologie Relief Process. Environ., vol. 22, no vol. 22 – n° 1, p. 105-120, doi: 10.4000/geomorphologie.11241.
31. Le Berre I., Henaff A., Devogele T., Mascre T A., et Wenzel F. (2016). SPOT5 : un outil pertinent pour le suivi du trait de côte ? Norois, DOI : 10.4000/norois.378.
  32. Mall I. (2016). Evaluation des ressources en eau dans le Sénégal oriental : apports des outils géochimiques, géostatistiques, de la télédétection et des SIG. Thèse de Doctorat Unique, Université Cheikh Anta DIOP, 202 pp. 15 photos, 27 tab. 92 fig.
  33. Moore L. J. (2000). Shoreline mapping techniques. Journal of Coastal Research, 16, p. 111 - 124.
  34. Mugica J., Mallet C., Hennequin V. (2008). Etude de l'évolution géomorphologique récente de la côte de sableuse aquitaine. BRGM/RP-56874-FR, 29 ill., 9 ann., 165 pp.
  35. Ndao M. (2012). Dynamiques et gestions environnementales de 1970 à 2010 des zones humides au Sénégal : étude de l'occupation du sol par télédétection des Niayes, Djidakh, Thiaroye Kao (à Dakar), Mboro (à Thiès) et Saint-Louis. Thèse de Doctorat, Université de Toulouse. 371 pp, 71 photos, 57 tab, 56 fig.
  36. Ndour A. (2015). Evolution morphosédimentaire et impacts des ouvrages de protection sur le littoral de Rufisque, Petite Côte, Sénégal. Thèse de Doctorat, Université Cheikh Anta Diop de Dakar. 239 pp, 43 tab, 93 fig, 20 photos.
  37. Niang-Diop I. (1995). L'érosion côtière sur la Petite-Côte du Sénégal à partir de l'exemple de Rufisque. Passé – Présent – Futur. Thèse Université, Angers, tome 1, 318 pp, 112 fig., 47 tab
  38. PANA Plan d'Action National d'Adaptation (2006). Rapport du Ministère de l'Environnement et de la Protection de la Nature 84 pp., 10 figures, 19 tableaux
  39. Paskoff R. (1993). Côtes en danger. Masson, Paris, 250 pp, 50 fig.
  40. Pinot J. P. (1998). Gestion du littoral. Tome I- littoraux tempérés : côtes rocheuses et sableuses. Institut océanographique, Paris, 399 pp, 222 fig
  41. Provencher L., Dubois J.M.M. (2007). Précis de télédétection. Volume 4. Méthodes de photo-interprétation et d'interprétation d'image. Presses de l'université du Québec / Agence universitaire de la Francophonie, Québec, 468 p.
  42. Roger J., Banton O., Barusseau J.P., Castaigne P., Comte J-C., Duvail C., Nehlig P., Noël B.J., Serrano O., Traviy. (2009). Notice explicative de la cartographie multi-couches à 1/50 000 et 1/20 000 de la zone d'activité du Cap-Vert. Ministère des Mines, de l'Industrie et des PME, Direction des Mines et de la Géologie, Dakar, 245 pp.

43. Sabatier F. and Suanez S. (2003). Evolution of the Rhône delta coast since the end of the 19th century. *Géomorphologie: relief, processus, environnement*, 4, 283-300.
44. Sagne P., Fall B., Bâ K. et Sow E., H. (2019). Morphosedimentary evolution of Mamelles and Ouakam beaches (Dakar, Senegal); *Environmental and Water Sciences, Public Health Territorial Intelligence Journal*, Volume 3 Issue 4,
45. Sagne P., Fall B., Bâ K., Faye G., Sow E., H. et Niang I. (2020). Impacts of the storm surges on sandy beaches: example of northern coast of Dakar (Senegal); *Environmental and Water Sciences, Public Health Territorial Intelligence Journal*, Volume 4 Issue 1,
46. Sall M. (1982). Dynamique et morphodynamique actuelles au Sénégal occidental. Thèse d'Etat Lettres, Université Strasbourg, 604 pp., 158 fig., 21 pl.
47. SRSD Service Régional de la Statistique et de la Démographie de Dakar (2015). Situation économique et social de la Région de Dakar en 2013.
48. Shoshany M. and Degani A. (1992). Shoreline detection by digital image processing of aerial photography. *Journal of Coastal Research*, 8 (1), Fort Lauderdale (Florida), pp. 29-34
49. Stéphanain A., Balouin Y., Belon R., et Bodéré G. (2011). Etude complémentaire sur le littoral de la plaine Orientale de Corse – état des connaissances sur les impacts des tempêtes sur le littoral. Rapport final du BRGM RP- 59058-FR 137pp., 64 ill., 4 ann.
50. Suanez S. et Cariolet J.-M. (2010). L'action des tempêtes sur l'érosion des dunes : les enseignements de la tempête du 10 mars 2008 », *Norais Environ. Aménage. Société*, no 215, p. 7799, doi: 10.4000/norais.3212.
51. Suanez S. et Simon B. (1997). Utilisation de l'analyse diachronique dans l'étude de l'évolution du littoral oriental du delta du Rhône (France, Sud-Est). *Photo-Interprétation*, 3-4, 147-154.
52. Thieler E.R., et Danforth W.W. (1994). Historical shoreline mapping (I): Improving techniques and reducing positioning errors. *Journal of Coastal Research*, vol. 10, n°3, p. 549 - 563.
53. Thieler E.R., Himmelstoss E., et Miller T. (2005). User guide and tutorial for the Digital shoreline analysis system (DSAS) version 3.2, USGS Open-File Report 2005-1304, 33p.
54. Thieler E.R., Himmelstoss E. A., Zichichi J. L., et Ergul. A. (2009). Digital Shoreline Analysis System (DSAS) version 4.0- An ArcGIS extension for calculating shoreline change : U.S. Geological Survey Open-File Report 2008-1278.



55. Thior M., Sané T., Sy O., Descroix L., Ba B. D., Soly B., et Mendy V. (2019). Analyse Spatiale de l'évolution du Trait de Côte autour de l'embouchure du Fleuve Casamance (Sénégal) de 1968 à 2017, à Partir de l'outil DSAS. European Scientific Journal, Vol.15, No.9
56. Young A.P., Olsen, M.J., Driscoll, N., Flick R.E., Gutierrez R., Guza R.T., Johnstone E. et Kuester F., 2010. Comparison of airborne and terrestrial lidar estimates of seacliff erosion in southern California. Photogramm. Eng. Remote Sens. 76, 421–427.



ESJ Natural/Life/Medical Sciences

## **Local Population's Knowledge And Perceptions On The Biodiversity And Conservation Status Of Land Snails In The Region Of Lamto Reserve At The Centre Of Ivory Coast**

***Konan Pacôme Pokou***

Training and Research Unit of Natural Sciences, Nangui Abrogoua  
University, Ivory Coast

***Nyglé Angèle Sika Piba***

Lecturer, Training and Research Unit of Natural Sciences, Nangui Abrogoua  
University, Ivory Coast

***N'Golo Abdoulaye Kone***

Assistant Lecturer, Training and Research Unit of Natural Sciences, Nangui  
Abrogoua University, Ivory Coast

***Abel Valery Bosso***

Training and Research Unit of Natural Sciences, Nangui Abrogoua  
University, Ivory Coast

[Doi:10.19044/esj.2021.v17n25p241](https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n25p241)

---

Submitted: 24 May 2021

Accepted: 01 July 2021

Published: 31 July 2021

Copyright 2021 Author(s)

Under Creative Commons BY-NC-ND

4.0 OPEN ACCESS

*Cite As:*

Pokou K.P., Sika Piba N.A., Kone N'G. A. & Bosso A.V. (2021). *Local Population's Knowledge And Perceptions On The Biodiversity And Conservation Status Of Land Snails In The Region Of Lamto Reserve At The Centre Of Ivory Coast*. European Scientific Journal, ESJ, 17(25), 241.

<https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n25p241>

---

### **Abstract**

Local population can play an important role in the sustainable management of biodiversity in protected area. This paper focuses on investigating local population's knowledge and perceptions on land snail's biodiversity and conservation status, by (1) testing their ability to recognize different species of land snails, (2) examining the factors involved in the reduction of land snail's biodiversity, and (3) collecting their points of view on land snail's biodiversity conservation status. Two hundred and sixty (260) people from four villages around Lamto Reserve were interviewed using structured questionnaire with six land snails supporting photos (three macro

snails and three micro snails). The results showed that all the respondents had at least once seen the macro snails selected. More than 78% were able to recognize them without the pictures and more than 88% with the pictures. More than 85% of respondents had at least once seen the selected micro snails. Only less than 25% were able to recognize them with the pictures and less than 8% without the pictures. The considered socio-demographic variables were significantly associated with knowledge of the selected land snails. Climate change and human activities (pesticides overuse, edible land snail's consumption and selling and forest fires) have been mentioned by local population as the fundamental causes involved in land snail's biodiversity reduction in this region. The number of respondents with positive attitude (62.91%) towards land snail's biodiversity conservation in Lamto Reserve was significantly higher than the one with negative attitude (37.69%) ( $P < 0.001$ ). Lamto Reserve management staff must increase the consciousness raising campaign in rural communities close to the Reserve in order to reduce the number of people who do not support biodiversity conservation.

---

**Keywords:** Land Snail Knowledge, Lamto Reserve, Local Population Perception, Biodiversity Conservation

## Introduction

Ideally, protected areas should serve as cores of conservation and protection of the large biodiversity to improve human well-being by providing goods and services (Vodouhê *et al.*, 2010; Muñoz Brenes *et al.*, 2018). Unfortunately, previous studies highlighted the continuous and increasing reduction of biodiversity despite protected area expansion (Phalan *et al.*, 2013; Hill *et al.*, 2015). Adjacent population to protected areas has been considered for a long time as a potential actor of biodiversity destruction and loss of protected areas (Ikpa *et al.*, 2009). Indeed, population develops dependence on the natural resources and the satisfaction of their needs and, generally, in illicit way induces biodiversity destruction and loss (Brandon & Wells, 1992; Ansong & Røskaft, 2011).

However, local population can strongly support actions for the sustainable management of biodiversity in protected areas if this management is based on their practices and knowledge, and if it takes into account a greater satisfaction of their basic needs (Wells *et al.*, 1992). Through their traditional knowledge, local populations offer a critical source of basic environmental data for conservation and resource management (Thornton & Scheer, 2012). In some cases, integration of local population's knowledge into conservation has been associated with enhanced species abundance (Poepoe *et al.*, 2005) and biodiversity (Xu *et al.*, 2005).

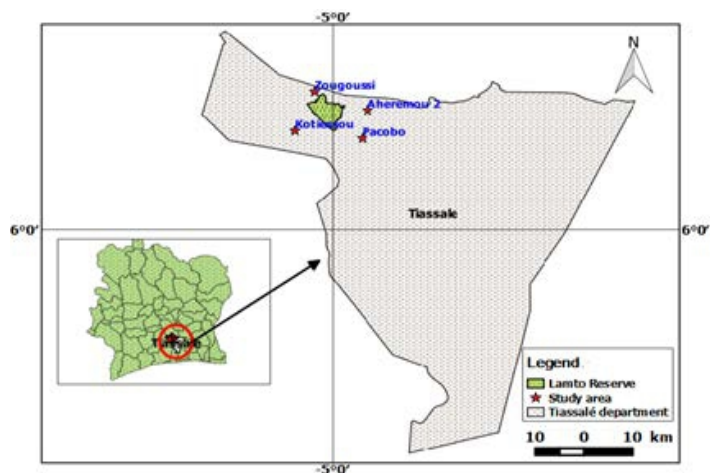
Local population's knowledge of land snails is important because snails are the most reliable indicators of terrestrial biological richness and environmental conditions (Nrurinsiyah *et al.*, 2016; Altaf *et al.*, 2017). Numerous studies have demonstrated the significance of land snails as important links in the dynamics of natural and human-dominated ecosystems (Skeldon *et al.*, 2007; Bloch, 2012; Douglas *et al.*, 2013). The high land snail species diversity (Lydeard *et al.*, 2004), their numerical abundance and ability to colonize diverse habitat types (Asuquo & Anyanwu, 2018), have made them popular organisms to everyone (d'Ovidio *et al.*, 2019). In rural communities, land snails are used as an important ingredient in traditional medicine (Agbelusi & Ejidike, 1992) and the flesh is well appreciated by various populations in terms of diet (Amani *et al.*, 2016). Some of these snails are among the important pests for agriculture (Raut & Barker, 2002; Jayashankar *et al.*, 2012). Thus, local people who frequently interact with snails in their local environment may develop a broader knowledge of the life histories, behavior, and seasonal changes in the composition and abundance of those snails.

Therefore, this paper focuses on investigating local population's knowledge and perceptions on land snail's biodiversity and conservation status by (1) testing their ability to recognize different species of land snails, (2) examining the factors involved in the reduction of land snail's biodiversity, and (3) collecting their points of view on land snail's biodiversity conservation status.

## **Material and Methods**

### **Study Area**

This study was carried out in four localities around Lamto Reserve (Pacobo: 6°11'30"N, 4°56'54"O; Zougoussi: 6°15'20"N, 5°02'51"O; Aheremou 2: 6°12'53"N, 4°58'41"O; and Kotiessou: 6°11'56"N, 6°3'44"O) (Figure 1). These localities were selected based on their proximity to the Reserve following the directions North-South and West-East. This zone is dominated by savannah including open grassland, island forest, and gallery forest. Also, they are characterized by four seasons: a long rainy season from March to July, a short dry season in August, a short rainy season from September to October, and a long dry season from November to February (Abbadie *et al.*, 2006). The mean annual precipitation is about 1200 mm. Local inhabitants of this area are composed of autochthonous "Baoulé" (major ethnic group), allochthonous Malinké, and Senoufo and natives of Burkina Faso, Mali, and Guinea. Subsequently, they practice mainly shifting burned cultivation, cocoa and coffee crops, food crops (yams, plantains and rice), fishing and hunting.



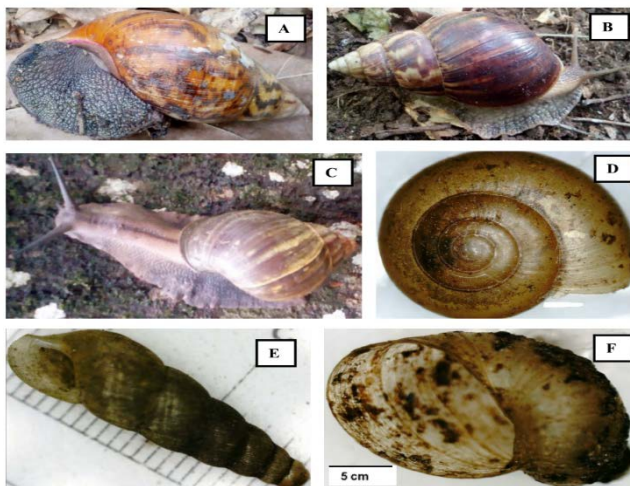
**Figure 1.** Map of Tiassalé division indicating Lamto Reserve and the localities of study

### Study Species

A photographic support of six land snail's species among which three macro snails (diameter's size above 5 mm: *Achatina achatina*; *Achatina fulica*; *Archachatina ventricosa*) and three micro snails (diameter's size under 5 mm: *Saphtia lamtoensis*; *Striosubulina striatella*; *Quickia concisa*) was used for the interview in order to determine the extent of knowledge about these snails. These snails were common in Reserve and its rural environment and were sprung from a previous inventory study of malacofauna in Lamto Reserve and surrounding area (unpublished data). The macro snail's species were expected to be familiar to the participants while the micro snail's species is assumed to be unknown or less known to the participants because of their small size.

### Data Collection with Questionnaires

In March 2019, a direct survey was conducted in these four villages. A structured questionnaire was used to interview, in isolation, each of the volunteer who was at least 18 years old. The questionnaires were prepared in French but local translator was recruited in each village to facilitate the interview when a participant could not speak French. Each questionnaire had 23 questions and included questions about the respondent's gender, age, ethnic group, educational level, his/her ability to recognize the selected snail species, the factors involved in snail biodiversity reduction, and perception about land snail biodiversity conservation in the Lamto Reserve. Pictures were used to assess the ability of local population to recognize snails (Figure 2).



**Figure 2.** Pictures of selected land snails. **A:** *Achatina achatina* (Linné, 1758); **B:** *Achatina fulica* (Bowdich, 1822); **C:** *Archachatina ventricosa* (Gould, 1850); **D:** *Saphitia lamtoensis* (De Winter, 2008); **E:** *Striosubulina striatella*; (Rang, 1831); **F:** *Quickia concisa* (Morelet, 1848)

## Data Analysis

Data processing and analysis were performed using the statistical software Sphinx Plus<sup>2</sup> version 5.0. and R version 3.6.2. The non-parametric test (chi-squared test) was used to assess the relationships between socio-demographic variables and the respondents' knowledge about selected snails. The comparison of local population attitudes towards land snail conservation in Lamto Reserve was made using Mann-Whitney test at  $p=0.05$  level.

## Results

### Socio-demographic Characteristics of the Surveyed Populations

In total, 260 people were interviewed among them, i.e., 130 male respondents and 130 female respondents (Table 1). The highest number of respondents were recorded with age group range from 25 to 45 years old (149 respondents), with no education respondents (134 respondents), and Baoulé ethnic group respondents (203 respondents). Among localities, Aheremou 2 had the highest number of respondents (75 respondents) (Table 1).

**Table 1.** Number of respondents according to socio-demographic variables (total number of respondents: n=260)

Socio-demographic variables	Total number of respondents	
<b>Localities of study</b>	Pacobo	70
	Aheremou 2	75
	Kotiessou	61
	Zougoussi	54
<b>Gender</b>	Male	130
	Female	130
<b>Ages</b>	18≥age≥24 years	39
	25≥ age≥45 years	149
	age≥45 years	72
<b>Educational levels</b>	No education	134
	Primary school	65
	Secondary school and higher	61
<b>Ethnic groups</b>	Baoulé	203
	Malinké	4
	Senoufo	9
	Burkinabé	10
	Other*	34

\* Other represents another ethnic group (Ivoirian's allochthonous) living in this area

### Knowledge of Individual Land Snail Species

All respondents had at least once seen the selected macro snails. More than 78% were able to recognize them without the pictures and more than 88% with the pictures (Table 2). Among the macro snail species, *Achatina fulica* was less known by respondents compared to *Achatina achatina* and *Archachatina ventricosa*. More than 85% of respondents had at least once seen the micro snails selected, but only less than 25% were able to recognize them with the pictures and less than 8% without the pictures (Table 2). Among these micro snail species, *Saphtia lamtoensis* was more familiar to respondents than *Striosubulina striatella* and *Quickia concisa*.

**Table 2.** Percentage of respondents who had known the snails in question, those who had recognized them with the pictures, and those who had only seen the snails (total number of respondents: n=260)

Localities of study	Species (scientific names)	Respondents who had known snails without pictures (%)	Respondents who had recognized snails with pictures (%)	Respondents who had only seen the snails (%)
<b>Pacobo</b>	<i>Achatina achatina</i> (Linné, 1758) *	98.60	100	100
	<i>Archachatina ventricosa</i> (Gould, 1850) *	97.14	100	100
	<i>Achatina fulica</i> (Bowdich, 1822) *	80.00	95.71	100
	<i>Striosubulina striatella</i> (Rang, 1831)	4.28	4.00	92.86
	<i>Saphtia lamtoensis</i> (De Winter, 2008)	7.14	14.28	95.71
	<i>Quickia concisa</i> (Morelet, 1848)	0.00	2.40	94.28
<b>Aheremou 2</b>	<i>Achatina achatina</i> (Linné, 1758) *	100	100	100
	<i>Archachatina ventricosa</i> (Gould, 1850) *	98.67	100	100
	<i>Achatina fulica</i> (Bowdich, 1822) *	80.00	97.33	100
	<i>Striosubulina striatella</i> (Rang, 1831)	0.00	6.67	90.67
	<i>Saphtia lamtoensis</i> (De Winter, 2008)	4.00	14.67	94.67
	<i>Quickia concisa</i> (Morelet, 1848)	0.00	5.33	88.00
<b>Kotiessou</b>	<i>Achatina achatina</i> (Linné, 1758) *	100	100	100
	<i>Archachatina ventricosa</i> (Gould, 1850) *	98.40	100	100
	<i>Achatina fulica</i> (Bowdich, 1822) *	78.70	88.50	100
	<i>Striosubulina striatella</i> (Rang, 1831)	3.28	14.75	85.24
	<i>Saphtia lamtoensis</i> (De Winter, 2008)	6.60	22.95	95.08
	<i>Quickia concisa</i> (Morelet, 1848)	0.00	6.56	88.52
<b>Zougoussi</b>	<i>Achatina achatina</i> (Linné, 1758) *	100	100	100
	<i>Archachatina ventricosa</i> (Gould, 1850) *	100	100	100
	<i>Achatina fulica</i> (Bowdich, 1822) *	83.30	96.50	100
	<i>Striosubulina striatella</i> (Rang, 1831)	0.00	22.22	85.18
	<i>Saphtia lamtoensis</i> (De Winter, 2008)	7.41	24.07	96.30
	<i>Quickia concisa</i> (Morelet, 1848)	0.00	12.96	90.94

*The specieses with asterix are macro snails and those without asterix are micro snails*

### **Influence of Socio-demographic Variables on Knowledge of Land Snails**

The variability of the visited localities had a significant influence on the knowledge of the selected snails ( $\chi^2=45.11$ ;  $dl=6$ ;  $p<0.001$ ). Zougoussi had the highest proportion of respondents with perfect knowledge of snails (59.26%), while Pacobo had the lowest proportion (21.43%). However, Pacobo recorded the lowest proportion of respondents with poor knowledge (7.14%), while the highest (24.00%) was obtained in Aheremou 2 (Table 3).

The gender of respondents had a significant influence on knowledge of selected snails ( $\chi^2=10.504$ ;  $dl=2$ ;  $p<0.010$ ). Among male respondents, 43.08% had perfect knowledge against 29.23% of female respondents. Only 9.23% of male respondents had a poor knowledge of snails against 22.31% of the female respondents (Table 3).



The age of respondents had also a significant influence on knowledge of selected snails ( $\chi^2=50.857$ ;  $df=4$ ;  $p<0.001$ ). None of the younger respondents ( $18 \geq \text{age} \geq 24$  years old) had perfect knowledge of snails, while older respondents ( $\text{age} \geq 45$  years old) had the highest proportion (50%). Moreover, among the respondents who had poor knowledge of snails, young respondents were the most represented (48.72%) in contrast to the older respondents (8.33%) (Table 3).

The educational level of respondents had a significant influence on knowledge of selected snails ( $\chi^2=37.937$ ;  $df=4$ ;  $p<0.001$ ). The respondents with primary school level had the highest perfect knowledge (50.77%), while no education respondents recorded the lowest (30.60%). However, no education respondents were the least represented among those with a poor knowledge of snails (6.72%) (Table 3).

The ethnic group of respondents had a significant influence on knowledge of selected snails ( $\chi^2=31.265$ ;  $df=8$ ;  $p<0.001$ ). Baoulé ethnic group's respondents had the highest perfect knowledge (41.38%), while no respondent from Burkina Faso had a perfect knowledge (Table 3). Respondents from Burkina Faso were the most numerous among those with poor knowledge of snails (70%) (Table 3).

**Table 3.** Level of knowledge of selected snails according to socio-demographic variables

Socio-demographic variables		Perfect knowledge (5-6 snails known) (%)	Good knowledge (3-4 snails known) (%)	Poor knowledge (0-2 snails known) (%)	Total number of respondents
<b>Localities of study</b>	Pacobo	21.43	71.43	7.14	70
	Aheremou 2	26.67	49.33	24.00	75
	Kotiessou	44.26	39.34	16.40	61
	Zougoussi	59.26	25.92	14.82	54
<b>Gender</b>	Male	43.08	47.69	9.23	130
	Female	29.23	48.46	22.31	130
<b>Ages</b>	$18 \geq \text{age} \geq 24$ years	0.00	51.28	48.72	39
	$25 \geq \text{age} \geq 45$ years	38.93	50.33	10.74	149
	$\text{age} \geq 45$ years	50.00	41.67	8.33	72
<b>Educational levels</b>	No education	30.60	62.68	6.72	134
	Primary school	50.77	32.31	16.92	65
	Secondary school and higher	32.79	32.79	34.42	61
<b>Ethnic groups</b>	Baoulé	41.38	45.81	12.81	203
	Malinké	25.00	50.00	25.00	4
	Senoufo	22.22	55.56	22.22	9
	Burkinabé	0.00	30.00	70.00	10
	Other*	20.59	64.70	14.71	34

\* Other represents another ethnic group (Ivoirian's allochthonous) living in this area

### Perception of Local Population on the Causes of Land Snail's Biodiversity Reduction

Globally, 191 respondents (73.46%) had quoted human activities (pesticide overuse, edible land snail's consumption and selling and forest fires) as a fundamental cause of land snail's biodiversity reduction, while 111 respondents (42.69%) had mentioned the effect of climate change. Only 2 respondents (0.77%) had highlighted other cause such as predation. According to the visited localities, Kotiessou (82%) and Zougoussi (61.10%) recorded the highest proportion of respondents who had mentioned respectively human activities and climate change as the major causes of land snail's biodiversity reduction (Figure 3). Beyond human activities and climate change listed in all localities, other cause (predation) had been stressed in Aheremou 2 and Pacobo in roughly the same proportion (respectively 1.3% and 1.4%) (Figure 3).

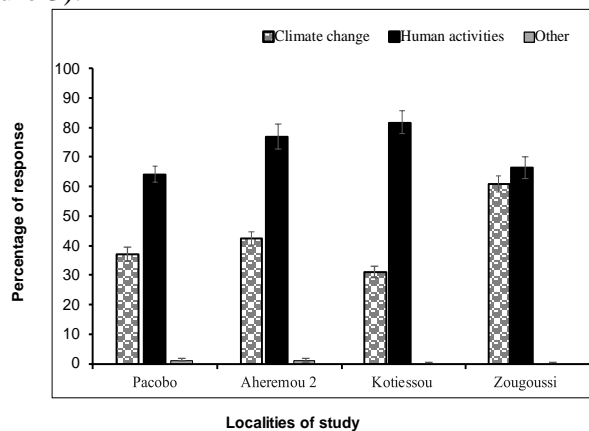
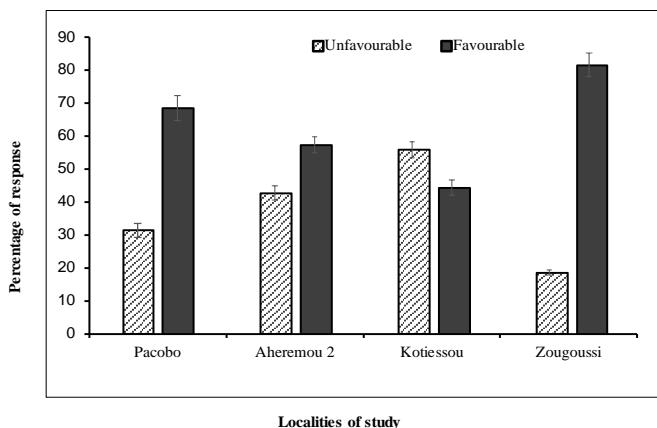


Figure 3. Percentage response patterns from respondents across localities of study regarding the causes of land snail's biodiversity reduction

### Perceptions of Local Population towards Land Snail's Biodiversity Conservation in Lamto Reserve

Overall, 98 respondents (37.69%) were unfavorable to snail conservation in Lamto Reserve while 162 respondents (62.31%) were favorable. The difference between respondents with positive attitude (favorable) to snail's conservation and those with negative attitude (unfavorable) was significant (Mann-Whitney test;  $p < 0.001$ ). The respondents in favor of snail conservation are those who give their approval to respect the conservation measures in force in the Lamto Reserve. Thus, according to the visited localities, the highest proportion of respondents in favor of snail conservation was obtained in Zougoussi (81.48%) and the lowest in Kotiessou (44.26%) (Figure 4).



**Figure 4.** Percentage response patterns from respondents across localities of study regarding the respect of land snail's conservation measures in Lamto Reserve

## Discussion

### Knowledge of Individual Land Snail Species

Overall, selected land snails were well known by respondents. This result could be due to the distribution of these species which are common and widespread in variety of habitats including open grassland, wooded grassland, fallow, and forest (Idohou *et al.*, 2013; Dar *et al.*, 2017). Difference in knowledge between macro and micro snails could be linked to their size. Indeed, because of their large size, macro snails attract more attention from respondents compared to micro snails usually found in litter (Douglas *et al.*, 2013). Among macro snails, *Achatina achatina* and *Archachatina ventricosa* (edible snails) were widely known certainly because they are well appreciated in human diet in Côte d'Ivoire (Dosso *et al.*, 2007; Amani *et al.*, 2016).

The knowledge of selected snails was significantly influenced by the variability of study localities. A contrary result was obtained by Ansong and Røskaft (2011) around Subri Forest Reserve of Ghana. The highest number of respondents with perfect knowledge of snails was obtained in Zougoussi, while the lowest number was recorded in Pacobo. This could be due to a difference in the development stage of these localities. Indeed, compared to Zougoussi, Pacobo had a relatively more advanced stage of development. In Zougoussi, almost all the populations were farmers. As a result, they could have more contact with snails. This couldn't be the case of Pacobo with varied sectors of activities (Boguhe *et al.*, 2011).

The male respondents recorded the highest perfect knowledge of snails compared to the female respondents. The different roles that exist between men and women particularly in most of Baoulé farmer's communities could contribute to men's ability to know snails. Indeed, although women support significantly their husbands in field activities (Ruf, 2016), the men spent more time wandering in forests while women were in charge of housework (De

Rouw, 1991). No younger respondents had a perfect knowledge of selected snails, while the older respondents recorded the largest number of people. This could be due to the fact that young respondents were less experienced compared to older. According to Senanayake (2006), local knowledge results from experience and this knowledge is building on the experience of the past and present generation. Respondents with primary school level had the highest perfect knowledge of selected snails. A contrary result was obtained by Mmassy and Røskoft (2013) in Tanzania. Baoulé ethnic group's respondents had the highest perfect knowledge of selected snails and the poorest knowledge was recorded with the respondents from Burkina Faso. This result could be due to the activities, food habit, and the civilization of these groups. Indeed, the Baoulé ethnic groups are generally farmers in the villages; they spend more time in forest and appreciate very well the flesh of snails in diet (Amani *et al.*, 2016). Such a lifestyle might improve their opportunities to see and become familiar to snail's species. This couldn't be the case of respondents from Burkina Faso who were mostly cattle breeders (FAO, 2018) and perceive edible snails as totem.

### **Perceptions of Local Population on the Causes of Land Snail's Biodiversity Reduction and on their Conservation Status in Lamto Reserve**

This study disclosed that local population living around Lamto Reserve was cognizant of the causes of land snail's biodiversity loss. Climate change and human activities were identified by respondents as the major causes of land snail's biodiversity reduction. Similar results were reported in scientific publications among others, like Chiba and Cowie (2016) who showed that climate change and habitat loss due to human activities such as deforestation, cultivation, mineral extraction, and urbanization constitute the main causes of land snail's extinction on oceanic islands. In addition, Nicolai and Ansart (2017) underlined that human-driven habitat loss through intensified urbanization, agriculture, and forestry dramatically increased the impact of climate change and endangers the species living in restricted habitat and with low dispersal such as land snails. Finally, excessive and misuse of pesticides result in environment contamination causing biodiversity loss particularly land snails (Nkontcheu *et al.*, 2017; Baroudi *et al.*, 2020).

About 38% of all the respondents had negative perception of land snail's biodiversity conservation in Lamto Reserve. Indeed, most of local populations living around Lamto Reserve are farmers, fishermen and hunters and the Reserve management law prohibits their access to such activities. This may generate a strong and negative opinion on the management and the conservation of biodiversity as reported by Vodouhê *et al.* (2010). Besides, they complain that Reserve establishment evicted local population from their

former areas and the Reserve management policy doesn't take into account the development of their localities through the implementation of project and infrastructures such as construction of schools and hospitals. This perception corroborates with the work done by Torri (2011). These people believe that they receive no benefit from the Reserve and often defy the ban on hunting and resource extraction. When they are apprehended by the Army in charge of protecting Reserve and enforcing management laws, they are subjected to the rigours of the law and this reinforces their negative perception of the Reserve's management. This position wasn't shared by the majority of respondents to whom conservation of biodiversity in Reserve is important because of endangered animal and plant species that are well conserved in the Reserve.

### **Conclusion**

At the end of this study, it can be concluded that the majority of respondents had a good knowledge of the selected land snails (with a focus on macro snails) and the causes of their biodiversity reduction. However, given that all the selected snails were common in the Lamto Reserve and its surrounded rural area, the local population's knowledge in some particular young male and female persons was poor for certain species (micro snails in the majority). The considered socio-demographic variables were significantly associated with knowledge of the selected land snails. The majority of respondents were favorable towards land snail biodiversity conservation in Lamto Reserve. In others words, they hold positive attitudes towards Reserve management.

We further recommend to the Lamto Reserve management staff to pursue collaboration with the rural communities close to the Reserve for best management. This collaboration based on the negotiations, exchanges, and awareness rising could reduce the number of people who do not support Reserve biodiversity conservation.

### **Acknowledgements**

The research team is grateful to Mr. Kouassi Ago, Mr. N'Goran Yao, Mr. Yao Kouassi, and Mr. Kokora Jules Djezou respectively chief of Pacobo, Aheremou 2, Zougoussi and Kotiessou for their cordial welcome. Special thanks to Mr. Kouakou Pierre Claver Kouassi, Mr. Kouakou Jean Eudes Kouassi, Mr. Sylvain Kouassi, and Mr. Konan David Kra for the translation of messages from local language to French and vice versa.

### **References:**

1. Abbadie, L., Gignoux, J., Le Roux, X. and Lepage, M. (2006). Lamto: structure, functioning and dynamics of a savanna ecosystem. Springer Verlag New York. 412p.

2. Agbelusi, E.A. and Ejidike, B.N. (1992). Utilization of the Giant African Land Snail, *Archachatina marginata* in the humid area of Nigeria. *Journal of Tropical Agriculture* 69 (1): 88-92.
3. Altaf, J., Qureshi, N.A. and Siddiqui, M.J.I. (2017). Terrestrial snails as bioindicators of environmental degradation. *Journal of Biodiversity and Environmental Sciences* 10 (1): 253-264.
4. Amani, N.S.C., Karamoko, M., Adou, C.F.D. and Otchoumou, A. (2016). Impact of the gathering pressure on edible snail's population of a classified forest in the South of Côte d'Ivoire. *International Journal of Natural Resources Ecology and Management* 1 (2): 11-19.
5. Ansong, M. and Røskaft, E. (2011). Determinants of attitudes of primary stakeholders towards forest conservation management: a case study of Subri Forest Reserve, Ghana. *International Journal of Biodiversity Science, Ecosystem Services & Management* 7 (2): 98-107.
6. Asuquo, F.E. and Anyanwu, T.C. (2018). Mollusk Response to Anthropogenic Impacts: An Example from Cross River Estuary, South Eastern Nigeria. *Journal of Earth Science and Climatic Change* 9 (5): 473. Doi: 10.4172/2157-7617.1000473.
7. Baroudi, F., Al Alam, J., Fajloun, Z. and Millet, M. (2020). Snail as sentinel organism for monitoring the environmental pollution; a review. *Ecological Indicators* 113 : 106240. Doi:10.1016/j.ecolind.2020.106240.
8. Bloch, C.P. (2012). Why Snails? How Gastropods Improve Our Understanding of Ecological Disturbance. *Bridgewater Review* 31 (2): 8-13.
9. Bogue, G.F., Goore Bi, G., N'Zi, K.G., Yao, S.S., Kouamelan, E.P. and Kouassi, N.J. (2011). Premières données sur la pêche crevetteière du fleuve Bandama (Côte d'Ivoire) : Acteurs et Engins de pêche. *Sciences & Nature* 8 (1): 107-118.
10. Brandon, K.E. and Wells, M. (1992). Planning for people and Parks: Design dilemmas. *World development* 20 (4): 557-570.
11. Chiba, S. and Cowie, R.H. (2016). Evolution and Extinction of Land Snails on Oceanic Islands. *Annual Review of Ecology Evolution and Systematics* 47: 123-141.
12. Dar, M.A., Pawar, K.D. and Pandit, R.S. (2017). Gut Microbiome Analysis of Snails: A Biotechnological Approach. *Intech open Chapter* 9, 30p.
13. Douglas, D.D., Brown, D.R. and Pederson, N. (2013). Land snail diversity can reflect degrees of anthropogenic disturbance. *Ecosphere* 4 (2): 28. Doi.org/10.1890/ES12-00361.1.

14. d'Ovidio, D., Nermut, J., Adami, C. and Santoro, M. (2019). Occurrence of Rhabditid Nematodes in the Pet Giant African Land Snails (*Achatina fulica*). *Frontiers in Veterinary Science* 6 (88): 1-5.
15. Dosso, A., Kouassi, K.D. and Otchoumou A. (2007). Effet de l'alimentation sur les performances biologiques chez l'escargot géant africain: *Archachatina ventricosa* (Gould, 1850) en élevage hors sol. *Livestock Research for Rural Development* 19 (5): 16-20.
16. FAO (2018). *Livestock production systems spotlight Burkina Faso: Cattle and poultry sectors*. 9p.
17. Hill, R., Miller, C., Newell, B., Dunlop M. and Gordon I.J. (2015). Why biodiversity declines as protected areas increase: the effect of the power of governance regimes on sustainable landscapes. *Sustain Science* 10: 357-369.
18. Idohou, R., Djagoun, C.A.M.S., Kassa, B., Assogbadjo, A.E. and Codjia, J.T.C. (2013). Soil factors affecting density of three giant land snail species in different habitats of Dassa-Zoume district (Central Benin). *QScience Connect* 31:1-10.
19. Ikpa, T.F., Dera, B.A. and Jande, J.A. (2009). Biodiversity conservation: why local inhabitants destroy habitat in protected areas. *Science World Journal* 4 (4): 22-27.
20. Jayashankar, M., Aravind, N.A. and Reddy M.S. (2012). Distribution of pestiferous terrestrial molluscs in bangalore region, karnataka. *Biodiversity and Taxonomy* 7: 55-60.
21. Lydeard, C., Cowie, R.H., Ponder, W.F., Bogan, A.E., Bouchet, P., Clark, S.A., Cummings, K.S., Frest, T.J., Gargominy, O., Herbert, D.G., Hershler, R., Perez, K.E., Roth, B., Seddon, M., Strong, E.E. and Thompson, F.G. (2004). The Global Decline of Non-marine Molluscs. *BioScience* 54: 321-330.
22. Mmassy, E.C. and Røskft, E. (2013). Knowledge of birds of conservation interest among the people living close to protected areas in Serengeti, Northern Tanzania. *International Journal of Biodiversity Science, Ecosystem Services & Management* 9 (2):114-22.
23. Muñoz Brenes, C.L., Jones, K.W., Schlesinger, P., Robalino, J. and Vierling, L. (2018). The impact of protected area governance and management capacity on ecosystem function in Central America. *PLoS ONE* 13 (10): e0205964.  
Doi.org/10.1371/journal.pone.0205964.
24. Nicolai, A. and Ansart, A. (2017). Conservation at a slow pace: terrestrial gastropods facing fast-changing climate. *Conservation Physiology* 5 (1): cox007. Doi:10.1093/conphys/cox007.

25. Nkontcheu, D.B.K., Fai, P.B.A., Taboue, G.C.T., Tchamadeu, N.N., Ngealekeleoh, F. and Mbida, M. (2017). Assessment of Chemical Pollution With Routine Pesticides Using PRIMET, a Pesticide Risk Model in the Benoe Stream in the South-West Region of Cameroon. *European Scientific Journal* 13 (30): 153-172.  
Doi: 10.19044/esj.2017.v13n30p153.
26. Nrurinsiyah, A.S., Fauzia, H., Hennig, C. and Hausdorf, B. (2016). Native and introduced land snail species as ecological indicators in different land use types in Java. *Ecological indicators* 70: 557-565.
27. Phalan, B., Bertzky, M., Butchart, S.H.M., Donald, P.F., Scharlemann, J.P.W., Stattersfield, A.J. and Balmford, A. (2013). Crop expansion and conservation priorities in tropical countries. *PLoS One* 8: e51759.
28. Poepoe, K.K., Bartram, P.K. and Friedlander, A.M. (2005). The use of traditional knowledge in the contemporary management of a Hawaiian community's marine resources. In *Fishers' knowledge in fisheries science and management. Coastal Management Source-books*, ed. Haggan, N., Neis, B., and Baird, I.G., 4:119-143. Paris: UNESCO Publishing.
29. Raut, S.K. and Barker, G.M. (2002). *Achatina fulica* Bowdich and other Achatinidae as pests in Tropical Agriculture. In: Barker, G.M. ed., *Molluscs as Crop Pests*, CAB International, pp 55-114.
30. Ruf, F. (2016). <<Une femme en Côte d'Ivoire, une femme au Burkina Faso>>: changement écologique et social autour du cacao et de l'anacarde. *Eco-Geography* 37: 1-23.
31. Senanayake, S.G.J.N. (2006). Indigenous knowledge as a key to sustainable development. *The Journal of Agricultural Sciences* 2 (1): 87-94.
32. Skeldon, M.A., Vadeboncoeur, M.A., Hamburg, S.P. and Blum, J.D. (2007). Terrestrial gastropod responses to an ecosystem-level calcium manipulation in a northern hardwood forest. *Canadian Journal of Zoology* 85: 994-1007.
33. Thornton, T.F. and Scheer, A.M. (2012). Collaborative engagement of local and traditional knowledge and science in marine environments: A review. *Ecological Society* 17 (3):8.
34. Torri, M.C. (2011). Conservation, relocation and the social consequences of conservation policies in protected areas: Case study of Sariska Tiger Reserve, India. *Conservation and Society* 9 (1): 54-64.
35. Vodouhê, F.G., Coulibaly, O., Adégbidi, A. and Sinsin, B. (2010). Community perception of biodiversity conservation within protected areas in Benin. *Forest Policy and Economics* 12: 505-512.



36. Wells, M., Brandon, K. and with Hannah, L. (1992). People and Parks: Linking Protected Area Management with Local Communities. World Bank, Washington, DC.
37. Xu, J., Ma, E., Tashi, D., Fu, Y., Lu, Z. and Melick, D. (2005). Integrating sacred knowledge for conservation: Cultures and landscapes in southwest China. Ecology and Society 10 (2) : 7. Doi:10.5751/es-01413-100207.



ESJ Natural/Life/Medical Sciences

## Adéquation Du Besoin En Formation Du Personnel De Soins De Santé Maternelle Et Infantile (SMI) Au Burkina Faso

*Ousmane Sylla*

Université Joseph Ki Zerbo, Département de Santé Publique, Ouagadougou,  
Burkina Faso

Direction Générale de la Santé et de l'Hygiène Publique, Mali

*Ahmed Kabore*

Université Joseph Ki Zerbo, Département de Santé Publique, Ouagadougou  
Burkina Faso

*Hervé Hien*

Université Joseph Ki Zerbo, Département de Santé Publique, Ouagadougou  
Burkina Faso

Centre MURAZ, Bobo-Dioulasso, Burkina Faso

[Doi:10.19044/esj.2021.v17n25p257](https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n25p257)

Submitted: 25 January 2021

Accepted: 06 July 2021

Published: 31 July 2021

Copyright 2021 Author(s)

Under Creative Commons BY-NC-ND

4.0 OPEN ACCESS

*Cite As:*

Sylla O., Kabore A. & Hien H.(2021). *déquation Du Besoin En Formation Du Personnel De Soins De Santé Maternelle Et Infantile (SMI) Au Burkina Faso*. European Scientific Journal, ESJ, 17(25), 257.

<https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n25p257>

### Résumé

**Objectif:** Analyser l'adéquation des formations reçues dans le cadre de la lutte contre la mortalité maternelle et infantile avec le besoin en formation du personnel de services de santé de la mère et de l'enfant au Burkina Faso. **Méthodes:** L'étude est du type transversale, constituée de tous les professionnels de santé des 576 Formations Sanitaires du premier échelon et des 24 Centre Hospitalier Régional /Centre Médicale avec Antenne chirurgicale de huit régions. Les données ont été collectées par un questionnaire puis vérifié, compilées et analysées sur le logiciel SPSS 20.0. Pour l'analyse des données, nous avons eu recours à deux types d'analyse : une descriptive simple et une bivariée. **Résultats:** L'étude a montré qu'il existe une inadéquation entre les formations reçues et les besoins en formations. Les principaux besoins en formations sont : la prise en charge

intégrée de la maladie de l'enfant soit 52%, le paludisme 46,6%, les soins obstétricaux et néonataux d'urgence de base 46,5% et la planification familiale 45,5%. **Conclusion:** Au regard de ces résultats, Il est à retenir que parmi les principales formations offertes, seul le paludisme est en adéquation avec les besoins du personnel.

Ainsi, il est recommandé aux responsables des différents programmes de santé et aux partenaires techniques et financiers d'impliquer les professionnels dans le choix du thème de la formation afin qu'ils puissent répondre efficacement aux sollicitations des usagers des services de santé.

---

**Mots clés:** Adéquation, Besoins En Formation, Santé Maternelle, Santé Infantile, Burkina Faso

## **Adequacy Of The Training Need For Maternal And Child Health (MCH) Care Providers In Burkina Faso**

*Ousmane Sylla*

Université Joseph Ki Zerbo, Département de Santé Publique, Ouagadougou,  
Burkina Faso

Direction Générale de la Santé et de l'Hygiène Publique, Mali

*Ahmed Kabore*

Université Joseph Ki Zerbo, Département de Santé Publique, Ouagadougou  
Burkina Faso

*Hervé Hien*

Université Joseph Ki Zerbo, Département de Santé Publique, Ouagadougou  
Burkina Faso

Centre MURAZ, Bobo-Dioulasso, Burkina Faso

---

### **Abstract**

**Objective:** To analyze the adequacy of the training received in the fight against maternal and infant mortality with the training needs of maternal and child health service personnel in Burkina Faso. **Methods:** The study is of the cross-sectional type, made up of all health professionals from the 576 first-level health trainers and 24 Regional Hospital / Medical Center with surgical antenna in eight regions. The data were collected by a questionnaire then verified, compiled and analyzed on the SPSS 20.0 software. For the data analysis, we used two types of analysis: a simple descriptive and a bivariate. **Results:** The study showed that there is an inadequacy between the training received and the training needs. The main training needs are: integrated management of childhood illness 52%, malaria 46.6%, basic emergency obstetric and neonatal care 46.5% and family planning 45, 5%. **Conclusion:**

In view of these results, it should be remembered that among the main training courses offered, only malaria is in line with the needs of the personnel.

Thus, it is recommended that those responsible for the health programs and technical and financial partners to involve professionals in the choice of the training topic so that they can respond effectively to the demands of users of health services.

---

**Keywords:** Adequacy, Training Needs, Maternal Health, Child Health, Burkina Faso

## Introduction

La formation continue des ressources humaines de santé, socle du renforcement des capacités du secteur de la santé, doit permettre une dotation des structures sanitaires de personnels compétents afin d'offrir des prestations de qualité. Cela est d'autant plus important qu'il a été démontré que des services de santé de faible qualité freinent l'amélioration de la santé dans les pays, quel qu'en soit le niveau de revenu (WB, 2019).

La disponibilité de personnels sanitaires bien formés et compétents est une des conditions sine qua non pour l'atteinte des objectifs de développement durable (ODD) et la couverture sanitaire universelle (CSU)(OMS Bureau Régional de l'Afrique, 2017).

Le système de formation continue est composé d'un ensemble d'éléments interdépendants mettant en jeu le personnel, la politique, la planification et l'équipement concourant pour offrir à tous les agents de santé une occasion de parfaire leur connaissance tout au long de leur carrière (Abbatt & Mejia, 1990; Borders et al., 2006; Ministère de la sante et De la lutte contre le sida, République de Côte d'Ivoire, 2012). Ce système est censé combler chez le personnel, les insuffisances dans la formation initiale et/ou de le mettre à niveau dans sa pratique de tous les jours, en ce sens que les sollicitations des usagers peuvent différer d'une catégorie à l'autre, d'un lieu ou d'une période à l'autre.

Depuis un certain temps, cette formation est confrontée à un défi : qui est de répondre aux exigences du système de santé, tout en s'accordant aux besoins du personnel d'entretenir et de parfaire leurs qualifications professionnelles.(Abbatt & Mejia, 1990; Boudjaoui et al., 2014; Dormael, 1995; Kane et al., 2018).

Investir dans la formation continue est une stratégie efficace pour réduire la mortalité maternelle et néonatale et améliorer la santé sexuelle et reproductive (OMS, GHWA, 2008; Parent et al., 2005).

Au Burkina Faso, les différentes sessions de formations organisées sont le plus souvent dans le cadre des activités des partenaires techniques et

financiers (PTF) ou de l'exécution des programmes verticaux et parfois répondent difficilement au besoin identifié sur le terrain (Parent et al., 2005).

L'objectif de cette étude est d'analyser l'adéquation entre les formations reçues et les besoins en formation des professionnels de santé dans le cadre de la lutte contre la mortalité maternelle et infantile au Burkina Faso.

## **Méthodes**

### **Type d'étude, site de l'étude**

Il s'agit d'une étude transversale qui a concerné huit (08) régions qui sont : Boucle du Mouhoun, Sud-Ouest, Centre Ouest, Centre Est, Nord, Centre Nord, Plateau Central et Centre Sud.

### **Population d'étude**

La population de la présente étude était constituée des professionnels de santé présents le jour de l'enquête, dans la Formation Sanitaire (FS) et qui ont accepté l'entretien ont été inclus. En outre, n'ont pas été inclus, les professionnels de santé présents le jour de l'enquête, dans la Formation Sanitaire (FS) et qui n'ont pas accepté l'entretien (Balique et al., 2001).

### **Echantillonnage**

L'échantillonnage est de type commodité : constitué de tous les professionnels de santé présents le jour de l'enquête dans les unités de soins. Il s'agit des personnels de soins des 576 FS du premier échelon et des 24 Centre Hospitalier Régional (CHR)/Centre Médicale avec Antenne chirurgicale (CMA).

### **Collection des données**

Des entretiens individuels à travers un questionnaire structuré ont été utilisés pour la collecte des données.

### **Définitions des variables**

Elles étaient constituées du profil socioprofessionnel, d'une liste couvrant les différents domaines de formation/compétence nécessaire au paquet de soins de santé maternelle et infantile.

### **Analyse des données**

Les données ont été analysées sur le logiciel SPSS (Statistical Package for the Social Sciences) version 20.0. Compte tenu de la nature de notre étude et de ses objectifs, nous avons choisi deux types d'analyses :

- Une analyse descriptive simple : Elle a permis de dégager les caractéristiques de notre échantillon à partir des statistiques descriptives (répartition et distribution des caractéristiques étudiées).

- Une analyse bivariée entre la variable catégorie professionnelle et les variables de formation reçue et de besoins en formation. Le Test du khi-carré de PEARSON (test d'indépendance) a été réalisé pour détecter les niveaux de significativité avec  $p < 5\%$ .

**Considérations éthiques et réglementaires :** Les données utilisées sont issues de l'enquête de base pour l'évaluation d'impact du financement basé sur les résultats au Burkina Faso (EI-FBR) en 2013. L'accord de la Banque Mondiale, du Programme d'Appui au Développement Sanitaire (PADS) et du Centre MURAZ a été obtenu pour l'utilisation des données.

## Résultats

### Caractéristiques sociodémographiques du personnel de soins de santé maternelle et infantile en 2013 au Burkina Faso

Au total, 1522 professionnels de santé ont répondu aux questionnaires. Les professionnels de santé étaient représentés principalement par des Accoucheuses Auxiliaires 25 % (N=377), les Agent Itinérants de santé 22 % (N=339) ainsi que des Infirmiers Diplômés d'Etat et Brevetés soit pour chacun 19 %. (N=228). L'âge moyen des professionnels de santé était de 34,5 ans (20-58 ans) avec une sexe-ratio 1,0 (775 F/747). La durée moyenne dans la profession était de 8,0 ans (+/-5 ans).

**Tableau 1.** Caractéristiques du personnel de soins de santé maternelle et infantile en 2013 au Burkina Faso

Caractéristiques	Effectifs (N=1522)	Proportion %
Sexe féminin	775	50,9
Age moyen (minimum ; maximum)	34,5 (min 20 ; 58 ans)	
Expérience professionnelle au moyen (écart-type)	8 (+/-5 ans)	
<b>Profession</b>		
Agent Itinérant de santé	339	22,4
Accoucheuse Auxiliaire	377	24,9
Infirmier breveté	287	19
Sagefemme d'état/maïeuticien d'état	162	10,7
Infirmier diplômé d'état	285	18,8
Attaché de santé	60	4
Médecin	4	0,3

### Différentes formations reçues par le personnel de soins de santé maternelle et infantile en 2013 au Burkina Faso

Le tableau 2 permet de constater que le personnel (toute catégorie confondue) a reçu une série de formation dans les différents domaines d'activité, qui sont principalement la malnutrition avec 58,7% du personnels formés, la prise en charge de la malnutrition aigüe (PCMA) 54,7%, la

prévention de la transmission du VIH/SIDA de la mère à l'enfant (PTME) 99,4% et enfin le paludisme avec 49,9%.

**Tableau 2.** Formations reçues par le personnel de soins de santé maternelle et infantile en 2013 au Burkina Faso

Formation reçue	Effectif (N=1522)	Proportion en %
La malnutrition	894	58,7
La prise en charge de la malnutrition aigüe (PCMA)	833	54,7
La prévention de la transmission du VIH/SIDA de la mère à l'enfant (PTME)	1513	99,4
Le paludisme	760	49,9

### **Différents besoins en formation exprimée par le personnel de soins de santé maternelle et infantile en 2013 au Burkina Faso**

Au regard du tableau 3, nous observons que le besoin en formation sur la prise en charge intégrée de la maladie de l'enfant (PCIME clinique) est exprimé par 52% du personnel. Quant au besoin en formation sur le paludisme, il a été exprimé par 46,6%. Cependant, moins de la moitié du personnel ont exprimé le besoin sur les soins obstétricaux et néonataux d'urgence de base soit 46,5%. Enfin, le besoin en formation sur la planification familiale est exprimé par 45,5%.

**Tableau 3.** Besoins en formation exprimés par le personnel de soins de santé maternelle et infantile en 2013 au Burkina Faso

Besoin de formation exprimé	Effectif (N=1522)	Proportion en %
La prise en charge intégrée des maladies de l'enfant (PCIME clinique)	769	52
Le Paludisme	777	46,6
Les soins obstétricaux et néonataux d'urgence de base (SONUB)	778	46,5
La planification familiale	794	45,5

### **Discussion**

Cette étude fut une des premières enquêtes quasi-nationales sur les besoins de formation continue des ressources humaines de la SMI au Burkina Faso. Notamment dans le domaine de la formation continue. Dans cette étude, la situation de la formation en SMI en 2013 a été évaluée en analysant les formations reçues comparativement aux besoins de formation exprimés.

Tout d'abord, il est nécessaire de rappeler que le système de santé publique doit répondre aux changements continus dans les services de santé maternelle et infantile. Au fur et à mesure que la demande de services de santé maternelle et infantile se transforme et augmente, les besoins en formation ou

de mise à niveau du personnel augmentent proportionnellement. Ce personnel a des emplois exigeants, qui nécessitent des compétences et des connaissances professionnelles avancées. Il est clair qu'avec un système de santé publique en constante évolution et des problèmes complexes de santé publique à l'échelle locale, nationale et internationale, la formation continue doit constituer une composante essentielle du système de santé publique. Ainsi, au Burkina Faso peu de politiques claires en matière de formation continue pour la mise à niveau ont émergé en réponse aux besoins des professionnels de SMI.

Ainsi, les résultats de l'étude montrent que les professionnels de santé au Burkina Faso sont formés dans plusieurs domaines. Mais, pour des raisons de représentativité, nous n'avons retenu que les quatre principaux domaines dans lesquels les professionnels de la SMI ont été largement formés.

Ainsi, le premier domaine où les professionnels sont les plus formés soit 58,7%, est la malnutrition. Cependant, cette formation reçue n'est pas en adéquation avec le premier besoin en formation qui est la PCIME clinique, le besoin en formation sur la PCIME clinique est formulé par plus de la moitié des agents, soit 52%. En Grande-Bretagne l'évaluation de la pratique des Général Practitioners (GP) a identifié des besoins de formation en termes de la reconnaissance en temps opportun des cancers infantiles, de la prise en charge des maladies chroniques pédiatriques et aussi le diagnostic rapide de maladie grave de l'enfant (Modi, 2016). Par ailleurs, En Chine, 41% des GP encadreurs ont exprimé un besoin de formation en pédiatrie (Ren et al., 2017). Ces études confirment la tendance de la présente étude, qui montre que quel que soit le niveau de développement d'un pays, la priorité des praticiens reste la capacitation d'offrir des soins adaptés aux enfants.

Le second domaine où les professionnels sont les plus formés soit 54,7%, est la PCMA, qui n'est pas en adéquation avec le second besoin en formation qui sont les SONUB, le besoin en formation dans ce domaine est formulé par 46,5% des professionnels. Il est de 37,5 % chez les GP encadreurs chinois, ce chiffre est inférieur au résultat du présent article (Ren et al., 2017). Par ailleurs un besoin de compétence en conseil sur les soins obstétricaux a été identifié chez plus de 60% des infirmières pakistanaises (Ariff et al., 2010). Ce qui est supérieur au résultat de l'article. Toutefois, selon une autre étude réalisée en Inde, les sages-femmes ont déclaré avoir besoin de formation pour les 40 tâches prescrites dans l'exécution de leur fonction. De plus parmi ces sages-femmes, les plus instruites ont enregistré des besoins de formation pour 24 tâches, tandis que les moins instruites avaient des besoins de formation pour toutes les tâches (Hennessy, Hicks, Hilan, et al., 2006; Hennessy, Hicks, & Koesno, 2006).

Quant au troisième domaine de formation des professionnels, c'est la PTME soit 99,4%, ce dernier n'est pas en adéquation avec le troisième besoin en formation qui est la planification familiale (PF). En effet, le besoin



en formation sur la PF a été exprimé par 45,5%. Ce besoin de compétence en PF a aussi été révélé en Inde par les Infirmières obstétriciennes qui manquaient de connaissances en PF et plus précisément en méthodes naturelles, modernes, en conseils ainsi que la tenue de dossiers. Par ailleurs il a été constaté en Inde tout comme au Burkina Faso que ce personnel est parfois amené à exercer des actes au-delà de la limite légale ; par ce qu'elles (Infirmières obstétriciennes) sont les seules prestataires présentes dans certains contextes (Karvande et al., 2018). En outre un besoin de formation sur les connaissances biomédicales et physiologiques a été révélé par le personnel de soutien au Royaume-Unis (Moseley LG et al., 2007).

Quant au quatrième domaine de formation des professionnels, qui est le paludisme soit 49,9%, il est le seul à être en adéquation avec le quatrième besoin en formation qui est aussi le paludisme, le besoin en formation sur le paludisme est révélé par 46,6% des professionnels de santé maternelle et infantile.

Ainsi, à la lumière de discussion des résultats de l'étude. Après avoir procéder à un rapprochement comparatif des quatre principaux domaines ou les agents de santé ont exprimés un besoin en formation, et ceux dont ils sont le plus formés. Il est à déduire à une inadéquation, par ce qu'il n'existe qu'un seul besoin satisfait en formation.

## **Conclusion**

La but de l'étude était de contribuer à une meilleure connaissance sur le système de formation continue au Burkina Faso. Plus spécifiquement, l'étude visait à analyser l'adéquation des formations reçues en les comparants aux besoins exprimés et enfin formuler des recommandations pouvant renforcer les politiques en matière de formation continue.

En effet, pour aborder ce travail, il a été révisé quelques éléments contextuels de la situation de formation continue.

Il est à retenir que parmi les principales formations offertes, seul le paludisme est en adéquation avec les besoins du personnel.

L'étude comporte une certaine limite telle que l'impossibilité de repartir l'échantillon en fonction des différentes sous-spécialités médico-chirurgicales au-delà des catégories professionnelles classiques que nous connaissons. Une telle situation dénote de la nécessité de mener d'autres études afin de pouvoir identifier des éléments permettant d'adapter l'offre de formation continue aux besoins ressentis par les professionnels. Il est recommandé aux responsables des différents programmes de santé et aux PTF, d'impliquer les professionnels dans le choix du thème de la formation afin qu'ils puissent répondre efficacement aux sollicitations des usagers des services de santé.

## Remerciements

Nos remerciements vont à l'endroit de la Banque Mondiale, du Programme d'Appui au Développement Sanitaire (PADS) pour les différents appuis et du Centre MURAZ pour son accord et la mise à disposition des données de la présente étude.

## References:

1. Abbatt, F. R., & Mejia, A. (1990). La formation continue des personnels de la santé : Manuel pour ateliers. OMS.  
<https://www.who.int/iris>
2. Ariff et al. (2010). Evaluation of health workforce competence in maternal and neonatal issues in public health sector of Pakistan : An Assessment of their training needs. BMC Health Services Research. <http://www.biomedcentral.com/1472-6963/10/319>
3. Balique, H., Ouattara, O., & Ag Iknane, A. (2001). Dix ans d'expérience des centres de santé communautaire au Mali. Santé Publique, 13(1), 35. <https://doi.org/10.3917/spub.011.0035>
4. Borders, S., Blakely, C., Quiram, B., & McLeroy, K. (2006). Considerations for increasing the competences and capacities of the public health workforce : Assessing the training needs of public health workers in Texas. Human Resources for Health. <http://www.human-resources-health.com/content/4/1/18>
5. Boudjaoui et al. (2014). Le développement professionnel en soins infirmiers : Le cas d'un dispositif universitaire alterné en Espagne. Éducation et francophonie., 169,187.
6. Dormael, V. (1995). La médecine générale au premier échelon dans le tiers monde (Vol. 75, p. 27,38). [www.google.com](http://www.google.com)
7. Hennessy, D., Hicks, C., Hilan, A., & Kawonal, Y. (2006). The training and development needs of nurses in Indonesia : Paper 3 of 3. 4, 1,14.
8. Hennessy, D., Hicks, C., & Koesno, H. (2006). The training and development needs of midwives in Indonesia : Paper 2 of 3. 4, 1,12.
9. Kane, H., Jabot, F., & Hsairi, M. (2018). Les ressources humaines en santé : Planification et parcours individuels. Santé Publique, S1(HS), 7. <https://doi.org/10.3917/spub.180.0007>
10. Karvande et al. (2018). Family planning training needs of auxiliary nurse midwives in Jharkhand, India : Lessons from an assessment. The national medical journal of India.
11. Ministère de la sante et De la lutte contre le sida, République de Côte d'Ivoire. (2012). Document de politique nationale de formation continue des ressources humaines de sante. [www.google.com](http://www.google.com)

12. Modi, N. (2016, mai). Child health care : Adequate training for all UK GPs is long overdue. *British Journal of General Practice*, 228,229.
13. Moseley LG et al. (2007). The training needs of health care support workers : Results of a study of workers and their managers. *Journal of Clinical Nursing*, 2280,2286.
14. OMS Bureau Régional de l'Afrique. (2017). Ne laisser personne de côté : Renforcement des systèmes de santé pour la CSU et les ODD en Afrique. <http://apps.who.int/iris>
15. OMS, GHWA. (2008). Scaling Up, Saving Lives :Task Force for Scaling Up Education and Training for Health Workers, Global Health Workforce Alliance.
16. Parent, F., Fromageot, A., Coppieters, Y., Lejeune, C., Lemenu, D., Garant, M., Piette, D., Levêque, A., & De Ketele, J.-M. (2005, décembre 2). Analysis of adequacy levels for human resources improvement within primary health care framework in Africa. *Health Research Policy and Systems* 2005, 3:8. <http://www.health-policy-systems.com/content/3/1/8>
17. Ren et al. (2017). Motivations and Training Needs of General Practitioner Preceptors. *Chinese Medical Journal*. 10.4103/0366-6999.209894
18. WB. (2019). Quality-healthcare-is-increasing-the-burden-of-illness-and-health-costs-globally.
19. <https://www.banquemondiale.org/fr/news/press-release/2018/07/05/low-quality-healthcare-is-increasing-the-burden-of-illness-and-health-costs-globally>

## **Effet Bio-Insecticide De L'huile Essentielle Et De La Poudre De Chenopodium Ambrosioides L. Sur Les Imagos De Bruches De Haricots En Stockage**

*Mboussy Tsoungould Feldane Gladrich*

*Mpika Joseph*

Laboratoire de biotechnologie et production végétale, Faculté des Sciences et Techniques, Université Marien Ngouabi, Brazzaville, République du Congo

*Mbuntcha Gueaba Hélène*

*Tapondjou Azefack Léon*

Unité de Recherche de Chimie Appliquée et Environnementale (URCAPE), Faculté des Sciences, Université de Dschang, Dschang, Cameroun

*Attibayeba*

Laboratoire de biotechnologie et production végétale, Faculté des Sciences et Techniques, Université Marien Ngouabi, Brazzaville, République du Congo

[Doi:10.19044/esj.2021.v17n25p267](https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n25p267)

Submitted: 13 February 2021

Accepted: 27 May 2021

Published: 31 July 2021

Copyright 2021 Author(s)

Under Creative Commons BY-NC-ND

4.0 OPEN ACCESS

### *Cite As:*

Mboussy Tsoungould F.G., Mpika J., Mbuntcha Gueaba H., Tapondjou Azefack L. & Attibayeba . (2021). *Effet Bio-Insecticide De L'huile Essentielle Et De La Poudre De Chenopodium Ambrosioides L. Sur Les Imagos De Bruches De Haricots En Stockage*. European Scientific Journal, ESJ, 17(25), 267.

<https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n25p267>

### **Résumé**

Le but de l'étude est d'évaluer l'effet d'insecticide et d'insectifuge de l'huile essentielle et de la poudre de *Chenopodium ambrosioides* L. contre *Acanthoscelides obtectus* Say, bruches de haricots. Après séchage de la partie terminale de *C. ambrosioides*, une aliquote de la matière sèche a été utilisée pour extraire par hydro-distillation de l'huile essentielle et une autre partie broyée pour produire une poudre fine après tamisage. L'analyse de l'huile extraite a été réalisée par chromatographie en phase gazeuse à ionisation de flamme couplée à la spectrométrie de masse. La toxicité de cette huile contre les bruches a été évaluée par fumigation avec ou sans graines, répulsion, contact sur papier filtre avec graines et contact avec graines. Il a été prouvé la

toxicité de la poudre vis à vis des bruches de haricots. Le taux de répulsion (%) ou la mortalité des bruches a été déterminée par test. La DL50 a été calculée après que les bruches *A. obtectus* ont été exposées à l'huile essentielle et à la poudre à la moitié de la durée totale de l'expérience. L'huile essentielle extraite est composée d'hydrocarbures monoterpéniques (52,14 %) avec 37,15 % de  $\alpha$ -terpinène et 13,55 % de p-cymène. Elle est riche en monoterpènes oxygénés (6,26 %) dont l'isoascaridole représente 5,43 %. La DL50 de l'huile essentielle est de 0,0017  $\mu\text{l}/\text{cm}^3$ , 0,017  $\mu\text{l}/\text{cm}^2$ , 0,0127  $\mu\text{l}/\text{g}$ , 0,0032  $\mu\text{l}/\text{g}$  respectivement pour le test de fumigation sans graines, de contact avec papier filtre, de fumigation avec graines et de contact avec graines. Avec la poudre, DL50 est de 19,5 g/kg. L'huile a montré un effet attractif pour le test de répulsion. Cette huile et la poudre ont influencé le cycle de développement des bruches en réduisant leur nombre des imagos émergées en F1. Cette huile a été plus efficace que la poudre. Le test in planta confirmera l'efficacité de l'huile essentielle extraite de *C. ambrosioides* contre les bruches *A. obtectus*.

---

**Mots-clés :** Insectifuge, Insecticide, Chromatographie En Phase Gazeuse, Spectrométrie De Masse, Tests De Toxicité, *Acanthoscelides Obtectus*

## **Bio-Insecticide Effect Of Essential Oil And Powder Of *Chenopodium Ambrosioides* L. On Imagos Of Beans In Stocking**

*Mboussy Tsoungould Feldane Gladrich*

*Mpika Joseph*

Laboratoire de biotechnologie et production végétale, Faculté des Sciences et Techniques, Université Marien Ngouabi, Brazzaville, République du Congo

*Mbuntcha Gueaba Hélène*

*Tapondjou Azefack Léon*

Unité de Recherche de Chimie Appliquée et Environnementale (URCAPE),  
Faculté des Sciences, Université de Dschang, Dschang, Cameroun

*Attibayeba*

Laboratoire de biotechnologie et production végétale, Faculté des Sciences et Techniques, Université Marien Ngouabi, Brazzaville, République du Congo

---

### **Abstract**

The aim of this study is to evaluate the insecticide and insectifuge effect of *Chenopodium ambrosioides* L. essential oil and powder against *Acanthoscelides obtectus* Say which are beans' weevil. After drying the terminal part of *C. ambrosioides*, a certain quantity of dried latter was used for extraction by hydro-distillation of essential oil and the other part was grounded

to produce a thin powder sifting. Analysis of the extracted oil was done by chromatography in gaseous phase at flame ionization coupled with mass spectrometry. Toxicity of the oil on weevil was evaluated by fumigation with or without seeds, repulsion, contact on filter paper with seeds and contact with seeds. It was proven the toxicity of the powder face to beans' weevil. Repulsion rate (%) or mortality of the weevils was determined by test. DL50 was calculated after weevil *A. obtectus* have been exposed to essential oil and powder at half time of the total duration of the experimentation. The extracted essential oil is composed of monoterpenic hydrocarbons (52.14 %) with 37.15 % of  $\alpha$ -terpinen and 13.55 % of p-cymene. The oil is rich in oxygenated monoterpenes (6.26 %) of which the isoascaridol represents 5.43 %. The DL50 of the essential oil equals 0.0017  $\mu\text{l}/\text{cm}^3$ , 0.017  $\mu\text{l}/\text{cm}^2$ , 0.0127  $\mu\text{l}/\text{g}$ , 0.0032  $\mu\text{l}/\text{g}$  for the fumigation without seeds test, the contact with filter paper, fumigation with seeds and contact with seeds respectively. With the powder, the DL50 equals 19.5 g/kg. The oil showed an attractive effect for the test of repulsion. That oil and the powder influenced the development cycle of the weevils by reducing the number of images emerged in F1. That oil was more efficient than the powder. The test in planta will confirm the efficiency of the extracted essential oil from *C. ambrosioides* against the weevils *A. obtectus*.

---

**Keywords:** Insectifuge, Insecticide, Chromatography In Gazeous Phase, Mass Spectrometry, Toxicity Tests, *Acanthoscelides Obtectus*

## Introduction

La conservation de denrées vivrières est confrontée à diverses problèmes phytosanitaires liés aux contraintes biotiques telles que les insectes, les champignons et les rongeurs et abiotiques telles que la température, humidité... (Divy et al., 2015). Les agressions des insectes ravageurs sur la culture de *Phaseolus vulgaris* L. (haricot commun) provoquent des pertes de production et des dégâts considérables dans les biotopes tropicaux humides (Buycks, 1962 ; Azouma, 1990). Ainsi, les pertes provoquées par ces insectes sont très importantes, en raison des facteurs climatiques très favorables à leur croissance et le type d'entreposage peu propice à la lutte contre les bruches en stock (Caswell, 1968). A la République du Congo, l'espèce *Acanthoscelides obtectus* (Say) (Coleoptera; Bruchidae) est le principal insecte nuisible aux stocks de la culture de haricot commun (Delobel et Epoua-Mouinga, 1984).

Parailleurs, cette bruche est aussi présente dans d'autres pays africains comme l'Algérie, le Cameroun, la République Centrafricaine (RCA), la République Démocratique du Congo (RDC)... (Tapondjou et al., 2002 ; Kaloma et al., 2008 ; Ndomo et al., 2009 ; Goucem, 2017). En effet, elle cause des dégâts non négligeables en plantation et en stockage (Singh et al, 1990 ; Goucem, 2014). En Algérie, les pertes annuelles du haricot stocké dû à

l'infestation par *Acanthoscelides obtectus* (Say) ont été estimées entre 7 et 73% (Bouchikhi et al., 2010). L'utilisation d'insecticides ou fumigènes de synthèse est l'une des méthodes de lutte efficace contre ces ravageurs (Haubruge et al., 1988). Le produit utilisé entraîne souvent un effet résiduel néfaste sur la santé humaine et la biocénose. Il perturbe des niches écologiques et pollue l'environnement (Sun et Davidson, 1998 ; Chemat et al., 2012). En conséquence, les insecticides de bonne qualité sont rares et chers en milieu rural.

Actuellement, diverses études se focalisent sur les plantes présentant des propriétés insecticides, insectifuges ou anti-appétantes vis à vis des insectes ravageurs des produits entreposés (Tapondjou et al., 2002 ; Kaloma et al., 2008 ; Ndomo et al., 2009 ; Goucem, 2017 ; Messaoudene et Mouhou, 2017). Ces propriétés ont conduit à la découverte des métabolites secondaires actifs chez certaines espèces végétales (*Ocimum basilicum*, *Cymbopogon citratus*, *Nicotina tabacum*, etc. ). Cependant, les études menées sur la protection de denrées stockées ont montré une efficacité différentielle spécifique des huiles essentielles extraites ou des poudres de certaines plantes contre des insectes (Tapondjou et al., 2002 ; Kaloma et al., 2008 ; Messaoudene et Mouhou, 2017). L'usage des plantes dans la protection de denrées stockées contre les ravageurs est une pratique ancienne très répandue en Afrique et en Asie (Delobel et Malonga, 1987 ; Seck et al., 1996 ; Kaloma et al., 2008). Afin de protéger les denrées stockées en milieu rural, les paysans congolais de Brazzaville mélangent les semences avec la cendre de bois ou avec des organes séchés des plantes odorantes tels que des feuilles *Chenopodium ambrosioides* L., *Lippia multiflora* L., *Nicotiana tabacum* L. et les rhizomes de *Zingiber officinale* Rosc. (Delobel et Malonga, 1987 ; Mboussy, 2019). Mais, l'effet insecticide et insectifuge de l'huile essentielle et de la poudre de la partie terminale de *Chenopodium ambrosioides* L. sur les imagos de bruches de haricot en stockage *in vitro* est mal connu. En effet, il n'a été réalisée aucune étude au Congo-Brazzaville abordant spécifiquement cette problématique. De ce qui précède, nous postulons l'hypothèse que l'huile essentielle et la poudre de la partie terminale de *Chenopodium ambrosioides* L. sur les imagos de bruches de haricots en stockage *in vitro* ont un effet insecticide et /ou insectifuge. L'objectif de cette étude est d'évaluer les effets insecticides et insectifuges d'huile essentielle et de la poudre de la partie terminale de *Chenopodium ambrosioides* sur les imagos de *Acanthoscelides obtectus* en stockage *in vitro*.

## **Materiel Et Methodes**

### **Matériel**

#### **Matériel animal, élevage en masse et bio tests et matériel végétal**

Pour le matériel animal, les imagos *A. obtectus* (Say) ont été collectées auprès des vendeurs de Haricot commun sur le marché « **B** » de la ville de Dschang à l'Ouest de Cameroun. Ces imagos ont été entretenues pour faire un élevage de masse dans l'enceinte de l'Unité de Recherche de Chimie Appliquée et Environnementale (URCAPE) de l'Université de Dschang. Concernant l'élevage en masse et bio tests, la variété de haricot petit grain rouge (*Vigna umbellata* (Thrub.) Ohwi et Ohshi) a été choisie pour l'élevage en masse et pour les tests de toxicité.

Pour le matériel végétal, les organes utilisés, étaient les parties terminales de *Chenopodium ambrosioides* pour l'extraction d'huile essentielle et la poudre. Ces parties terminales étaient composées des feuilles de rameaux florifères, des boutons floraux, des fleurs épanouies et des graines de *C. ambrosioides*. Sur la plante de *C. ambrosioides*, les parties terminales ont été récoltées en décembre 2019 et en janvier de 2020 au sein du Campus de l'Université de Dschang et à ses alentours à l'Ouest du Cameroun.

### **Méthodes**

#### **Élevage de masse, préparation de la poudre, extraction d'huile essentielle, analyse et identification des composés de l'huile essentielle**

Pour un élevage de masse, les insectes adultes tous sexes confondus de *Acanthoscelides obtectus* obtenus chez des commerçants du marché « B » de la ville de Dschang. Ces insectes ont été utilisés pour infester les grains de haricot contenus dans les bocaux en verre de 3 litres. Dans un bocal, il a été introduit en moyenne 1000 insectes pour 1200 g de haricot. Ces bocaux ont été conservés à une température moyenne de  $24,98 \pm 1,2^\circ\text{C}$  et une humidité relative de  $67,15 \pm 1,15\%$ .

Concernant la préparation de la plante pour l'extraction d'huile essentielle et l'obtention de la poudre, après la récolte, les parties terminales de *Chenopodium ambrosioides* ont été transportées au Laboratoire de Chimie Appliquée et Environnementale pour séchage. Avant le séchage, ces parties terminales ont été triées pour retirer les débris inertes (poussières...) et vivants (Nématodes, Gastropodes, Insectes, Fourmis). Elles ont été d'abord défeuillées puis découpées en petits morceaux. Le séchage s'est effectué pendant 5 jours à une température moyenne de  $25,04 \pm 1,19^\circ\text{C}$  et une humidité relative moyenne de  $57,96 \pm 0,27\%$ . Le brassage a été effectué trois fois par jour afin d'assurer une meilleure aération et homogénéité du séchage afin d'éviter l'apparition des moisissures et des pourritures.

Après le séchage de la partie terminale de *C. ambrosioides*, un premier aliquote a servi à l'extraction de l'huile essentielle. Cette huile a été extraite



par hydrodistillation à l'aide d'un appareil de type Clevenger. L'huile essentielle obtenue a été déshydratée avec du sulfate de sodium anhydre puis conservée à 4°C au réfrigérateur jusqu'à son utilisation. L'analyse de l'huile essentielle obtenue a été effectuée par une chromatographie de type Agilent 6890 couplée à un spectromètre de masse 5973N et un détecteur à l'ionisation à flamme et équipé d'une colonne HP INNOWax avec deux injecteurs de 30 m de longueur, 250 µm de diamètre et 0,25 µm d'épaisseur de film de phase stationnaire de type polyéthylène glycol. Ce chromatogramme est couplée à un spectromètre de masse HP 5972 dans les conditions d'analyse suivantes :

- la température du four a été maintenue à 250 °C, à une vitesse de 5 °C/min ;
- gaz vecteur : hélium (1,2 ml/min) ;
- la température du détecteur a été maintenue à 250 °C, le flux d'H<sub>2</sub> à 40 ml/min et flux d'air à 450 °C. La détection des masses a été réalisée en mode balayage entre 32 et 450 Daltons.

Deux signaux sont enregistrés correspondant à la spectrométrie de masse et au détecteur à ionisation à flamme permettant respectivement d'identifier et quantifier les molécules. L'identification des différents composés a été faite à partir de leurs spectres de masse et de leurs indices de rétention polaire dans la phase stationnaire en comparaison avec ceux contenu dans la bibliothèque interne du Laboratoire Central d'Analyse de l'Entreprise Marne en France, commerciale ou répertoriés dans la lecture. La quantification de chaque composé a été effectuée par intégration de son pic sur le spectre du chromatographe en phase gazeuse.

Un second aliquote des parties terminales de *C. ambrosioides* séchées a été broyé à l'aide d'un broyeur électrique (Jankle and Kundel KG, Typ A10, N5614, Allemagne) pour obtenir la poudre. Le broyat a été tamisé à l'aide d'un tamis de maille de 0,5 mm de diamètre pour donner une poudre fine à particules de granulométrie homogène.

### **Evaluation de l'effet insectifuge ou répulsif de l'huile essentielle**

Ce test a permis de déterminer le pourcentage de répulsion d'huile par la méthode de la zone préférentielle sur papier filtre Wathman (HPL.3.1) décrite par Mc Donald et al. (1970). Des disques de papier filtre de 9 cm de diamètre ont été coupés en deux parties égales (31,80 cm<sup>2</sup> chacune). Quatre solutions ont été préparées avec des volumes respectifs de 0,5 ; 1 ; 2 et 4 µl d'huile essentielle diluées respectivement dans l'acétone 0,5 ml. Chacune des solutions obtenues a été répartie uniformément sur l'un de demi-disque du papier filtre. L'autre moitié du papier a reçu uniquement 0,5 ml de l'acétone servant de témoin. Après 10 minutes d'évaporation complète de l'acétone, les concentrations respectives de 0,015 ; 0,031 ; 0,062 et 0,125 µl/cm<sup>2</sup> de surface ont été obtenues par les demi-disques traités par la solution (huile essentielle

+ acétone). Les deux demi-disques ont été rassemblés par une bande adhésive transparente et placés dans les boîtes de pétri. Ensuite, 20 imagos *Acanthoscelides obtectus*, de sexe confondus, âgés de deux jours au plus ont été disposées au centre de chaque boîte de pétri. Quatre répétitions ont été réalisées pour chaque volume de chacune de ces huiles. Les boîtes à pétri ont été placées sur la palliasse à une température moyenne de  $25,75 \pm 0,43$  °C avec une humidité relative moyenne de  $40,25 \pm 0,82$  %. Au bout deux heures, il a été réalisé le dénombrement des insectes présents sur chaque demi-disque dans les boites. Le pourcentage de répulsion a été calculé.

### **Toxicité d'huile essentielle par fumigation ou inhalation avec ou absence des graines**

#### **Toxicité par fumigation ou inhalation en absence des graines**

Dans des bocaux en verre de 270 cm<sup>3</sup> de volume à couvercle étanches, 20 imagos de *Acanthoscelides obtectus* de sexes confondus et âgées de trois jours au plus ont été introduites dans chacun des bocaux. Des carrés de papier filtre (Whatman HPL3.1) de 4 cm<sup>2</sup> de surface ont été fixés chacun à l'aide d'un fil noir au centre de la face interne des couvercles afin qu'ils prennent la mi-hauteur de ces bocaux. Des volumes des huiles essentielles (0,5 ; 1 ; 2 et 4 µl) dilués à 0,1 ml d'acétone ont été répandues sur ces carrés de papier filtre. Après 20 minutes, temps nécessaire pour l'évaporation complète d'acétone, les concentrations respectives de 0,002 ; 0,004 ; 0,007 et 0,015µl/cm<sup>3</sup> d'huile essentielle ont été obtenues au sein de ces bocaux. Parallèlement, le témoin ayant reçu uniquement 0,1 ml d'acétone. Chaque traitement a été répété quatre fois. L'ensemble des tests a été réalisé à une température moyenne de  $26,5 \pm 1,66$  °C et l'humidité relative  $60 \pm 6,04$  % pendant 24 heures. Le dénombrement des insectes morts a été effectué après 6, 12 et 24 heure dans chaque bocal. Il a été déterminée le pourcentage mortalité par concentration de l'huile essentielle testée.

**Toxicité par fumigation ou inhalation en présence des graines** Dans chacun des bocaux en verre de 270 cm<sup>3</sup> de volume à couvercle étanches, il a été introduit 50 g de grains de haricot rouge et 20 imagos de sexes confondus, âgées de trois jours. Des carrés de papier Whatman HPL3.1. de 4 cm<sup>2</sup> de surface ont été fixés chacun à l'aide d'un fil noir au centre de la face interne des couvercles afin qu'ils prennent la mi-hauteur de ces bocaux. Les préparations des solutions (huile essentielle + acétone) ont été faites avec différents volumes des huiles essentielles (0,5 ; 1 ; 2 et 4 µl) diluée 0,1 ml d'acétone. Ainsi, 10 µl de chaque solution d'huile ont été répandues sur des carrés de papier correspondant ainsi aux concentrations respectives de 0,002 ; 0,004 ; 0,007 et 0,015µl/cm<sup>3</sup> d'huile essentielle dans les bocaux après évaporation complète d'acétone. Les carrés de papier filtre dans les bocaux témoins ayant reçu uniquement l'acétone, quatre répétitions ont été réalisées

pour chaque traitement. Ce test a été réalisé à une température moyenne de  $24,66 \pm 1,54$  °C et l'humidité relative  $49 \pm 3,60$  % pendant 24 heures. Le dénombrement des insectes morts a été effectué après 6, 12 et 24 heures dans chaque bocal. Le pourcentage mortalité a été calculé en fonction de la durée d'exposition et de la concentration par concentration de l'huile essentielle.

### **Toxicité d'huile essentielle par contact sur papier filtre ou graines de haricots**

#### **Toxicité d'huile essentielle par contact sur papier filtre**

La toxicité par contact sur papier filtre des huiles essentielles a été évaluée en utilisant les concentrations respectives de 0 ; 0,007 ; 0,015 ; 0,031 et 0,062  $\mu\text{l}/\text{cm}^2$  par surface de papier filtre. Ces différentes concentrations ont été obtenues en diluant les volumes respectifs d'huile essentielle de 0 ; 0,5 ; 1 ; 2 et 4  $\mu\text{l}$  dans 1 ml d'acétone qui sont répandues pour chacune sur des disques de papier filtre Whatman (HPL3.1) de 9 cm de diamètre (soit 63,6  $\text{cm}^2$  de surface). Après 20 minutes, temps d'évaporation complète d'acétone, insectes adultes âgés de deux jours au plus ont été introduits dans des boîtes de pétri de 9 cm de diamètre. Quatre répétitions ont été effectuées pour toutes les concentrations. Ces tests ont été réalisés à une température moyenne de  $25 \pm 2,45$  °C et l'humidité relative  $42,25 \pm 1,92$  % pendant 48 heures. Les mortalités des bruches ont été dénombrées toutes les 12 heures pendant les deux jours d'exposition. Le pourcentage mortalité a été déterminé selon la concentration par concentration de l'huile essentielle testée.

#### **Toxicité par contact d'huile essentielle sur graines**

Dans les boîtes en verre de 270  $\text{cm}^3$  de volume, il a été pesé 50 g de graines de haricot. Ces graines ont été traitées par quatre doses d'huile essentielle préparées comme précédemment en dissolvant les volumes de 0,5 ; 1 ; 2 et 4  $\mu\text{l}$  de d'huile essentielle dans 1ml d'acétone, correspondant aux doses respectives de 0,01 ; 0,02 ; 0,04 et 0,08  $\mu\text{l}/\text{g}$  par graines après 5 min d'agitation pour homogénéisation et évaporation complète d'acétone. Il a été déposé 20 imagos âgées de deux jours au plus dans chaque bocal en verre et recouvert d'un tissu poreux. Le lot témoin a été traité uniquement à l'acétone. Quatre répétitions ont été effectuées pour toutes les doses. L'ensemble des bocaux en verre a été placé dans une enceinte à une température moyenne de  $26,25 \pm 1,5$  °C et l'humidité relative  $53 \pm 1,41$  %. Les imagos mortes ont été dénombrées toutes les 12 heures au bout de 2 jours. Après le dénombrement, le pourcentage mortalité a été estimée par concentration de l'huile essentielle testée.

### **Toxicité par contact de la poudre de *Chenopodium ambrosioides* sur graines de haricots**

Il a été introduit 50 g de graines de haricot dans les boîtes en verre de 270 cm<sup>3</sup> de volume. Ces graines ont été traitées par quatre doses de poudre des masses de 0,025 ; 0,05 ; 0,1 et 0,2 g de la poudre de *Chenopodium ambrosioides*, correspondant aux doses respectives de 0,05 ; 0,1 ; 0,2 et 0,4%/g par graines après 5 min d'agitation pour homogénéisation. Dans chaque bocal en verre, il a été déposé 20 imagos âgées de deux jours au plus ensuite recouvert d'un tissu poreux. Le lot témoin a été traité uniquement à l'acétone. Quatre répétitions ont été effectuées pour toutes les doses. L'ensemble des bocaux en verre a été placé dans une enceinte à une température moyenne de 25,75 ± 0,5 °C et l'humidité relative 68,5 ± 2,5 %. Les imagos mortes ont été dénombrées toutes les 24 heures pendant 4 jours et le pourcentage mortalité déterminé selon la dose de la poudre.

### **Impact de l'huile essentielle ou poudre de *Chenopodium ambrosioides* sur l'émergence de la première génération de *Acanthoscelides obtectus* (Say)**

L'impact de l'huile ou la poudre de *Chenopodium ambrosioides* sur l'émergence de la première génération de *Acanthoscelides obtectus* a été évalué dans les bocaux en verre. Il a consisté à compter le nombre d'imagos émergées sur les graines de *Vigna umbellata* traitées par différentes doses d'huile essentielle ou poudre. Pour cela, à l'issue des tests de toxicité par contact sur graines des différents traitements, les bocaux ont été maintenus dans les mêmes conditions pendant 15 jours. Au bout de ce laps de temps, toutes les imagos mortes ou vivantes ont été débarrassées des bocaux en verre par tamisage. A la suite de cette opération, les bocaux ont été conservés dans les mêmes conditions expérimentales jusqu'à l'émergence de la première génération. Le dénombrement d'imagos émergées a été effectué tous les jours jusqu'à la fin d'émergence de la F1. Il a été calculé le pourcentage de réduction.

### **Appréciation de la mortalité des insectes**

Un insecte a été considéré comme mort lorsqu'un insecte a été trouvé en décubitus dorsal ou ventral, le corps raide. Il ne présentait aucune réaction surtout au niveau des pattes et des antennes après stimulation au moyen d'une pince à bruches.

### **Variables mesurées et calculées**

Trois variables ont été mesurées à l'intervalle régulier après l'incubation des boîtes ou des bocaux : insectes présents sur chaque demi-disque dans une boîte de Pétri, insectes morts dénombrés pour la toxicité de l'huile essentielle et poudre, et les imagos émergées de *Acanthoscelides*

*obtectus* sur les graines après leur contact avec l'huile essentielle ou la poudre de *Chenopodium ambrosioides*.

Pour l'effet insectifuge ou répulsif de l'huile essentielle, le dénombrement des insectes présents sur chaque demi-disque dans les boîtes a été réalisé et le pourcentage de répulsion (PR) a été calculé en utilisant la formule de Mc Donald et al. (1970):

$$PR (\%) = \frac{Nc - Nt}{Nc + Nt} \times 100$$

Nc : nombre d'insectes présents sur la partie du disque traité uniquement à l'acétone ; Nt : nombre d'insectes présents sur la partie du disque traité avec la solution (acétone + huile essentielle)

Le pourcentage moyen de répulsion pour chaque dose d'huile essentielle vis-à-vis de *Acanthoscelides obtectus* a été calculé et attribué à l'une des différentes classes répulsives variant de 0 à 5 comme indiqué dans le tableau 1 (MC Donald et al., 1970).

**Tableau 1.** Classement de la répulsivité des huiles essentielles selon Mc Donald et al. (1970)

Classe	Intervalle de répulsion
0	PR ≤ 0,1%
I	0,1 < PR ≤ 20%
II	20,1 < PR ≤ 40%
III	40,1 < PR ≤ 60%
IV	60,1 < PR ≤ 80%
V	80,1 < PR ≤ 100%

Concernant la toxicité de l'huile essentielle et de la poudre de *Chenopodium ambrosioides*, les insectes morts dénombrés dans un bocal ont permis de déterminer le pourcentage de mortalité selon la concentration et la durée d'exposition. Les pourcentages dans les bocaux traités ont été exprimés par la formule d'Abbott (1925) en pourcentage de mortalité corrigée (MC), en tenant compte du pourcentage de mortalité naturelle enregistré dans les bocaux témoins (Mt) :

$$MC = \frac{Mo - Mt}{100 - Mt} \times 100$$

et la méthode de Bliss (1938) citée par Ndomo (2006) et Woguem (2017) a été utilisée pour déterminer la CL<sub>50</sub> (équation 1) tel que décrite ci-dessous :

Soit  $y = ax + b$  (1) l'équation de la droite de régression définie par l'équation:

$$x = \frac{y - b}{a}$$

où

- x = log (concentration) ;
- y = probit de mortalité ;
- a = pente de la droite ;
- b = intersection de la droite de régression avec l'axe des ordonnées

Pour concentration = CL<sub>50</sub>, on a :

$$\text{Log CL}_{50} = \frac{y - b}{a} \longleftrightarrow \text{CL}_{50} = 10^{\frac{y - b}{a}}$$

Après contact des graines avec l'huile essentielle ou la poudre de *Chenopodium ambrosioides*, les imagos de *Acanthoscelides obtectus* émergées ont permis de calculer le pourcentage de réduction de l'émergence. Le pourcentage de réduction (PR) ou d'inhibition (PI) a été calculé par la formule décrite par Tapondjou et al. (2002) :

$$\text{PR ou PI} = \frac{\text{CN} - \text{TN}}{\text{CN}} \times 100$$

D'où CN : nombre d'imagos émergées dans les bocaux de contrôles ;  
TN : nombre d'imagos émergées dans les bocaux traités

### Analyses statistiques

Le logiciel XLSTAT version 7.5.3 a été utilisé. Après vérification de la normalité de distribution des résidus et celle de l'homogénéité des variances des sous populations analysées, la comparaison de moyennes des variables mesurées a été réalisée par le test-Student Newman et Keuls au seuil de risque de 5%. Le modèle linéaire s'écrit  $Y = \mu + T + \varepsilon$ . Où, Y est la variable réponse;  $\mu$  la moyenne générale; T, représente le traitement;  $\varepsilon$ , l'erreur ;  $\varepsilon_{ij}$  est supposé être normalement distribué avec une moyenne nulle et une variance  $\sigma^2$ , c'est à dire,  $\varepsilon_{ij} \sim N(0, \sigma^2)$ .

### Resultats

#### Rendement d'extraction d'huile essentielle extraite de la partie terminale de *chenopodium ambrosioides*

L'huile essentielle collectée était de couleur jaune pâle avec une odeur forte persistante. Elle a été obtenue avec un rendement de 1,06 % par rapport à la matière sèche utilisée. Pour la composition chimique, cette huile essentielle était constituée de 13 composés représentant 58,2 % des composés identifiés regroupés en hydrocarbures monoterpéniques (52,14%) et

monoterpènes oxygénés (6,26 %). Les composés majoritaires sont  $\alpha$ -terpinène (37,15%), P-cymène (13,55%) et Isoascaridole (5,43 %) (Tableau 2). En effet, la classe d'hydrocarbures monoterpéniques est la plus représentée avec 52,14 % en comparaison de celle des monoterpènes oxygénés (6,26 %).

**Tableau 2.** Principaux composés d'huile essentielle de la partie terminale de *Chenopodium ambrosioides* L

Composés identifiés	%*	IR*
<b>Hydrocarbures monoterpénique</b>	<b>52,002</b>	
Myrcène	0,058	1166
$\alpha$ -terpinène	<b>37,157</b>	1192
Limonène	0,5	1206
Beta phellandrène	0,108	1217
Gamma terpinène1	0,567	1253
P-cymène	<b>13,55</b>	1280
Terpinolène	0,062	1290
<b>Monoterpènes oxygénés</b>	<b>6,191</b>	
Cis p-menthadien-2,8-ol-1	0,1	1624
P-cymen-8-ol	0,1	1847
Ascaridole	0,255	1865
Isoascaridole	<b>5,433</b>	1872
Thymol	0,1	2176
Carvacrol	0,203	2204

**Légende**

%\* : Pourcentage. IR\* : Indice de rétention

**Effet insectifuge d'huile essentielle de *Chenopodium ambrosioides***

Le tableau 3 présente l'effet répulsif de l'huile essentielle issue de la partie terminale de *Chenopodium ambrosioides* vis-à-vis des imagos de *Acanthoscelides obtectus* après deux heures d'exposition. Les résultats ont révélé une propriété attractive de l'huile essentielle testée vis-à-vis des imagos de *A. obtectus*. Cet effet attractif augmente avec la diminution de la concentration en huile.

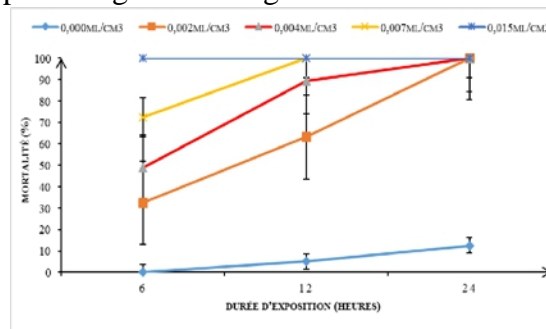
**Tableau 3.** Répulsion (%) sur papier filtre d'huile essentielle de la partie terminale de *Chenopodium ambrosioides* L. vis-à-vis des Imagos de *Acanthoscelides obtectus* (Say)

Concentration ( $\mu$ l/cm <sup>2</sup> )	Taux de répulsion (%)
0,015	-22,50 $\pm$ 09,57
0,031	-20,00 $\pm$ 37,41
0,062	-50,00 $\pm$ 25,81
0,125	-37,50 $\pm$ 27,53

**Effets fumigants de l'huile essentielle de *Chenopodium ambrosioides* à l'égard des imagos de *Acanthoscelides obtectus*.**

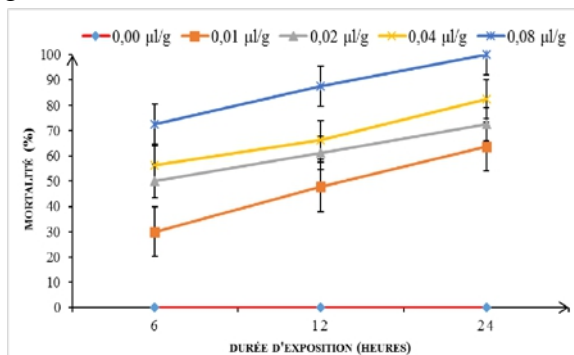
Cette activité a été évaluée avec ou sans graines. La figure 1 illustre les pourcentages de mortalités cumulées et corrigées (%) des imagos de

*Acanthoscelides obtectus* en fonction de la durée d'exposition et des concentrations d'huile essentielle. Ces taux croissent avec l'augmentation des concentrations de l'huile essentielle. La concentration la plus forte (0,015  $\mu\text{l}/\text{cm}^3$ ) a provoqué 100 % de mortalité au bout de 6 heures d'exposition. A l'opposé, chez les témoins, une mortalité naturelle de 12,5 % a été enregistrée au bout de 12 heures d'exposition. Ainsi, la valeur  $\text{CL}_{50}$  (0,0017  $\mu\text{l}/\text{cm}^3$ ) calculée après 12 heures d'exposition atteste l'efficacité de toxicité de cette huile essentielle par fumigation sans graines vis-à-vis de ces imagos.



**Figure 1.** Evolution du pourcentage de mortalités cumulées des imagos de *Acanthoscelides obtectus* (Say) par fumigation sur papier filtre soumis aux différentes concentrations d'huile essentielle de *Chenopodium ambrosioides* L. pendant 24 heures

La figure 2 illustre les mortalités cumulées (%) des imagos de *Acanthoscelides obtectus* dans des graines de haricot traitées à différentes doses en fonction de la durée d'exposition. Il en ressort que le pourcentage de mortalité des imagos de *A. obtectus* croît en fonction de la dose d'huile dans les graines pendant la durée d'exposition. La plus forte dose (0,08  $\mu\text{l}/\text{g}$ ) a provoqué 100 % de mortalité des imagos en 24 heures d'exposition. La faible valeur  $\text{DL}_{50}$  (0,0127  $\mu\text{l}/\text{g}$ ) calculée après 12 heures d'exposition atteste l'efficacité de toxicité de cette huile essentielle par fumigation sur graines vis-à-vis de ces imagos. Aucune mortalité n'a été notée dans les bocaux témoins.

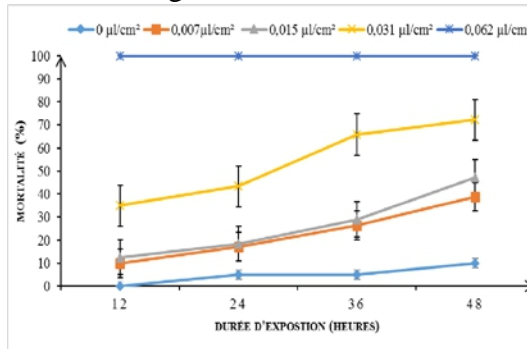


**Figure 2.** Evolution du pourcentage de mortalités cumulées des imagos de *Acanthoscelides obtectus* (Say) par fumigation avec graines soumises aux différentes doses de l'huile essentielle de *Chenopodium ambrosioides* L. pendant 24 heures



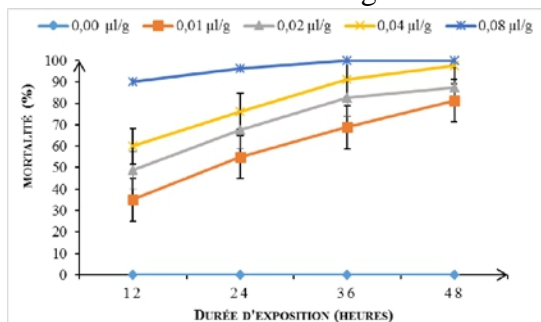
### Toxicité par contact de l'huile essentielle de *Chenopodium ambrosioides* L. sur des imagos de *Acanthoscelides obtectus*

Cette toxicité a été évaluée par contact sur papier filtre et sur les graines de haricot traitées à différentes doses d'huile essentielle. La figure 3 montre que les mortalités cumulées et corrigées (%) des imagos de *A. obtectus* varient selon les concentrations d'huile essentielle utilisées pour traiter les papiers filtre. La plus forte dose (0,062  $\mu\text{l}/\text{cm}^2$ ) a provoqué 100 % de mortalité des imagos au bout 12 heures d'exposition. La faible valeur  $DL_{50}$  (0,017  $\mu\text{l}/\text{cm}^2$ ) calculée en 24 heures d'exposition atteste l'efficacité de toxicité de cette huile essentielle vis-à-vis de ces imagos.



**Figure 3.** Evolution des pourcentages de mortalité des imagos de *Acanthoscelides obtectus* (Say) par contact sur papier filtre soumis à différentes concentrations d'huile essentielle de *Chenopodium ambrosioides* L. en fonction du temps

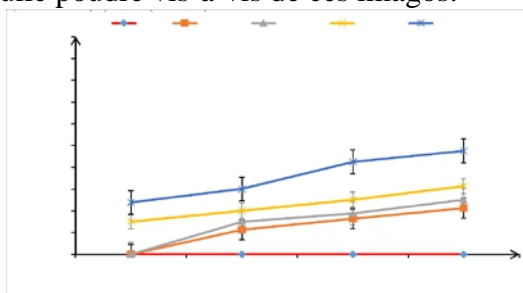
La figure 4 illustre les pourcentages de mortalités cumulées (%) des imagos de *Acanthoscelides obtectus* en fonction de la durée d'exposition. Ils ont varié selon les doses d'huile essentielle utilisées pour traiter les graines. La dose de 0,08  $\mu\text{l}/\text{g}$  a provoqué 90 % de mortalité des imagos au bout 12 heures d'exposition et 100% de mortalité des imagos au bout 48 heures. Aucune mortalité n'a été notée dans les bocal témoins. La faible valeur  $DL_{50}$  (0,0032  $\mu\text{l}/\text{g}$ ) calculée en 24 heures d'exposition atteste l'efficacité de toxicité de cette huile essentielle vis-à-vis de ces imagos.



**Figure 4.** Evolution des pourcentages de mortalité des imagos de *Acanthoscelides obtectus* (Say) par contact sur les graines traitées avec différentes doses d'huile essentielle de *Chenopodium ambrosioides* L. en fonction du temps.

### Toxicité par contact sur graines traitées avec la poudre de *Chenopodium ambrosioides* vis-à-vis des imagos de *Acanthoscelides obtectus*.

La figure 5 illustre les mortalités cumulées (%) des imagos de *Acanthoscelides obtectus* en fonction de la durée d'exposition. Ces mortalités ont varié selon les doses de la poudre utilisées pour traiter les graines. Il était noté une mortalité de 47,5% sur les imagos en contact avec la plus forte dose (0,4 %) au bout de 96 heures d'exposition. La faible valeur DL<sub>50</sub> (1,95 % soit 19,5g/Kg de graines) calculée en 48 heures d'exposition, atteste l'efficacité de toxicité de cette huile poudre vis-à-vis de ces imagos.



**Figure 5.** Evolution des pourcentages de mortalité des imagos de *Acanthoscelides obtectus* (Say) par contact avec les graines traitées différentes doses de la poudre de *Chenopodium ambrosioides* en fonction du temps

### Impact de l'huile essentielle et de la poudre sur l'émergence de la première génération (F<sub>1</sub>)

Les tableaux 4a et 4b présentent les effets de l'huile essentielle et la poudre de *Chenopodium ambrosioides* sur l'inhibition de l'émergence de la F<sub>1</sub> des imagos de *Acanthoscelides obtectus*. Il en ressort que le nombre d'imagos émergées est fonction de la dose d'huile essentielle et de la poudre de *C. ambrosioides* utilisées. Il a été enregistré 42 et 77 des imagos émergées respectivement dans les bocaux témoins de l'huile essentielle et de la poudre avec 0% de réduction. Par contre, une inhibition de la nouvelle génération a été observée dans les bocaux traités avec l'huile essentielle et la poudre. A la dose 0,08 µl/g de graines inhibe la nouvelle génération et la dose 0,4%/g de graines a enregistré une réduction de 74,51%.

**Tableau 4a.** Impact des doses d'huile essentielle sur l'émergence de la première génération (F<sub>1</sub>) et de réduction de l'émergence des imagos de *Acanthoscelides obtectus* (Say)

Dose (µl/g)	nombre des imagos émergées à la F <sub>1</sub>	% de réduction de l'émergence des imagos à la F <sub>1</sub>
0	42,00 a±7,61	0
0,01	25,25 b±1,70	39,88
0,02	14,50 c ±1,29	65,47
0,04	11,50 c±1,91	72,61
0,08	0,00 d ±0,00	100

% : Pourcentage

**Tableau 4b.** Impact des doses de poudre essentielle sur l'émergence de la première génération (F<sub>1</sub>) et de réduction de l'émergence des imagos de *Acanthoscelides obtectus* (Say)

Dose (%/g)	nombre des imagos émergés à la F <sub>1</sub>	% de réduction de l'émergence des imagos à la F <sub>1</sub>
0	77,50a±52,10	0
0,05	75,25a±34,32	2,90
0,1	46,50 a±35,70	40
0,2	22,25 a±9,94	71,29
0,4	19,75 a±14,86	74,51

% : Pourcentage

## Discussion

### Test *in vitro* pour la vérification de l'efficacité de la conservation des graines.

L'huile essentielle et la poudre de *Chenopodium ambrosioides* ont été testées *in vitro* pour leur efficacité dans la conservation des graines de haricot vis-à-vis des imagos de *Acanthoscelides obtectus*. L'extraction de l'huile essentielle a rapporté un rendement de 1,06 % sur la partie terminale de *C. ambrosioides* composée des feuilles et des extrémités fleuries. Ces résultats sont analogues à ceux obtenues par Tapondjou et al. (2003) et El et al. (2016). Ces auteurs ont noté un rendement d'extraction des huiles essentielles de 0,8% sur les feuilles séchées *C. ambrosioides* respectivement au Cameroun et au Maroc. Ainsi, la couleur jaune et l'odeur forte de cette l'huile seraient dues à la présence du Myrcène. L'analyse chimique de l'huile essentielle extraite a montré qu'elle est composée majoritairement de  $\alpha$ -terpinène (37,15%), P-cymène (13,55%) et Isoascaridole (5,43%). Elhourri et al. (2016) ont été observée une différence de teneur sur ces deux composés principaux :  $\alpha$ -terpinène (38,9%) et P-cymène (26,4%). Tapondjou et al (2003) ont noté des teneurs de 50 % de P-cymène et 37,6%  $\alpha$ -terpinèn. Par contre, Owolabi et al. (2009) ont obtenu 63,1% de  $\alpha$ -terpinène et 3,6% Isoascaridole. De telles variations quantitatives et qualitatives du rendement et de la composition chimique sont dues aux facteurs extrinsèques et intrinsèques (Nguimale, 2016). A cela s'ajoute les conditions de réalisation de l'extraction et la méthode d'analyse de la composition chimique. L'ascaridole est le principal composé de l'huile essentielle de *C. ambrosioides* sa teneur varie entre 40 à 75% (Malloy,1923; Smile, 1924 ; Dembistk et al. 2008). Or,  $\alpha$ -terpinène est le précurseur d'ascaridole par biotransformation enzymatique au sein de cette plante (Johnson, 1984). L'analyse chimique d'huile extraite a montré une forte teneur en  $\alpha$ -terpinène (37,15%) et une faible teneur en ascaridole (0,25%). Ceci s'expliquerait par le fait que lors de la récolte de cette espèce végétale, elle n'avait pas encore achevé sa biosynthèse. Sur les plants de *C. ambrosioides*, la stimulation de la synthèse de  $\alpha$ -terpinène renforcera son effet bioinsecticide pour une lutte contre les bruches de haricots en stockage.

## Les Tests de toxicité

Les tests de toxicité avec l'huile essentielle de *C. ambrosioides* révèlent une forte mortalité des bruches de haricots. Cette mortalité varie de manière significative en fonction de la dose appliquée et la durée d'exposition. Pour l'huile essentielle de *C. ambrosioides*, il a été enregistré 100% de mortalité avec la concentration de 0,015 µl/cm<sup>3</sup> en 24 heures d'exposition au test par fumigation avec graines. La dose 0,08 µl/g de cette huile a occasionné 100% de mortalité en 48 heures d'exposition au test par contact avec graines. La toxicité de cette huile essentielle vis-à-vis des imagos de *A. obtectus* peut être expliquée aux composés majoritaires α-terpinène (37,15%), P-cymène (13,55%) et Isoascaridole (5,43%). Ces résultats sont similaires à ceux de Taponjoui et al. (2002 ; 2003). Ces derniers ont montré l'efficacité de l'huile essentielle des feuilles de *C. ambrosioides* L. vis-à-vis des imagos de *Callosobruchus maculatus*, *Acanthoscelides obtectus*, *Callosobruchus chinensis*, *Stitophilus granarius*, *Stitophilus zea maïs* et *Prostephanus truncatus*. Mais, les résultats observés sont contraires aux études antérieures réalisées par Malloy (1923) ; Smile et Pessoa (1924) et Dembistk et al. (2008). Pour ces auteurs, la toxicité de l'huile essentielle de *C. ambrosioides* serait due à l'ascaridole, représentant 40 à 75% à lui seul. L'ascaridole possède un principe actif, qui est très toxique pour les animaux à sang froid, paralyse et tue les vers parasites (Dembistk et al. 2008). L'analyse chimique d'huile essentielle extraite a montré une faible teneur en ascaridole (0,25%). Ceci s'expliquerait que lors de la récolte de cette espèce végétale, elle n'avait pas encore achevé sa biosynthèse. La forte toxicité de l'huile essentielle n'est pas uniquement due l'ascaridole mais aussi aux composés majoritaires α-terpinène, p-cymène, Isoascaridole. Cette action peut aussi découler des effets synergiques des composés minoritaires tels que limonène qui est avéré toxique vis-à-vis de diverse bruches de denrées stockées (Regnault-Roger et Hamraoui, 1995; Prates et al. 1998 ; Fogang Dongmo, 2013). Les résultats sont similaires à ceux de Taponjoui et al. (2003), qui mentionnent cette faible teneur d'ascaridole dans l'huile essentielle de feuilles de *C. ambrosioides* L. La toxicité de l'huile essentielle de *C. ambrosioides* vis-à-vis des imagos de *A. obtectus* constituerait un volet de lutte intégrée contre les bruches de haricots.

## Effet insectifuge d'huile essentielle

Pour l'effet insectifuge d'huile essentielle de *C. ambrosioides*, il a été noté le taux de répulsion négatif. Cette huile essentielle extraite a présenté un effet attractif vis-à-vis des imagos de *A. obtectus*. Ces résultats sont contraires à ceux de Taponjoui et al. (2003). Pour ces auteurs, l'huile essentielle issue des feuilles de *C. ambrosioides* L. a montré un effet répulsif vis-à-vis des imagos de *C. maculatus*. Ceci s'expliquerait par l'absence ou l'inhibition des

composés répulsifs par l'existence d'autres composés dans cette huile essentielle extraite ou par la présence des composés attractifs tels que le myrcène ou encore par la sensibilité de la bruche (Casida, 1990 ; Cardona et Karel, 1990). Woguem (2012) a mentionné qu'une huile essentielle pourrait posséder à la fois un effet répulsif ou attractif sur les insectes ravageurs. Comme l'huile essentielle issue des fruits de *Xylopiya parviflora* (A. Rich.) Benth. a montré un effet attractif et répulsif respectivement vis-à-vis des imagos de *A. obtectus* et *C. maculatus*.

### **Efficacité de la poudre**

La poudre de *C. ambrosioides* s'est révélée efficace contre les imagos d'*A. obtectus*. La dose 0,4% de poudre par gramme de graines a provoqué 47,5% de mortalité au bout de 96 heures d'exposition par le test de contact sur graines. L'efficacité de la poudre est analogue à celle obtenue par Tapondjou et al. (2003). Pour ces auteurs, la poudre de feuilles de *C. ambrosioides* L. a provoqué une mortalité de 52% vis-à-vis des imagos de *Callosobruchus maculatus* au bout de 96 heures d'exposition. Cette différence pourrait s'expliquer par le fait de la sensibilité de la bruche et l'organe végétal testé. Au Congo-Brazzaville, Delobel et Malonga (1987) ont montré que la poudre de *C. ambrosioides* possède des effets insecticides considérables contre *Caryedon serratus* de *Arachis hypogaea*. D'autres études menées par Delobel et Epouna-Mouinga (1984) ont approuvé que l'association des feuilles de *C. ambrosioides* et des graines de *Phaseolus vulgaris* en stock en milieu paysan protégeait ces plantes contre les agressions des *A. obtectus*. L'étude réalisée par Kaloma et al. (2008) a montré que les poudres de *Eucalyptus citriodora*, de *Cuperssus lucitanica* et de *Tagetas minitiflora* en RDC ont été efficaces pour assurer la conservation des graines de *Zea mays* et de *Phaseolus vulgaris*.

### **Effet bio-insecticide de l'huile essentielle et de la poudre**

Les résultats obtenus ont montré une réduction ou une inhibition du nombre des imagos émergées de *A. obtectus* à la première descendance après le traitement en huile essentielle et en poudre de *C. ambrosioides*. Une inhibition complète a été observée sur les graines traitées avec la dose de 0,8 µl/g de l'huile essentielle, cela indiquerait que les imagos ayant subi ce traitement avaient eu une courte période de survie, qui ne leur a pas permis de réaliser l'oviposition d'où l'absence de la première génération. Ensuite, pour les graines traitées avec les doses faibles, les imagos ont survécu pendant une durée importante. Ce qui a permis de réaliser une oviposition faible, réduisant la descendance de la première génération par rapport aux témoins. La dose de 0,4%/g de graines a provoqué 74,51% de réduction de l'émergence de la nouvelle descendance. L'huile essentielle et la poudre de *C. ambrosioides* L. pourraient avoir un impact sur l'oviposition et la survie des œufs de *A.*

*obtectus*, elles ont réduit ou inhibé l'émergence de la première génération. Ces résultats sont similaires à ceux de Taponjoui et al. (2002) et de nombreux autres auteurs Ndomo (2006) ; Woguem (2017) ; Pegalepo et al. (2019). Au Cameroun, les études ont montré que l'huile essentielle et la poudre de *C. ambrosioides* ont une activité inhibitrice sur les imagos de *A. obtectus* et *C. maculatus* (Taponjoui et al., 2002). Cela semblerait dû à la présence de terpènes qui ont des effets inhibiteurs de la reproduction des insectes. Pollack et al. (1993) ; Kiuschi et al. (2002) et Monzote et al. (2006) ont en effet montré que l'ascaridole possède un potentiel d'inhibition *in vivo* du développement de *Plasmodium falciparum*, *Trypanosoma cruzi*, *Luschnania amazonensis*. Daoudi et al. (2017) ont montré que le *C. ambrosioides* possède une activité fongique contre *Aspergillus brasiliensis*, *Alternaria sp.* et *Fusarium oxysporum*.

## Conclusion

La présente étude a révélé l'efficacité de l'huile essentielle et la poudre de la partie terminale de *chenopodium ambrosioides* L. dans la protection du haricot en stock à l'égard des bruches. En effet, l'huile essentielle et la poudre de *C. ambrosioides* se sont montrées toxiques et réduisent d'émergence des imagos en F<sub>1</sub> en fonction des doses utilisées *in vitro*. Elle a aussi mis en évidence une propriété attractive ces imagos. Cependant, cette huile est plus active par rapport à sa poudre. Ce travail vient de confirmer les connaissances endogènes de la population congolaise sur la phytoprotection de cette denrée en stock. Cette essence et sa poudre peuvent être utilisées comme substances premières actives dans la formulation des phytoinsecticides. Les activités sont poursuivies afin de trouver une formulation spécifique nécessaire aux essais au champ.

## Remerciements

Cette étude a été financée par l'Agence Universitaire de la Francophonie (AUF) et l'Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture (FAO). Nous exprimons la profonde gratitude au Professeur Léon AZEFACK TAPONDJOU et son équipe pour avoir accueilli dans leur Unité de Recherche de Chimie Appliquée et Environnementale (URCAPE).

## References:

1. Abbott W.S., 1925. A method of computing the effectiveness of an insecticide. *Journal of Economic Entomology*. 18 : 265-267.
2. Alzouma I., 1990. Les problèmes de la post-récolte en Afrique sahélienne. In: Fouabi K. and Philogene J. (eds.). Actes du Séminaire International de la post-récolte en Afrique. Abidjan, Côte d'Ivoire. 29 jan. - 02 fev. 22-27.

3. Bliss C., 1939. The determination of the dosage-mortality curve from small numbers. *Quarterly Journal of pharmacology*.11: 192-216.
4. Bouchikhi T. Z., Bendahou M., Khelil M. A., 2010. Lutte contre les bruches *Acanthoscelides obtectus* et la mite *Tineoba bisselliella* par les huiles essentielles extraites de deux plantes aromatiques d'Algérie. *Lebanese, Science journal*. 11 : 1.
5. Buycks E. J. L., 1962. Précis des maladies et insectes nuisibles rencontrés sur les plantes cultivées au Congo, au Rwanda et au Burundi. Bruxelles, p. 601.
6. Cardona C. & Karel A.L., 1990. Key insects and other invertebrate pests of beans. In: Singh S.R. (ed.). *Insect Pests of Tropical Food Legumes*. IITA Ibadan, Nigeria. John Wiley and Sons Ltd. pp. 157-191.
7. Casida J.H., 1990. Pesticide mode of action, evidence for implications of a finite number of biochemical targets. In: Casida J.E. (ed.). *Pesticides and alternatives. Innovative chemical and Biological Approaches to Pest Control*. Amsterdam: Elsevier, pp: 11-22.
8. Caswell G. H., 1968. The storage of cowpea in Northern States of Nigeria. *Proceedings of the Agriculture Society of Nigeria*. (5): 4-5.
9. Chemat F., Vian A.M., Cravotto G., 2012. Green extraction of natural products: Concept and principles. *Int. J. Mol. Sci.*, 13 : 8615-8627.
10. Daoudi A., Bammou M., Haloui Z., Ibijbijen J., Nassiri L., 2017. Activité antifongique des extraits aqueux de *Cadendula officinalis* L., *Urginea maritima* (L.) Baker et *Chenopodium ambrosioides* L. *European Scientific Journal*. 13 (24), 483-497.
11. Delobel A., Epouna-Mouinga, 1984. La bruche *Acanthoscelides obtectus* et la commercialisation du haricot sur le Plateau Koukouya (District de Lekana). République du Congo, 17 p.
12. Delobel A., Malonga P., 1987. Insecticide properties of six plant materials against *Caryedon serratus* (OL) (Coleoptera; Bruchidae). *Journal Stored Products Research*, 23: 173-176.
13. Dembitsk V., Shkrob I., Hanus L.O., 2008. AScaridole and related peroxides from the Genus *Chenopodium*. *Biomed Pap Med Fac Uni Palacky Olomouc Czech Repub*. 152 (2): 209-215.
14. Diby Y. K. S., Tahiri Y. A., Akpessa A. A. M., Tra Bi C. S., 2015. Graine : haricot. In : *Agriculture en Afrique Tropical*, Bruxelles, DGCI : 337-355.
15. El I. M., Elhourri M., Amechrouq A., Lemrhari A., Belmalha S., Echchgadda G., 2016. Caractérisation chimique de l'huile essentielle de *Chenopodium ambrosioides* (L.) (Chenopodiaceae) de quatre régions du Maroc. *J. Master. Environ. Sci*. 7(11): 4087-4095.

16. Fogang Dongmo H. P., 2013. Utilisation des huiles de quatre plantes aromatiques camerounaises dans la préservation de la santé humaine en exploitant leurs propriétés insecticides, antiradicalaires, cytoyoxiques et antibactériennes. Mémoire de Doctorat, Faculté des Sciences, Université de Dschang, Cameroun, 166p.
17. Goucem Khelfane K. (2014). Etude de l'activité insecticide des huiles essentielles et des poudres de quelques plantes à l'égard de la bruche du haricot, *Acanthoscelides obtectus* Say (Coléoptère ; chrysomelidae, Bruchidae) et comportement de ravageurs vis-à-vis des composés volatils de différentes variétés de la plante hôte (*Phaseolus vulgaris* L.) Thèse doctorat. Université Mouloud MAMMERI de Tizi-Ouzou, 144p.
18. Haubruge E., Shiffers B., Gabriel E. & Verstraeten C., 1988. Etude de la relation dose-efficacité de six insecticides à l'égard de *Sitophilus granarius* L., *S. oryzae* L., *S. zeamais* Mots. (Coleoptera, Curculionidae). Mededelingen Faculteit Landbouwwetenschappen Rijksuniversiteit Gent. 53/2b, 719-726.
19. Johnson M. A., 1984. Biosynthesis of ascaridole. Arch Biochem Biophys. 235: 254-6.
20. Kaloma A., Kitambala K., Ndjango N.L., Sinzahera U., Paluku T., 2008. Effet des poudres d'*Eucalyptus citriodora*, de *Cupressus lucitanica* et de *Tagetas minitiflora* dans la conservation du maïs (*Zea mays*) et du haricot (*Phaseolus vulgaris*) dans les conditions de Rethy (République Démocratique du Congo). Tropicultura, 1: 24-27.
21. Kiuchi F., Itano Y., Uchiyama N., Honda G., Tsubouchi A., Nakajima-Shimada J., Aoki T., 2002. Monoterpene hydroperoxides with trypanocidal from *Chenopodium ambrosioides*. Journal Natural Product. 65: 509-512.
22. Malloy D. M., 1923. Pharmacology and therapeutics of oil of *Chenopodium* and investigation on the anthelmintic value of its components. Journal Pharmacology, 24 : 391-400.
23. Mboussy Tsoungould F. G., 2019. Evaluation des rendements des huiles essentielles des plantes a effet insecticide ou insectifuge sur les ravageurs de haricots et pois au Congo. Mémoire de Master, Faculté des Sciences et Techniques, Université Marien Ngouabi, Brazzaville, République du Congo, 36p.
24. McDonald L.L., Guy R.H., Speirs R.D., 1970. Preliminary evaluation of new candidate materials as toxicants, repellents and attractants against stored product insects. Marketing Res. Rep. n° 882. Washington: Agriculture Research Service, US Departement of Agriculture, 183 p.



25. Messaoundene H., Mouhou N., 2007. Etude de la toxicité des huiles essentielles contre les ravageurs des denrées stockées. Etude de la toxicité des huiles essentielles contre les ravageurs des denrées stockées. Mémoire de Doctorat, Faculté des Sciences de la Nature et la Vie, Université Abderrahmane MIR-Bejaia, Algérie, 35p.
26. Monzote L., Montalvo A.M., Almanonni S., Scull R., Miranda M. Abreu J., 2006. Activity of the essential oil from *Chenopodium ambrosioides* grown in Cuba against *Leischmania amazonensis*. *Chemotherapy*. 52 : 130-136.
27. Ndomo A. F., 2006. Evaluation de l'effet insecticide de formulation poudreuse de *Callistemon viminalis* (Wild.) J. D. Hooker. Benth. et *Callistemon viminalis* W. à l'égard des adultes de *Acanthoscelides obtectus* (Say) et *Callosobruchus maculatus* (Fab.) Mémoire de Master, Faculté des Sciences, Université de Dschang, Cameroun, 74p.
28. Ndomo A. F., Tapondjou A.L., Tendonkeng F., Tchouanguép F.M., 2009. Evaluation des propriétés insecticides des feuilles de *Callistemon viminalis* (Myrtaceae) contre les adultes d'*Acanthoscelides obtectus* (Say) (Coleoptera ; Bruchidae). *Tropicicultura*. 27 (3): 137-143.
29. Nguimale K. B. T., 2016. Evaluation de l'activité insecticide de l'huile essentielle de Citronnelle (Variété géante Lemon Grass) contre les larves de *Desmestes* sp. Mémoire de Master, Faculté des Sciences et Techniques, Université Marien Ngouabi, Brazzaville, Congo, 36p.
30. Owolabi S. M., Ladjide L., Oladimeji O. M., Setzer N. W., Palazzo C. M., Olowu A. R., Ogundajo A., 2007. Volatile Constituents and Antibacterial Screening of the Essential Oil of *Chenopodium ambrosioides* L. growing in Nigeria. *Natural Product Communications*. 4(7): 989-992.
31. Pegalepo F., Dossa Sedami S. G., Bokonon-Ganta A. H., Dossou J., 2019. Effet de la poudre de *Piper guineense* Schumacher & Thonn., 1827. (Piperaceae) sur les paramètres semenciers et la mortalité de *Sitophilus oryzae* L., 1953 (Coleoptera : Curculionidae) dans le stock des semences de riz. *European Scientific Journal*. 15 (15), 190-205.
32. Pollack Y., Segal R., Golenser J., 1993. The effect of ascaridole on the in vitro development of *Plasmodium falciparum*. *Parasitology Research*. 76: 570-572.
33. Prates H.T., Santos J.P., Waquil J.M., Fabris J.D., Oliveira A.B. & Foster J.E., 1998. Insecticidal activity of monoterpenes against *Rhyzoperta dominica* (F.) and *Tribolium castaneum* (Herbst.). *Journal of Stored Products Research*. 34 (4): 243-249.

34. Regnault-Roger C. & Hamraoui A., 1995. Efficiency of plants from South of France used as traditional protectants of *Phaseolus vulgaris* L. *Journal of Stored Products Research*.29 (3): 259-264.
35. Seck D., Lognay G., Haubruge E., Marlier M., Gaspar C., 1996. Alternative protection of cowpea seeds against *Callosobruchus maculatus* (F.) (Coleoptera: Bruchidae) using hermetic storage alone or in combination with *Boscia senegalensis* (Pers.), Lam. Ex Poir. *Journal Stored Products Research*.32 (1): 39-44.
36. Singh S.R., Jakai L.E.N., Dos Santos J.H.R. & Adalla C.B., 1990, Insect pests of cowpea. In: Singh S.R., Van Emden H.F. & Taylor J.A., (eds.) *Pest of grain legumes: ecology and control*, London/New-York, Academic press, pp. 219-229
37. Smilie W. G., Pessoa S. B., 1924. A study of the anthelmintic properties of the constituents of the oil of *Chenopodium*. *Journal Pharmacology*. 24: 359-70.
38. Sun W. Q., Davidson P., 1998. Protein inactivation in amorphous sucrose and trehalose matrices: effects of phase separation and crystallization. *Biochimica et Biophysica Acta*. 1425 : 235–244.
39. Tapondjou L. A., Adler C., Bouda H., Fontem D. A. 2003. Bioefficacité des poudres et des huiles essentielles des feuilles de *Chenopodium ambrosioides* et *Eucalyptus saligna* à l'égard de bruche du niébé, *Callosobruchus maculatus* Fab. (Coleoptera, Bruchidae). *Cahiers Agricultures*. 12 (6) : 401-407.
40. Tapondjou L. A., Adler C., Bouda H., Fontem, D. A., 2002. Efficacy of powder and essential oil from *Chenopodium ambrosioides* leaves as post-harvest grain protectants against six-stored product beetles. *Journal of Stored Products Research*. (38) : 395-4.
41. Woguem V., 2012. Caractérisation chimique et evaluation des propriétés insecticides des huiles des fruits de *Piper capense* L. (Piperaceae) et *Xylopiya parviflora* (A. Rich.) Benth (Annonaceae) à l'égard des adultes de *Acanthoscelides obtectus* (Say). et *Callosobruchus maculatus* (Fab.) (Bruchidea). Thèse de Master, Université de Dschang, Cameroun, Dschang, Faculté des Sciences, Biochimie, 70 p.
42. Woguem V., 2017. Etude des activités insecticides, antifongicides, antioxydantes, antiproliférative et caractérisation chimique des huiles essentielles de cinq plantes aromatiques du Cameroun. Thèse de doctorat, Université de Dschang, Cameroun, Dschang, Faculté des Sciences, Biochimie, 140 p.



ESJ Natural/Life/Medical Sciences

## **Connaissances, Attitudes Et Pratiques En Matiere De Cancer Du Col De L'uterus (Ccu) Chez Les Professionnels De Sante A Parakou Au Benin En 2016**

***Achille Awadé Afoukou Obossou***

UER en gynécologie Obstétrique, Faculté de Médecine, Université de Parakou, Bénin

***Moufalilou Aboubakar***

***Mathieu Ogoudjobi***

UER en Gynécologie Obstétrique, Faculté des sciences de la Santé, Université d'Abomey Calavi, Bénin

***Sedjro Raoul Atade***

***Mahublo Vinadou Vodouhe***

***Rachidi Imorou Sidi***

***Nicephore Dagan***

***Fanny Maryline Nouessèwa Hounkponou Ahouingnan***

***Kabibou Salifou***

UER en gynécologie Obstétrique, Faculté de Médecine, Université de Parakou, Bénin

***Perrin René Xavier***

UER en Gynécologie Obstétrique, Faculté des sciences de la Santé, Université d'Abomey Calavi, Bénin

[Doi:10.19044/esj.2021.v17n25p290](https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n25p290)

Submitted: 28 January 2021

Accepted: 22 June 2021

Published: 31 July 2021

Copyright 2021 Author(s)

Under Creative Commons BY-NC-ND

4.0 OPEN ACCESS

*Cite As:*

Obossou. A.A.A., Aboubakar M., Ogoudjobi M., Atade S.R., Vodouhe M.V., Dagan N., Hounkponou Ahouingnan F.M.N., Salifou K. & Perrin R.X. (2021). *Connaissances, Attitudes Et Pratiques En Matiere De Cancer Du Col De L'uterus (Ccu) Chez Les Professionnels De Sante A Parakou Au Benin En 2016*. European Scientific Journal, ESJ, 17(25), 290.

<https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n25p290>

### **Résumé**

**Introduction:** En Afrique et dans les pays en développement, le cancer du col de l'utérus représente le 1er cancer chez la femme.

**Objectifs:** Evaluer les connaissances, attitudes et pratiques des professionnels de santé en matière de cancer du col de l'utérus à Parakou en 2016.

**Cadre et méthode d'étude:** Il s'est agi d'une étude transversale descriptive de type connaissance, attitude et pratique (CAP) chez les agents de santé de la ville de Parakou au Nord du Bénin. Elle a couvert une période de 3 mois allant du 1er mars 2016 au 1er juin 2016.

**Résultats:** Au total 133 agents de santé avaient participé à l'étude. L'âge moyen était de 36 ans  $\pm$  8 ans avec des extrêmes de 19 ans et 70 ans. Les facteurs de risque étaient connus par 1,5% de la population d'étude. Soixante-six virgule deux pour cent (66,2%) des enquêtés méconnaissaient l'existence de vaccins contre le HPV. La connaissance sur le cancer du col de l'utérus était 71,4%. Pour 98,5% le cancer du col de l'utérus est une affection grave et 81,2% trouvent que le dépistage de ce cancer est mal organisé au Bénin. De façon globale, 27,8% des agents avaient une attitude juste en matière de cancer du col de l'utérus. Soixante-dix-huit virgule neuf pour cent (78,9%) des enquêtés pratiquaient le dépistage de ce cancer. Parmi eux 71,4% pratiquent l'IVA/IVL et 14,3% le FCV mais seulement 1,5% des enquêtés avaient une pratique adéquate face au cancer du col de l'utérus. Au total 5 agents sur les 133 (3,8%) avaient un bon score CAP global.

**Conclusion:** Ces résultats mettent en évidence la nécessité d'une formation continue des professionnels de santé y compris les paramédicaux en matière du cancer du col.

---

**Mots clés :** Cancer Du Col De L'utérus, Connaissance, Attitudes, Pratiques

## Knowledge, Attitudes And Practices On Cervical Cancer (Cc) Of Health Care Providers In Parakou, Benin In 2016

*Achille Awadé Afoukou Obossou*

UER en gynécologie Obstétrique, Faculté de Médecine, Université de  
Parakou, Bénin

*Moufalilou Aboubakar*

*Mathieu Ogoudjobi*

UER en Gynécologie Obstétrique, Faculté des sciences de la Santé,  
Université d'Abomey Calavi, Bénin

*Sedjro Raoul Atade*

*Mahublo Vinadou Vodouhe*

*Rachidi Imorou Sidi*

*Nicephore Dagan*

*Fanny Maryline Nouessèwa Hounkponou Ahouingnan*

*Kabibou Salifou*

UER en gynécologie Obstétrique, Faculté de Médecine, Université de  
Parakou, Bénin

*Perrin René Xavier*

UER en Gynécologie Obstétrique, Faculté des sciences de la Santé,  
Université d'Abomey Calavi, Bénin

---

### Abstract

**Introduction:** in Africa and developing countries, cervical cancer is the leading cancer in women.

**Objectives:** Assess knowledge, attitudes and practices of health care professionals as regards cervical cancer in Parakou in 2016.

**Framework and methodology:** This was a descriptive cross-sectional knowledge, attitude and practice (KAP) study among health workers in the city of Parakou in northern Benin. It covered a period of 3 months from March 1, 2016 to June 1, 2016.

**Results:** In total 133 health workers were involved in the survey. The average age was 36 years  $\pm$  8 years with extremes of 19 years and 70 years. The risk factors were known by 1.5% of the study population. Sixty-six-point two percent (66.2%) of respondents were unaware of the existence of HPV vaccines. On the whole, they had average knowledge of cervical cancer (71.4%). For 98.5% cervical cancer is a severe disease and 81.2% think that the screening of this cancer is poorly organized in Benin. Overall, only 27.8% of the workers had a right attitude as regards cervical cancer. Seventy-eight-point nine percent (78.9%) of respondents practiced screening for this cancer; 71.4% among them performed VIA/ VILI and 14.3% cervical smear but only

1.5% of the surveyed had a suitable attitude as regards cervical cancer. In total, only 5 workers out of 133 (3.8%) had a good overall KAP score.

**Conclusion:** These results bring to the fore the need for continuing training for healthcare professionals including paramedics as regards cervical cancer.

---

**Key words:** Cervical Cancer, Knowledge, Attitudes, Practices

## Introduction

Le cancer du col de l'utérus est un processus malin lié à l'infection persistante par certains papillomavirus humains (HPV) dits oncogènes. Il vient au deuxième rang des cancers féminins dans le monde ; premier cancer en Afrique et deuxième cancer après le cancer du sein chez la femme en Europe (Baldauf et al, 2010). Ce cancer est accessible au dépistage, ce qui améliore son pronostic de guérison lorsqu'il est dépisté tôt. Il touche tous les ans dans le monde près de 500000 femmes dont 80 % dans les pays en développement (Lansac et al, 2014)

Dans les pays en développement, 80% des cas de cancer du col ne sont pas diagnostiqués ou sont déjà incurables au moment du diagnostic. Les campagnes de dépistage du cancer du col mises sur pied dans certains pays en développement n'ont pas contribué à faire baisser l'incidence ou la mortalité liée à ce cancer. On estime que, au niveau mondial, une femme meurt du cancer de l'utérus toutes les deux minutes et 8 de ces cancers sur 10 ont lieu dans des pays en voie de développement (OMS,2008 ; Isautier,2012)

Au Bénin la mortalité est de 14,3 pour 100000 habitants pour une incidence de 21,5 pour 100000 habitants (OMS, 2008). la fréquence reste élevée en partie parceque le personnel médical ne propose pas systématiquement le dépistage. Ces cinq dernières années au centre national hospitalier et universitaire Hubert Koutoucou MAGA (CNHU-HKM) de Cotonou le cancer du col de l'utérus venait au deuxième rang des cancers féminins avec 16,8% après celui du sein 32,5% (Tonato Bagnan et al, 2013). Dans une étude rétrospective menée à l'Hôpital de la Mère et de l'Enfant Lagune (HOMEL) et à la clinique Universitaire de Gynécologie Obstétrique (CUGO) de Cotonou en 2013 le cancer du sein venait au premier rang avec 44,3% des cas et le cancer du col représente 26,7% des cas. De cette enquête, il ressort que le dépistage des cancers gynécologiques n'est pas bien organisé dans notre pays ainsi que l'éducation à la santé et à la reproduction de la femme (Tonato Bagnan et al, 2013 ; Ministère santé 2014)

Dans une étude réalisée en Ouganda en 2006 (Twaha et al, 2006), 29% des médecins généralistes avaient reconnu le HPV comme principal facteur de risque du cancer du col de l'utérus. Dans une autre étude réalisée au Maroc en 2013 chez des médecins généralistes, seulement 21% parmi eux avaient

identifié le HPV comme facteur de risque et 92,8% n'avaient jamais pratiqué de FCV chez leurs patientes (Nani et al,2013). Ceci montre que le niveau de connaissance de ces médecins était relativement faible. Par contre à Cotonou au Bénin en 2001, une étude avait noté un bon niveau de connaissance des agents de santé concernant les moyens de dépistage (98,4%) et les moyens thérapeutiques (87,1%) du cancer du col de l'utérus (CCU)(Komongui et al,2000).

L'importance du rôle du personnel soignant dans le dépistage du cancer du col a été largement démontrée par plusieurs auteurs. En raison de leur place centrale dans le système de soin et de leur rôle primordial en matière d'information et d'orientation des patients; les personnels soignants peuvent contribuer efficacement à la sensibilisation, à l'information et à la motivation des femmes pour du dépistage. C'est ce qui a motivé le présent travail dont l'objectif vise à étudier les Connaissances, Attitudes et Pratiques en matière de cancer du col de l'utérus chez les professionnels de la santé en matière de cancer du col de l'utérus à Parakou en 2016.

### **Cadre et méthode**

Notre étude a eu pour cadre les différentes formations sanitaires publiques et privées de la ville de Parakou, la plus grande ville du Nord BENIN.

Il s'était agi d'une étude transversale à visée descriptive et analytique avec collecte prospective des données. L'étude s'est déroulée sur une période de 3 mois allant du 1<sup>er</sup> mars 2016 au 1<sup>er</sup> juin 2016. La population d'étude était constituée de l'ensemble des professionnels de santé de la ville de Parakou. Ont été inclus: les professionnels de santé (gynécologues, médecins généralistes, sages-femmes, infirmiers) exerçant dans les formations sanitaires publiques et privées, intervenant dans les activités de consultations prénatales, postnatales, de gynécologie ou de planning familial, présents sur les sites les jours d'enquête et ayant donné leur consentement.

Les professionnels de santé non consentants pour participer à l'étude et ceux absents les jours de la collecte des données n'ont pas été inclus.

Nous avons procédé à un recensement exhaustif des cibles répondant aux critères de sélection. Les connaissances, attitudes et pratiques des professionnels de santé étaient les variables dépendantes. En s'inspirant du modèle d'Essi et al(2013) l'évaluation du niveau de connaissance a été quantifiée. Il a été restitué en 4 niveaux (mauvais, insuffisant, moyen et bon).

- Moins de 50% de bonnes réponses = Mauvais
- Entre 50% et 65% de bonnes réponses = Insuffisant
- Entre 65% et 85% de bonnes réponses = Moyen
- Plus de 85% de bonnes réponses = Bon

Pour ce qui concerne l'attitude, la grille d'analyse a mis l'accent sur 4 critères (juste, approximatif, erroné et néfaste).

- Moins de 50% de bonnes réponses = néfaste
- Entre 50% et 65% de bonnes réponses = erroné
- Entre 65% et 85% de bonnes réponses = approximatif
- Plus de 85% de bonnes réponses = juste

L'analyse de la pratique a été établie en 3 niveaux (néfaste, inadéquat, adéquat).

- Moins de 50% de bonnes réponses = néfaste
- Entre 50% et 85% de bonnes réponses = inadéquat
- Plus de 85% de bonnes réponses = adéquat

Les données recueillies ont été analysées avec le logiciel SPSS, version 17.0.

Les variables quantitatives ont été exprimées en moyennes avec un écart type et les variables qualitatives en pourcentages simple. Le test statistique Chi<sup>2</sup> de Pearson ou de Fisher a été utilisé selon le cas pour la comparaison des données qualitatives. La différence a été considérée comme statistiquement significative pour une probabilité  $P < 0,05$ .

Les consentements écrits des enquêtés ont été obtenu.

## Resultats

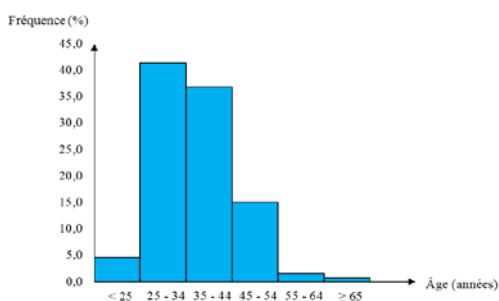
À l'issue de notre enquête menée auprès des professionnels de santé de la ville de Parakou sur le cancer du col de l'utérus, 133 agents sur un total de 145 ont participé à l'enquête soit un taux de participation de 91,72%.

### Caractéristiques sociodémographiques de la population d'étude

L'âge moyen était de  $36 \pm 8$  ans avec des extrêmes de 19 et 70 ans. La tranche d'âge la plus représentée était celle de 25 ans à 34 ans (41,4%).

Les sujets de sexe féminin représentaient 79,7 % ; soit une sex-ratio de 0,25 (25 hommes pour 100 femmes).

La répartition par âge est représentée sur la figure numéro 1.



**Figure 1.** Répartition des agents de santé sondés sur le cancer du col selon l'âge dans les formations sanitaires publiques et privées de Parakou en 2016 (N = 133)



## Connaissance sur le cancer du col de l'utérus

### Description des facteurs de risque

Les facteurs de risque du cancer du col de l'utérus étaient connus par 1,5%. Cependant (39,8%) d'entre eux ont cité le HPV comme facteur de risque principal. Ces informations sont représentées dans le tableau I.

**Tableau I.** Répartition des agents de santé sondés sur le cancer du col selon le niveau de connaissance des facteurs de risque du cancer du col de l'utérus dans les formations sanitaires publiques et privées de Parakou en 2016 (N = 133)

	Effectif	Fréquence (%)
<b>Facteurs de risque</b>		
Bon	2	1,5
Moyen	57	42,9
Insuffisant	55	41,4
Mauvais	19	14,2
<b>Total</b>	<b>133</b>	<b>100,0</b>
<b>Facteur de risque principal (HPV)</b>		
Oui	53	39,8
Non	80	60,2
<b>Total</b>	<b>133</b>	<b>100,0</b>

### Existence de vaccin et moyens de dépistage

Plus de la moitié (66,2%) des agents sondés ignoraient l'existence d'un vaccin contre le cancer du col et seuls 6,8% connaissaient bien les moyens de dépistage. Ces informations sont représentées sur le tableau II.

	Effectif	Fréquence (%)
<b>Existence d'un Vaccin</b>		
Oui	45	33,8
Non	88	66,2
<b>Total</b>	<b>133</b>	<b>100,0</b>
<b>Moyens de dépistage</b>		
Bon	9	6,8
Moyen	26	19,5
Insuffisant	91	68,4
Mauvais	7	5,3
<b>Total</b>	<b>133</b>	<b>100,0</b>

**Tableau II.** Répartition des agents de santé sondés sur le cancer du col selon le niveau de connaissance des moyens de dépistage du cancer du col de l'utérus et l'existence de vaccin dans les formations sanitaires publiques et privées de Parakou en 2016 (N = 133)

### Signes évocateurs, examens paracliniques, méthodes thérapeutiques

Les agents de santé avaient un niveau moyen de connaissance des signes cliniques (57,9%), des examens paracliniques à prescrire (61,7%) et des méthodes thérapeutiques (40,6%). Ces informations se retrouvent dans le tableau III.

**Tableau III.** Répartition des agents de santé sondés sur le cancer du col selon le niveau de connaissance des signes évocateurs, les examens paracliniques à prescrire et les méthodes thérapeutiques du cancer du col de l’utérus dans les formations sanitaires publiques et privées de Parakou en 2016 (N = 133)

	Effectif	Fréquence (%)
<b>Signe évocateur</b>		
Bon	51	38,3
Moyen	77	57,9
Insuffisant	4	3,0
Mauvais	1	0,8
<b>Total</b>	<b>133</b>	<b>100,0</b>
<b>Examen paraclinique</b>		
Bon	15	11,3
Moyen	82	61,7
Insuffisant	25	18,8
Mauvais	11	8,2
<b>Total</b>	<b>133</b>	<b>100,0</b>
<b>Méthode thérapeutique</b>		
Bon	5	3,8
Moyen	54	40,6
Insuffisant	54	40,6
Mauvais	20	15,0
<b>Total</b>	<b>133</b>	<b>100,0</b>

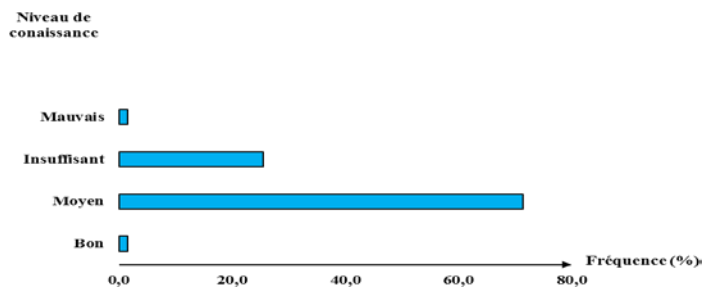
### Niveau de connaissance globale

#### Connaissance subjective

Sur l’ensemble des agents de santé, **123 (92,5%)** ont répondu avoir connaissance du cancer du col de l’utérus.

#### Connaissance objective

Les agents ayant un niveau de connaissance globale moyen représentaient 71,4%. Ce niveau était bon chez 1,5%. Le niveau de connaissance des agents est schématisé sur la figure 2.



**Figure 2.** Répartition des agents de santé sondés sur le cancer du col selon leur niveau de connaissance globale à l’aide du score CAP d’ESSI dans les formations sanitaires publiques et privées de Parakou en 2016 (N = 133)

## Attitudes, Perceptions en matière de cancer du col de l'utérus Perception sur la gravité, la conduite du dépistage et le caractère curable

Le cancer du col utérin était perçu comme une affection grave par 98,5% et 81,2% avaient jugé le dépistage mal mené au Bénin.

Quant à la curabilité de cette maladie 92,5% l'avait déclarée possible si le diagnostic est précoce (123 agents) ou la prise en charge adéquate (113 agents). Ces informations se retrouvent dans le tableau IV

**Tableau IV.** Répartition des agents de santé sondés sur le cancer du col selon leur perception sur la gravité, la conduite du dépistage et la curabilité du cancer du col de l'utérus dans les formations sanitaires publiques et privées de Parakou en 2016 (N = 133)

	Effectif	Fréquence (%)
<b>Gravité</b>		
Oui	131	98,5
Non	2	1,5
<b>Total</b>	<b>133</b>	<b>100,0</b>
<b>Conduite dépistage</b>		
Bien organisée	5	3,8
Mal organisée	108	81,2
Inexistante	7	5,2
Indifférent	13	9,8
<b>Total</b>	<b>133</b>	<b>100,0</b>
<b>Curabilité du cancer</b>		
Oui	123	92,5
Non	10	7,5
<b>Total</b>	<b>133</b>	<b>100,0</b>

## Attitude face au dépistage systématique

La quasi-totalité (94,7%) des agents était favorable au dépistage systématique du CCU soit par la technique de l'IVA/IVL (85,7%) soit par le frottis cervico vaginal FCV (63,2%). Ces informations sont représentées dans le tableau V

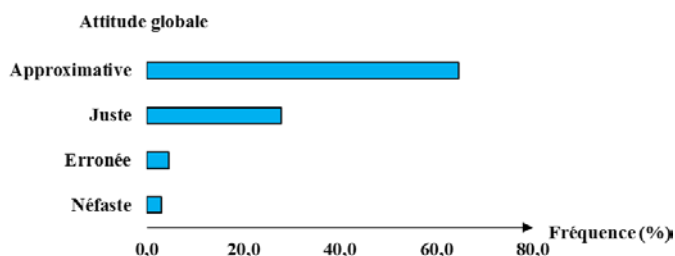
**Tableau V.** Répartition des agents de santé sondés sur le cancer du col selon leur attitude face au dépistage du cancer du col de l'utérus dans les formations sanitaires publiques et privées de Parakou en 2016 (N = 133)

	Effectif	Fréquence (%)
<b>Dépistage systématique</b>		
Favorable	126	94,7
Non favorable	7	5,3
<b>Total</b>	<b>133</b>	<b>100,0</b>
<b>IVA/IVL</b>		
Favorable	114	85,7
Non favorable	19	14,3
<b>Total</b>	<b>133</b>	<b>100,0</b>
<b>Frottis cervico-vaginal</b>		
Favorable	84	63,2

Non favorable	49	36,8
<b>Total</b>	<b>133</b>	<b>100,0</b>

### Attitude globale des agents

De façon globale 64,7% des agents ont eu une attitude « approximative » et 27,8% une attitude « juste ». Ces résultats sont représentés sur la figure n°3.



**Figure 3.** Répartition des agents de santé sondés sur le cancer du col selon leur attitude globale dans les formations sanitaires publiques et privées de Parakou en 2016 (N = 133)

### Pratique du dépistage du cancer du col de l'utérus

#### Formation initiale sur le dépistage

Une formation initiale sur le dépistage du CCU a été reçue par 83(62,4%) agents.

#### Tests utilisés pour la pratique du dépistage aux patientes

Pour les 105 agents de santé (78,9%) qui ont pratiqué un test de dépistage du CCU à leur patiente les moyens utilisés étaient l'IVA\IVL (71,4%) et le FCV (14,3%).

Ces informations sont représentées dans le tableau VI.

**Tableau VI.** Répartition des agents de santé selon les moyens utilisés pour le dépistage du CCU (n = 105)

	Effectif	Fréquence (%)
IVA/IVL		
Oui	75	71,4
Non	30	28,6
Total	105	100,0
Fottis		
Oui	15	14,3
Non	90	85,7
Total	105	100,0

#### Pratique personnelle des enquêtées face au frottis cervico-vaginal

Parmi les 106 sujets de sexe féminin, 38 (35,8%) ont bénéficié une fois du frottis cervico-vaginal. Seuls 6 (22,2%) sujets de sexe masculin ont fait

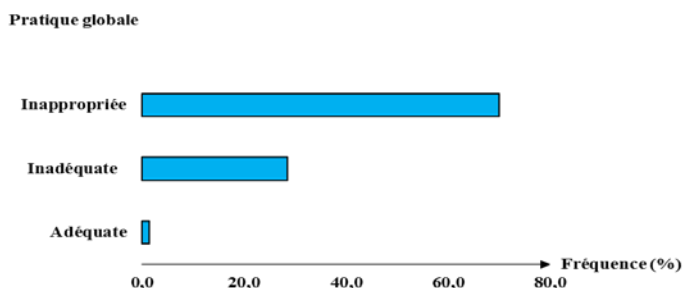
bénéficiaire du FCV à leur épouse. Ces résultats sont représentés dans le tableau VII.

**Tableau VII.** Répartition des agents de santé sondés sur le cancer du col selon leur pratique personnelle du FCV dans les formations sanitaires publiques et privées de Parakou en 2016 (N = 133)

	<b>Effectif</b>	<b>Fréquence (%)</b>
<b>Sujets femmes</b>		
Oui	38	35,8
Non	68	64,2
<b>Total</b>	<b>106</b>	<b>100,0</b>
<b>Epouse sujet homme</b>		
Oui	6	22,2
Non	21	77,8
<b>Total</b>	<b>27</b>	<b>100,0</b>

### Pratique globale des agents

Les agents de santé qui avaient une pratique « inappropriée » face au dépistage des lésions précancéreuses du col utérin (CCU) représentaient 69,9% contre 1,5% chez qui la pratique a été jugée « adéquate ». Ces informations sont représentées sur la figure n° 4.



**Figure 4.** Répartition des agents de santé sondés sur le cancer du col selon leur pratique globale face au CCU dans les formations sanitaires publiques et privées de Parakou en 2016 (N = 133)

### Discussion

Dans notre étude, 92,5% des agents affirment avoir une bonne connaissance du cancer du col de l'utérus mais de façon objective, seuls 1,5% l'avaient. Cet écart entre la connaissance subjective et objective pourrait s'expliquer par le défaut de pratique de dépistage et de prise en charge du cancer du col par ces agents.

Une des mesures préventives primaires du cancer du col de l'utérus repose essentiellement sur l'éviction des principaux facteurs de risque de ce cancer. Le niveau de connaissance de ces facteurs de risque est très faible (1,5%) dans notre étude contrairement à une étude ougandaise (29%)(Twaha

et al,2006) . la différence des échelles de mesure du niveau de connaissance et la rareté de la formation médicale continue sur ce cancer au sein de notre population pourraient expliquer ces écarts. En effet nous avons utilisé l'échelle d'Essi et al (2013), plus récente et exhaustive contrairement à l'échelle ougandaise qui était de nature binaire. Le cancer du col de l'utérus est lié à l'infection persistante par certains papillomavirus humains (HPV) dits oncogènes (Baldauf et al, 2010). Il existe une forte corrélation entre ce cancer et le papillomavirus humain surtout les types 16, 18 et 36 (Komongui et al, 2000). En effet, 70% de cancer du col de l'utérus sont causés par le HPV (16 et 18) (Clifford et al, 2006). C'est le principal facteur étiologique (Jeyachelvi et al,2016). Les agents de santé (39,8%) dans notre étude ont aussi identifié le papillomavirus comme principal facteur de risque, ce qui est supérieur aux pourcentages (21% et 29%) observés respectivement dans une étude Marocaine et ougandaise portant uniquement sur les médecins généralistes (Nani et al,2013 ;Twaha et al,2006) . Une étude Thaïlandaise, avait trouvé une fréquence nettement supérieure (82,57%) (Songthap et al, 2009). La disponibilité du vaccin bivalent (cervarix) à Bangkok deux ans avant l'étude avait permis donc de faire la relation entre le HPV et ce cancer.

La prévention primaire du cancer du col de l'utérus repose également sur la vaccination contre le papillomavirus. L'existence de vaccin contre ce cancer est évoquée par 33,8% des agents dans notre étude, un pourcentage plus faible (14,4%) a été retrouvé dans une étude Nigériane portant uniquement sur les étudiantes à l'université de Lagos (Makwe et al,2012).Une étude Camerounaise a trouvé un pourcentage plus élevé (42,12%)( McCarey et al, 2011). La vaccination contre le papillomavirus est un concept nouveau chez les agents de santé Béninois (première campagne de vaccination dans 5 communes du Bénin du 24 au 26 Mai 2016) (Sossou, 2016) et Camerounais excepté les gynécologues.

Dans notre étude on note une faible connaissance des signes évocateurs (38,3%), des moyens de dépistage (6,8%), des examens paracliniques (11,3%) et des méthodes thérapeutiques (3,8%). Des fréquences élevées ont été retrouvées par Komongui et al (2000) respectivement 95,2% 98,4% ; 90,3% et 87,5% (Tonato Bagnan et al,2013). Ces variations seraient dues non seulement à l'échelle de mesure mais aussi à l'insuffisance de formation médicale continue. Pour ce qui concerne les méthodes thérapeutiques, le fait que la majorité de nos enquêtés (infirmiers (ères) et sages-femmes) ne sont pas impliqués dans la prise en charge thérapeutique, pourraient expliquer ce faible taux.

Le niveau de connaissance globale des agents sur le cancer du col de l'utérus est moyen (71,4%) dans notre étude. Le même constat a été fait dans une étude thaïlandaise (Songthap et al, 2009). Par contre 90% des étudiants en médecine Malaisiens dans l'étude de Mari Kannan avaient une connaissance

élevée (Maharajan et al,2015). La différence d'échelle d'évaluation, la disponibilité du vaccin contre ce cancer en Thaïlande (4 ans avant l'étude) et les notions récentes reçues et bien assimilées pourraient expliquer cette différence

Dans notre étude, 98,5% des agents perçoivent le cancer du col de l'utérus comme étant une affection grave. Ce résultat concorde avec celui d'une étude Malaisienne chez les étudiants en médecine 92,7% (Maharajan et al,2015).

Pour 92,5% des agents dans notre série, le cancer du col de l'utérus est curable à condition que le diagnostic soit précoce et la prise en charge adéquate. Des pourcentages aussi élevés (81,6%), (81%) avaient été retrouvés respectivement par une étude Thaïlandaise et ougandaise (Twaha et al, 2006 ; Oranratanaphan et al , 2010).

Au Bénin, il existe au ministère de la santé un Programme National de Lutte contre les Maladies Non Transmissibles. Ce programme s'est fixé comme objectif pour ce qui est du cancer du col de l'utérus de réduire sa prévalence. Des stratégies et activités ont été élaborées dans ce sens. Parmi ces stratégies figuraient la mise en place de deux registres de cancer (à Cotonou et à Parakou), la mise en place d'un programme de dépistage du cancer du col utérin et la formation de 50 médecins et 150 agents au dépistage du cancer du col de l'utérus. Le faible financement actuel du programme (principale source : budget national) ne permet pas le fonctionnement des deux registres de cancer et les autres stratégies (Ministère de la santé, 2007). On comprend alors que 86,5 % des agents participant à notre étude affirment que le dépistage du cancer du col de l'utérus est mal organisé ou inexistant au Bénin. Notons qu'un pourcentage non négligeable (9,8%) dans notre série affirme n'avoir aucune information sur la conduite du dépistage de ce cancer au Bénin.

Le cancer du col présente l'intérêt d'être accessible au dépistage et 92,5% des agents ont reconnu que la détection précoce des lésions précancéreuses et la prise en charge adéquate conduisent à la guérison. Il existe deux types de dépistage. Il s'agit de dépistage organisé et d'opportunité (OMS, 2007). Selon l'OMS, le dépistage organisé mis en place dans certains pays de l'Europe du Nord a permis de réduire de 80% l'incidence du cancer du col de l'utérus (OMS, 2008). Au Bénin, il n'existe pas de dépistage organisé de cette pathologie, le dépistage qui est individuel chez nous, n'est pas encore suffisamment ancré dans l'habitude des femmes. Pour preuve, parmi les 106 agents de santé de sexe féminin de notre étude, seules 35,8% ont bénéficié une fois du FCV. C'est avec la cytologie que l'on possède l'expérience la plus complète et la plus longue (depuis 1950) en matière de dépistage du cancer du col de l'utérus et ceci du fait de son efficacité à réduire l'incidence de cette pathologie et donc la mortalité associée (OMS, 2007). Cette technique a

beaucoup d'exigences et est onéreuse contrairement aux méthodes visuelles. Ces exigences rendent la cytologie peu accessible aux femmes dans les pays en développement aux ressources limitées. On comprend donc que malgré son efficacité, d'ailleurs reconnue par nos enquêtés (77,4%) seulement 63,2% soient favorables à la pratique systématique du FCV alors que 85,7% sont favorables à la pratique systématique de IVA/IVL lors des consultations. La proportion des agents favorables au dépistage systématique par le FCV dans notre série est inférieure à celle de Komongui et al. qui avaient trouvé une proportion de 89% (2000). Cette différence pourrait s'expliquer par le fait que leur étude a porté en majorité sur des centres de gynécologie et d'obstétrique comme le témoigne la grande proportion des gynécologues obstétriciens 21% contre 3,8% dans notre étude.

Sur les 133 enquêtés, 105 (78,9%) pratiquent le dépistage du cancer du col de l'utérus chez les patientes alors que, seulement 83 (62,4%) agents de santé ont reçu une formation initiale sur le dépistage. Ces agents n'ayant pas bénéficié d'une formation formelle ont dû apprendre auprès des collègues. Ceci montre la nécessité d'une formation médicale continue sur le dépistage du cancer du col de l'utérus. En ce qui concerne les méthodes de dépistage, on constate que les méthodes visuelles (71,4%) sont plus utilisées que le frottis cervico vaginal (14,3%). En effet, les méthodes visuelles sont des techniques relativement simples, qui donnent des résultats immédiats et constituent des approches moins onéreuses contrairement au FCV qui nécessite un personnel qualifié, des laboratoires bien équipés et un moyen de transport des échantillons efficace (OMS, 2007).

Parlant de pratique personnel du dépistage, sur les 106 agents de sexe féminin, seulement 38 soit 35,8% ont bénéficié elles-mêmes une fois du FCV. Cette fréquence est nettement supérieure à celle d'une étude Nigériane (5,8%) portant uniquement sur les infirmières et à celle d'une étude au Sri Lanka (17,2%) portant uniquement sur les agents de santé de sexe féminin (Udigwe, 2006 ; Nilaweera et al, 2012). Certains auteurs ont rapporté comme raisons l'absence de signes cliniques, la négligence et la peur. (Nani et al, 2013 ; Udigwe, 2006 ; Nilaweera et al, 2012).

## **Conclusion**

La connaissance, l'attitude et la pratique du personnel de notre population restent faible. Ces résultats mettent en évidence la nécessité d'une formation continue des professionnels de santé y compris les paramédicaux en matière du cancer du col de l'utérus.



## References:

1. Baldauf JJ, Bergeron C, Bernigand E, Clerg S, Pinieux I, Saint-Jean M (2010) Etat des lieux et recommandations pour le dépistage du cancer du col de l'utérus en France. (HAS) 2010 ;235 :17-8.
2. Clifford G, Franceschi S, Diaz M, Munoz N, Villa LL(2006). HPV type-distribution in women with and without cervical neoplastic diseases. *Vaccine* ; 24 (3): 26-34.
3. Essi MJ, Njoya O (2013) L'Enquête CAP (Connaissances, Attitudes, Pratiques) en Recherche Médicale. *Health Sci. Dis* ; 14 (2) :1-3.
4. Isautier S(2012). Place de la vaccination antipapillomavirus humains dans la prévention du cancer du col de l'utérus.L'île de Reunion : Univ-Lorraine : 220p.
5. Jeyachelvi K , Juwita S , Norwati D.(2016) Human papillomavirus Infection and its Vaccines: Knowledge and Attitudes of Primary Health Clinic Nurses in Kelantan, Malaysia. *Asian Pac J Cancer Prev* ; 17 (8), 3983-8.
6. Komongui D.G., adisso. S., Lokossou A., Yacoubou. A., Perrin X.R. et Alihonou M. (2000). Connaissances, attitudes et pratiques en matière de cancer du sein et du col de l'utérus.Abstrat congrès SAGO Cotonou 2000 ;page 60-70.
7. Lansac J, Lecomte P, Marret H (2007). Investigation en gynécologie, cancer du col de l'utérus : Collection pour le praticien gynécologie.Ed : 7; Paris : Masson; 2007 : 21-93.
8. Maharajan, M. K., Rajiah, K., Num, K. S. F., & Yong, N. J (2015). Knowledge of Human Papillomavirus Infection, Cervical Cancer and Willingness to pay for Cervical Cancer Vaccination among Ethnically Diverse Medical Students in Malaysia. *Asian Pac J Cancer Prev*, 16 (14), 5733-9.
9. Makwe, C. C., Anorlu, R. I., & Odeyemi, K. A.(2012). Human papillomavirus (HPV) infection and vaccines: knowledge, attitude and perception among female students at the University of Lagos, Lagos, Nigeria. *Journal of epidemiology and global health*, 2(4), 199-206.
10. . McCarey C, Pirek D, Tebeu PM, Boulvain M, Doh SA, Petignat P (2011). Awareness of HPV and cervical cancer prevention among Cameroonian healthcare workers. *BMC Women ' s Health*, 11(1), 45.
11. Ministère de la santé (Bénin)(2007). Plan stratégique intégré de lutte contre les maladies non transmissibles 2014-2018.Cotonou :MS : PNLMNT;2007.
12. Nani S, Benallal M, Hassoune S, Kissi D, Maaroufi A(2013). Participation des médecins généralistes de la province de Benimellal (maroc). *PAMJ*; 17:152.

13. Nilaweera, R. I. W., Perera, S., Paranagama, N., & Anushyanthan, A. S. (2012). Knowledge and practices on breast and cervical cancer screening methods among female health care workers: a Sri Lankan experience. *Asian Pacific Journal of Cancer Prevention*, 13(4), 1193-1196.
14. Oranratanaphan S, Amatyakul P, Iramaneerat K, Srithipayawan S (2010). Knowledge, attitudes and practices about the Pap smear among medical workers in Naresuan University Hospital, Thailand. *Asian Pac J Cancer Prev.*;11(6):1727–30.
15. Organisation Mondiale de la Santé (Genève) (2008). Incidence et mortalité estimées du cancer du col de l'utérus dans les régions Africaines de l'OMS (tous âges confondus) en 2008. *Globacancer : OMS : IARC ; 2008.*
16. Organisation Mondiale de la Santé (Genève)(2007). La lutte contre le cancer du col de l'utérus : Guide des pratiques essentielles dans Prise en charge intégrée de la santé génésique et sexuelle et des maladies chroniques. Genève: OMS; 2007. 300p.
17. Songthap A., Pitisuttithum P., Kaewkungwal J., Fungladda W., Bussaratid V., & Koonsaeng, (2009) S Knowledge, attitudes, and acceptability of a human papillomavirus vaccine among healthcare providers in hospitals located in Bangkok, Thailand. *southeast asian j trop med public health ; 40(5) :1048-56.*
18. Sossou RA. (2016) Le cancer du col de l'utérus : « Le taux de guérison du cancer du col de l'utérus est très limité ». *Quotidien Fraternité Doss Press 2016 05 26.*
19. Tonato Bagnan JA, Dénakpo JL, Agnida B, Hounkpatin L , Lokossou A , De Souza J (2013). Épidémiologie des cancers gynécologiques et mammaires à l'hôpital de la Mère et de l'Enfant-Lagune (HOMEL) et à la clinique universitaire de gynécologie et d'obstétrique (CUGO) de Cotonou, Bénin. *Bulletin du Cancer ; 100(2) : 141-6.*
20. Twaha M, Mmiro FA, Weiderpass E. (2006) Knowledge, attitudes and practices on cervical cancer screening among the medical workers of Mulago Hospital, Uganda. *BMC Medical Education 6(13) :1-4.*
21. Udigwe, G. O. (2006). Knowledge, attitude and practice of cervical cancer screening (pap smear) among female nurses in Nnewi, South Eastern Nigeria. *Nigerian journal of clinical practice*, 9(1), 40-43.



ESJ Natural/Life/Medical Sciences

## **Agronomic Performance Of S<sub>1</sub> Maize Lines Derived From A Bi-Parental Cross Under Infested And Striga Free Environments**

*Abdoul-Madjidou Yacoubou, MA*

*Nouhoun Zoumarou Wallis, PhD*

Laboratoire de Phytotechnie, d'Amélioration et de Protection des Plantes,  
Faculté d'Agronomie, Université de Parakou, Bénin

*Hafiz Adio Salami, PhD*

*Alain S. Yaoitcha, PhD*

Institut National des Recherches Agricoles du Bénin, Cotonou, Bénin

*Abebe Menkir, PhD*

*Ojo Tayo, MA*

*Paterne Angelo Agre, PhD*

International Institute of Tropical Agriculture (IITA), Oyo Road, Ibadan,  
Nigeria

[Doi:10.19044/esj.2021.v17n25p306](https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n25p306)

Submitted: 04 June 2021

Accepted: 22 June 2021

Published: 31 July 2021

Copyright 2021 Author(s)

Under Creative Commons BY-NC-ND

4.0 OPEN ACCESS

*Cite As:*

Yacoubou A-M., Wallis N.Z., Salami H.A., Yaoitcha A.S., Menkir A., Tayo O. & Agre P.A.(2021). *Agronomic Performance Of S<sub>1</sub> Maize Lines Derived From A Bi-Parental Cross Under Infested And Striga Free Environments*. European Scientific Journal, ESJ, 17(25), 306. <https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n25p306>

### **Abstract**

*Striga hermonthica*, causes up to 100% yield loss in maize production in sub-Saharan Africa. Developing *Striga* resistant maize cultivars could be a major component of integrated *Striga* management strategies. This study aims at assessing the agronomic performance of S<sub>1</sub> breeding lines in improving maize for *Striga* resistance. Two hundred S<sub>1</sub> lines have been evaluated under artificial infestation *Striga* and *Striga*-free conditions in Benin for two years during 2018 and 2019 growing seasons using alpha-lattice design (51 x 4) with two replicates. Twelve agro-morphological and *Striga* adaptive traits have been assessed. The tested lines have displayed high genetic variability for most agronomic and *Striga* adaptive traits. The S<sub>1</sub> lines exhibited high grain yield

than their parents with averages of  $2,552.72 \pm 593 \text{ kg ha}^{-1}$  and  $2,965.67 \pm 635.86 \text{ kg ha}^{-1}$  under *Striga* artificial infestation and *Striga*-free conditions, respectively. Grain yield has displayed high positive and significant genetic and phenotypic correlations with ears per plant and high negative correlations with days to 50% silking, ears aspect, and *Striga* damage rating at 8 and 10 weeks after planting (WAP). Useful traits like ears per plant, days to 50% silking, ears aspect, number of emerged *Striga* plants and *Striga* rating at 10 WAP could assist for indirect selection under *Striga* conditions. Based on the selection index, a total of 15 S<sub>1</sub> lines have been identified as top ranking and can be used as sources of resistance or tolerance genes to *Striga* and further improvement in maize breeding in future.

---

**Keywords:** Recurrent Selection, *Striga Hermonthica*, Benin, Maize

## Introduction

Maize, (*Zea mays*, L) is one of the most important cereal crops grown in Sub-Saharan Africa (SSA). This crop is gaining momentum compared to other cereals, both in terms of production volume and used for human consumption and animal feed (Sangaré *et al.*, 2018). In Benin, 1,470,250 ha of maize has been produced with an average yield of 1.07 t/ha (MAEP, 2020). With such performance in yield, Benin has the lowest productivity among the West African countries producing maize (FAO, 2020). Among the major constraints affecting maize productivity in this country, drought, low soil fertility and parasitic weeds known as *Striga hermonthica* are the most widespread stresses affecting maize production (Batamoussi *et al.*, 2014; Badu-Apraku and Fakorode, 2017; Amogou *et al.*, 2018). *S. hermonthica* is a root hemiparasitic plant that invades its host and extracts water added to essential nutrients from it. Consequently, the host becomes stunted, wilted, chlorotic, poorly yielded, and in severe cases, dies (Gurney *et al.*, 1999; Stanley *et al.*, 2020). In Benin, particularly in the northern part and under unfavorable environmental conditions, grain yield losses due to *S. hermonthica* range from 60 to 90% in maize genotypes (Kim *et al.*, 2002; Toukourou *et al.*, 2004). In severe cases the Northern part conditions such as low soil fertility, erratic rainfall patterns and low-input conditions, the grain yield losses can be as high (100%) for susceptible maize cultivars (Menkir *et al.*, 2006; Badu-Apraku *et al.*, 2010a). An integrated approach including use planting of resistant varieties, in combination with other control measures (fertilizer, crop rotation, intercropping with legumes) is considered as a viable approach to control *Striga spp.* for better maize yields in SSA (Kanampiu *et al.*, 2018).

The extent to which *S. hermonthica* affects the growth of its host varies tremendously with level of host plant resistance/tolerance, infestation severity,

and the prevailing environmental conditions (Kamara *et al.*,2020). Resistance to *Striga* denotes the capability of the host plant to induce the germination of *Striga* seeds but prevents the parasite from impacting the roots of the maize plants or kills the attached parasite (Badu-Apraku *et al.*,2020a). Under *S. hermonthica* infestation, the resistant genotype supports considerably *Striga* plants and produces a greater yield than the susceptible genotype (Ejeta *et al.*,1992; Haussmann *et al.*,2001). In contrast, a *Striga* tolerant genotype allows high *Striga* infestation as a susceptible genotype (DeVries, 2000), but produces more dry matter and shows fewer damage symptoms (Kim *et al.*,1994). *Striga* damage in maize is used as the indicator of tolerance while emerged *Striga* plants are an indicator of resistance (Adewale *et al.*,2020). Therefore, the development of maize genotypes that combine outstanding levels of resistance and tolerance are a promising breeding strategy which has been recommended for *Striga* resistance breeding in several studies (Kim,1991; Pierce *et al.*,2003). Efforts have been deployed at the International Institute of Tropical Agriculture (IITA), to develop maize genotypes, including inbred lines, S<sub>1</sub> lines, hybrids, etc. combining both *Striga* tolerance and resistance in collaboration with National Agricultural Research Systems (NARS) in SSA countries, including Benin National Maize Programme. These new materials need to be evaluated for adaptation and maize yield improvement under environmental stress.

Phenotypic recurrent selection is one of the main breeding methods used for selecting segregating populations derived from crosses between highly elite genotypes selection (Ceballos *et al.*,2012; De Oliveira *et al.*,2018). This method has been used in several maize breeding programmes to improve resistance or tolerance of maize to abiotic or biotic stress (Kamara *et al.*,2003, Menkir and Kling, 2007; Badu-Apraku *et al.*,2012). Recurrent selection has been successfully used to improve grain yield and other agronomic traits in maize populations under *Striga*-infested conditions (Menkir *et al.*,2004; Badu-Apraku, 2010). The goals of recurrent selection are to improve the mean performance of a population and to maintain some level of genetic variability in the population. Progress in selection is based on the trait heritability and the types of genetic variation controlling the trait in the particular population (Durrishahwar *et al.* 2008). Keeping in view the grain yield losses due to *Striga* and the role of S<sub>1</sub> line recurrent selection in addressing this problem, the current study was conducted to identify some S<sub>1</sub> lines with greater genetic potential in improving maize germplasm for *Striga* resistance. Therefore, the objectives of this study have been to (i) assess the performance of S<sub>1</sub> lines for *Striga* resistance and agronomic traits (ii) understand the interrelationships of traits associated with *Striga* resistance/tolerance in S<sub>1</sub> lines of maize and (iii) identify high performers S<sub>1</sub> lines for further improvement. The hypothesis

tested in the study is that there is adequate genetic variation among maize S<sub>1</sub> lines for Striga resistance/ tolerance that can be improved by selection.

## Materials and Methods

### Study Sites

The experiments have been conducted at Angaradébou (11° 20' N, 2° 43' E, 256 m above sea level) and Ina (09° 57' N, 2°43' E and at 371 m above sea level). These sites are located in Sudan and Sudan-Guinean zones of Benin, respectively. The mean monthly rainfalls at Angaradébou during the cropping periods (June to November) of 2018 and 2019 were 138.4 mm and 165.0 mm, respectively as well as mean temperatures of 28.18°C and 28.14°C. At Ina, the mean monthly rainfalls were 176.88 and 152.78 mm, respectively during the 2018 and 2019 cropping seasons, and temperatures were 27.44°C and 27.58°C. Minimum and maximum temperatures were respectively (28.2 and 28.13°C), (27.44 and 27.57°C) during the cropping seasons of 2018 and 2019, respectively (Table 1).

**Table 1.** Monthly temperatures and rainfalls for two growing years (2018 and 2019) at Angaradébou and Ina, Benin

Location/ Month	2018 Temperature (°C)			2019 Temperature (°C)			2018 Rainfall (mm)	2019 Rainfall (mm)
	Minimum	Maximum	Mean	Minimum	Maximum	Mean		
Angaradébou								
June	23.4	33.1	29.6	23.5	32.5	29.11	200	175
July	22.5	31.4	27.9	22.7	31	26.85	131	264
August	22.1	30	27.1	22.3	29.6	26.95	270	308.5
September	22.4	30.7	27.5	23.2	31	27.75	216.5	186.5
October	21.3	34.5	28.9	23.2	34.3	29.75	13.0	56.0
November	18.7	35.8	28.3	18.8	36	28.4	0	0
Ina								
June	23.3	31.1	27.7	22.2	31.6	27.9	263	112.9
July	22.2	29.8	27.0	21.8	29.9	26.8	244.5	247.1
August	21.6	28.2	25.9	21.7	29.4	26.5	298.1	309.3
September	21.6	29.3	26.5	21.2	30.1	26.6	198.1	158.6
October	22.2	32.5	28.4	22.0	32.3	28.2	57.6	88.8
November	21.6	34.9	29.3	21.9	34.8	29.4	0	0

### Plant Materials

This study used 200 intermediate maturity (105-110 days) S<sub>1</sub> maize lines derived from the biparental cross (TZISTR1108 x 5057). The two intermediate white maize parental inbreds used in the present study have varied significantly in their responses under artificial Striga infestation. The inbred line TZISTR1018 is a *Striga hermonthica* resistant line which was derived from *Zea-diploperenis* (a wild relative of the modern maize plant with resistance to *S. hermonthica*), while 5057 is highly susceptible to the parasite.

TZISTR1018 is a progeny of cross between IITA developed tropical maize germplasm and *Zea diploperennis*, a wild progenitor of *Zea mays* L (Menkir, 2006; Menkir *et al.*,2006). For the development of the S<sub>1</sub> lines, crosses have been made between TZISTR1018 and 5057, to obtain F<sub>1</sub> progenies at IITA, Ibadan, Nigeria. Resulting F<sub>1</sub> have been selfed to generate an F<sub>2</sub> segregating population. From the F<sub>2</sub> bulk seeds, over 300 S<sub>1</sub> lines have been, thereafter, developed. From these 300 lines, 200 S<sub>1</sub> lines have been randomly selected alongside with the two parents. The two parents and two inbred lines with known resistance (9450) and tolerance (9030) reactions to *S. hermonthica* have been included as benchmarks to assess the performance of the S<sub>1</sub> lines.

### Experimental design and field infestation with *S. hermonthica*

The S<sub>1</sub> lines have been evaluated in alpha-lattice design (51 x 4) with two replicates. Each line has been planted under infested and non-infested adjacent bands, which is 1.5 m apart, using a criss-cross arrangement described by Pearce (1976). On each strip, each line has been planted on a row of 3 m length with 0.75 m inter-row spacing and 0.25 m intra-row spacing. For each S<sub>1</sub> line, the infested row has been planted directly to the non-infested row in adjacent bands to accurately assess yield losses due to *S. hermonthica* damage (Kling *et al.*,2000).

The field has been treated with ethylene gas two weeks before planting to remove *S. hermonthica* seeds from the soil through suicidal germination. *S. hermonthica* seeds used for artificial infestation were collected from farmers' sorghum fields in the previous planting years. Two maize seeds have been planted in a 6 cm deep hole injected with 8.5 g of sand mixed with Striga seeds. The mixture contained approximately 3,000 germinable Striga seeds. Two weeks after planting, all maize plants have been thinned to one plant per hill to attain a population density of 53,333 plant. ha<sup>-1</sup>. Fertilizer has been applied to planting at the rate of 30 kg/ha of nitrogen, 60 kg. ha<sup>-1</sup> each of phosphorus and potassium, and an additional 30 kg. ha<sup>-1</sup> nitrogen has been applied four weeks later as top-dressing fertilizer. Weeds other than Striga have been removed from plots manually throughout the planting season.

### Field data collection

Data have been recorded for anthesis and silking days, plant height, ear aspect, and ear per plant, grain yield in both Striga-infested and Striga-free conditions while plant aspect has been recorded in Striga free condition (Table 2).

**Table 2.** List of the assessed maize agro-morphological traits alongside used codes and their descriptions

S/N	Traits	Code	Traits description	Unit
1	Days to anthesis	DAYA T	The number of days from planting to the time when 50% of the plants had another shedding pollen.	count

2	Days to silking	DYSK	The number of days from planting to the time when 50% of the plants had emerged silks.	count
3	Anthesis silking interval	ASI	The interval in days between dates of silking and anthesis	count
4	Plants height	PLHT	The distance from the base of the plant to the height of the first tassel branch.	cm
5	Ears aspect	EASP	It was scored on a scale of 1-5. where 1= clean. uniform. large and well-filled ears and 5 = rotten small partially filled ear	Scale
6	Plants aspect	PASP	It was recorded only on a scale of 1-5. where 1 = excellent plant type and 5 = poor plant type.	Scale
7	Ears per plant	EPP	Total number of ears with at least one fully developed grain divided by the number of harvested plants.	Count
8	Emerged Striga plants	CO 1 & 2	Number of emerged Striga plants per plot at 8 and 10 weeks after planting [WAP].	Count
9	Striga damage rate	RAT 1 & 2	It is scored on a scale of 1-9. where 1= no visible host plant damage symptom and 9 = all leaves are completely scorched and finally dead plants. Taken at 8 and 10 WAP (Kim et al.,1994).	Scale
10	Grain yield	G.Y	Calculated from grain weight of harvested ears per plot adjusted to 150 g grain kg <sup>-1</sup> moisture content (Badu-Apraku et al.,2020a).	kg/ha

### Data analysis

The data recorded on ear aspect, plant aspect, emerging Striga counts and Striga damage severity scores have been subjected to logarithm transformation (Feng *et al.*,2014). Data collected on grain yield, ears per plant, Striga damage as well as Striga emergence counts have been tested for normality using Shapiro–Wilk’s (W) test (Wang *et al.*,2018) before running the analysis of variance (ANOVA). ANOVA has been conducted across research environments using the general linear model procedure (PROC GLM) implemented in the Statistical Analytical System (SAS), version 9.4 (Vargas *et al.*,2013). The statistical model used for combined analysis is as follows:

$Y_{ijk} = \mu + E_i + R_{j(i)} + B_{k(ij)} + G_g + EG_{ig} + \epsilon_{ijk}$ , where  $Y_{ijk}$  is the observed measurement for the  $g^{\text{th}}$  genotype grown in the environment  $i$ , in the block  $k$ , in replicate  $j$ ;  $\mu$  is the grand mean;  $E_i$  is the main effect of environment;  $R_{j(i)}$  is the effect of replicate nested within environment;  $B_{k(ij)}$  is the effect of block nested within replicate  $j$  by environment  $i$ ;  $G_g$  is the effect of genotypes ( $S_1$  lines and checks);  $EG_{ig}$  is the interaction effect between genotype and environment, and  $\epsilon_{ijk}$  the error term.

Phenotypic and genetic correlation coefficients have been calculated among the traits, using the adjusted means of the  $S_1$  lines in META-R (Alvarado *et al.*,2016). Broad sense heritability ( $H^2$ ) estimates have been



calculated from phenotypic variance ( $\sigma_p^2$ ) and the genetic variance ( $\sigma_g^2$ ) (Hallauer *et al.*,2010).The tested genotypes have been classified as either resistant or susceptible to Striga using a selection index that involved grain yield, ears per plant, Striga damage, and number of emerged Striga plants (Badu-Apraku and Fakorode, 2017). The final ranking and outstanding lines were identified using wasb function implemented in the metan package (Olivio, 2020) whereby different traits have been assigned as by increasing or decreasing. The genetic gain (GG) made up of the selected genotypes was evaluated for the overall population as well as for the best used checks for each trait.  $GG(\%) = (X - X_0) * H^2 / X_0$ ; where X (mean of the selected  $S_1$  lines);  $H^2$  (broad sense heritability) and  $X_0$  (Overall grand mean and the best checks).

## Results

### Phenotypic variation and agronomic performance of the $S_1$ lines and the parental lines

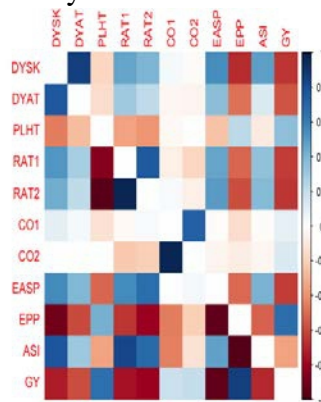
From the combined analysis of variance (ANOVA), under Striga-infested condition, significant differences in mean squares of genotypes have been observed for all traits, except anthesis silking interval, and environment had significantly affected all measured traits. Similarly, means squares for genotype  $\times$  environment interaction (GEI) effects were significant for grain yield and several other measured traits, except plant height and Striga adaptive traits (Table 3). However, GEI effects for all characters in non-infested conditions have been not significant, except phenological traits.

Mean performance of progenies ( $S_1$  lines) and their parents (TZISTR1108 and 5057) under Striga artificial infestation and Striga non-infestation are shown in Table 4. Under Striga conditions, progenies had higher mean values for grain yield (2,552.27 kg ha<sup>-1</sup>), ears per plant (0.74) and plant height (102.85 cm). For Striga damage and number of emerged Striga plants,  $S_1$  lines had the lowest mean values at 8 WAP while parental line TZISTR1108 had the lowest mean values at 10 WAP. Similar results have been observed for all the traits, except ears aspect under Striga-free conditions. In general, the  $S_1$  lines and the resistant parental line (TZISTR1108) have shown higher and similar mean values for most of all the traits, while the susceptible parental line (5057) had the lowest means. The lowest heritability (0.43) has been observed for ear aspect and the highest (0.77) has been for days to 50% anthesis under Striga artificial infestation. Under Striga non-infested conditions, low heritability (0.27) has been observed for anthesis and silking interval while the highest (0.79) has been obtained for grain yield (Table 4).

### Interrelationships among measured traits

Genetic (lower diagonal) and phenotypic (upper diagonal) correlation coefficients between agronomic traits of maize genotypes evaluated under artificial Striga infestation are presented in Figure 1.

Grain yield displayed positive and significant genetic and phenotypic correlations with ear per plant ( $r_g=0.86^{***}$  and  $r_p=0.66^{***}$ ) and plant heights ( $r_g=0.65^{***}$  and  $r_p=0.35^{***}$ ), but negative correlations with days to 50% anthesis ( $r_g=-0.59^{***}$  and  $r_p=-0.57^{***}$ ), days to 50% silking ( $r_g=-0.74^{***}$  and  $r_p=-0.66^{***}$ ), anthesis silking interval ( $r_g=-0.70^{***}$  and  $r_p=-0.57^{***}$ ), ear aspect ( $r_g=-0.96^{***}$  and  $r_p=-0.64^{***}$ ), and Striga damage rating at 8 WAP ( $r_g=-0.77^{***}$  and  $r_p=-0.64^{***}$ ), and 10 WAP ( $r_g=-0.80^{***}$  and  $r_p=-0.66^{***}$ ). Furthermore, positive and significant genetic correlations were observed between grain yield and number of the emerged Striga plants at 8 WAP ( $r_g=0.18^*$ ) and 10 ( $r_g=0.20^*$ ) WAP (Figure 1). Similarly, Striga damage at 8 and 10 WAP recorded positive and significant genetic and phenotypic correlations with anthesis-silking interval ( $r_g=0.83^{***}$  and  $r_p=0.34^{***}$ ;  $r_g=0.68^{***}$  and  $r_p=0.38^{***}$ ) and ear aspect ( $r_g=0.55^{***}$  and  $r_p=0.46^{***}$ ;  $r_g=0.66^{***}$  and  $r_p=0.49^{***}$ ), but displayed negative correlations with plant heights ( $r_g=-0.86^{***}$  and  $r_p=-0.34^{***}$ ;  $r_g=-0.98^{***}$  and  $r_p=-0.39^{***}$ ). Striga damage at 8 WAP and Striga damage at 10 WAP ( $r_g=0.97^{***}$  and  $r_p=0.75^{***}$ ) showing positive significant genetic and phenotypic correlations. However, negative and significant genetic correlations were observed between emerged Striga plants at 10 WAP and Striga damage rating at 8 and 10 WAP ( $r_g=-0.23^{**}$  and  $-0.21^*$ ), as well as phenotypic correlation with Striga damage rating at 8 WAP ( $r_p=-0.18^*$ ). In general, genetic correlations for all the traits measured have been higher than phenotypic correlations, except between days to 50% anthesis and days to 50% silking.



**Figure 1.** Genetic (lower diagonal) and phenotypic (upper diagonal) correlation coefficients between agronomic traits evaluated under artificial Striga infestation

DAYAT: days to anthesis, DYSK: days to silking, PLHT: plant height, RAT1: Striga damage at 8 WAP, RAT 2: Striga damage at 10 WAP, CO1: number of emerged Striga plant per plot at 8 WAP, CO2: number of emerged Striga plant per plot at 10 WAP, EASP: ear aspect, EPP: ear per plant, ASI: anthesis silking interval and GY: grain yield

**Table 3.** Mean squares for grain yield and other measured traits for S<sub>1</sub> maize lines, evaluated under Striga-infested and non-infested conditions at Angaradébou and Ina, Benin in 2018 and 2019

Source of Variation	df	GY	EPP	EASP	DYAT	DYSK	ASI	PLHT	PASP	CO1	CO2	RAT1	RAT2
Striga artificial infestation conditions													
Environment ( E)	3	5710030.85***	3.98***	389.58***	1737.01***	734.79***	121.46***	12690.56***		587.13***	1464.40*	97.10***	530.76***
Block(E*Replicate)	400	211518.66***	0.08***	1.47***	10.18***	14.13***	0.99 <sup>ns</sup>	1256.07 <sup>ns</sup>		33.78***	176.89***	0.69***	1.39***
Replicate(R)	4	317892.36***	0.356***	10.64***	61.99***	43.31***	0.94 <sup>ns</sup>	692.34 <sup>ns</sup>		131.52**	439.61**	5.10***	17.85***
Genotype (G)	203	392701.06***	0.125***	1.91***	16.31***	20.95***	1.16 <sup>ns</sup>	1198.45 <sup>ns</sup>		32.06*	144.82*	0.87***	1.79***
G x E	609	137650.9**	0.079***	1.31**	4.67*	7.39**	0.81 <sup>ns</sup>	1193.29 <sup>ns</sup>		27.24 <sup>ns</sup>	114.06 <sup>ns</sup>	0.38 <sup>ns</sup>	0.66 <sup>ns</sup>
Error	812	112128.6	0.058	0.667	3.913	5.82	5.018	1222.54 <sup>ns</sup>		25.0322	113.951	0.354	0.636
CV(%)		11.24	15.45	12.56	07.60	0.14	0.78	16.45		17.42	12.03	15.45	16.34
Non-infested condition													
Environment ( E)	3	10152860.1***	4.18***	325.46***	2038.97***	1433.71***	47.18***	2087.62***	121.48***				
Blk(E*Repetition)	400	391620.9***	0.17***	0.46***	14.65***	11.46***	1.97 <sup>ns</sup>	481.73***	0.34***				
Repetition(E)	4	3211805.2***	0.99***	5.67***	175.95***	91.41***	4.62*	4557.13***	0.98***				
Genotype (G)	203	793749.4***	0.153*	0.64***	20.29***	19.32***	2.59***	327.27***	0.34***				
G X E	609	212957.2 <sup>ns</sup>	0.130 <sup>ns</sup>	0.27 <sup>ns</sup>	7.39***	6.49**	2.14*	202.75 <sup>ns</sup>	0.16 <sup>ns</sup>				
Error	812	192982.6	0.123	0.252	5.324	5.04	1.699	186.448	0.165				
CV(%)		13.78	11.06	10.34	5.63	9.78	0.42	18.23	10.24				

\*\*\*; \*\* and \* significant p-value of 0.001, 0.01 and 0.5, respectively and ns: non-significant

DAYAT: days to anthesis, DYSK: days to silking, PLHT: plant height, RAT1: Striga damage at 8 weeks after planting (WAP), RAT 2: Striga damage at 10 WAP, CO1: number of emerged Striga plant per plot at 8 WAP, CO2: number of emerged Striga plant per plot at 10 WAP, EASP: ear aspect, EPP: ear per plant, ASI: anthesis silking interval, PASP: plant aspect and GY: grain yield.CV: coefficient of variation, G x E: genotype by environment interaction

**Table 4.** Means, standard deviations and heritability for traits of the parents and S<sub>1</sub> lines under Striga artificial infestation and Striga non-infested conditions

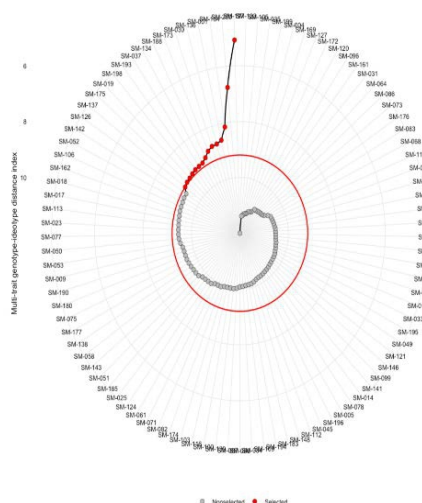
	TZISTR1108 (Mean±SD)	S <sub>1</sub> lines (Mean±SD)	5057 (Mean±SD)	H <sup>2</sup>
<i>Striga hermonthica</i> artificial infestation conditions				
GY	1929.62±593.50 <sup>b</sup>	2552.27 ±535.17 <sup>a</sup>	333.50±75.23 <sup>c</sup>	0.72
EPP	0.69±0.31 <sup>b</sup>	0.74± 0.22 <sup>a</sup>	0.05±0.12 <sup>c</sup>	0.59
CO1	5.18 ±2.88 <sup>a</sup>	4.07±2.35 <sup>a</sup>	29.12±9.76 <sup>b</sup>	0.56
CO2	13.82±4.84 <sup>a</sup>	17.31±11.47 <sup>b</sup>	43.37±14.42 <sup>c</sup>	0.59
RAT1	2.26±0.75 <sup>b</sup>	1.89±0.91 <sup>a</sup>	4.70±1.02 <sup>c</sup>	0.64
RAT2	3.56±1.41 <sup>a</sup>	5.01±1.49 <sup>b</sup>	6.87±1.46 <sup>c</sup>	0.72
DYAT	64.25±2.12 <sup>a</sup>	64.79±3.61 <sup>a</sup>	67.62±3.20 <sup>b</sup>	0.77
DYSK	67.37±2.33 <sup>a</sup>	68.02±2.94 <sup>a</sup>	76.16±7.57 <sup>c</sup>	0.74
ASI	2.42±1.51 <sup>a</sup>	3.02±2.11 <sup>a</sup>	9.20±7.33 <sup>b</sup>	0.45
PLHT	95.92±20.87 <sup>b</sup>	102.85±33.66 <sup>a</sup>	71.68±17.47 <sup>c</sup>	0.56
EASP	2.75±1.03 <sup>a</sup>	2.83±1.26 <sup>a</sup>	2.87±2.02 <sup>a</sup>	0.43
Striga non-infested conditions				
GY	2905.19±504.24 <sup>a</sup>	2964.67±653.86 <sup>a</sup>	1481.50±385.32 <sup>b</sup>	0.79
EPP	0.80±0.24 <sup>a</sup>	0.81±0.39 <sup>a</sup>	0.59±0.19 <sup>b</sup>	0.54
PASP	2.61±0.91 <sup>a</sup>	2.42 0.71 <sup>a</sup>	3.00±0.53 <sup>b</sup>	0.64

DYAT	62.85±2.11 <sup>a</sup>	63.07±4.01 <sup>a</sup>	66.37±2.97 <sup>b</sup>	0.71
DYSK	66.28±2.56 <sup>a</sup>	67.76±2.91 <sup>ab</sup>	70.85±2.61 <sup>c</sup>	0.73
ASI	3.42 1.51 <sup>a</sup>	3.66±1.55 <sup>bc</sup>	4.50±1.64 <sup>c</sup>	0.27
PLHT	110.43±12.81 <sup>b</sup>	124.41±18.90 <sup>a</sup>	93.00±19.91 <sup>c</sup>	0.57
EASP	2.97±1.02 <sup>a</sup>	3.03±1.05 <sup>a</sup>	3.86±0.85 <sup>b</sup>	0.45

DAYAT: days to anthesis, DYSK: days to silking, PLHT: plant height, RAT1: Striga damage at 8 weeks after planting (WAP), RAT 2: Striga damage at 10 WAP, CO1: number of emerged Striga plant per plot at 8 WAP, CO2: number of emerged Striga plant per plot at 10 WAP, EASP: ear aspect, EPP: ear per plant, ASI: anthesis silking interval, and GY: grain yield. H: Broad-sense heritability. Means followed by the same letters for the same traits are not significantly different at the 5% level of significance according to Duncan's Multiple Range Test (DMRT)

### Selection of best performing *Striga hermonthica* resistant/tolerant genotypes

Selection based index revealed the presence of 15 lines as outstanding and top ranking for all the traits evaluated across Striga infestation conditions (Figure 2 and Table 6). The selected S<sub>1</sub> lines had displayed higher grain yields (2,331 kg ha<sup>-1</sup> and 2648 kg ha<sup>-1</sup>) than all the used checks (1,745 kg ha<sup>-1</sup> and 2,318 kg ha<sup>-1</sup>) in both conditions of the study. Grain yield means of population including selected S<sub>1</sub> lines (1,568 kg ha<sup>-1</sup> and 1,931 kg ha<sup>-1</sup>) were less than the means of selected S<sub>1</sub> lines (2,331 kg ha<sup>-1</sup> and 2,648 kg ha<sup>-1</sup>) resulting in genetic gains of 1.87% and 0.92%, under Striga and Striga free-conditions, respectively. A moderated level of genetic gain has been observed for Striga adaptive and other economic traits in maize (Table 6).



**Figure 2.** Best high yielding S<sub>1</sub> lines, with lowest Striga damage and Striga emerged plant selected using selection index

**Table 6.** Grain yield and other agronomic traits of selected S<sub>1</sub> lines and best used checks under Striga-infested and Striga-free environments in Benin in 2018 and 2019

	Yield (kg/ha)		EPP		DYSK(day)		ASI(day)		EASP(1-5)		PLHT(cm)		STRRAT(1-9)		STRCO		BI
	SI	SF	SI	SF	SI	SF	SI	SF	SI	SF	SI	SF	8WAP	10WAP	SI	SI	
Selected S <sub>1</sub> lines																	
SM 200	3006	3040	0.77	0.86	67	66	2.6	2.9	2.7	2.6	118	126	2.2	3.4	14.5	26.7	11.9
SM 30	2868	3783	0.83	1.03	64	66	4.1	3.5	2.6	3.1	106	137	1.9	3.7	15.9	22.2	10.8
SM 50	2361	2594	0.99	1.00	66	68	3.9	5.1	3.0	3.1	86	100	2.5	3.3	15.5	26.4	7.8
SM 64	2350	2589	0.74	0.70	68	66	2.6	3.2	2.9	2.9	98	107	2.1	3.8	14.2	18.5	7.7
SM 9	2333	2389	0.99	0.77	65	67	2.7	4.2	3.4	3.7	88	98	2.2	4.0	18.5	22.6	7.1
SM 136	2218	2521	0.93	1.00	67	68	2.6	3.0	3.2	2.9	90	97	2.4	3.7	12.9	20.6	7.1
SM 198	2464	2242	0.58	0.63	66	68	4.0	4.1	3.6	2.9	98	109	1.8	4.7	13.4	24.1	6.7
SM 23	2238	2724	1.10	0.91	66	66	3.0	3.8	2.7	2.9	86	104	2.6	3.7	16.1	24.4	6.6
SM 51	2539	3310	0.77	0.72	67	65	4.4	3.3	2.4	4.3	97	112	2.8	4.0	15.6	24.2	6.3
SM 53	2200	2235	1.14	0.77	67	65	2.6	4.4	3.2	2.5	100	114	2.4	3.6	18.5	33.3	5.9
SM 188	1904	2322	0.99	0.73	70	72	3.9	6.0	3.3	3.8	107	114	2.5	3.8	10.2	15.5	5.8
SM 175	2256	2553	1.15	0.73	63	66	2.8	5.1	3.4	3.0	104	114	2.7	4.3	13.2	31.6	5.7
SM 137	2216	2797	0.98	1.12	63	63	1.5	2.7	2.9	2.3	85	103	2.5	4.1	16.5	22.5	5.7
SM 143	1929	2681	0.93	0.93	68	68	4.5	6.0	2.9	3.7	88	105	2.5	3.6	12.8	13.0	5.6
SM 142	2085	1946	1.00	0.71	69	68	5.2	4.6	3.4	3.0	96	122	2.6	4.1	13.0	18.5	5.6
Mean	2331	2648	0.93	0.74	66	67	3.4	4.1	3.0	3.1	97	111	2.4	3.8	15	23	
Inbred (best checks)																	
TZISTR1108	1930	2925	0.69	0.80	67	66	2.4	3.4	2.7	2.9	96	110	3.2	4.6	6	16	4.7
9030 (Tolerant)	1821	2170	1.1	0.95	70	69	3.1	3.2	3.1	3.3	95	103	2.8	4.2	18	32	5.8
9450 (Resistant)	1485	1859	0.44	0.78	70	66	3.0	3.5	3.1	3.3	94	111	2.2	3.5	9	18	2.7
5057 (Susceptible)	334	1482	0.05	0.59	76	71	9.2	4.5	2.8	3.8	72	93	4.7	6.8	29	43	-18.6
Mean	1309	2109	0.57	0.78	71	68	4.4	3.6	2.9	3.3	89	79.25	2.7	4.7	16	27	
<b>Grand Mean</b>	<b>1563</b>	<b>1931</b>	<b>0.7</b>	<b>0.8</b>	<b>69</b>	<b>68</b>	<b>3.3</b>	<b>3.2</b>	<b>3.8</b>	<b>3.91</b>	<b>93</b>	<b>104</b>	<b>3</b>	<b>5</b>	<b>16</b>	<b>37</b>	
<b>GG(%)</b>	<b>1.87</b>	<b>0.92</b>	<b>0.42</b>	<b>0.11</b>	<b>-0.11</b>	<b>-0.08</b>	<b>0.11</b>	<b>0.24</b>	<b>-0.12</b>	<b>-0.33</b>	<b>0.05</b>	<b>0.21</b>	<b>-0.13</b>	<b>-0.17</b>	<b>-0.24</b>	<b>-0.26</b>	

SI: Striga artificial infestation condition, SF: Striga-free conditions, BI: Base Index, WAP: week after planting, STRAT: Striga damage rate, STRCO: Striga emergence count, PLHT: plant height, EPP: ear per plant, DYSK: days to 50% silking, EASP: ear aspect, and ASI: anthesis silking interval. GG: genetic gain

## Discussion

The identification of gene source resistance to *Striga* is a prerequisite to speed up the Striga resistance improvement of elite's maize varieties adopted by farmers. In this study, maize S<sub>1</sub> lines have been screened, assessed association among traits, identified new sources of Striga resistance or tolerance and we discussed the implications of our findings on breeding for Striga resistance in maize. The significant mean squares obtained for environments (E), Genotype (G) and G × E interaction for most of the measured traits, indicated that there is adequate genetic variability for resistance/tolerance to Striga among the S<sub>1</sub> lines. The observed significance among the S<sub>1</sub> lines for the measured traits in the present study have shown the potential for selection of improved grain yield and related traits under Striga-infested conditions. This could be attributed to the differences in the genetic backgrounds of the parental lines. Differential responses of maize genotypes under Striga infestation have been reported by earlier researchers (Badu-Apraku *et al.*, 2010c; Akinwale *et al.*, 2013). G × E interaction has been significant for grain yield, ears per plant, days to 50% anthesis and days to 50% silking, but was not significant for all remaining traits. Significant G×E variances observed for grain yield indicated that this trait is highly affected by the G×E interaction, which could be attributed to variation in climatic

conditions across the two years in each location. These results are similar with the findings of Konaté *et al.* (2017) who reported the lack of significant G×E for Striga damage ratings at 8 and 10 WAP. In previous studies significant G×E have reported for Striga damage ratings at 8 and 10 WAP and grain yield related traits (Makumbi *et al.*,2015; Kanampiu *et al.*,2018; Oyekale *et al.*,2021). The difference in the results of this study and those of the previous authors suggests that the environments where the genotypes have been evaluated, and their genetic background might be different.

The results showed the progenies not likely to perform the same as their respective parents. The progenies exhibited high grain yield, as well as reduced Striga damage and emerged Striga plants at 8 WAP, whereas the parental lines showed lower grain yield and increased Striga damage and emerged Striga plants at 8 WAP. Better performance of S<sub>1</sub> lines than their parents may also be the result of transgressive segregation and thus developing maize populations for Striga environments could be effective. Transgressive segregation has been observed in maize populations screened under low N (Ribeiro *et al.*,2018) and Striga infestation (Mbogo *et al.*,2015; Badu-Apraku *et al.*,2020a, b). Previous studies have shown the interests of S<sub>1</sub> selection for improving grain yield and related traits in maize under stress conditions (Kamara *et al.*,2003; Durrishahwar *et al.*,2008; Pecina-Martínez *et al.*,2013; Ayiga-Aluba *et al.*,2015).

Moderated high heritability estimates have been observed indicating the potential for these traits to be improved through recurrent selection. The high heritability estimates for grain yield, days to 50% anthesis, and Striga damage at 8 and 10 WAP suggest that reasonable genetic gain for these traits could be expected from selection. These findings are corroborated to previous reports under artificial Striga infestation (Menkir and Meseka, 2019), but are greater than those reported by Gowda *et al.* (2021) in inbred lines of maize under Striga infestation.

Grain yield displayed significant and positive genetic phenotypic correlations with ears per plant and plant height, but negative with days to 50% anthesis, days to 50% silking, anthesis silking interval, and Striga damage ratings. Positive correlations observed mean that grain yield increases with ears per plant and plant height; which indicates that more leaves photosynthesis and heavier grain yield (Halidu *et al.*,2015). These traits are probably genetically dependent and can be included in the base index for selecting for improved grain yield in maize under Striga infestation and was in agreement with Badu-Apraku *et al.* (2007) for ear aspect as secondary trait. The significant and negative correlations observed between grain yield and Striga damage rates implied that Striga affects physiology and grain yield of infested plants, suggesting that the lower the impact of the Striga damages has been the higher grain yield. This finding occurs with that of Badu-Apraku *et*

*al.* (2008, 2020b), in which they reported that the two traits are under same genetic control, and simultaneous improvement for grain yield and Striga damage rating can be obtained easily in the population. Additionally, significant and positive genetic correlations have been observed between grain yield with emerging Striga plants at 8 WAP and 10 WAP, with lack of phenotypic correlations. This result means the number of emerged Striga plants had not affected the physiology and grain yield of infested plants, suggesting that most genotypes had tolerated emergence of Striga plants. Similar findings were reported by Badu-Apraku *et al.* (2020b) and Akanvou *et al.* (1997). In contrast, Gowda *et al.* (2021) have reported significant phenotypic and negative correlation between grain yield and number of emerged Striga plants, which have indicated that increase in number of emerged Striga plants led to severe reduction in grain yield (Menkir *et al.* 2012; Adewale *et al.*, 2020). This difference of findings could be attributed to the differences of genetic backgrounds of genotypes used in these studies. The observed positive and significant correlations between number of emerged Striga plants at different times (8 WAP and 10 WAP), as well as Striga damage rates, indicate that these traits can be combined into an index for selection under Striga infestation. In addition, negative and significant genetic correlations observed between number of emerged Striga plants at 10 WAP and Striga damage ratings, as well as phenotypic correlation recorded between emerged Striga plants at 10 WAP and Striga damage rating at 8 WAP, suggesting that the Striga adaptive traits at 10 WAP would be most important, and this time would be ideal for the Striga plants count and Striga damage rating during screening of maize intermediate maturity germplasm under Striga infestation conditions.

Superiority of some S<sub>1</sub> lines under Striga artificial infestation conditions (Table 6) shows that inherent ability for resisting/tolerating the biotic stress existed in them and can be used in maize improvement targeting Striga infested environments. The best S<sub>1</sub> lines identified using the selection index displayed a high average grain yield of 2,331 kg ha<sup>-1</sup> and 2,648 kg ha<sup>-1</sup> under Striga and Striga free conditions, respectively. In comparing to the national maize average grain yield (1,070 kg ha<sup>-1</sup>) in 2020 growing season (MAEP, 2020), the selected genotypes have shown good performances, resulting genetic gains of 0.98% and 0.61%, under Striga and Striga free-conditions, respectively. These genotypes can be used in maize population improvement for Striga resistance/tolerance.

## Conclusion

In this study, the agronomic performance of 200 S<sub>1</sub> lines derived from a bi-parental cross under has been assessed under *S. hermonthica* artificial infestation and non-infestation conditions. There was significant variability

for most traits, especially in yield components and Striga adaptive traits. Moreover, the traits exhibited significant and strong associations have been shown and can be used in indirect selection under Striga infestation. Effective selection for superior genotypes is possible considering ears per plant, days to 50% silking, ear aspect, number of emerged Striga plants and Striga damage at 10 WAP and can be used as target traits to improve grain yield for next generation evaluation under Striga infestation. Fifteen (15) higher performers S<sub>1</sub> lines in resistance/tolerance to Striga have been identified. These should be used as germplasm in developing high yielding varieties targeting Striga and non-Striga environments in Benin. For the purpose of recombination and further population improvement for Striga resistance in the Benin maize breeding programme, the high performing S<sub>1</sub>-lines in the present study could be recommended.

### **Acknowledgments**

The authors are grateful to the Research for Development and the Stress Tolerant Maize for Africa Project for financing the study. Additionally, the authors are thankful to the staff of the Benin national program and maize improvement program at the International Institute of Tropical Agriculture Nigeria (IITA) for their technical support during this study.

### **References:**

1. Adewale, S. A., Badu-Apraku, B., Akinwal, R. O., Paterne, A. A., Gedil, M., & Garcia-Oliveira A. L. (2020). Genome-wide association study of Striga resistance in early maturing white tropical maize inbred lines, *BMC Plant Biology*, 20: 1-16.
2. Akanvou, L., Doku, E.V., & Kling J. (1997). Estimates of genetic variances and interrelationships of traits associated with Striga resistance in maize. *Afri. Crop Sci. J.*, 5:1-8.
3. Akinwale, R.O., Badu-Apraku, B., & Fakorede M.A.B. (2013). Evaluation of Striga-resistant early maize hybrids and test locations under Striga-infested and Striga-free environments. *Afr Crop Sci J*, 21(1): 1–19.
4. Alvarado, G.; López, M.; Vargas, M.; Pacheco, A.; Rodríguez, F.; Burgueño, J.; Crossa, J. (2016). META-R (Multi Environment Trial Analysis with R for Windows). Version 6.0—CIMMYT Research Software Dataverse-CIMMYT Dataverse Network. Available online: <http://hdl.handle.net/11529/10201> (accessed on 2 December 2019).
5. Amogou, O., Dagbénobakin, G., Agbodjato, N.A., Noumavo, P.A., Salami, H.A., Valère, S., Ricardos, A.M., Sylvestre, A.A., Djihal, K.F.A., Adjanohoun, A. & Baba-Moussa, L. (2018). Influence of Isolated PGPR Rhizobacteria in Central and Northern Benin on Maize



- Germination and Greenhouse Growth. *American Journal of Plant Sciences*, 9: 2775-2793.
6. Ayiga-Aluba, J., Edema, R., Tusiime, G., Asea, G., & Gibson P. (2015). Response to two cycles of S1 recurrent selection for turicum leave blight in an open pollinated maize variety population (Longe 5). *Adv. Appl. Sci. Res.*, 6: 4-12.
  7. Badu-Apraku B. & Fakorede M.A.B. (2017). *Advances in genetic enhancement of early and extra-early maize for Sub-Saharan Africa*. Switzerland: Springer.
  8. Badu-Apraku, B.(2010). Effects of recurrent selection for grain yield and Striga resistance in an extra-early maize population. *Crop Sci.*, 50:1735–1743
  9. Badu-Apraku, B., A. Fontem Lum, M.A.B. Fakorede, A. Menkir, Y. Chabi, C. The, M. Abdulai, S. Jacob, & Agbaje S. (2008). Performance of early maize cultivars derived from recurrent selection for grain yield and Striga resistance. *Crop Sci.* 48 :99–112.  
doi: 10.2135/cropsci2007.01.0060.
  10. Badu-Apraku, B., Adewale S., Agre P., Gedil, M., & Asiedu R.(2020a). Identification of QTLs Controlling Resistance/Tolerance to Striga hermonthica in an Extra-Early Maturing Yellow Maize Population. *Agronomy*, 10:1-18.
  11. Badu-Apraku, B., Adewale, S., Agre P., Gedil, M., Toyinbo, J., & Asiedu R. (2020b). Identification of QTLs for grain yield and other traits in tropical maize under Striga infestation. *PLoS ONE*,15: 1-20.
  12. Badu-Apraku, B., Akinwale, R. O., Franco, J., & Oyekunle, M.(2012). Assessment of reliability of secondary traits in selecting for improved grain yield in drought and low-nitrogen environments. *Crop Science*, 52: 2050–2062.
  13. Badu-Apraku, B., Akinwale, R.O. & Fakorede, M.A.B. (2010). Selection of early maturing maize inbred lines for hybrid production under Striga-infested and Striga-free environments. *Maydica* 55:261-274.
  14. Badu-Apraku, B., Menkir, A., Ajala, S.O., Akinwale, R.O., Oyekunle, M., & Obeng-Antwi, K. (2010c). Performance of tropical early maturing maize cultivars in multiple stress environments. *Can. J Plant Sci.*, 90: 831–852.
  15. Badu-Apraku, B.; Menkir, A.; and Lum, A.F. (2007). Genetic variability for grain yield and components in an early tropical yellow maize population under Striga hermonthica infestation. *Crop. Improv.*, 20: 107–122.
  16. Batamoussi, H.M., Sekloka, E., Oga, C.A., Boulga, J., & Paraíso, A. (2014). Dates of détermination of maize seedling (*Zea mays* L.) on the

- tropical ferruginous in the Central region of Benin: Case study of the administrative district of Glazoue and Dassa Zoume. *European Scientific Journal*, 10: 241-253.
17. Ceballos, H., Kulakow, P., and Hershey C., (2012). Cassava breeding: current status, bottlenecks and the potential of biotechnology tools. *Trop Plant Biol* 5: 73-87.
  18. De Oliveira, P.H. G.A., Barbosa, A.C.O., Diniz, R.P., De Oliveira, E.J., and Ferreira, C. F. (Molecular marker assisted selection for increasing inbreeding in S1 populations of cassava; *Anais da Academia Brasileira de Ciências* (2018) 90(4): 3853-3869.
  19. DeVries, J. (2000). The inheritance of Striga reactions in maize. In: Haussmann BIG, Hess DE, Koyama ML, Grivet L, Rattunde HFW, Geiger HH (eds) *Breeding for Striga Resistance in Cereals. Proceedings of a Workshop. IITA, Ibadan. Margraf Verlag*,
  20. Durrishahwar, H., Rehman, S.M.A., Shah, I.A., Khalil & Ali, F. (2008). Recurrent selection for yield and yield associated traits under leaf blight (*Helminthosporium maydis*) stress in maize. *Sarhad J. Agric.* 24: 599-605.
  21. Ejeta, G.; Butler, L.G., & Babiker, A.G. (1992). *New Approaches to the Control of Striga. Striga Research at Purdue University, Research Bulletin; Agricultural Experiment Station, Purdue University: West Lafayette, IN, USA.*
  22. Feng, C., Wang, H., Lu N., Chen, T., He, H., Lu, Y., & Tu, X.M. (2014). Log-transformation and its implications for data analysis. *Shanghai Archives of Psychiatry*, 26:106-109.
  23. Food and Agriculture Organization (FAO) (2020). *Statistical yearbook 2020, Rome, Italy.* <http://faostat.fao.org> (Accessed 11/02/2021).
  24. Gowda, M., Makumbi, D., Das, B., Nyaga C., Kosgei, T., Crossa J., Beyene, Y., Montesinos-López, O.A., Olsen M.S., & Prasanna, B. M. (2021). Genetic dissection of *Striga hermonthica* (Del.) Benth. resistance via genome-wide association and genomic prediction in tropical maize germplasm. *Theoretical and Applied Genetics*. 134: 941–958.
  25. Gurney, A. L., Press, M. C., & Scholes, J. D. (1999). Infection time and density influence the response of sorghum to the parasitic angiosperm *Striga hermonthica*. *New Phytol.* 143: 573–580.
  26. Halidu, J., Abubakar, Izge, U.A., Ado S.G., Yakubu, H., & Haliru B.S. (2015). Correlation analysis for grain yield, other agronomic parameters and *Striga* affected traits under *Striga* infested/free environment. *J.Plant Breed.Crop Sci.*; 7: 9-17. DOI : 10.5897/JPBCS2013.0410.

27. Hallauer A.R., Carena M.J., Miranda Filho J.D. (2010). Quantitative genetics in maize breeding. New York: Springer.
28. Haussmann, B.I.G., Hess, D.E., Reddy, B.V.S., Mukuru, S.Z., Kayentao, M., Welz, H.G., & Geiger, H.H. (2001). Pattern analysis of genotype x environment interaction for Striga resistance and grain yield in African sorghum trials. *Euphytica*, 122: 297–308.
29. Kamara, A.Y., Kling, J.G., Menkir, A. & Ibikunle, O. (2003). Agronomic performance of maize (*Zea mays* L.) breeding lines derived from low nitrogen maize population. *Journal of Agricultural Science*, 141:221-230.
30. Kamara, A.Y., Menkir, A., Chikoye, D., Solomon, R., Tofa, A.I., & Omoigui, L.O. (2020). Seed dressing maize with imazapyr to control *Striga hermonthica* in farmers' fields in the savannas of Nigeria. *Agriculture*, 56: 620–632.
31. Kanampiu, F., Makumbi, D., Mageto, E., Omany, G., Waruingi, S., Musyoka, P., & Ransom, J. (2018). Assessment of Management Options on Striga Infestation and Maize Grain Yield in Kenya. *Weed Sci.* 66:516–524.
32. Kim, S. K., Adetimirin, V. O., Thé, C., & Dossou, R. Yield losses in maize due to *Striga hermonthica* in West and Central Africa. (2002). *International Journal of Pest Management*, 48, 211–217. <https://doi.org/10.1080/09670870110117408>.
33. Kim, S.K. (1991). Breeding maize for Striga tolerance and the development of a field infestation technique. In *Combating Striga in Africa, Proceedings of the Workshop by IITA, ICRISAT and IDRC, 22–24 August 1988; IITA: Ibadan, Nigeria; pp. 96–108*.
34. Kim, S.K.; Akintunde, A.Y.; Walker, P. (1994). Responses of maize, sorghum and millet host plants to infestation by *Striga hermonthica*. *Crop Prot.*, 13, 582–590.
35. Kling, J. G., Fajemisin, J. M., Badu-Apraku, B., Diallo, A., Menkir, A., & Melake Berhan, A. (2000). Striga resistance breeding., In B. I. G. Hausmann, D. E. Hess, M. L. Koyama, L. Grave, H. F. W. Rattunde, & H. H. Geiger (Eds.), *Breeding for Striga resistance in cereals proceedings of a workshop held at IITA, Ibadan*. Margraf Verlag, Weikersheim., 73-84.
36. Konaté, L., Badu-Apraku, B., & Traoré, D. (2017). Combining ability and heterotic grouping of early maturing provitamin A maize inbreds across Striga infested and optimal growing environments. *JAEID*, 111 (1) : 157-173. DOI : 10.12895/jaeid.20171.572.
37. Makumbi, D., Diallo, A., Kanampiu, F., Mugo ,S., & Karaya, H. (2015). Agronomic performance and genotype × environment

- interaction of herbicide resistant maize varieties in eastern Africa. *Crop Sci* 55:541-555. doi.org/10.2135/cropsci2014.08.0593.
38. Mbogo, P.O.; Dida, M.M., & Owuor, B. (2015). Generation means analysis for estimation of genetic parameters for *Striga hermonthica* resistance in maize (*Zea mays* L.). *J. Agric. Sci.*7: 143.
  39. Menkir, A. (2006). Assessment of reactions of diverse maize inbred lines to *Striga hermonthica* (Del.) Benth. *Plant Breeding*, 125:131–139.
  40. Menkir, A., & King, J. G. (2007). Response to recurrent selection for resistance to *Striga hermonthica* (Del.) Benth in a tropical maize population. *Crop Science*, 47: 674–684.
  41. Menkir, A., & Meseka, S. (2019). Genetic improvement in resistance to *Striga* in tropical maize hybrids. *Crop Sci.*, 59: 2484–2497.
  42. Menkir, A., Kling, J. G., Badu-Apraku, B., & Ibikunle, O. (2006). Registration of 26 tropical maize germplasm lines with resistance to *Striga hermonthica*. *Crop Science*, 46: 1007–1009.
  43. Menkir, A., Makumbi, D., & Franco, J. (2012). Assessment of reaction patterns of hybrids to *Striga hermonthica* (Del.) Benth. under artificial infestation in Kenya and Nigeria. *Crop Sci.*, 52:2528–2537.
  44. Menkir, A., Kling, J.G., & Badu-Apraku, B. (2004). Recent advances in breeding maize for resistance to *Striga hermonthica* (del.) Benth. Integrated Approaches to Higher Maize Productivity in the New Millennium. In CIMMYT (Ed.): Proceedings of the Seventh Eastern and Southern Africa Regional Maize Conference.
  45. Ministère de l’Agriculture de l’Elevage et de la Pêche (MAEP). (2020). Statistic of maize National Production Strategic. Technical Report, 59 p.
  46. Olivio, T. (2020). matan: Package for multi-environment trial analysis, tiagoolivoto.github.io/metan/ (accessed, 12/02/2021).
  47. Oyekale, S.A., Badu-Apraku, B., Adetimirin, V.O., Unachukwu, N., & Gedil, M. (2021). Development of Extra-Early Provitamin a Quality Protein Maize Inbreds with Resistance/Tolerance to *Striga hermonthica* and Soil Nitrogen Stress. *Agronomy*, 11, 891: 1-23. <https://doi.org/10.3390/agronomy11050891>.
  48. Pearce, S.C. (1976). Field experimentation with fruit trees and other perennial plants. Commonwealth Agric., Bureaux (CAB), Farnham, UK.
  49. Pecina-Martínez, J. A., Mendoza-Castillo, Ma.C., Castillo-González,F., López-Santillán, J. A., Mendoza-Rodríguez, M., & Reyes-Méndez, C. A. (2013). Genetic potential of S1 lines derived from native maize populations of Tamaulipas, Mexico. *Maydica.*, 58:127-134.

50. Pierce, S., Mbwaga, A., Press, M., & Scholes, J. (2003). Xenognosin production and tolerance to *Striga asiatica* infection of high-yielding maize cultivars. *Weed Res.* 43:139–145.
51. Ribeiro, P. F., Badu-Apraku, B., Gracen, V. E., Danquah, E. Y., Garcia-Oliveira, A. L., Asante, M. D., Afriyie-Debrah, C., & Gedil, M. (2018). Identification of quantitative trait loci for grain yield and other traits in tropical maize under high and low soil-nitrogen environments. *Crop Science*, 58(1); 321–331.  
<https://doi.org/10.2135/crops ci2017.02.0117>.
52. Sangaré, S., Menkir, A., Ofori, K., & Gracen, V (2018). Combining Ability for Grain Yield, Agronomic Traits and *Striga hermonthica* Resistance of Yellow Endosperm Maize. *J Plant Genet Breed.*,2(2) :1-8.
53. Stanley, A., Menkir, A., Paterno, A., Ifie, B., Tongoona, P., Unachukwu, N., Meseka, S., Mengesha, W., & Melaku, G. (2020). Genetic Diversity and Population Structure of Maize Inbred Lines with Varying Levels of Resistance to *Striga hermonthica* Using Agronomic Trait-Based and SNP Markers. *Plants*, 9:1-18.
54. Toukourou, A.M., Adégbola, P.Y., Yallou, C.G., & Gbèhounou, G. (2004). Evaluation des variétés de maïs EVDT-97 STR-C1 et TZEE-W-SR (variété extra-précoce) dans les zones infestées par le *Striga hermonthica* au Sud Bénin. *Bulletin de la Recherche Agronomique du Bénin.*, 45 : 37-47.
55. Vargas, M., Combs, E., Alvarado, G., Atlin, G., Mathews, K., & Crossa, J. (2013). Meta: a suite of sas programs to analyze multi-environment breeding trials. *Agron. J.*, 105: 11–19.
56. Wang, R.; Liu, Y.; Isham, K.; Zhao, W.; Wheeler, J.; Klassen, N.; Hu, Y.; Bonman, J.M.; Chen, J. (2018). QTL identification and KASP marker development for productive tiller and fertile spikelet numbers in two high-yielding hard white spring wheat cultivars. *Mol. Breed.*, 38: 1-12.



ESJ Natural/Life/Medical Sciences

## **Infections Musculosquelettiques De L'adulte AU Centre Hospitalier Universitaire De Brazzaville: Difficultés Diagnostiques Et De Prise En Charge**

*Angalla Affleck Romaric Ledier  
Lamini N'Soundaht Norbert Edgard  
Richard Bileckot  
Ntsiba Honoré*

Service de Rhumatologie, Centre Hospitalier Universitaire de Brazzaville,  
Congo

Faculté des Sciences de la Santé, Université Marien Ngouabi,  
Brazzaville, Congo

*Moyikoua Régis Franck*

Service d'imagerie Médicale, Centre Hospitalier Universitaire de  
Brazzaville, Congo

Faculté des Sciences de la Santé, Université Marien Ngouabi, Brazzaville,  
Congo

*Bouhelo Pam Kevin Parfait Bienvenu*

Service de Traumatologie Orthopédie, Centre Hospitalier Universitaire de  
Brazzaville, Congo

Faculté des Sciences de la Santé, Université Marien Ngouabi, Brazzaville,  
Congo

*Akoli Ekoya Odzala*

*Nkouala Kidede Chabel*

*Omboumahou Bakale Francina*

*Salemo Anna*

*Kaloulou Armande*

Service de Rhumatologie, Centre Hospitalier Universitaire de Brazzaville,  
Brazzaville, Congo

[Doi:10.19044/esj.2021.v17n25p325](https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n25p325)

Submitted: 31 May 2021

Accepted: 01 July 2021

Published: 31 July 2021

Copyright 2021 Author(s)

Under Creative Commons BY-NC-ND

4.0 OPEN ACCESS

*Cite As:*

Ledier A.A.R., Norbert Edgard L.N., Bileckot R., Honoré N., Régis Franck M., Bienvenu B.P.K.P., Odzala A.E., Chabel N.K., Francina O.B., Anna S. & Armande K. (2021). *Infections Musculosquelettiques De L'adulte AU Centre Hospitalier Universitaire De Brazzaville:*

*Difficultés Diagnostiques Et De Prise En Charge.* European Scientific Journal, ESJ, 17(25), 325.

<https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n25p325>

---

## Resumé

**Objectif:** Rapporter les difficultés diagnostiques et de prise en charge des infections musculosquelettiques.

**Patients et méthodes:** Etude rétrospective menée dans les services de Rhumatologie et de Traumatologie/Orthopédie du CHU de Brazzaville du 1er Janvier 2017 au 30 Septembre 2020. Nous avons colligé et analysé les dossiers des patients hospitalisés pour infections musculosquelettiques. Le diagnostic d'infection musculosquelettique était retenu sur critères de Wald Vogel et al.

**Résultats:** La fréquence hospitalière était de 1.9%. Les hommes prédominaient (54.8%) avec un sex-ratio de 1.2. L'âge moyen était de 41.7ans (extrêmes 17 et 77 ans). Treize de nos patients étaient les travailleurs indépendants, 12 sans-emploi, les salariés et les étudiants respectivement dans 9 et 8 cas. La majorité de nos patients provenait du milieu rural dans 29 cas (69.1%). Il s'agissait de 13 cas (30.9%) d'ostéomyélites/Ostéites, 12 cas (28.5%) d'arthrites infectieuses, 9 cas (21.4%) de spondylodiscites tuberculeuses, 4 cas (9.6%) d'infections sur matériel d'ostéosynthèse et les myosites suppurées. Seuls 6 patients (14%) avaient réalisé une imagerie en coupes (l'IRM dans 4 cas, la TDM dans 2 cas), avec un délai moyen de réalisation de 6,1 jours (extrêmes 4 et 10 jours) et l'échographie ostéoarticulaire dans 6 cas (14%). L'analyse bactériologique était effectuée dans 25 cas (59.5%), parmi eux, une Pyo culture dans 11 cas (44%), l'analyse du liquide articulaire dans 5 cas (20%), les hémocultures 2 cas et la biopsie osseuse dans 1 cas(4%), avec un délai moyen de réalisation de 5,8 jours (extrêmes 2 et 11 jours). La culture était positive dans 13 cas (52%). Les principaux germes isolés étaient : le streptocoque dans 5 cas (38.4%), le staphylocoque 3 cas (23.1%), l'entérobactérie et le Pseudomonas dans 2cas (15.4%), le bacteroides dans 1 cas (7.7%).

**Conclusion:** Les infections musculosquelettiques sont une urgence diagnostique et thérapeutique et de diagnostic souvent tardif. Les principales difficultés sont le bas niveau socioéconomique et la faible accessibilité du plateau technique.

---

**Mots-clés:** Infection, Arthrite, Ostéite, Spondylodiscite, Myosite, Congo Brazzaville

## **Musculoskeletal Infections In Adults At The Brazzaville University Hospital: Diagnostic And Management Difficulties**

*Angalla Affleck Romaric Ledier*  
*Lamini N'Soundaht Norbert Edgard*  
*Richard Bileckot*  
*Ntsiba Honoré*

Service de Rhumatologie, Centre Hospitalier Universitaire de Brazzaville,  
Congo

Faculté des Sciences de la Santé, Université Marien Ngouabi,  
Brazzaville, Congo

*Moyikoua Régis Franck*

Service d'imagerie Médicale, Centre Hospitalier Universitaire de  
Brazzaville, Congo

Faculté des Sciences de la Santé, Université Marien Ngouabi, Brazzaville,  
Congo

*Bouhelo Pam Kevin Parfait Bienvenu*

Service de Traumatologie Orthopédie, Centre Hospitalier Universitaire de  
Brazzaville, Congo

Faculté des Sciences de la Santé, Université Marien Ngouabi, Brazzaville,  
Congo

*Akoli Ekoya Odzala*

*Nkouala Kidede Chabel*

*Omboumahou Bakale Francina*

*Salemo Anna*

*Kaloulou Armande*

Service de Rhumatologie, Centre Hospitalier Universitaire de Brazzaville,  
Brazzaville, Congo

---

### **Abstract**

**Objective:** This paper focuses on reporting the difficulties in diagnosing and managing musculoskeletal infections.

**Patients and Methods:** Retrospective study was conducted in the Rheumatology and Traumatology/Orthopedics departments of the Brazzaville University Hospital from January 1st, 2017 to September 30th, 2020. The files of hospitalized patients were collected and analyzed for musculoskeletal infections. The diagnosis of musculoskeletal infection was made according to the criteria of Wald Vogel et al.

**Results:** The hospital frequency was 1.9%. Men predominated (54.8%) with a sex ratio of 1.2. The average age was 41.7 years (range 17 and 77). Thirteen of the patients were self-employed, while 12 were unemployed. There were also 9 employees and 8 students. The majority of patients came



from rural areas in 29 cases (69.1%). These were 13 cases (30.9%) of osteomyelitis/Osteitis, 12 cases (28.5%) of infectious arthritis, 9 cases (21.4%) of tuberculosis spondylodiscitis, 4 cases (9.6%) of infections on osteosynthesis material and suppurative myositis. Only 6 patients (14%) had performed sectional imaging (MRI in 4 cases, CT in 2 cases), with an average completion time of 6.1 days (range 4 and 10 days). There were also 6 cases of ultrasound osteoarticular (14%). Bacteriological analysis was performed in 25 cases (59.5%): Pyo culture in 11 cases (44%), joint fluid analysis in 5 cases (20%), blood cultures in 2 cases and bone biopsy in 1 case (4%), with an average completion time of 5.8 days (range 2 and 11 days). Culture was positive in 13 cases (52%). The main germs isolated were streptococcus in 5 cases (38.4%), staphylococcus in 3 cases (23.1%), enterobacteria and Pseudomonas in 2 cases (15.4%), and bacteroides in 1 case (7.7%).

**Conclusion:** Musculoskeletal infections are a diagnostic and therapeutic emergency which is often late in diagnosis. The main difficulties are the low socioeconomic level and the poor accessibility of the technical platform.

---

**Keywords:** Infection, Arthritis, Osteitis, Spondylodiscitis, Myositis, Congo Brazzaville

## Introduction

Les infections musculosquelettiques regroupent un nombre important de situations cliniques : arthrites septiques ; spondylodiscites infectieuses ; ostéomyélites ; infections sur prothèse articulaire ; infections du pied diabétique ; ostéites post-opératoires avec ou sans matériel d'ostéosynthèse et les pyomyosites (Habett El khalil, 2018). Ces infections constituent une urgence diagnostique et thérapeutique, non seulement du fait des risques septiques, mais également des risques fonctionnels encourus notamment par la destruction des structures articulaires. Le diagnostic repose sur un trépied : clinique, biologique et imagerie, qui doit être précoce afin d'adapter le traitement (Weston et al., 1999). Les germes en cause sont très variés, les plus retrouvés sont : le staphylocoque aureus, le streptocoque et les bacilles à gram négatif, mais aussi le bacille de Koch (Asseray et al., 2012; Malghem et al., 1997). L'imagerie avec l'apport des différentes techniques telle que l'imagerie par résonance magnétique (IRM), la tomодensitométrie et la polymérase chain reaction (PCR) ont un rôle primordial dans le diagnostic précoce et dans la surveillance sous traitement. Elles intéressent toutes les tranches d'âge et leurs manifestations cliniques sont fonction du terrain, de la localisation, du germe responsable (Asseray et al., 2012). L'enquête bactériologique est cruciale avant toute antibiothérapie pour le succès thérapeutique (Dubost et al., 2000; Gupta et al., 2001; Ledantec et al., 1996; Studahl et al., 1994). La chirurgie, comprenant un lavage, un débridement une synovectomie, une

séquestrectomie couplée à une antibiothérapie, paraît avantageuse par rapport au traitement médical seul (Bussiere et al., 1999; Faraj et al., 2002; Jerosh et al., 1995; Jerosh et al., 1998; Visposeara et al., 2002). En Afrique subsaharienne, les infections musculosquelettiques sont très fréquentes (Houzou et al., 2017; Moyikoua et al., 1993). Elles constituent une cause fréquente de morbidité à l'origine de handicap parfois sévère mais aussi de mortalité (Ntsiba et al., 2003). Au Congo Brazzaville, les infections musculosquelettiques constituent un motif fréquent d'hospitalisation dans le service de Rhumatologie au CHU-B avec une fréquence hospitalière de 33% (Ntsiba et al., 2003). Plusieurs études ont été faites sur les infections musculosquelettiques parmi lesquelles 100 cas d'arthrites septiques du genou en zone tropicale (Ntsiba et al., 2003), les aspects morphologiques du Mal de POTT chez l'adulte congolais à Brazzaville (Lamini et al., 2019), les ostéomyélites chroniques de l'adulte à Brazzaville (Monka et al., 2018), aspects bactériologiques et évolutifs des arthrites septiques à Brazzaville (Biléckot et al., 2006). Dans le souci de compléter les travaux sur les infections musculosquelettiques en Afrique subsaharienne, particulièrement au Congo, nous avons initié cette étude dont l'objectif était de rapporter les difficultés diagnostiques et de prise en charge des infections musculosquelettiques au CHU de Brazzaville.

## **Patients et Méthodes**

### **Cadre et période d'étude**

Il s'agissait d'une étude rétrospective, transversale, menée dans les services de Rhumatologie et de Traumatologie/Orthopédie du Centre Hospitalier Universitaire de Brazzaville (CHU-B), du 1er Janvier 2017 au 30 Septembre 2020, soit une période de 3 ans et 8 mois.

### **Collecte et analyse des données**

Dans un premier temps, la collecte des données s'est faite sur les dossiers colligés des patients suivis pour infections musculosquelettiques. Ceux dont le diagnostic d'infections musculosquelettiques répondait aux critères de critères de Wald Vogel et al ont été retenus. A partir des données recueillies dans les dossiers médicaux, les patients ont été contactés individuellement par téléphone ou joints à leur domicile. Après consentement éclairé, les patients ont été vus en consultation dans le service de Rhumatologie du CHU, afin de recueillir les caractéristiques sociodémographiques (âge, sexe, profession, provenance), de rapporter les aspects cliniques et les difficultés diagnostiques et de prise en charge .

## **Critères diagnostiques**

Parmi les patients hospitalisés, nous avons recherché, sur la base des données anamnestiques, cliniques, biologiques, radiologiques et histologiques, les signes d'infections musculosquelettiques :

### **-données cliniques**

Le diagnostic d'infections musculosquelettiques était évoqué chez les patients présentant une fièvre, une porte d'entrée, une altération de l'état général, un terrain prédisposé, une fistule, une rachialgie inflammatoire, une tuméfaction des parties molles, des signes inflammatoires locaux avec une douleur, une tuméfaction, une augmentation de la chaleur locale, une raideur ou une gibosité, une monoarthrite, une oligoarthrite ou une polyarthrite fébrile;

### **-données paracliniques**

-L'isolement d'un agent microbien par ponction articulaire, d'un abcès para vertébral, ponction de myosite, au niveau de la porte d'entrée, par les hémocultures, la pyoculture, l'uroculture ou coproculture et histologiquement par la mise en évidence du germe à la biopsie synoviale, discovertébrale, osseuse et de la collection des parties molles ;

- Présence d'un syndrome inflammatoire biologique avec l'accélération de la vitesse de sédimentation (normale inférieure à 20 mm à la première heure), l'augmentation de la C-réactive protéine (normale inférieure à 6 mg/l), l'hyperleucocytose à polynucléaires neutrophiles (normale comprise entre 4000 et 10000 globules blancs par millimètre de sang et 1800-7000 polynucléaires neutrophiles par millimètre cube) et une thrombocytose (normale 150.000 et 400.000 cellules par millimètre cube);

- sur le plan radiologique, l'existence de signes d'arthrite avec une déminéralisation épiphysaire, un pincement global de l'interligne articulaire, des érosions ou géodes en miroir et des signes de spondylodiscite avec un pincement discal global, une déminéralisation des plateaux vertébraux adjacents, des érosions ou des géodes en miroir, l'apposition périostée, le séquestre, l'épaississement des parties molles ;

- A L'IRM par la présence d'un hypersignal en T1, un hypersignal en séquence STIR ou T1 après injection du gadolinium, l'hypersignal en T2 du disque et des plateaux adjacents avec abcès des parties molles paravertébrales et dans l'espace péri-dural, l'absence de rehaussement du signal du disque après injection de gadolinium en cas de tuberculose dans la spondylodiscite. Dans l'ostéite et l'ostéomyélite, un signal inflammatoire de la médullaire osseuse, bien avant que n'apparaissent les images radiographiques ou scannographiques et la mise en évidence d'un abcès des parties molles. Dans les arthrites, elle explore les cartilages articulaires, la synoviale, la trame ostéomédullaire et les structures musculotendineuses.

- Tomodensitométrie (TDM) : l'érosion d'un angle vertébral, l'abcès péri vertébral ou épidual dans la spondylodiscite. Dans l'ostéite et l'ostéomyélite, le scanner a permis une étude fine de la corticale osseuse et la visualisation de la diffusion dans les parties molles et par la Présence d'un épanchement à l'échographie.

### **Données thérapeutiques et évolutives**

- sur le plan évolutif et thérapeutique, guérison sous antibiothérapie.

### **Criteres d'inclusion**

Les patients âgés d'au moins 17ans, hospitalisés pour infections musculosquelettiques

### **Criteres de non inclusion**

Ont été inclus ,les patients dont les dossiers médicaux ne comportaient aucun bilan minimum biologique ou radiologique, les patients hospitalisés pour autres affections, les infections chez l'enfant et les infections du pied diabétique .

Le logiciel SPSS 22 a permis l'analyse des données cliniques.

## **Résultats**

### **Données sociodémographiques**

Du 1er Janvier 2017 au 30 Septembre 2020, 2203 patients ont été admis dans les services de Rhumatologie et Traumatologie-Orthopédie du Centre Hospitalier Universitaire de Brazzaville, parmi lesquels 42 ont été hospitalisés pour infections musculosquelettiques soit une fréquence hospitalière de 1.9%). Notre échantillon était composé de 23 patients du sexe masculin (54.8%) et 19 de sexe féminin (45.2%). Le sex-ratio était de 1.2. La moyenne d'âge était de 41.6 ans avec des extrêmes de 17 et 77 ans. La tranche d'âge de 51 et 60 ans était la plus représentée (Figure 1).

La majorité de nos patients étaient les travailleurs indépendants dans 13 cas (30.1% ) suivi des sans-emplois 12 cas (28.4%), les salariés et les étudiants respectivement dans 9 cas (21.4%) et 8 cas (19.1%). 29 patients (69.1%) provenaient du milieu urbain et 13 (30.9%) du milieu rural.

### **Données cliniques**

#### **Types d'infections musculosquelettiques**

Les principales infections musculosquelettiques (Tableau I) retrouvées étaient : l'ostéomyélite/ostéite dans 13 cas (30.9%), l'arthrite septique dans 12 cas (28.5%) dont 10 à germes banals et 2 cas à germe spécifique (presumées tuberculeuses), la spondylodiscite infectieuse

presumées tuberculeuses dans 9 cas (21.4%), la myosite et les infections sur matériel dans 4 cas (9.6%) respectivement.

### **Delai de diagnostic**

Le delai moyen de diagnostic était de 27 jours avec des extremes de 5-223 jours, avec 63,4% des cas au stade de chronicité.

### **Motif de consulataion**

La douleur était le motif de consultation le plus retrouvé. Elle était présente chez tous les patients (100%), suivie de l'impotence fonctionnelle dans 38 cas (90.5%) et la fièvre chez 19 patients (45.2%).

### **Mode de debut**

Le debut des symptomes était progressif chez 27 patients (64.3%) et brutal chez 15 patients (35.7%). L'horaire des douleurs était inflammatoire chez 31 patients (73.8%), mixte chez six (14.3%) et mécanique chez cinq sujets (11.9%).

### **Examen clinique**

#### **Signes généraux**

L'état général était conservé chez 37 patients (88.1%) et altéré chez 5 patients (11.9%).

#### **Signes physiques**

Au plan locomoteur, les signes locaux retrouvées sont illustrés dans le tableau II. Au plan radiculaire, un patient avait une radiculalgie L5 droite. Une complication neurologique a été notée chez quatre patients (9.5%) à type de compression médullaire respectivement au niveau C7-T2, T4-T5, T6 et T8-T9.

Les adénopathies étaient présentes chez deux patients (4.7%), siégeant au niveau inguinal et axillaire dans un cas.

Une porte d'entrée était retrouvée, toutes dans l'arthrite septique, elle est cutanée dans 54% de cas, génitale dans 33% de cas et ORL dans 13% de cas.

#### **Facteurs favorisants**

Le terrain prédisposant était : les traumatismes dans 9 cas (21.4%), dont quatre (9.6%) étaient en rapport avec un accident de la voie publique (AVP) ; Un geste chirurgical au niveau du site infectieux a été noté chez cinq patients (11.9%), l'antécédent de chirurgie avec pose de matériel dans 4 cas (9.5%), l'alcoolisme dans 4 cas (9.5%), le diabète sucré, la corticothérapie, l'insuffisance rénale, la drepanocytose, le VIH /SIDA, le lupus erythemateux sytemique et la tuberculose pulmonaire dans 1 cas chacun.

## **Données paracliniques**

### **Difficultés diagnostiques**

### **Données biologiques**

La numération formule sanguine était réalisée chez 32 patients (76.1%), elle montrait chez 27 patients (64.3%) les anomalies suivantes: une hyperleucocytose à polynucléaires neutrophiles avec un nombre moyen de globules blancs de 12563 cellules par mm<sup>3</sup> avec des extrêmes de 3400 et 34930 cellules par mm<sup>3</sup> ; une anémie inflammatoire chez deux patients (4.7%) avec un taux moyen d'hémoglobine de 9,5 g/dl avec des extrêmes de 3,5 et 15 g/dl.

La protéine C-réactive était réalisée chez 28 patients (66.7%), elle était élevée chez 27 patients (64.3%). Avec une CRP moyenne de 74 mg/l avec des extrêmes de 0 et 444 mg/l. Une vitesse de sédimentation n'a été réalisée que chez 18 patients (42.3%), la valeur moyenne était de 78 millimètres à la première heure avec des extrêmes de 0 et 150 mm.

### **Prelevements bacteriologiques**

Les prélèvements bacteriologiques ont été faits dans 25 cas (59.5%) sur 42 patients avec un délai moyen de réalisation de l'acte de 5,8 jours avec des extrêmes de 2 et 11 jours. Ils étaient faits au niveau de la porte d'entrée dans 11 cas (26.2%) ; les urines (ECBU) dans 6 cas (14.3%) ; le liquide articulaire dans 5 cas (11.9%) ; les hémocultures dans 2 cas (4.7%) et la biopsie osseuse dans 1 cas (2.4%). La culture était positive dans 13 cas (30.9%).

Le streptocoque était le germe le plus retrouvé (5 fois) suivi du staphylocoque (3 fois) (Figure 2).

### **Imagerie**

**Radiographie standard** : elle a été prescrites chez tous les patients à l'admission. Les anomalies ont été notées chez 39 patients (92.8%). L'étude analytique des signes radiologiques par affection musculosquelettique est illustrée dans le Tableau III.

### **Imagerie en coupe**

L'imagerie en coupe était réalisée dans 14.3 % cas avec un délai moyen de réalisation de 6,1 jours avec des extrêmes de 4 et 10 jours .

### **Imagerie par résonance magnétique**

L'imagerie par résonance magnétique sans injection du produit de contraste a été réalisée chez quatre patients. Les anomalies retrouvées au cours d'une spondylodiscite inctieuse d'origine tuberculeuse étaient : un hyposignal T1 des disques et corps vertébraux C7-T2, hypersignal T2 des disques avec érosion des plateaux vertébraux en miroir C7-T1 et un hypersignal en STIR

dans un cas ; un hyposignal T1, hypersignal T2 aux étages T11-T12 et T12-L1 et un hypersignal en STIR dans un cas ; une compression médullaire dans 2 cas ; une luxation de la rotule et une sacroiliite gauche dans un cas chacun au cours d'arthrite septique.

### **Scanner**

La tomodensitométrie a été réalisée chez deux patients, montrant : une lyse osseuse et une collection des parties molles au cours d'une coxite et une lyse osseuse, une collection des parties molles avec une compression médullaire dans la spondyliscite infectieuse d'origine tuberculeuse.

L'échographie a été réalisée chez six patients (14.3%) ; il s'est agi d'une échographie articulaire dans 5 cas et des parties molles dans un cas. Les anomalies retrouvés étaient : une collection des parties molles dans 3 cas ,un épanchement intraarticulaire dans 2 cas et une hyperhémie de la membrane synoviale dans 1 cas.

### **Données thérapeutiques**

#### **Difficultés thérapeutiques**

La prise en charge était multidisciplinaire associant des rhumatologues, des traumatologues, des infectiologues et les kinésithérapeutes.

L'antibiothérapie était prescrite chez tous les patients, associant une bi ou tri antibiothérapie probabiliste contre les germes banals chez 31 patients, adaptée après l'antibiogramme chez 13 patients ,une antibiothérapie spécifique pour les infections présumées à bacille de Koch (BK) chez 11 patients selon le protocole national de lutte contre la tuberculose EHRZ (E= ethambutol, H= isoniazide, R= rifampicine, Z= pyrazinamide) pendant 12 mois reparti en 2 périodes : 1ère période EHRZ pendant 2 mois et 2ème période RH à partir du 3ème mois jusqu'à au moins 12 mois.

La durée moyenne du traitement était de 60 jours avec les extrêmes de 21 et 365 jours.

La chirurgie a été réalisée chez 22 patients et l'immobilisation a été faite chez 20 patients.

#### **Difficultés évolutives**

La durée moyenne d'hospitalisation était de 19,07 jours avec des extrêmes de 3 et 92 jours. L'évolution était favorable pendant la période d'hospitalisation chez 38 patients (90.5%), marquée par la régression des signes inflammatoires locaux, l'apyrexie, la régression du syndrome inflammatoire biologique et la stabilisation des signes radiologiques. Chez deux patients (4.7%), l'évolution était défavorable, marquée par la survenue d'un décès par choc septique et une suppuration respectivement dans un

cas.L'évolution à moyen terme (après la sortie) : 39 patients (92.8%) sont suivis régulièrement, une récurrence et une ankylose ont été notées respectivement dans un cas.Une arthrolyse a été réalisée chez un patient et 3 patients ont été perdus de vue (7.1%).

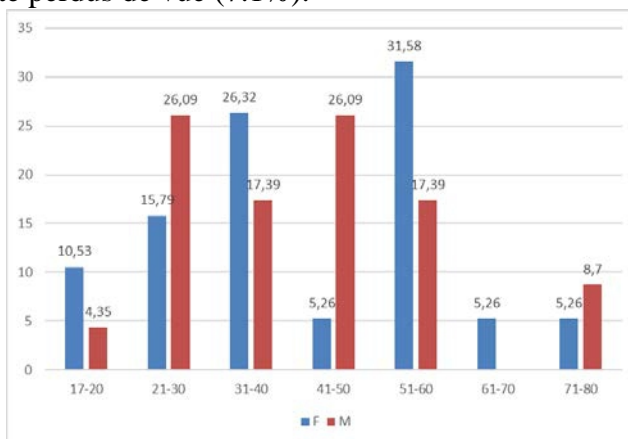


Figure 1. Répartition des patients en fonction de l'âge et du genre

**Tableau I.** Répartition des patients en fonction des pathologies

Pathologies	Nombre de cas	%
Ostéomyélite/Ostéite	13	30.9
Arthrite septique	12	28.5
Spondylodiscite infectieuse	9	21.4
Myosite	4	9.6
Infection sur matériel	4	9.6
<b>Total</b>	<b>42</b>	<b>100</b>

**Tableau II.** Signes locaux

Localisation	Effectif (n)	%
<b>Au Niveau des Segments des Membres</b>		
Douleur	17	100
Tuméfaction	17	100
Plaie	8	47.1
Fistule	6	35.3
<b>Au Niveau des Articulations Périphériques</b>		
Douleur	12	100
Raideur	11	91.7
Tuméfaction	7	58.3
Augmentation de la chaleur locale	7	58.3
Choc rotulien	7	58.3
Luisance	7	58.3
Rougeur	5	41.7
<b>Au Niveau Axial</b>		
Douleur	9	100
Raideur	9	100
Contracture des muscles paravertébraux	8	91.7



Gibbosité	4	44.4
<b>Au Niveau Musculaire</b>		
Tuméfaction	4	100
Rougeur	4	100
Luisance	4	100
Augmentation de la chaleur locale	4	100
Douleur	4	100

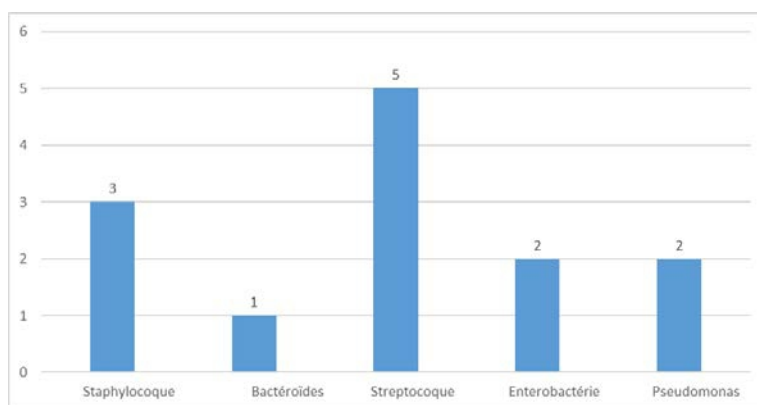


Figure 2. Répartition des espèces bactériennes isolées

Tableau III. Principaux signes radiologiques observés au cours des différentes pathologies

	Effectif (n)	%
<b>Ostéomyélite/Ostéite</b>		
Apposition périostée	7	17.9
Séquestre	6	15.3
Lyse osseuse	6	15.3
Ostéocondensation	6	15.3
Epaississement de la corticale	4	10.3
Epaississement des parties molles	2	5.1
Abcès de Brodi	1	2.5
<b>Arthrite septique</b>		
Pincement de l'interligne articulaire	9	23.1
Déminéralisation osseuse	7	17.9
Géodes	4	10.3
Epaississement des parties molles	3	7.7
Erosions	1	2.5
<b>Spondylodiscite</b>		
Effacement du liséré cortical	5	12.8
Déminéralisation osseuse	5	12.8
Pincement discal	4	10.3
Fuseau paravertebral	1	2.5
Erosion	1	2.5
Tassement	1	2.5
Géode	1	2.5
<b>Infection sur matériel</b>		

Séquestre	2	5.1
Epaississement des parties molles	1	2.5
Déminéralisation osseuse	1	2.5
Réaction périostée	1	2.5
<b>Myosite</b>		
Epaississement des parties molles	4	100

## Discussion

### Fréquence

Du 1er Janvier 2017 au 30 Septembre 2020, nous avons recensé 42 cas d'infections musculosquelettiques dans les services de Rhumatologie et Traumatologie-Orthopédie du Centre Hospitalier Universitaire de Brazzaville, soit une fréquence hospitalière de 1.9%. Le programme de médicalisation des systèmes d'information (PMSI) en France en 2008 rapportait une fréquence hospitalière de 0.22% des infections ostéoarticulaires (Grammatico et al., 2013). Notre fréquence était supérieure à celle du PMSI, cela pourrait s'expliquer par la taille de leur échantillon (16 millions d'hospitalisation et 36091 cas d'IOA).

### Sexe Et Age

Notre étude avait retrouvé une prédominance masculine (54.8% avec un sex-ratio = 1,2). Cette prédominance masculine est classiquement retrouvée dans la littérature (Habett EL khalil au Maroc en 2018) rapportait une prédominance masculine (79.41%); il en est de même pour Grammatico et al en France en 2016 (63.8%) et Sangare et al au Mali en 2008 (80.77%) (Habett EL khalil, 2018; Grammatico et al., 2012; Sangare et al., 2008). Les infections musculosquelettiques touchent toutes les tranches d'âge (Asseray et al., 2012), dans notre étude l'âge moyen était de 41,6 ans avec des extrêmes de 17 et 77 ans. La tranche d'âge la plus représentée était celle de 51-60 ans avec 23,8% des cas. Nos résultats sont inférieurs à ceux de Guillon en France qui trouvait 56,5% des cas entre 50-69 ans avec une prévalence augmentant avec l'âge (Grammatico et al., 2012). Cela pourrait s'expliquer par le vieillissement de la population vulnérable aux infections.

### Facteurs favorisants

Plusieurs facteurs prédisposent certaines personnes à développer les infections musculosquelettiques notamment le diabète sucré, l'âge avancé (supérieur ou égal à 60 ans), la polyarthrite rhumatoïde, les connectivites, la corticothérapie, l'insuffisance rénale, l'immunodépression, l'accident de la voie publique (AVP), les hémoglobinopathies, la toxicomanie et les gestes invasifs (chirurgie-infiltration) sur une articulation etc (Asseray et al., 2012). Dans notre série, les deux principaux facteurs de risque favorisant les infections musculosquelettiques étaient le traumatisme (21.4% des cas) et la

drépanocytose (21.4% des cas). Habett El khalil au Maroc a démontré une forte implication des traumatismes dans la survenue des infections ostéoarticulaires (Habett El khalil, 2018).

### **Difficultés Diagnostiques**

Le diagnostic des infections musculosquelettiques se fait sur la base des données cliniques, biologiques et d'imagerie (Weston et al., 1999). Dans notre étude, le diagnostic s'est plus fait sur la base des données cliniques et radiologiques. Les examens bactériologiques n'ont été réalisés que chez 25 patients, la culture n'a isolé que 13 fois le germe. Cela pourrait s'expliquer par la faible accessibilité au plateau technique, la précarité de nos patients ne pouvant pas faire face aux examens avec un coût élevé et l'automédication qui est une situation fréquente dans notre contexte pouvant décapiter le germe, allongeant ainsi le délai de consultation. Il est décrit dans la littérature que *Staphylococcus aureus* est le germe fréquemment retrouvé (Monka et al., 2018; Grammatico et al., 2012; Patel et al., 1997). Dans notre étude le streptocoque était le germe le plus retrouvé (5 fois) suivi du staphylocoque (3 fois). Cette différence peut être expliquée par le fait que l'analyse bactériologique n'a pas été faite chez tous nos patients. Le membre pelvien était le membre le plus atteint 29 fois. Monka au Congo en 2019 rapportait une atteinte du membre pelvien 17 fois sur 22 cas. Nos résultats sont supérieurs, cette différence pourrait s'expliquer par le fait que l'étude de Monka n'a porté que sur les ostéomyélites (Monka et al., 2018).

### **Difficultés thérapeutiques**

Le traitement était instauré sur la base des arguments présomptifs alors qu'il devrait se faire sur la base des résultats bactériologiques comme décrit dans la littérature (Dubost et al., 2000; Gupta et al., 2001; Ledantec et al., 1999; Studahl et al., 1994). Dans notre étude, l'antibiothérapie dans la majorité des cas était probabiliste et le demeurait jusqu'à la guérison. Ceci pourrait s'expliquer par l'insuffisance des moyens financiers à réaliser les examens paracliniques d'orientation.

### **Difficultés évolutives**

Nos patients étaient admis à un stade chronique (64.3%), le délai moyen de consultation était de 27 jours avec des extrêmes de 5 et 223 jours, ce qui rendait la prise en charge laborieuse.

La durée moyenne d'hospitalisation dans notre série était de 19,07 jours. Cette durée d'hospitalisation est légèrement supérieure à celle rapportée par le PMSI (17,4 jours) (Grammatico et al., 2012). Cela pourrait s'expliquer par la durée d'attente des examens prescrits et la précarité de nos patients ne pouvant faire face rapidement à l'achat des médicaments. L'évolution était

émailée de récides, des complications. Cela pourrait s'expliquer par la précarité de nos patients et leur croyance, nombreux avaient recours initialement aux traitements traditionnels comme rapportait Sangare A et al au Mali en 2008 (Sangare et al., 2008).

## Conclusion

De cette étude hospitalière portant sur une période de 3 ans et 8 mois, il ressort les faits suivants :

Les infections musculosquelettiques sont fréquentes dans les pays en voie de développement. La prise en charge adéquate des infections musculosquelettiques se heurte à des difficultés inhérentes aux conditions d'exercice en milieu hospitalier sous équipé. En effet, le retard diagnostic, l'insuffisance du plateau technique ne permettent pas de réunir les arguments paracliniques contributifs à la certitude du diagnostic et à une antibiothérapie précoce et adaptée. De même, le niveau socioéconomique de nos patients ne leur permet pas de faire face aux examens paracliniques à cause de leur coût élevé et les difficultés de collecte des données à cause de l'inaccessibilité infrastructurelle dues à la prise en charge des patients COVID positif. Malgré tout, la guérison a été obtenue le plus souvent par une prise en charge médicochirurgicale avec une stratégie antibiotique dominée par une antibiothérapie probabiliste au prix de séquelles fonctionnelles dépendant de l'importance de dégradation articulaire et osseuse pré-thérapeutique, avec un suivi qui reste difficile dans notre contexte.

## References

1. Asseray, N., Dary, M., & Potel, G. (2012). Arthrites septiques aiguës de l'adulte Mécanismes physiopathologiques des arthrites septiques, stratégie diagnostique et thérapeutique à mettre en oeuvre. Urgences infectieuses; 53 : 1-8.
1. Bussiere, F. & Beaufils, P. (1999). Arthroscopic management of pyoarthrititis of the adult knee. Report of 16 cases. Rev Chir Orthop; 85: 803-10.
2. Biléckot, RR., Miakoundoba, RC., & Yala, F. (2006). Microbiology and prognosis of septic arthritis in Brazzaville. Joint Bone Spine 73 ; 570-8.
3. Dubost, JJ., Soubrier, M., & Sauvezie, B. (2000). Pyogenic arthritis in adults. Joint Bone Spine; 67: 11-21.
4. Faraj, AA., Omonbude, OD., & Godwin, B. (2002). Gram staining in the diagnosis of acute septic arthritis. Acta Orthop Belg; 68: 388-91.
5. Gupta, MN., Sturrock, RD., & Field, M. (2001). A prospective 2 year study of 75 patients with adult-onset septic arthritis. Rheumatology; 40: 24-30.

6. Grammatico, GL., Baron, S., Gettner, S., Lecuyer, AI., Gaborit, C., Rosset, P. et al. (2013). Surveillance hospitalière des infections ostéoarticulaires en France: analyse des données médicoadministratives, PMSI 2008. Bulletin Epidémiologique Hebdomadaire; 4-5 : 39-44.
7. Grammatico, GL., Baron, S., Gettner, S., Lecuyer, AI., Gabout, C., Rosset, P. et al. (2012). Bone and joint infection in hospitalized patients in France, 2008: clinical and economic outcomes. J Hosp Inf Sept ; 82 : 40-8.
8. Habett El khalil (2018). Profil épidémiologique des infections ostéoarticulaires. Marrakech: Faculté de médecine et de pharmacie. Thèse de doctorat en Médecine, Maroc ; n° 155 : 122p.
9. Houzou, P., Kakpovi, K., Fianyo, E., Viwalé, E S., Tagbor, K C., Landoh, D E. et al. (2017). Profil des IOA en consultation Rhumatologique au CHU-Kara (Togo). European Scientific Journal september; 251-7.
10. Jerosh, J., Hoffstetter, I., Schroder, M., & Castro, WH. (1995). S antibioticceptic arthritis: arthroscopic management with local antibiotic treatment. Acta Orthop Belg; 61: 126-34.
11. Jerosh, J. & Prymka, M. (1998). Arthroscopic therapy of septic arthritis surgical technique and results. Unfall Chirurg; 101: 454-60.
12. Ledantec, L., Maury, F., & Flipo, RM. (1996). Peripheral pyogenic arthritis. A study of one hundred seventy-nine cases. Rev Rhum Engl Ed; 63: 103-10.
13. Lamini, NNE., Moyikoua, R., Moussounda, MGS., Ntsiba, H., & Biléckot, R. (2019). Aspects morphologiques du mal de Pott chez l'adulte congolais à Brazzaville. Health Sci Dis September - October ; 20 (5) : 64-7.
14. Malghem, J., Mosseray, A., VandeBerg, B., Lebon, C., & Maldague, B. (1997). Radiologic aspects of the loosening of cemented hip prostheses : mechanical, septic or granulomatous etiology ? J Belge Radiol ; 80(4): 173-84.
15. Monka, M., Mboutol, MC., Massamba, MD., Note, MM., Ngatsé, OA., & Moyikoua, A. (2018). Ostéomyélites chroniques de l'adulte à Brazzaville. Health Sci Dis April – May – June ;19 (2) : 127-30.
16. Ntsiba, H., Bazébissa, R., Lamini, N., & Yala, F. (2003). Cent cas d'arthrites septiques du genou en zone tropicale. Bull Soc Pathol Exot; 244-6.
17. Moyikoua, A., Kaya, JM., Ondzotto, JM., & Pena-Pitra, B. (1993). Complications septiques des ostéosynthèses des membres. A propos de 402 interventions. Méd Afr Noire; 40 (12) :723-6.

18. Patel, SR., Oleginski, TP., Perruquet, J., & Harrington, TM. (1997). Clinical features and predisposing conditions. *J Rheumatol*; 24: 1734-8.
19. Studahl, M., Bergman, B., Kalebo, P., & Lindberg, J. (1994). Septic arthritis of the knee: a 10 year review and long term follow up using a new scoring system. *Scand J infect Dis* ; 26: 85-93.
20. Sangare, A., Alwata, I., Sidibe, S., Macalou, M., & Toure, AA. (2008). Les ostéites dans les services d'Orthopédie et de traumatologie de l'hôpital Gabriel Touré de Bamako. *Mali medical* ; 23(1) : 27-30.
21. Visposeara, JL., Barthel, T., Schmitz, H., & Eulert, J. (2002). Arthroscopic treatment of septic joints : prognostic factors. *Arch orthop Trauma Surg*; 122: 204-11.
22. Weston, V., Jones, A., Bradbury, N., Fawthrop, F., & Doherty, M. (1999). Clinical features and out-come of septic arthritis in a single UK Health District 1982-1991. *Ann Rheum Dis* ;58: 214-9.



## **Dynamics And Impact Of Flowering Insects On *Sesamum indicum* L. (Pedaliaceae) Production In Maroua (Far-North, Cameroon)**

***Michelson Azo'o Ela, PhD, Lecturer***

***Tyotouing Ndouwe, MSc in Applied Entomology***

***Catherine Firitawada, MSc in Applied Entomology***

***Stéphanie Beaudelaine Kengni, PhD, Lecturer***

Department of Biological Sciences, Faculty of Science, University of Maroua, Maroua, Cameroon

***Jackson Djakbe, PhD, Lecturer***

Department of Agriculture, Livestock and By-Products, The National Polytechnic Higher School of Maroua, University of Maroua, Maroua, Cameroon

***Nentchere Mbere, MSc in Entomology***

***Fernand-Nestor Tchuenguem Fohouo, PhD, Full-Professor***

Department of Biological Sciences, Faculty of Science, University of Ngaoundéré, Ngaoundéré, Cameroon

[Doi:10.19044/esj.2021.v17n25p342](https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n25p342)

Submitted: 26 April 2021

Accepted: 14 June 2021

Published: 31 July 2021

Copyright 2021 Author(s)

Under Creative Commons BY-NC-ND

4.0 OPEN ACCESS

*Cite As:*

Azo'o Ela M., Ndouwe T., Firitawada C., Kengni S.B., Djakbe J., Mbere N. & Tchuenguem Fohouo F-N. (2021). *Dynamics And Impact Of Flowering Insects On Sesamum indicum* L. (Pedaliaceae) Production In Maroua (Far-North, Cameroon). European Scientific Journal, ESJ, 17(25), 342.

<https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n25p342>

### **Abstract**

The study of the variability of the flower visiting entomofauna between Palar and Djarengol-Kodek (Maroua, Cameroon) and the influence of the pollination type were carried out in 2020 for assessing their impact on sesame production. Three treatments of 50 plants each were used according to whether the flowers were open-pollinated (TA) or protected using mosquito net cages (TB) and plastic cages (TC) for analysis. The diversity and composition of the entomofauna were compared between localities from TA as well as the

resulting pod and seed yields of the crop. 21 and 12 insect species were found foraging on sesame flowers in Palar and Djarengol-Kodek respectively. Hymenoptera had a high relative abundance > 92% at both sites and played a key role in pollinating the flowers of the host plant species. The diversity index was higher in Palar ( $H' = 3.10$ ) than in Djarengol-Kodek ( $H' = 2.64$ ). The Jaccard similarity index between both sites was  $J = 0.43$ . During their floral activity, these bees promoted autogamy, geitonogamy and xenogamy on *S. indicum* flowers. The impact of the floral activity of bees on sesame pod and seed yields was in the range of 17.92% - 29.27% and 12.97% - 18.39% in Djarengol-Kodek and Palar respectively with a significant difference between these values ( $X^2 = 156.20$ ;  $df = 1$ ;  $P < 0.001$  and  $X^2 = 69.74$ ;  $df = 1$ ;  $P < 0.001$ ). These differences showed the important role of the variability of the composition and the relative abundance of pollinators on sesame production between sites. Moreover, bee pollination (TA) highly increased anemophily (TB) and cleistogamy (TC) in sesame. Encourage producers to adopt more environmental friendly management methods to help preserve the habitat of sesame pollinator species for better productivity is an important practice.

---

**Keywords:** Apidae, Diversity, Flowering Insect, Pollination, Sesame, Yield

## Introduction

Insects forage nectar from flowers for their energy needs and collect pollen which supplies them and their offspring with protein, lipids, and nutrients (Baum *et al.*, 2011). During their floral activity, they ensure the intra and interflowered transfer of pollen grains from the producing anthers to the receptive stigmas which precedes fertilization (Guerriat, 1996). Pollinating insects include certain species of beetles, butterflies, true flies, and above all, bees that maintain a deep network with flowers (Canto-Aguilar and Parra-Tabla, 2000). As a bee goes from flower to flower, pollen grains get caught in the branched hairs, which facilitates their collection and transfer (Vaissière, 2002). Moreover, their flower constancy during a foraging trip restricts the venture to feed on other flower types and make them efficient and precise pollen vectors for a given plant species in bloom (Hill *et al.*, 1997; Chittka *et al.*, 1999; Raine *et al.*, 2006).

More than 200,000 species of bees worldwide contribute to the survival and evolution of more than 80% of plant species (Michener, 2007). These Hymenoptera, both native and social, play an essential role in global food production (Klein *et al.*, 2007). Bees commonly carry tens of thousands of pollen grains on their fur and deposit large quantities on the stigmas of plants (Allen-Wardell *et al.*, 1998). The immediate consequence of this activity is the efficient gametic selection of pollen tubes which leads to a quantitative increase in fruit and seed yields (Vaissière, 2002). Also,



qualitatively, by going from flower to flower, bees transport pollen from genetically different individuals and the deposition of allo-pollen allows cross-fertilization and reproduction of all plant species, even self-incompatible ones (Vaissière, 2002).

Despite the essential involvement of bees in plant breeding, crop pollination is commonly cited as an example of an endangered ecosystem service (Kevan and Phillips, 2001). All over the world, populations of domestic and wild bees are declining (Forister *et al.*, 2019). The destruction of nesting sites linked to the fragmentation of biotopes, extensive urbanization, atmospheric pollution (van Langevelde *et al.*, 2018), spreading of phytosanitary products, diseases, and the scarcity of a range of suitable plants, contributes to dangerously reduce the pollinating entomofauna of plant species (Haubruge *et al.*, 2006; Sánchez-Bayo and Wyckhuys, 2019).

Sesame (*Sesamum indicum* L.) is a major oilseed crop in many tropical and subtropical regions around the world (Kamel *et al.*, 2013). This culture is popular through its vegetable oil which ranks sixth in the world, making Burma, India, China, Ethiopia, Sudan, Uganda, Nigeria, Bangladesh, Egypt and Pakistan the main producers (FAOSTAT, 2012). In Cameroon more particularly, the Far North region is suitable for the cultivation of sesame, the seeds of which are commonly eaten dried or in caramelized form. Information on insect pollination are lacking at the level of sesame growers in the Sudano-Sahelian region of Cameroon. Though pesticides are used to limit the harmful action of insect pests incriminated in the decline in sesame production, these pesticides are indiscriminate and reduce also the number and diversity of useful insects such as pollinators. This can cause the expected pod or seed yields to drop considerably (Southwick and Southwick, 1992).

The present study has as main objective the search for entomological knowledges that could facilitate the increase and sustainable production of *S. indicum* in parallel trials in Maroua. This work aims in particular to: 1) evaluate the diversity of flowering insects associated with sesame production; 2) estimate the impact of the pollinating activity of these insects on the pod and seed yields of the crop; and 3) identify some local causes of the decline of pollinators in the study localities.

## **Materials and methods**

### **Study sites**

The present study was carried out in Maroua, capital of the Far North region of Cameroon, more precisely in two neighborhoods namely Palar (10.616360 N; 14.290423 E) in Maroua I commune and Djarengol-Kodek (10.616825 N; 14.348442 E) in Maroua III commune (Figure 1). Maroua is located in the Sudano-Sahelian agroecological zone of Cameroon. The climate of this region has two seasons; the dry and rainy seasons. The former runs

from November to May followed by the latter that runs from June to October. The mean rainfall recorded yearly stood at about 1000 mm, temperatures ranged from 27 to 43°C, the mean value of the relative humidity is about 40% yearly (Morin, 2000). Maroua actual solar potential increased to 3490.86 hours or 1933.07 kW.h.m<sup>2</sup> per year (Fotsing *et al.*, 2018). The vegetation is dominated by plant species such as Neem *Azadirachta indica* (Meliaceae), Cailcedrats *Kaya senegalensis* (Meliaceae) and *Cassia (Senna) siamea* (Caesalpiaceae) which occupy large areas in urban agglomerations and reforestation areas (Raunet, 2003). The soils of the Far North region are of six types, namely poorly evolved soils, vertisols, hydromorphic soils, tropical ferruginous soils, crude mineral soils and halomorphoc planosols (Muller and Gavaud, 1979).

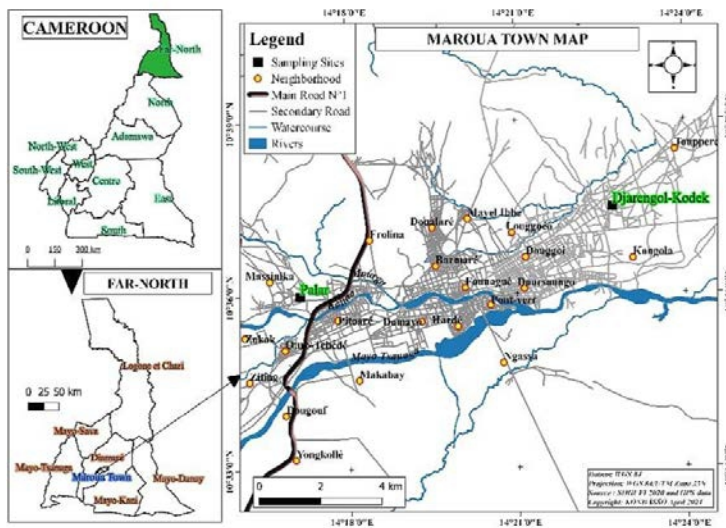


Figure 1. Location of study sites (By Ndouwe, 2020)

## Materials

Plant material consisted of *S. indicum* of the white and smooth seeds variety provided by the Institute of Agricultural Research for Development (IRAD) of Maroua. The animal material consisted of insects naturally present in the immediate environment of both experimental sites. Some small agricultural equipment (machetes, hoes, graduated string, rake) was necessary for the establishment of the cultivation plots, and some technical equipment was used for setting up treatments (planks, rolls of mosquito net, rolls of plastic tulle, nails) and collecting flower visiting insects (70% ethanol, hand net, pins and entomological boxes).

## Methods

From the 19<sup>th</sup> to 20<sup>th</sup> July 2020, an experimental plot of 500 m<sup>2</sup> of square shape was cleared and ploughed with animal traction. The sowing was done along the plough lines at the rate of 10 to 15 seeds per pocket in the two sites on July 29, 2020. The distance between the lines was 80 cm and 35 cm on the lines. Two weeks after germination, plantlets were maintained to two per hole; only the most vigorous were preserved. From germination to the appearance of the first flowers, weeding was done with a hoe every two weeks. Likewise, from flowering to maturity of the pods, weeding was done by hand. Before flower buds anthesis, the experimental field was delimited in three distinct treatments (figure 2), a T<sub>A</sub> treatment in which the flowers of 50 plants labeled at random were kept open-pollinated; a T<sub>B</sub> treatment in which 50 plants were kept in mosquito net cages to exclude insect floral activity; and a T<sub>C</sub> treatment in which 50 plants were kept in plastic tulle cages topped with wire mesh to exclude insect activity and minimize the effect of the wind on the flowers.



Figure 2. Experimental devices showing the different treatments (Ndouwe, 2020)

Observations on the flowers of the T<sub>A</sub> treatments were made alternately in both sites from September 3 to October 17, 2020, between 6:00 a.m. and 5:00 p.m. following these time intervals: 6:00-7:00 a.m., 8:00-9:00 a.m., 10:00-11:00 a.m., 12:00-1:00 p.m., 2:00-3:00 p.m. and 4:00-5:00 p.m. An observer walked along each flagged plant within the treatment T<sub>A</sub> at each site and recorded insect activity on blooming flowers. Overall, one to ten insect specimens, depending on their relative abundance, were captured and retained for identification. The direct count of insect flower visits to sesame was made and the result expressed as the number of visits. This operation enabled to determine the compositional diversity of the entomofauna associated with sesame flowers. In addition, foraging parameters such as the daily rhythm of insect flower visits according to the observation time intervals, the frequency of the floral products collected, the average duration of the floral visit recorded

(using a stopwatch), and the foraging speed or average number of flowers visited per a minute were taken into account only in the Palar site (Jacob-Remacle, 1989; Tchuenguem *et al.*, 2002).

The relative abundance made it possible to determine the place occupied by each insect species in the floral entomofauna of sesame. Also called centesimal frequency, relative abundance  $f$  (%) is the ratio of the number of visits of a given insect species ( $nv$ )/total number of visits of all species combined ( $N$ ) (Sabir *et al.*, 2011).

The Shannon Diversity Index was calculated by the following formula:

$$H' = -\sum [(ni/N) \times \log_2 (ni/N)]$$

Where  $H'$  is the specific diversity (in bits);

$\Sigma$  is the sum of the results obtained for each of the insect species;

$n_i$  is the sample of the species  $i$ ;

$N$  is the total number of visits of insect species recorded;

$\log_2$  is the base 2 logarithm.

The Jaccard similarity index  $J$  was used to determine the degree of similarity of the sesame flower entomofauna between both study sites. The following formula was used:

$$J = [(a/a + b + c)]$$

Where  $a$  = number of common species between both sites;

$b$  = number of unique insect species for Palar site 1 (total number of insect species recorded in this site - number of common species  $a$ );

$c$  = number of unique insect species for Djarengol-Kodek site 2 (total number of insect species recorded in this site - number of common species  $a$ ).

The estimates of yields in each treatment was based on calculating the mean number of pods per plant and the mean number of seeds per pod. The added value in pods due to the floral activity of insects was deduced by the following formula (Tchuenguem *et al.*, 2001):

$$P_i = \{[(F_a - F_b)/F_a] \times 100\}$$

$F_a$  = mean number of pods per plant in the  $T_A$  treatment;

$F_b$  = mean number of pods per plant in the  $T_B$  treatment;

$P_i$  = Percentage of pods due to flower-visiting insects.

The formula used to infer the contribution of the floral activity of insects on the seed yield according to Tchuenguem *et al.* (2001) was:

$$P_g = \{[(G_a - G_b)/G_a] \times 100\}$$

$G_a$  = Average number of seeds per pod in the  $T_A$  treatment;

$G_b$  = Average number of seeds per pod in the  $T_B$  treatment;

$P_g$  = Percentage of seeds due to the floral activity of insects.

Data analysis was done using descriptive statistics. Analysis of Variance (ANOVA) was used to compare the means between the three treatments  $T_A$ ,  $T_B$  and  $T_C$  using SPSS statistical software (version 19.0; SPSS, Inc., Chicago, Illinois, USA). In each case, the means are followed by the standard deviation and the differences are significant at  $P < 0.05$ . The  $X^2$  test was used for comparing two proportions and the  $t$ -test of Student for the comparison between two means.

## Results

### Diversity of flower visiting insects on *Sesamum indicum*

During observations in the Maroua region in 2020, 1,836 visits by 21 insect species belonging to 9 families and 3 orders were counted on the flowers of *S. indicum* in Palar. In Djarengol-Kodek during the same period, 499 visits of 12 species belonging to 5 families and 2 orders were counted. Table 1 shows the compositional diversity of the flower visiting insects listed on sesame as well as their relative abundance.

**Table 1.** Insects recorded on the flowers of *Sesamum indicum*, number of visits and relative abundance (Palar and Djarengol-Kodek in 2020)

Ordre	Famille	Genre et Espèce	Palar		Djarengol-Kodek		
			$n_1$	$f_1$ (%)	$n_2$	$f_2$ (%)	
Hymenoptera	Apidae	<i>Apis mellifera</i>	677	36.87	186	37.27	
		<i>Xylocopa inconstans</i>	135	7.35	97	19.44	
		<i>Xylocopa pubescens</i>	168	9.15	75	15.03	
		<i>Xylocopa olivacea</i>	77	4.19	24	4.81	
		<i>Xylocopa ustulata</i>	71	3.86	-	-	
		<i>Amegilla</i> sp. 1	69	3.75	-	-	
		<i>Amegilla</i> sp. 2	48	2.61	-	-	
		<i>Thyreus</i> sp.	-	-	17	3.40	
		<b>Total Apidae</b>		<b>1231</b>	<b>67.04</b>	<b>399</b>	<b>79.95</b>
		Megachilidae	<i>Megachile aurifera</i>	222	12.09	24	4.81
			<i>Chalicodoma</i> sp.	48	2.61	-	-
			<i>Chalicodoma torrida</i>	204	11.11	8	1.61
<i>Chalicodoma rufipes</i>	18		0.98	-	-		
<i>Chalicodoma cincta</i>	12		0.66	-	-		
<b>Total Megachilidae</b>		<b>504</b>	<b>27.45</b>	<b>32</b>	<b>6.42</b>		
Halictidae	<i>Lipotriches collaris</i>	40	2.18	24	4.81		
	<i>Lipotriches notabilis</i>	26	1.41	-	-		
	<i>Trinchostoma sjostedti</i>	-	-	6	1.20		
	<b>Total Halictidae</b>		<b>66</b>	<b>3.59</b>	<b>30</b>	<b>6.01</b>	
<b>Total Hymenoptera</b>		<b>1801</b>	<b>98.09</b>		<b>92.38</b>		
Diptera	Bombyliidae	(1 sp.)	14	0.76	-	-	

	Syrphidae	<i>Phytomyia</i> sp.	4	0.22	-	-
<b>Total Diptera</b>			<b>18</b>	<b>0.98</b>	-	-
Lepidoptera	Nymphalidea	<i>Hypolimnas misippus</i>	2	0.11	-	-
	Papilionidea	<i>Papilio demodecus</i>	2	0.11	-	-
	Pieridae	<i>Eurema exima</i>	6	0.33	12	2.41
		<i>Catopsilia florella</i>	5	0.27	9	1.80
	Acraeidae	<i>Acraea acerata</i>	2	0.11	17	3.41
<b>Total Lepidoptera</b>			<b>17</b>	<b>0.93</b>	<b>38</b>	<b>7.62</b>
<b>Total</b>			<b>1836</b>	<b>100.00</b>	<b>499</b>	<b>100.00</b>
			<b>21 species</b>		<b>12 species</b>	

**Legend:**  $n_1$  &  $n_2$  = number of insect species visits;  $f_1$  &  $f_2$  = relative abundance of insect species

The table illustrates that the Hymenoptera were the most frequently encountered order with a relative abundance of 98.09% in Palar and 92.38% in Djarengol-Kodek. They are represented by the Apidae (67.04% in Palar and 79.95% in Djarengol-Kodek), the Megachilidae (27.45% and 6.42%) and the Halictidae (3.59% and 6.01%). Among bee species, *Apis mellifera* had the highest relative abundance with 36.87% in Palar and 37.27% in Djarengol-Kodek; followed by *Megachile aurifera* (12.09%), *Chalicodoma torrida* (11.11%), *Xylocopa pubescens* (9.15%) and *X. inconstans* (7.35%) in Palar; *X. inconstans* (19.44%) and of *X. pubescens* (15.03%) in Djarengol-Kodek. Other bee species had a relative abundance of less than 5%; *X. olivacea* (4.19%), *X. ustulata* (3.86%), *Amegilla* sp. 1 (3.75%), *Amegilla* sp. 2 (2.61%), *Lipotriches collaris* (2.18%), *A. torrida* (1.85%), *L. notabilis* (1.41%), *C. rufipes* (0.98%) and *C. cincta* (0.66%) in Palar and *X. olivacea* (4.81%), *Chalicodoma* sp. (4.81%), *L. collaris* (4.81%), *Thyreus* sp. (3.40%) and *C. torrida* (1.61%) in Djarengol-Kodek. The other orders of insects, namely Lepidoptera and Diptera, were in the minority with a relative abundance of 1.91% in Palar; whilst the order Lepidoptera had a relative abundance of 7.62% in Djarengol-Kodek. It is clear that *S. indicum* at the study sites was an important plant for aculeate bee species given the high relative abundance of these in the floral entomofauna of the crop.

### Diversity index of the entomofauna in both sites

The Shannon diversity index calculated at the two sites was respectively  $H' = 3.10$  bits in Palar and  $H' = 2.64$  bits in Djarengol-Kodek. The specific diversity is low at Djarengol-Kodek ( $H' < 3$  bits) compared to Palar where it is said to be average ( $3 < H' < 4$ ). The Palar site is therefore richer in sesame anthophilous insect species than that of Djarengol-Kodek.

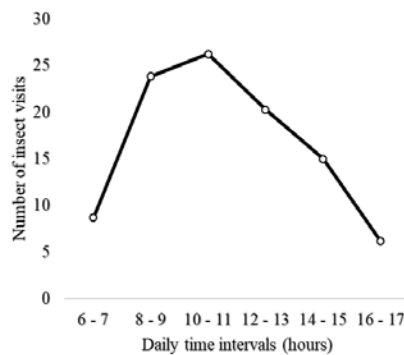
### Similarity of the entomofauna between sites

From the results reported in table 1, it appears that the number of common insect species between Palar and Djarengol-Kodek is  $a = 10$ ; the number of insect species found only in Palar is  $b = 11$ ; the number of insect species found only in Djarengol-Kodek is  $c = 2$ . These different values result in the Jaccard similarity index  $J = 0.43$ . From the above, it appears that the similarity between Palar and Djarengol-Kodek is 43 %, noting a difference of around 57 % of species between the two sites, with the Palar site being richer in species.

### Insect activity on *Sesamum indicum* flowers

#### Variation of insect flower visits according to time intervals

Figure 3 specifies the variation in floral visits of insects in general according to the daily observation time slots. The visits of insects on the flowers of *S. indicum* began in the morning at dawn (6 a.m.), peaked between 10-11 a.m. and ended around 5 p.m. when the flowers were closed.



**Figure 3.** Insect floral visits based on the daily observation intervals (Palar, 2020)

### Floral products collected

Table 2 shows the results on the proportion of the different floral products harvested by the most abundant and constant visitors of *S. indicum* flowers. From this table, it emerges that among 50 floral visits by *A. mellifera*, 76% were devoted to collecting nectar and 24% for pollen; out of 50 flower visits studied in *M. aurifera* 84% were for nectar harvesting and 16% to pollen collection; in *C. torrida*, 90% of the visits studied were devoted to nectar and 10% to pollen. Finally, Xylocopes were exclusively attached to the nectar of *S. indicum* which they forage in the extrafloral position, given their enormous size.

**Table 2.** Proportions of floral products levied on sesame flowers (Palar, 2020)

Insect species	<i>n</i>	Nectar	<i>p</i> (%)	Pollen	<i>p</i> (%)
<i>Apis mellifera</i>	50	38	76	12	24
<i>Megachile aurifera</i>	50	42	84	8	16

<i>Chalicodoma torrida</i>	50	45	90	5	10
<i>Xylocopa pubescens</i>	50	50	100	0	0
<i>Xylocopa inconstans</i>	50	50	100	0	0

*n* = number of visits; *p* = percentage of visits

### Average duration of a floral visit

Table 3 illustrates the mean duration of one visit per flower by certain bee species. Only floral visits to collect nectar were recorded, as pollen collection visits were scarcer. Overall, the average duration of a floral visit for nectar collection varies from  $3.03 \pm 1.70$  sec. in *X. inconstans* to  $3.18 \pm 2.50$  sec. in *X. pubescens*,  $6.38 \pm 4.11$  sec. in *C. torrida*,  $7.73 \pm 4.75$  sec. in *A. mellifera* and  $7.89 \pm 4.40$  sec in *M. aurifera*. The difference between these means was significant ( $F = 17.21$ ;  $df = 4, 245$ ;  $P < 0.001$ ).

**Table 3.** Mean duration of a bee visit on *Sesamum indicum* flowers (Palar, 2020)

		<i>n</i>	Duration of a bee visit (sec)		
			<i>m</i> ± <i>sd</i>	<i>mini</i>	<i>maxi</i>
<i>Apis mellifera</i>	Ne	50	$7.73 \pm 4.75a$	1	30
<i>Megachile aurifera</i>	Ne	50	$7.89 \pm 4.40a$	1	20
<i>Chalicodoma torrida</i>	Ne	50	$6.38 \pm 4.11b$	1	22
<i>Xylocopa pubescens</i>	Ne	50	$3.18 \pm 2.50c$	1	21
<i>Xylocopa inconstans</i>	Ne	50	$3.03 \pm 1.70c$	1	11

The mean values followed by different letters are significant; *m* = mean; *sd* = standard deviation *n* = sample; *mini* = minimum; *maxi* = maximum

### Average foraging speed

The mean foraging speed on *S. indicum* flowers was recorded on the same bees as for the duration of the visit. Table 4 shows that the mean foraging speed values varied from  $7.88 \pm 6.74$  flowers/min in *A. mellifera* to  $8.67 \pm 6.06$  flowers/min in *M. aurifera*,  $10.28 \pm 8.33$  flowers/min in *C. torrida*,  $10.57 \pm 7.45$  flowers/min in *X. inconstans* and  $10.66 \pm 9.68$  flowers/min in *X. pubescens*. The difference between these means is significant ( $F = 5.47$ ;  $df = 4, 245$ ;  $P < 0.001$ ). The high average values of the different foraging speeds of the insects studied is an index of their well-development of interfloral activity in favor of cross-pollination.

**Table 4.** Mean foraging speed of bees on *Sesamum indicum* flowers (Palar, 2020)

	<i>n</i>	Foraging speed (flower/min)		
		<i>m</i> ± <i>sd</i>	<i>mini</i>	<i>maxi</i>
<i>Apis mellifera</i>	50	$7.88 \pm 6.74a$	2	14
<i>Megachile aurifera</i>	50	$8.67 \pm 6.06a$	4	16
<i>Chalicodoma torrida</i>	50	$10.28 \pm 8.33b$	3	17
<i>Xylocopa inconstans</i>	50	$10.57 \pm 7.45b$	4	27
<i>Xylocopa pubescens</i>	50	$10.66 \pm 9.68b$	7	25

The mean values followed by different letters are significant; *m* = mean; *sd* = standard deviation *n* = sample; *mini* = minimum; *maxi* = maximum



### Estimates of pod and seed yields

Table 5 summarizes the yield data in the different treatments of *S. indicum* in Palar and Djarengol-Kodek. Overall, the mean number of pods per plant and the mean number of seeds per pod were significantly higher in the open-pollinated treatment T<sub>A</sub> compared with the protected treatments (T<sub>B</sub> and T<sub>C</sub>) in both sites.

**Table 5.** Yields in the different treatments of sesame in Palar and Djarengol-Kodek

T	n <sub>1</sub>	Mean number of pods/plant	n <sub>2</sub>	Mean number of seeds/pods
T <sub>A</sub>	50	64.80 ± 34.91a	100	69.81 ± 8.88a
T <sub>B</sub>	50	45.56 ± 25.22b	100	56.97 ± 9.73b
T <sub>C</sub>	50	39.56 ± 18.44b	100	53.49 ± 11.93b
Palar		$F = 21.18; df = 2, 147$		$F = 8.31; df = 2, 297$
T <sub>A</sub>	50	43.52 ± 21.42a	100	53.28 ± 10.37a
T <sub>B</sub>	50	35.72 ± 17.04b	100	46.37 ± 6.94b
T <sub>C</sub>	50	33.44 ± 11.49b	100	43.96 ± 8.45b
Djarengol-Kodek		$F = 10.74; df = 2, 147$		$F = 6.07; df = 2, 297$

The mean values followed by different letters are significant; n = sample; T = treatment

In Palar, the average number of pods per plant was 64.80 ± 34.91 in T<sub>A</sub>, 45.56 ± 25.22 in T<sub>B</sub> and 39.56 ± 18.44 in T<sub>C</sub>. The difference between these means was found to be significant ( $F = 21.18; df = 2, 147; P < 0.001$ ). The pairwise comparison of the different treatments shows that the difference was significant between T<sub>A</sub> and T<sub>B</sub> ( $P < 0.001$ ), T<sub>A</sub> and T<sub>C</sub> ( $P < 0.001$ ); however, this difference was not significant between both T<sub>B</sub> and T<sub>C</sub> ( $P = 0.613$ ). The contribution of bees to improving the number of pods per plant was estimated at about 29.70 %. Likewise, the average number of seeds per pod was 69.81 ± 8.88 in T<sub>A</sub>, 56.97 ± 9.73 in T<sub>B</sub> and 53.49 ± 11.93 in T<sub>C</sub>. The overall difference between these mean values was significant ( $F = 8.31; df = 2, 297; P < 0.001$ ). The two-by-two comparison between these values showed that the difference was not significant between T<sub>B</sub> and T<sub>C</sub> ( $P = 0.827$ ) and significant between T<sub>A</sub> and T<sub>B</sub> ( $P < 0.001$ ), and between T<sub>A</sub> and T<sub>C</sub> ( $P < 0.001$ ). The contribution of bees to improving the number of seeds per pod was estimated at 18.39 %.

In Djarengol-Kodek, the average number of pods per plant varied from 43.52 ± 21.42 in T<sub>A</sub> to 33.72 ± 17.04 in T<sub>B</sub> and 31.44 ± 11.49 in T<sub>C</sub> with a significant difference between these values ( $F = 10.74; df = 2, 147; P < 0.001$ ). The pairwise comparison between the treatments showed a significant difference between T<sub>A</sub> and T<sub>B</sub> ( $P < 0.001$ ), T<sub>A</sub> and T<sub>C</sub> ( $P < 0.001$ ) and a non-significant difference between T<sub>B</sub> and T<sub>C</sub> ( $P = 0.517$ ). The contribution of bees to improving the number of pods per plant is estimated at 17.92 %. The mean number of seeds per plant varied from 53.28 ± 10.37 in T<sub>A</sub> to 46.37 ± 6.94 in T<sub>B</sub> and 43.96 ± 8.45 in T<sub>C</sub> with a significant difference between these values ( $F = 6.07; df = 2, 297; P < 0.001$ ). The pairwise comparison between the

treatments showed a significant difference between  $T_A$  and  $T_B$  ( $P < 0.001$ ),  $T_A$  and  $T_C$  ( $P < 0.001$ ) and a non-significant difference between  $T_B$  and  $T_C$  ( $P = 0.249$ ). The contribution of bees to improving the number of seeds per pod is estimated at 12.97 %.

The average number of pods per plant in  $T_A$  was  $64.80 \pm 34.91$  in Palar and  $43.52 \pm 21.42$  in Djarengol-Kodek; the difference between these means was significant ( $t = 17.86$ ;  $df = 98$ ;  $P < 0.001$ ). Likewise, the average number of seeds per pod obtained from studied plants in  $T_A$  was  $69.81 \pm 8.88$  in Palar and  $53.28 \pm 10.37$  in Djarengol-Kodek with a significant difference between both values ( $t = 13.44$ ;  $df = 198$ ;  $P < 0.001$ ).

The comparison of the contribution of bees to the increase in pod yields between Palar (29.70 %) and Djarengol-Kodek (17.92 %) was significant ( $X^2 = 156.20$ ;  $df = 1$ ;  $P < 0.001$ ); similarly, the difference in the contribution of bees to the increase in grain yields between Palar (18.39 %) and Djarengol-Kodek (12.97 %) was also significant ( $X^2 = 69.74$ ;  $df = 1$ ;  $P < 0.05$ ). As a result, pod and seed yields were higher at the Palar site compared with Djarengol-Kodek. This difference would probably be related to the diversity and relative abundance of pollinating insects at the Palar site compared with those at Djarengol-Kodek.

## Discussion

This study on the insect pollination of sesame showed that out of 21 insect species recorded at the Palar study site and 12 insect species listed in Djarengol-Kodek on sesame flowers, the order Hymenoptera was the most representative in terms of relative abundance and species richness. Despite the preponderance of the honey bee *A. mellifera* at both study sites, native bees such as Carpenter bees, Leafcutter bees, and Halictids showed an equally large collective relative abundance. These results are consistent with those previously obtained in Cameroon, more from Bambui in the area of the western highlands (Atibita *et al.*, 2016), in Maroua in the Sudano-Sahelian zone (Pando *et al.*, 2018), in Ngaoundéré in the Sudano-Guinean zone (Tchuenguem and Népidé, 2018) and in Obala in the tropical rainforest zone (Pharaon *et al.*, 2018). Moreover, similar results are consistent with results from other countries around the world; including India (Kumar and Lenin, 2000), Egypt (Mahfouz *et al.*, 2012; Kamel *et al.*, 2013) and Tanzania (Ngongolo *et al.*, 2015). The above studies also identified Hymenoptera as the most numerous anthophilous insects on sesame flowers. The bees, which are the main foragers of sesame flowers, are also to some extent its main pollinators. It therefore follows that sesame is a mellitophilous plant species as already found above by other previous studies.

The results also indicated a different diversity index between study sites with a low index at Djarengol-Kodek and an average index at Palar. Moreover,

the Jaccard similarity index of around 0.43 supports the relative difference in sesame floral entomofauna between both experimental sites. The Djarengol-Kodek site is located in an area which is subject to strong anthropogenic pressure; this is justified by advanced urbanization marked in particular by the proximity to the new Maroua-Bogo road and the construction of many houses contributing to the extension of this neighborhood of Maroua. These investment activities are responsible for the fragmentation of the habitat of sesame pollinators in the site, which negatively impacts the survival of pollinators such as bees. It is known in the literature that bees nest in tree hollows, dead wood, caves and galleries dug in the ground (Michener, 2007), the surrounding flower beds and farms being their sources of food. The intensification of civil engineering works in a locality contributes to the loss of native bee fauna particularly in abundance and in diversity (Forister *et al.*, 2019). Observed declines in pollinator populations due to human pressures is of critical concern because pollination is an essential regulating ecosystem service (Bartholomé and Lavorel, 2019). Humans are altering the composition of biological communities through a variety of activities that increase rates of species invasions and species extinctions, at all scales, from local to global (Hooper *et al.*, 2005).

Unlike Djarengol-Kodek, the Palar experimental site does not yet have a propensity for urbanization. The major activities carried out there have an agricultural inclination. The trees planted there from the operation “Green Sahel” to fight against desertification are in good condition for tree nesting bee species. Thus, the relative stability of this site is an important factor in safeguarding the pollinating fauna in terms of the number of species and the relative abundance of these.

The numerical and compositional diversity of the floral entomofauna of *S. indicum* varies from one biome or biogeographic region to another, for a given biome, from one agroecological zone to another, within of the same agroecological zone from one site to another and within the same site from one year to another (Klein *et al.*, 2007). In this last aspect, the results of Pando *et al.* (2018) indicate *Megachile (Chalicodoma) aurifera* as the main insect pollinator of sesame in Palar in 2015, unlike the present study which indicates that predominantly the honey bee was the main pollinator here at the same site five years later. Overall, the dynamics of sesame flower visiting entomofauna are effective both spatially and temporally.

During their floral activity, the recorded bee species collected much more nectar than pollen. *S. indicum* appears to be a highly nectariferous plant species, the visiting bees being mainly nectarophagous. Thus, the foraging activity of bees on *S. indicum* indicates that this plant species has a strong beekeeping potential then, can be used to sustain the nutritional needs of bees in terms of pollen and carbohydrates. The peak of insect activity in the flowers

of *S. indicum* was found to be during the morning. This certainly corresponded with the period of optimal availability of nectar at the flower level. Indeed, there is a strong correlation between the abundance of foragers and the availability of food resources, bees being thrifty insects (Kasper *et al.*, 2008).

The floral structure of *S. indicum* is of the hermaphrodite or bisexual type, which predisposes sesame to self-pollination (Ashri, 2007). During their floral activity, visiting bees maximize self-pollination of *S. indicum*; in fact, when searching for nectar, certain bee species such as *A. mellifera* burrow into the flower to collect the nectar at the bottom and promote contact between androecium and gynoecium maximizing self-pollination. In addition, the visiting bees were able to promote geitonogamy which is marked by interfloral pollination on the same plant and xenogamy or cross pollination; the latter form of pollination is all the more likely as allogamy exists in *S. indicum* (Andrade *et al.*, 2014). Other bee species such as *Xylocopes* or Carpenter bees, due to their large size, collected sesame nectar in an extrafloral position; they promote, by their vibrations, the fall of pollens on the stigma through sonication or "buzz pollination" which characterizes them (Corbet and Huang, 2014).

The high yields obtained in T<sub>A</sub> compared with those obtained in T<sub>B</sub> and T<sub>C</sub>, both in Palar and Djarengol-Kodek, were attributed to the pollinating action of bees on the flowers of *S. indicum* in the former treatment. According to Jean-Prost (1987), the more pollen grains a flower receives, the more potential it has to transform into fruit containing many seeds. Higher yields of sesame pods and seeds are thus dependent on bee pollination. Other studies have noted increased pod and seed yields of sesame due to the floral activity of pollinating insects. Tchuenguem and Népidé (2018) showed that in Ngaoundéré, *A. mellifera* increased the fruiting rate and the percentage of normal seeds of sesame by 28.13% and 6.24 % respectively. According to Pharaon *et al.* (2018), the fruiting rate attributed to the floral activity of *A. mellifera* on *S. indicum* caused a significant increase in the number of seeds per pod of 17.54 % in 2016 and 8.77 % in 2017. In Egypt, Mahfouz *et al.* (2012) found that insects increased sesame seed yields by about 35.55 % in 2010 and 33.39% in 2011. Overall, improving pod and seed yields of sesame manifests as the economic value of ecological services provided by the bee species recorded.

The fact that there is no significant difference on the average number of pods and seeds between T<sub>B</sub> and T<sub>C</sub> is related to the fact that in sesame, the flowers are able to self-pollinate without necessarily depending on external agents (Andrade *et al.*, 2014). Indeed, it is well known in the literature that sesame is cleistogamous (Bedigian, 2010). Thus, pollen vectors such as wind and insects can only bring an additional amount of pollen to the amount received by each flower after cleistogamy.

Bees are an important factor in the production of sesame. However, the variability of the bee fauna influences the quantitative yields of this crop; this justifies the significant differences obtained in terms of the mean number of pods per plant and the mean number of seed sets per pod between both locations. The greater the number and relative abundance of pollinating bee species, the greater the production; and vice versa. In all, long-term global trends in sesame yield and production reveal increasing pollinator dependency (Aizen *et al.*, 2008).

### Conclusion

This study in Maroua showed that 21 insect species were recorded at the Palar study site and 12 insect species were listed on sesame flowers in Djarengol-Kodek. The order Hymenoptera was the best represented with a relative abundance of over 92 %. Within this order, the Apidae family was in the majority with *A. mellifera* and several wild bee species such as *X. inconstans*, *X. pubescens*, *C. torrida*, and *C. rufipes* as the main pollinating insects of sesame in the two study sites. The plurality and preeminence of bee species in the flower visiting entomofauna of sesame makes it an essentially mellitophilous plant species, that is to say, which is more attractive to bees. These bees were fond of nectar on the flowers of the host plant studied. During their foraging activity, they favored the pollination of sesame flowers leading to a substantial increase in pod and seed yields. The comparison of the species diversity between the two sites showed that Palar is richer than Djarengol-Kodek given the relative stability of the first site compared to the second which is highly anthropized. This fact also has an impact on the yield of pods and seeds in treatments maintained in open pollination between the two localities with a higher production rate in Palar than in Djarengol-Kodek. The protection of the nesting sites of bees considered as the main pollinators of sesame in Maroua is essential not only for their own survival but also to avoid pollination shortages for the increased production of this crop.

### References:

1. Aizen, M., Garibaldi, L., Cunningham, S. & Klein, A. (2008). Long-Term Global Trends in Crop Yield and Production Reveal No Current Pollination Shortage but Increasing Pollinator Dependency. *Current Biology*, 18: 1572-1575.
2. Allen-Wardell, G., Bernhardt, P., Bitner, R., Burquez, A., Buchmann, S. L., Cane, J., Cox, P., Dalton, V., Feinsinger, P., Ingram, M., Inouye, D., Jones, C. E., Kennedy, K., Kevan, P., Koopowitz, H., Medellin, R., Morales, S., Nabhan, G. P., Pavlik, B., Tepedino, V., Torchio, P. & Walkers, S. (1998). The potential consequences of pollinator declines

- on the conservation of biodiversity and stability of food crop yields. *Conservation Biology*, 12: 8–17.
3. Andrade, P. B., Freitas, B. M., Epifânia, E. M. R., José, A. L. & Leonardo, L. R. (2014). Floral biology and pollination requirements of sesame (*Sesamum indicum* L.). *Acta Scientiarum, Animal Sciences*, 36 (1): 93–99.
  4. Ashri, A. (2007). Sesame breeding. In: ‘‘Plant Breeding Reviews’’, Janick J., Wiley J. (Eds), Oxford, 16 p.
  5. Atibita, O. E. N., Tchuenguem, F. F-N. & Djiéto, L. C. (2016). Diversité de l’entomofaune floricole de *Sesamum indicum* (L.) 1753 (Pedaliaceae) et son impact sur les rendements fruitiers et grainiers à Bambui (Nord-Ouest, Cameroun). *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 10 (1): 106–119.
  6. Bartholomé, O. & Lavorel, S. (2019). Disentangling the diversity of definitions for the pollination ecosystem service and associated estimation methods. *Ecological indicators*, 107: 105576.
  7. Baum, K. A., Rubink, W. L., Coulson, R. N., Bryant, J. R. & Vaughn, M. (2011). Diurnal pattern of pollen collection by feral honeybee colonies in Texas, USA. *Palinology*, 35: 85–93.
  8. Bedigian, D. (2010). Characterization of sesame (*Sesamum indicum* L.) germplasm: a critique. *Genetic resources and crop evolution*, 57: 641–647.
  9. Canto-Aguilar, A. & Parra-Tabla, V. (2000). Importance of conserving alternative pollinators: assessing the pollination efficiency of the squash bee, *Peponapis limitaris* in *Cucurbita moschata* (Cucurbitaceae). *Journal of Insect Conservation*, 4: 203–210.
  10. Chittka, L., Thomson, J. D. & Waser, N. M. (1999). "Flower constancy, insect psychology, and plant evolution". *Naturwissenschaften*, 86(8): 361–177.
  11. Corbet, S. A. & Huang, S-Q. (2014). Buzz pollination in eight bumblebee-pollinated *Pedicularis* species: does it involve vibration-induced triboelectric charging of pollen grains? *Annals of Botany*, 114(8): 1665–1674.
  12. FAOSTAT. (2012). Food and Agriculture Organization Statistics of the United Nations. Roma, Italy.  
<http://faostat.fao.org/site/567/DesktopDefault.aspx?PageID=567It>.
  13. Forister, M. L., Pelton, E. M. & Black, S. H. (2019). Declines in insect abundance and diversity: We know enough to act now. *Conservation Science and Practice*, 1: e80.
  14. Fotsing, T. C., Njomo, D., Dubuisson, P., Cornet, C. & Nsouandele, J. L. (2018). Acquisition and Study of Global Solar Radiation in Maroua-

- Cameroon. *International Journal of Renewable Energy Research*, 5(3): 910–918.
15. Guerriat, H. (1996). Être performant en apiculture. Guerriat (ed.), Daussois, 416 p.
  16. Haubruge, E., Nguyen, B. K., Widart, J., Thomé, J.P., Fickers, P. & Depauw, E. (2006). Le dépérissement de l'abeille domestique, *Apis mellifera* L., 1758 (Hymenoptera: Apidae): faits et causes probables. *Notes fauniques de Gembloux*, 59(1): 3–21.
  17. Hill, P. S. M., Wells, P. H. & Wells, H. (1997). "Spontaneous flower constancy and learning in honey bees as a function of colour". *Animal Behaviour*, 54(3): 615–627.
  18. Hooper, D. U., Chapin III, F. S., Ewel, J. J., Hector, A., Inchausti, P., Lavorel, S., Lawton, J. H., Lodge, D. M., Loreau, M., Naeem, S., Schmid, B., Setälä, H., Symstad, A. J., Vandermeer, J. & Wardle, D. A. (2005). Effects of Biodiversity on Ecosystem Functioning: A Consensus of Current Knowledge. *Ecological Monographs*, 75(1):3–35.
  19. Jacob-Remacle, A. (1989). Comportement de butinage de l'abeille domestique et des abeilles sauvages dans des vergers de pommiers en Belgique. *Apidologie*, 20: 271–285.
  20. Jean-Prost, P. (1987). Apiculture: Connaître l'abeille, conduire le rucher. 6ème édition. Lavoisier, Paris, 579 p.
  21. Kamel, S. M., Blal, A. E. H., Mahfouz, H. M. & Said, M. (2013). Pollinator fauna of sesame crop (*Sesamum indicum* L.) in Ismailia governorate, Egypt. *Cercetări Agronomice în Moldova*, 156 (2): 53–64.
  22. Kasper, M. L., Reeson, A. F., Mackay, D. A. & Austin, A. D. (2008). Environmental factors influencing daily foraging activity of *Vespula germanica* (Hymenoptera, Vespidae) in Mediterranean Australia. *Insect Social*, 55: 288–296.
  23. Kevan, P.G. & Phillips, T. (2001). The economics of pollinator declines: assessing the consequences. *Conservation Ecology*, 5: 8.
  24. Klein, A. M., Vaissière, B. E., Cane, J. H., Steffan-Dewenter, I., Cunningham, S. A., Kremen, C. & Tscharntke, T. (2007). Importance of pollinators in changing landscapes for world crops. *Proceeding of the Royal Society B*, 274: 303–313.
  25. Kumar, R. & Lenin, J. K. (2000). Insect pollinators and effects of cross pollination on yield attributes of sesame (*Sesamum indicum* L.). *Indian Bee Journal*, 62: 80–88.
  26. Mahfouz, H. M., Kamel, S. M., Belal, A. H. & Said, M. (2012). Pollinators visiting sesame (*Sesamum indicum* L.) seed crop with

- reference to foraging activity of some bee species. *Cercetări Agronomice în Moldova*, 45(2): 49–55.
27. Michener, C. D. (2007). *The Bees of the world*. 2nd ed., John Hopkins University Press, Baltimore, 913 p.
  28. Morin, S. (2000). Géomorphologie. In: Seignobos Christian & Iyébi-Mandjek (ed.), *Atlas de la province de l'Extrême-Nord du Cameroun*, MINREST/IRD, Yaoundé, pp. 7-16.
  29. Muller, J. P. & Gavaud, M. (1979). *Atlas de la République Unie du Cameroun*. Jeune Afrique (ed.), Paris, 25 p.
  30. Ngongolo, K., Mtoka, S. & Rubanza, D. C. (2015). Floral visitors and pollinators of sesame (*Sesamum indicum* L.) from Kichi forest to the adjacent local communities' farms. *Entomology and Applied Science Letters*, 2(2): 32–39.
  31. Pando, J. B., Djonwangwé, D., Balti, M. O., Tchuenguem, F. F-N. & Tamesse, J. L. (2018). Effect of Insect Pollination on The Yield of *Sesamum indicum* (Pedaliaceae) In Maroua-Cameroon. *Journal of Advances in Agriculture*, 11: 22–36.
  32. Pharaon, M. A., Dounia, Douka, C., Otiobo, A. E. N. & Tchuenguem, F. F-N. (2018). Pollination Efficiency of *Apis mellifera* L. (Hymenoptera: Apidae) on Flowers of *Sesamum indicum* L. (Pedaliaceae) at Bilone (Obala, Cameroon). *International Journal of Research Studies in Agricultural Sciences*, 4(3): 12–20.
  33. Raine, N. E., Ings, T. C., Dornhaus, A., Saleh, N. & Chittka, L. (2006). "Adaptation, genetic drift, pleiotropy, and history in the evolution of bee foraging behavior". *Advances in the Study of Behavior*, 36: 305–354.
  34. Raunet, M. (2003). Quelques clés morpho-pédologiques pour le Nord Cameroun à usage agronome. *Rapport de mission*, septembre 2003, 65 p.
  35. Sabir, A. M., Suhail, A., Ahmed, S. & Khalid, S. (2011). Diversity of bumblebees (Bombini, Apidae: Hymenoptera) in Northern Pakistan. *International Journal of Agriculture and Biology*, 13: 159-166.
  36. Sánchez-Bayo, F., & Wyckhuys, K. A. G. (2019). Worldwide decline of the entomofauna: A review of its drivers. *Biological Conservation*, 232: 8–27.
  37. Southwick, E. E. & Southwick, L. (1992). Estimating the economic value of honey bee (Hymenoptera, Apidae) as agricultural pollinators in the United States. *Journal of Economic Entomology*, 85: 621–633.
  38. Tchuenguem, F. F-N. & Népidé, N. C. (2018). Efficacité pollinisatrice de *Apis mellifera* L. (Hymenoptera: Apidae) sur *Sesamum indicum* (Pedaliaceae) var. Graine Blanche et Lisse à Dang (Ngaoundéré,



- Cameroun). *International Journal of Biological and Chemistry Sciences*, 12 (1): 446–461.
39. Tchuenguem, F. F-N., Messi, J. & Pauly, A. (2001). Activité de *Meliponula erythra* sur les fleurs de *Dacryodes edulis* et son impact sur la fructification. *Fruits*, 56(3): 179–788.
  40. Tchuenguem, F. F-N., Messi, J. & Pauly, A. (2002). L'activité de butinage des Apoïdes sauvages (Hymenoptera: Apoidea) sur les fleurs de maïs à Yaoundé (Cameroun) et réflexion sur la pollinisation des graminées tropicales. *Biotechnologie, Agronomie, Société et Environnement*, 6(2): 87–98.
  41. Vaissière, B. E. (2002). Abeilles et pollinisation. *Le courrier de la Nature*, 196: 24–27.
  42. van Langevelde, F., Braamburg-Annegarn, M., Huigens, M. E., Groendijk, R., Poitevin, O., van Deijk, J. R., Ellis, W. N., van Grunsven, R. H. A., De Vos, R., Vos, R. A., Franzen, M. & De Vries, M. F. W. (2018). Declines in moth populations stress the need for conserving dark nights. *Global Change Biology*, 24: 925–932.



ESJ Natural/Life/Medical Sciences

## **Transición Para La Escolarización Del Preescolar A La Primaria Matemáticas Y Educación Física; Una Revisión Sistemática**

*Isaac Alejandro Aquino-Davila*

*Rigoberto Marín-Uribe*

Facultad de Ciencias de la Cultura Física, Universidad Autónoma de Chihuahua, México

*Isabel Guzmán-Ibarra*

Facultad de Filosofía y Letras, Universidad Autónoma de Chihuahua, México

[Doi:10.19044/esj.2021.v17n25p361](https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n25p361)

Submitted: 29 May 2021

Accepted: 08 July 2021

Published: 31 July 2021

Copyright 2021 Author(s)

Under Creative Commons BY-NC-ND

4.0 OPEN ACCESS

*Cite As:*

Aquino-Davila I.A., Marín-Uribe R. & Guzmán-Ibarra I.(2021). *Transición Para La Escolarización Del Preescolar A La Primaria Matemáticas Y Educación Física; Una Revisión Sistemática*. European Scientific Journal, ESJ, 17(25), 361.

<https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n25p361>

### **Resumen**

Se presenta una revisión sistemática del concepto de preparación para la escolarización (PPE), las dimensiones planteadas por el Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia (UNICEF): escuelas, padres y “niños preparados”, enfocando esta última refiere al conjunto de competencias para que la infancia transite a la escuela primaria. El objeto de estudio busca realizar un análisis de las estrategias-instrumentos de evaluación, como parte de la PPE en ellos del campo pensamiento matemático y área educación física, en respuesta a la problematización en las formas de valorar este conjunto de competencias. El problema está referido a la forma de evaluar el preescolar en México. Para alcanzar el objetivo del estudio se utilizó la observación y el instrumento Escala para Evaluar Artículos Científicos en Ciencias Sociales y Humanas que examina, critica y sintetiza literatura representativa sobre un tema de forma integrada, de tal manera que permita comparar los hallazgos y generar nuevas perspectivas. Los artículos fueron consultados en los metabuscadores de SCOPUS, ELSEIVIER y SCIELO, en un periodo del 2017

al 2021, filtrando 20 artículos para su revisión rigurosa. Se concluye que los instrumentos y formas evaluativas no solo pueden realizarse por psicometría, sino también en aportes que contribuyan a la valoración preescolar para una transición armónica.

---

**Palabras clave:** Preparación Para La Escolarización, Transición Escolar, Campo Formativo Matemáticas, Área De Desarrollo Educación Física

## **Transition To Schooling From Preschool To Primary: A Systematic Review**

*Isaac Alejandro Aquino-Davila*

*Rigoberto Marin-Uribe*

Faculty of Physical Culture Sciences, Autonomous University of Chihuahua,  
Mexico

*Isabel Guzman-Ibarra*

Faculty of Philosophy and Literature, Autonomous University of Chihuahua,  
Mexico

---

### **Abstract**

A systematic review of the concept of preparation for schooling (PPE) is presented in this study. The dimensions proposed by the United Nations Children's Fund (UNICEF), schools, parents, and "prepared children" is focused on the latter and on the set of competencies required for childhood transitions into primary school. This paper focuses on performing an analysis of the evaluation strategies, i.e., instruments, as part of the preparation of school (PPE) in the field of mathematical thinking and physical education and in response to the problematization in evaluating this set of competences. The problem is however related to the way of evaluating preschool in Mexico. To achieve the objective of the study, observation and the Scale for Evaluating Scientific Articles in Social and Human Sciences instrument were used, which examines, criticizes, and synthesizes representative literature on a topic in an integrated way. It is done in such a way as to compare the findings and generate new perspectives. The articles were consulted in the metasearch engines of SCOPUS, ELSEVIER, and SCIELO within the period from 2017 to 2021 by filtering 20 articles for rigorous review. In conclusion, the instruments and evaluative forms cannot only be performed by psychometry, but it also contributes to the preschool assessment for a harmonic transition.

---

**Keywords:** Preparation For Schooling, School Transition, Mathematics Training Field, Physical Education Development Area

## **Introduction**

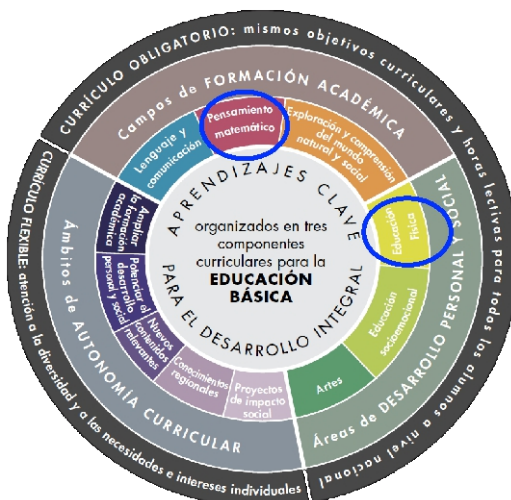
Actualmente la PPE de niños y niñas del nivel educativo de preescolar, está ocupando más espacios en el mundo. Con el propósito de analizar la preparación para la escolarización, en la transición de los niños y niñas de preescolar a primaria, como parte de una investigación doctoral, este estudio se ubica en el currículo de la educación preescolar en México, de manera particular en el campo formativo: pensamiento matemático, y en el área de desarrollo personal y social: educación física, del Modelo Educativo del año de 2017 (SEP, 2017).

A pesar de que aún existen problemas referentes a una definición clara del concepto de PPE y sus dimensiones, que aplicada a los centros educativos contribuya al mejoramiento del aprendizaje y desarrollo de los niños y niñas, el UNICEF describe tres dimensiones dentro de la preparación para la escolarización: Niños preparados, Escuelas preparadas y Familias preparadas (Ainscow, 2019; Rebello & Limlingan, 2012).

En este artículo se abordará la dimensión de “niños preparados”, en la búsqueda de estrategias e instrumentos de evaluación de la PPE, como objeto de estudio. Se parte de un concepto de PPE de los niños y niñas preescolares. Originalmente el concepto de “preparación escolar” (readiness school) fue definido como: un conjunto de habilidades predeterminadas físicas, sociales y cognitivas que los niños debían tener para cumplir con los requerimientos que exigía la escuela (Arnold et al., 2007, p. 36).

En este artículo se parte del concepto de PPE en los niños y niñas, como el conjunto de competencias deseables en su perfil de egreso, para tener una transición armónica del preescolar a la primaria (Arrivillaga et al., 2016). El conocimiento en la vida y el conocimiento en la escuela regularmente son relegados a conocimientos simplificados, enlatados y digeridos, que generan procesos de poco aprendizaje, sobre todo, al ser separados de actividades dadas en situaciones reales, esto es, no se crean espacios de continuidad para el aprendizaje sistematizado, orientado a cambiar las formas de enseñanza en la escuela y a mejorar la formación en la transición escolar, ya que la capacidad de aprender es evolutiva (Valderrama et al., 2019).

El currículo de la educación básica en México, que incluye a la educación preescolar, se conforma por tres componentes curriculares: cuatro ámbitos, tres campos formativos y tres áreas de desarrollo personal y social (SEP, 2017), como se observa en la Figura 1.



**Figura 1.** Aprendizajes clave para el desarrollo integral. Fuente: SEP (2017, p.25)

En este escrito, como parte del análisis, se revisan algunos documentos científicos relacionados con los y las preescolares en su transición a primaria, en el campo formativo del pensamiento matemático y en el área de desarrollo personal y social en educación física, atendiendo a la problematización sobre las diversas formas de valorar este conjunto de competencias.

El problema se focaliza en las prácticas evaluativas en preescolar donde, la tendencia en los estudios revisados, permite aventurar algunas reflexiones, entre otras, el hecho de asumir un nivel de desarrollo, similar en niños y niñas, como una condición para un tránsito del preescolar a la primaria, armónico, fácil y sin contratiempos, dando la impresión de homogeneidad en las condiciones institucionales, las normas, los métodos, los contenidos y los procesos de enseñanza-aprendizaje de la escuela primaria, pensar que son situaciones preestablecidas e inamovibles y validadas por la sociedad, de tal manera que para que la transición a la escuela sea exitosa, los niños y niñas, deberán ceñirse a condiciones de la escuela (Urbina, 2020).

Por lo anterior, se toma como punto de partida la valorización de la preparación escolar preguntándonos ¿Cuáles son las formas empleadas para evaluar la PPE, de manera específica, las estrategias para detectar el desarrollo psicomotor y matemático en los niños y niñas preescolares?

## Metodología

Este estudio documental busca la identificación y el análisis de publicaciones sobre la “preparación para la escolarización”, a partir de la descripción de los procesos e interpretación crítica de la diversidad conceptual. Para alcanzar este objetivo, se asumió el método de la revisión integradora de la literatura trabajado por López et al. (2019) en el instrumento:

“Escala para Evaluar Artículos Científicos en Ciencias Sociales y Humanas” (EACSH), a fin de generar nuevas perspectivas sobre el tema que proporcionen una comprensión más completa para su implementación en la práctica. A través de la consulta de investigaciones y publicaciones científicas originales, la revisión se realizó en las bases de datos de SCOPUS, ELSEVIER Y SCIELO. Los criterios adoptados para la selección de los artículos se muestran en la Tabla 1.

**Tabla 1.** Criterios de inclusión

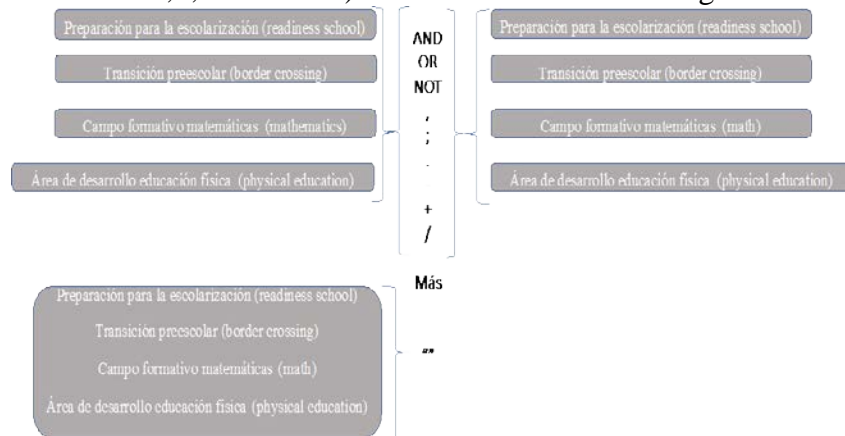
<b>Criterios de inclusión:</b>
Artículos originales
Área temporal de publicación 2017 al 2021
Encontrados en: ELSEVIER, SCIELO y SCOPUS
Artículos de Investigaciones cualitativas o mixtas
Sinónimos de las palabras clave de búsqueda en inglés y español
Resumen congruente a la dimensión del objeto de estudio
Artículos no replicados

El periodo al que se acota la búsqueda de documentos es el comprendido entre los años de 2017 a 2021. Esto se justifica atendiendo a la temporalidad del modelo educativo de educación básica en México que surge en 2017 y que actualmente se encuentra vigente.

Los descriptores, en los criterios de inclusión, fueron referentes a las palabras clave:

- Preparación para la escolarización (readiness school)
- Transición preescolar (border crossing)
- Campo formativo matemáticas (mathematics)
- Área de desarrollo educación física (physical education)

Dichos descriptores fueron buscados tanto en español como inglés, asimismo, se utilizaron operadores de proximidad: sintácticos y semánticos, (NOT OR AND , ; . - + / “”) como se muestran en la Figura 2.



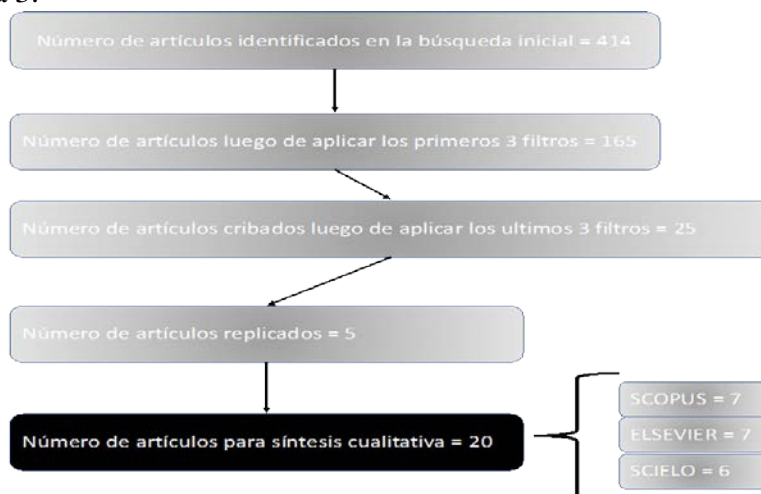
**Figura 2.** Operadores boléanos, sintácticos y dinámicos

Los criterios de exclusión fueron las publicaciones que no cumplieron con los criterios de inclusión establecidos en este escrito, así como aquellos artículos que abordaron otra temática sobre la preparación para la escolarización diferentes al objeto de estudio.

En la primera etapa se encontraron 1255 documentos, los cuales fueron cribados empleando los primeros 3 criterios establecidos (Tabla 1), quedando un total de 414 artículos.

En la segunda etapa, aplicando los siguientes 3 criterios de inclusión, la mayoría de los artículos fueron rechazados por no ser afines al objeto de estudio, quedando finalmente 25 artículos, de los cuales, al aplicar el último criterio, se desecharon 5 por ser replicados en los metabuscadores, al eliminarlos, los 20 artículos restantes fueron sometidos a un análisis minucioso crítico y exhaustivo.

Esto permitió identificar los diferentes términos relacionados con la PPE. Por otra parte, se procedió a organizar un diagrama conceptual, a partir del cual se produjo la redacción de esta reflexión, que busca realizar un análisis sobre la transición de la PPE en los niños y niñas de preescolar a primaria en el campo formativo del pensamiento matemático y del área de desarrollo personal y social en educación física, atendiendo a la problemática de estudiar las diversas formas de valorar la PPE. Los artículos publicados en los tres metabuscadores utilizados y el flujo de la selección sistemática se muestran en el Figura 3.



**Figura 3.** Flujo de la revisión sistemática para selección de artículos

## Resultados

La revisión bibliográfica evidencia una amplia diversidad teórica en torno al proceso de PPE, ello implica la necesidad de mejorar la calidad educativa de la PPE de los niños y niñas mediante estrategias e instrumentos confiables y válidos, a fin de valorar de manera pertinente la educación de los

niños y niñas para una transición armónica de los infantes del preescolar a la primaria (Arrivillaga et al., 2016; Bojorque et al., 2019; Suga et al., 2021).

En este tenor, con la intervención oportuna que prevenga trastornos del desarrollo, la ciencia ha resaltado la importancia del desarrollo infantil temprano, relacionado con los factores que identifican los riesgos de déficit del desarrollo psicomotor en la infancia. La trascendencia de conocer los factores de riesgo estriba en identificar aquellos niños que requieren de una intervención más dirigida que favorezca la expresión de su potencial (de Villiers et al., 2021; Reséndiz, 2020; Gamboa et al., 2018).

Por otra parte, se considera pertinente construir e implementar instrumentos de evaluación con el propósito de cuantificar y cualificar la preparación para la escolarización de los niños y niñas, que tome en cuenta aportes dentro del campo formativo del pensamiento matemático y área de desarrollo personal y social en educación física del preescolar a la primaria.

Con base en lo anterior, la interpretación de este proceso se enfoca a la búsqueda de elementos teóricos comunes que orienten el diseño de estrategias e instrumentos que lleven a evaluar de manera eficaz la PPE de los niños y niñas de preescolar y, en consecuencia, favorezcan su transición a la primaria.

A continuación, en las tablas 2, 3 y 4 se muestran aportaciones a la valoración relacionadas con la transición del preescolar a la primaria, cada una de las tablas maneja cuatro columnas, en la primera se presentan los autores como la muestra analizada en cada metabuscador; la segunda columna describe los instrumentos y herramientas usados por los autores, la tercera observa las categorías que ellos seleccionaron para sus investigaciones; finalmente, la cuarta columna muestra el análisis realizado por los autores

**Tabla 2.** Codificación de criterios con base en Elsevier

<b>Autor y año</b>	<b>Instrumentos y/o herramientas</b>	<b>Categorías</b>	<b>Análisis</b>
de Villiers et al. (2021)	Herramienta creada por los autores para evaluar lenguaje	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vocabulario</li> <li>• Sintaxis</li> <li>• Proceso</li> </ul>	Usan estrategias de intervención en 2 tipos de subpruebas, evalúan la calidad de su programa.
Moreno et al. (2020)	Registros conductuales	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ajuste escolar</li> <li>• Problemas de conducta escolar</li> <li>• Resultados escolares</li> </ul>	Evaluar la eficacia del programa Mindkinder basado en atención plena (mindfulness) sobre la adaptación escolar.
Torrecilla y Hernández (2020)	Aplica un análisis multinivel de cuatro niveles a los datos del Segundo Estudio Regional Comparativo y	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Logros de aprendizaje</li> <li>• Factores asociados</li> </ul>	Evalúan la participación de los padres en la escuela y como el proceso educativo favorece el rendimiento académico.



	Explicativo (LLECE/UNESCO, 2012)		
Fernández et al. (2019)	Test de Corsi y TEDI – MATH	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Analiza la amplitud de memoria visoespacial proporcionada para el Diagnóstico de las Competencias Básicas.</li> </ul>	Evalúa e implementa un programa virtual de intervención.
Pastén et al. (2018)	Se evaluó por medio de problemas de operaciones lógicas y a través de problemas con enunciados orales con y sin apoyo visual.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Habilidades:                             <ul style="list-style-type: none"> <li>• Semánticas</li> <li>• Morfosintácticas</li> <li>• Conciencia fonológica</li> </ul> </li> <li>• Memoria verbal</li> <li>• Velocidad de procesamiento verbal.</li> </ul>	Evalúa la influencia lingüística en resolución de problemas matemáticos.
Utario et al. (2018)	Encuesta, registro anecdótico e inferencia.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Examinan la efectividad de una aplicación de juego móvil de Android llamada Arbi Care como un medio de prevención.</li> </ul>	Evalúan hábitos de higiene así como motricidad fina con su intervención
Cahoon et al. (2021)	Análisis de transición latente	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Evalúan tres momentos temporales en la transición del preescolar a la primaria.</li> </ul>	Evalúan 3 tiempos lo que permite una investigación de diferentes vías de aprendizaje de subgrupos habilidades matemáticas en la transición del preescolar a la primaria.

En este sentido, Cahoon et al. (2021), de Villiers et al. (2021), Fernández et al. (2019), Moreno et al. (2020), Pastén et al. (2018), Torrecilla y Hernández (2020), y Utario et al. (2018) en sus estudios destacan la importancia de que, en la evaluación de los niños y niñas, su PPE, sus experiencias, su avance psicomotor y la función ejecutiva, logren desarrollarse plenamente, destacan a las habilidades matemáticas y el lenguaje como principales aspiraciones de la PPE en la búsqueda de que realicen una transición armónica del preescolar a la primaria.

Asimismo, Cahoon et al. (2021), Moreno et al. (2020), Torrecilla y Hernández (2020), Utario et al. (2018), dentro de las dimensiones de familias preparadas y escuelas preparadas; no solo destacan a la familia, también incluyen a sus docentes. De la misma manera, vinculadas a escuelas preparadas, analizan las necesidades socio-económicas que muestran grados

extremos, en donde existen situaciones que develan necesidades de acceso a las TIC.

En el periodo de edad de los niños y niñas preescolares, debe considerarse su estado emocional, social y de salud, pues esto influye de forma determinante en la transición del hogar a la escuela. Deberá procurarse que la PPE de los niños y niñas se desarrolle en condiciones óptimas de salud, y de equilibrio emocional, sobre todo al enfrentar conflictos como: la muerte de un familiar, separación o divorcio de los padres, alguna enfermedad, por separación de la madre por motivo de viaje, nacimiento de un hermano y algunas otras situaciones en las que no conocemos el nivel de ansiedad en el niño, lo cual le resta confianza y seguridad en sí mismo (Moreno et al., 2020; Torrecilla & Hernández, 2020; Fernández, 2019; Utario, 2018).

En la Tabla 3. podemos observar los documentos encontrados en el metabuscador Scopus.

**Tabla 3.** Codificación de criterios, con base en Scopus

Autor y año	Instrumentos y/o herramientas	Categoría	Análisis
Herreras (2017)	PISA 2012	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Matemáticas</li> <li>• Fundamentales</li> <li>• Desarrollo</li> </ul>	Analizar el riesgo de bajo desempeño en función de varias variables: asistencia a la educación infantil, estrategias de aprendizaje y estrategias utilizadas por el docente.
Suga et al. (2021)	Se analizaron artículos de intervención originales sobre actividad física que utilizaron métodos de regresión, publicados entre 2000 y 2019 en inglés, portugués y español.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Intervenciones escolares</li> <li>• Promover la educación física</li> <li>• Comportamientos saludables</li> </ul>	Las intervenciones escolares efectivas para los niños pueden promover la actividad física y los comportamientos saludables.
Romero et al. (2021)	Utilizan la regresión jerárquica y el análisis mediante un modelo lineal mixto. f de Cohen y g de Hedges. Registro anecdótico.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Programas de intervención.</li> <li>• La memoria de trabajo</li> <li>• La flexibilidad cognitiva.</li> </ul>	Los resultados del estudio muestran que el programa de intervención tiene un impacto significativo en todas las variables de función ejecutiva analizadas, con grandes tamaños de efecto.

Varghese et al. (2019)	Relaciones entre maestros y alumnos (TCR)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• El logro de alfabetización de los niños y las competencias sociales.</li> </ul>	Analizan el vínculo entre docente y los niños y niñas en las experiencias y aprendizajes en el aula examinan las asociaciones entre los TCR conflictivos y cercanos
Pereira et al. (2020)	Escalas Mc Carthy	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Perfil de desarrollo psicomotor.</li> <li>• Detectar posibles desajustes.</li> </ul>	Se realizó un estudio de cohorte prospectivo longitudinal analítico observacional con un diseño de casos y controles, de Aptitudes y Psicomotricidad para niños.
Séve y Barray (2020)	Modelo analítico observacional. Las escalas Mc Carthy de aptitudes y psicomotricidad para niños.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Metodología de la evaluación.</li> <li>• Trastornos del desarrollo.</li> </ul>	Se determinó el perfil de desarrollo psicomotor de niños con antecedentes de prematuridad, a los 4, 5 y 6 años en la búsqueda de evaluar de forma específica cada circuito de la estructura cognitiva modular.
Mercader et al. (2017)	Se analiza longitudinalmente la capacidad predictiva de un conjunto de variables motivacionales sobre el rendimiento matemático.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Habilidades matemáticas</li> <li>• La dimensión atribucional de internalidad positiva aportan una contribución significativa adicional.</li> </ul>	En sus resultados muestran un importante poder predictivo sobre el rendimiento matemático posterior de la autocompetencia percibida. También la persistencia, la actitud.

Herreras (2017), Mercader et al. (2017), Pereira et al. (2020), Romero et al. (2021), Séve y Barray (2020), Suga et al. (2021), Varghese et al. (2019), coinciden en que la evaluación de la PPE debe ser continua, no con el fin de asignar un número al niño o niña, sino más bien, para llevar a cabo una prevención oportuna, enfatizan en la necesidad de herramientas e instrumentos en la prevención y mejora continua en la educación.

Pereira et al. (2020), Romero et al. (2021), Suga et al. (2021), proponen y enfatizan en el empleo de situaciones o retos que los infantes relacionen con su vida cotidiana en la búsqueda de su desarrollo cardinal, tanto física como psíquica (psicomotor), de las habilidades que involucran los sentidos con la corporeidad exterosensorial y propiosensorial se interrelacionan y van religadas con el desarrollo del ser humano.

Aquellos niños en la vía de habilidades de números bajos, tienen una tasa de crecimiento más baja que los de vías más avanzadas, debido a la falta

de comprensión de la cardinalidad. Herreras (2017), Séve y Barry (2020), Varghese et al. (2019), destacan la importancia del lenguaje y las habilidades de la memoria motora en el desarrollo de habilidades matemáticas.

Todos estos autores hacen énfasis en las experiencias de los niños y niñas durante su edad preescolar, Séve y Barry (2020) enfatizan la necesidad de intervenir-prevenir las necesidades educativas específicas, retrasos en el desarrollo y/o discapacidad en congruencia con Pereira et al. (2020) los programas de intervención que involucran psicomotricidad potencian las demás habilidades. Asimismo, aquellos aprendizajes logrados que involucren las emociones, se especulan, logran en los y las infantes un aprendizaje más significativo, aunado a que, si lográsemos hacer divertida la enseñanza, los párvulos adquieren gusto por el aprendizaje e, incluso, amor a la ciencia. Ya que están conociendo un mundo infinito.

**Tabla 4.** Codificación de criterios, con base en Scielo

Autor y año	Instrumentos y/o herramientas	Categoría	Análisis
Gómez-León (2020)	Registro anecdótico de las apraxias y dispraxias gestuales.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Entorno favorable para su óptimo desarrollo.</li> <li>Habilidades:</li> <li>• Fisiológicas</li> <li>• Cognitivas y emocionales.</li> </ul>	Este trabajo pretende sintetizar e integrar las últimas aportaciones empíricas sobre el desarrollo de las habilidades creativas en los niños con altas capacidades durante la infancia temprana.
Reséndiz (2020)	El análisis del discurso escolar respecto a la enseñanza de la noción de número toma como referencia a Piaget y a Vygotsky.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Procesos de enseñanza-aprendizaje.</li> <li>• Diversas y específicas etapas conforme a sus capacidades e intelecto.</li> </ul>	analiza los procesos de enseñanza-aprendizaje en preescolar, donde se encuentra inmersa la noción de número, y, por otro lado, el uso de las TIC para el desarrollo de esta noción.
Urbina (2020)	Assessment and Evaluation Programming System for Infants and Children (AEPS). Consenso del uso de prácticas de transición de los maestros.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Transición del preescolar.</li> <li>• Programa de intervención.</li> <li>• Prácticas educativas.</li> </ul>	Analiza los efectos a largo plazo que puede tener la PPE en niños de preescolar a nivel académico y personal.
Bojorque et al. (2019)	habilidades numéricas tempranas y su	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Habilidades matemáticas.</li> </ul>	Los resultados indican que existen diferencias individuales en las

	enfoque espontáneo en el número (SFON). Descripción narrativa de la situación económica.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Nivel socioeconómico.</li> <li>• Competencias numéricas.</li> </ul>	habilidades numéricas tempranas y el SFON de los niños ecuatorianos al iniciar el jardín infantil. Además, el nivel socioeconómico se correlacionó positivamente con las habilidades numéricas tempranas, pero no con el SFON. Al final se discuten las implicaciones teóricas, metodológicas y prácticas del estudio.
Gamboa et al. (2018)	Identifica las concepciones orientadoras de las prácticas corporales con un carácter innovador en un estudio.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Innovación y creatividad:</li> <li>• De los niños</li> <li>• De los docentes</li> </ul>	Los hallazgos relevantes como ejes centrales de la innovación: su renovación, contextualización social, pensamiento renovador y creativo del educador, libertad de exploración por parte de los niños y las niñas.
Bolaños et al. (2018)	Analizó la eficacia de un programa de intervención para mejorar la PPE.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Comprensión de las letras minúsculas del alfabeto</li> <li>• Estudio de tipo cualitativo</li> </ul>	Las investigaciones muestran que las intervenciones psico-educativas mejoran las habilidades en los niños.

Bojorque et al. (2019), Bolaños et al. (2018), Gamboa et al. (2018), Gómez (2020), Reséndiz (2020), y Urbina (2020) coinciden en la necesidad de evaluar buscando como objetivo una transición armónica en la PPE, de manera continua y retroalimentada en la calidad, prevención y regularización de los niños y niñas; enfatizan en que desarrollar las habilidades visomotoras es esencial en la construcción del pensamiento complejo para que el niño adquiera la noción de conjunto y sub conjunto para darse cuenta que son infinitos en la naturaleza. El cálculo de velocidad y distancia lo desarrolla el infante de manera empírica: al correr, lanzar, brincar..., al combinarlas con el aprendizaje mediante la experiencia y repetición de los números, usando un pensamiento complejo en juegos y bailes más reglados comienza la noción del tiempo en números, la cual ya tenía de manera experiencial del día/noche.

Algunos autores como Bolaños et al. (2018) y Gamboa et al. (2018) sugieren que las relaciones entre un número limitado de variables se aplican a todos los alumnos de la misma manera, sin discriminar ni hacer la educación atractiva, por lo anterior, se considera que es necesario tomar aquellos referentes, construcciones y reflexiones pedagógicas que por años se han perfilado como el ideal, pero que en las dinámicas reales aún no logran impactar en una educación pertinente, oportuna, flexible, continua, preventiva

y complementaria es primordial una transformación que verdaderamente logre cambiar.

Bojorque et al. (2019), Gómez (2020), y Urbina (2020) coinciden en un enfoque centrado en la persona con una transición latente rica en experiencias, habituar a los párvulos a buscar soluciones, experiencia individual y la percepción sensorial, en el descubrimiento de sus habilidades, los mecanismos psíquicos del ser que diera cuenta de la conexión entre las sensaciones físicas, los juicios y razonamientos.

Replicar cosas simples como preparar el desayuno en la escuela implica que los infantes adquieran nociones de cantidad, al servir comida o bebida, así como, medida al acomodar platos y/o sillas (Gamboa et al., 2018; Bolaños et al., 2018).

Reséndiz (2020) cuestiona la enseñanza de la noción de número, toma como referencia a Piaget y a Vygotsky, sin embargo, algunos juegos y estrategias son rescatables, como, por ejemplo, la repetición motora y contable. Bojorque et al. (2019) y Bolaños et al. (2018) muestran como la repetición invade la memoria y la curiosidad del niño y la niña.

Por otra parte, Reséndiz et al. (2020) refieren que la transición de un grado escolar a otro requiere de un proceso de adaptación, que apoye las experiencias para adaptarse a un terreno desconocido, las aulas o instalaciones, sus compañeros también, pero serán las nuevas vivencias de retos sociales, académicos y personales los que harán la diferencia.

Al recolectar los artículos analizados, en los tres meta buscadores, todos los autores proponen regularización, prevención y propuestas afines, así como la necesidad de crear psicometría con el fin de buscar que la PPE sea suficiente para que los niños y niñas, se desenvuelvan adecuadamente en su transición a la primaria.

Bojorque et al. (2019), Bolaños et al. (2018), Cahoon et al. (2021), De Villiers et al. (2021), Fernández et al. (2019), Gamboa et al. (2018), Gómez (2020), Herreras (2017), Mercader et al. (2017), Moreno et al. (2020), Pastén et al. (2018), Pereira et al. (2020), Reséndiz (2020), Romero et al. (2021), Torrecilla y Hernández (2020), Séve y Barray (2020), Suga et al. (2021), Urbina (2020), Utario et al. (2018), Varghese et al. (2019), hacen énfasis no solo en la dimensión de niños preparados si no, también la dimensión de escuelas preparadas, en la búsqueda de una educación de calidad y aprendizajes significativos.

## **Discusión**

Durante la transición escolar, el niño presenta un grado de temor debido a que no tiene conocimiento de lo que va a encontrar o sobre el ambiente social al que está a punto de ingresar. El comenzar la escuela es algo nuevo totalmente, ya que dentro de este nivel escolar el niño deberá obedecer

a otros adultos que están fuera de su círculo familiar, así como convivir con otros niños de su misma edad (Moreno et al., 2020; Varghese et al., 2019).

Se debe tomar en cuenta el estado emocional, social y de salud del niño como parte de su PPE, ya que esto influirá de manera determinante por lo que se debe procurar que el niño esté en condiciones óptimas de salud y de equilibrio emocional, por ello es conveniente que cuando está atravesando por situaciones difíciles, en las que no conocemos el nivel de ansiedad en el niño se encuentra, cuidemos aquello que le resta confianza y seguridad en sí mismo (Moreno et al., 2020; Varghese et al., 2019).

Si el niño se encuentra en “óptimas condiciones” para poder ingresar a la educación primaria, los padres serán los encargados de hablar con el niño para que este conozca del nuevo cambio que va vivir y el ambiente que se puede llegar a encontrar (Suga et al., 2021; Herreras, 2017).

La PPE de los niños y niñas, en la transición del preescolar a la primaria, o el someterse a ciertos ritos en el tránsito propio de su cultura, representa desafíos y oportunidades para el aprendizaje y el crecimiento en múltiples niveles. La transición de preescolar a primaria es la más importante, ya que la experiencia que se obtenga de esta, sea positiva o negativa, afectará en la escolaridad futura, la que ocasionará un sentimiento de éxito o de fracaso escolar (Romero et al., 2021; Pereira et al., 2020).

López y de Pro-Bueno (2020) destacan que la educación preescolar tendrá como objetivos especiales el promover y estimular el desarrollo físico, afectivo y espiritual del niño, su integración social, su percepción sensible y el aprestamiento para las actividades escolares, en acción coordinada con los padres y la comunidad, por lo que sus escritos pretenden impactar en las tres dimensiones planteadas por el UNICEF (Ainscow, 2019).

En las tres dimensiones planteadas por el UNICEF (Ainscow, 2019; Rebello & Limlingan, 2012) las actividades físicas y matemáticas son menester de la vida cotidiana, que involucran al niño y la sociedad, son una necesidad prioritaria de un trabajo multidisciplinar entre escuelas, familias y niños.

Riascos et al. (2020), Torrecilla y Hernández (2020) consideran que la transición se basa en las acciones que favorecen el paso de un nivel a otro, siendo el salto del preescolar a la primaria el gran reto pues involucra a toda la comunidad educativa, Esto proporciona una experiencia significativa que ya está en marcha en los preescolares cuando se implementa el desarrollo integral, donde el juego, el canto, la exploración del medio, el arte, la literatura, la expresión corporal, las mesas redondas, el trabajo colaborativo, experimentar, las dimensiones del desarrollo y la evaluación integral del ser, son fundamentales en la PPE que los niños y niñas requieren en su transición. En congruencia con las concepciones de Riascos et al. (2020) y Fernández et al. (2019) el concepto de transición educativa hace referencia al cambio que

efectúan los niños desde una fase educativa a otra; es en estos cambios donde los pequeños se enfrentan a desafíos relativos a las relaciones sociales, el estilo de enseñanza, el ambiente, el espacio, el tiempo, los contextos de aprendizaje y el aprendizaje mismo, lo cual hace que este proceso resulte ser intenso y con demandas crecientes. Cuando los estudiantes del grado preescolar realizan la transición educativa a la primaria los procesos escolares cambian y se encuentran, con diferentes metodologías, ambientes y dinámicas, lo cual hace que este tránsito se vea fracturado. Generando la necesidad de articular los procesos para que se dé una transición armónica.

Asimismo, Riascos et al. (2020) y Pastén et al. (2018) plantean que para que la transición sea armónica es de vital importancia el acompañamiento familiar en el proceso de formación integral de los estudiantes. La participación de la comunidad educativa en este proceso contribuye notablemente al generar interés en la adquisición de los aprendizajes significativos de los estudiantes, este acompañamiento debe ser continuo, los estudiantes necesitan sentir el apoyo de la familia y el de la institución educativa, ya que la efectividad en los procesos educativos depende en gran manera de estos.

Por lo anterior, se considera establecer que las transiciones implican un cambio, en el cual ocurren procesos de continuidad, progresión y diferenciación, en los cuales pudiera haber un encadenamiento cada uno de ellos juega un rol en el paso al nuevo estado. Uno da estabilidad, otro complejiza lo alcanzado y el tercero ofrece el cambio de lugar, se da en la simultaneidad entre uno y otro ambiente. La PPE para el paso entre ambientes diferentes, se da en el tránsito del preescolar a la educación básica, en este momento se debe establecer un proceso de continuidad progresiva que beneficie a los estudiantes en la interacción, socialización y adaptación al siguiente nivel educativo, favoreciendo la transición en esta etapa escolar (Mercader et al., 2017; Utario et al., 2018).

De acuerdo con lo anterior, es necesario generar procesos que contribuyan al fortalecimiento de la interacción social, comunicativa, asertiva, ideológica y de compartir del trabajo colaborativo como parte de la PPE, que permita la adaptación de los estudiantes al nuevo entorno educativo para potenciar así un ambiente óptimo para la transición armónica. Asimismo, para dar continuidad al proceso entre el último grado preescolar y primero de primaria, se debe implementar una estrategia didáctica que cuente con la participación e integración de la comunidad educativa en aras de construir un puente que facilite la integración y adaptación de los estudiantes a las nuevas dinámicas escolares.

Gómez y Gómez (2021) y Moreno et al. (2020) plantean en sus resultados que para muchos niños y niñas el paso por el preescolar se convierte en un hermoso y mágico recuerdo de la infancia, es allí donde aprenden a



socializar, a compartir, se integran y experimentan con los compañeros y profesores. En este momento se evidencia la importancia de buscar estrategias que beneficien la transición escolar, para que los estudiantes disfruten de este proceso y creen hermosos recuerdos de la experiencia vivida en esta etapa de sus vidas.

En correspondencia con las concepciones de Gómez y Gómez (2021) y Pereira et al. (2020), comprender cómo las niñas y niños pequeños están mejor preparados para ingresar y tener éxito en la escuela primaria ha llegado a ser una prioridad entre los padres, educadores, legisladores e investigadores. Es así como la transición entre los grados se ha vuelto una necesidad en la generación de espacios sin vacíos en el currículo y pedagogía. La transición armónica se basa en acciones que favorecen el paso de un nivel a otro, en el contexto educativo con base en las estrategias didácticas implementadas para que se creen vínculos de comunicación en los cuales se compartan las metodologías de enseñanza y aprendizaje, para dar continuidad y seguimiento en los procesos educativos (Romero et al., 2021).

## **Conclusiones**

Se concluye, a partir de los elementos comunes encontrados en las publicaciones revisadas, en la necesidad de construir e implementar instrumentos y estrategias evaluativas con el propósito de cuantificar y cualificar la preparación para la escolarización de los niños y niñas de preescolar en su transición a la primaria. Esto deberá tomar en cuenta aportes de prevención e intervención dentro del campo formativo del pensamiento matemático y área de desarrollo personal social en educación física.

Se considera oportuno resaltar que el perfil de preescolar es el principal componente para avanzar en la construcción de instrumentos y estrategias de evaluación lleven a valorar la PPE de los niños de preescolar. En dicho perfil deberán aparecer los campos y áreas del modelo educativo que opera la educación básica, así como los organizadores curriculares y aprendizajes esperados articulados a fin de facilitar la evaluación integral de los niños y niñas de preescolar en su tránsito a la primaria.

Con este propósito, se busca clarificar la interpretación que se les confiere a los procesos de transición de un nivel de enseñanza a otro y se concluye que las prácticas evaluativas que establecen los centros siguen, en la mayoría de los casos, planes que el mismo centro ha elaborado; asimismo, entre las dificultades, se resaltan la falta de autonomía y la diferencia de niveles de lectura y escritura con los que se promociona el alumnado de un nivel a otro en la educación preescolar.

## References:

1. Ainscow, M. (2019). Años después de la Declaración de Salamanca de la UNESCO. Crear sistemas educativos inclusivos y equitativos. Documento de Discusión Preparado Para El Foro Internacional Sobre Inclusión y Equidad, 11-13.
2. Arnold, C., Bartlett, K., Gowani, S. y Merali, R. (2007). Is Everybody Ready? Readiness, transitions and continuity—Reflections and moving forward, Working Papers in Early Childhood Development 41, The Hague, The Netherlands: Bernard van Leer Foundation. P. 36.
3. Arrivillaga, C., Cuevasanta, D., Liz, M., Moreira, K., Schiappacasse, P., y Echeverría, A. V. (2016). Preparación para la escolarización: una revisión sistemática de estudios longitudinales. *PSIENCIA. Revista Latinoamericana de Ciencia Psicológica*, 8(1), 1-12.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.5872/psiencia.v8i1.191>
4. Bojorque, G., Torbeyns, J., Hoof, J. V., Nijlen, D. V., y Verschaffel, L. (2019). Influencia del nivel socioeconómico en el desarrollo de las competencias numéricas de los niños ecuatorianos de jardín infantil. *Perfiles educativos*, 41(166), 90-104.
5. Bolaños-Motta, J. I., Pérez-Rodríguez, M. A., y Casallas-Forero, E. (2018). Alfabetización Corporal. Una propuesta de aula desde la psicomotricidad. *Estudios pedagógicos (Valdivia)*, 44(3), 23-34.
6. Cahoon, A., Gilmore, C., y Simms, V. (2021). Developmental pathways of early numerical skills during the preschool to school transition. *Learning and Instruction*, 75, 101484.  
<https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2021.101484>
7. de Villiers, J., Iglesias, A., Golinkoff, R., Hirsh-Pasek, K., Wilson, M. S., y Nandakumar, R. (2021). Assessing dual language learners of Spanish and English: Development of the QUILS: ES. *Revista de Logopedia, Foniatría y Audiología*. Articles in press, Disponible online el 6 de Enero de 2021. DOI: 10.1016/j.rlfa.2020.11.001
8. Fernández-Abella, R., Peralbo-Uzquiano, M., Durán-Bouza, M., Brenlla-Blanco, J. C., y García-Fernández, M. (2019). Virtual Intervention Programme to Improve the Working Memory and Basic Mathematical Skills in Early Childhood Education. *Revista de Psicodidáctica*, 24(1), 17-23
9. Gamboa Jiménez, R. A., Jiménez Alvarado, G. A., Peña González, N. J., Gaete Navarro, C.F., y Aguilera Ubeda, D. J. (2018). Prácticas corporales e innovación en educación infantil (0-6 años): análisis crítico desde la mirada de expertos. *Revista Brasileira de Ciências do Esporte*, 40(3), 224-232.
10. Gómez-León, M. I. (2020). Bases psicobiológicas de la creatividad en los niños con altas capacidades. *Psiquiatría Biológica*, 27(1), 28-33.

11. Gómez-Marí, I. y Gómez-Marí, P. (2021). Orientaciones pedagógicas: ¿cómo facilitar el proceso de transición del alumnado desde la etapa de educación Infantil a Primaria? Percepciones de familias y profesionales de la educación. REIDOCREA, 10(4), 1-14.
12. Herreras, E. B. (2017). Risk low math performance PISA 2012: Impact of assistance to Early Childhood Education and other possible cognitive variables. Acta de investigación psicológica, 7(1), 2606-2617.
13. López Portela, L. X., y de Pro-Bueno, A. (2020). Historia de la educación inicial en Colombia: démosle un giro a ese cuento. Actualidades Pedagógicas, 1(75), 131-156.
14. López, E. L., Tobón, S., y Hernández, L. G. J. (2019). Escala para evaluar artículos científicos en ciencias sociales y humanas-EACSH. REICE: Revista Iberoamericana Sobre Calidad, Eficacia Y Cambio En Educación, 17(4), 111-125.
15. Mercader, J., Presentación, M. J., Siegenthaler, R., Molinero, V., y Miranda, A. (2017). Motivation and mathematics performance: a longitudinal study in early educational stages. Revista de Psicodidáctica (English ed.), 22(2), 157-163.
16. Moreno-Gómez, A., Luna, P., y Cejudo, J. (2020). Promoting school success through mindfulness-based interventions in early childhood. Revista de Psicodidáctica, 25(2), 136-142.
17. Pastén, L. E., Taverner, R. M., y Fernández, A. Y. (2018). Conciencia fonológica y resolución de problemas matemáticos en educación infantil. Revista de Logopedia, Foniatría y Audiología, 38(2), 61-68.
18. Pereira-Cerro, A. V., Lanzarote-Fernández, M. D., Barbancho-Morant, M. M., y Padilla-Munoz, E. M. (2020, October). Evolución del desarrollo psicomotor en preescolares con antecedentes de prematuridad. Anales de Pediatría 93 (4), 228-235. Elsevier Doyma. <https://doi.org/10.1016/j.anpedi.2019.10.003>
19. Presa, T., Vásquez Echeverría, A., Mandl Ruiz, A. I., Méndez, E., y Climente, C. (2019). Las habilidades socioemocionales como facilitadoras de la transición en primer ciclo y su contribución con la disposición para la escolarización en lecto-escritura a partir de los resultados del INDI (Inventario de Desarrollo Infantil). <http://repositorio.cfe.edu.uy/handle/123456789/1161>
20. Rebello Britto, P. y Limlingan, M. (2012). School Readiness and Transition. A companion to the Child Friendly Schools Manual (pp. 1-28). UNICEF.

21. Reséndiz-Balderas, E. (2020). Análisis del discurso y desarrollo de la noción de número en preescolar y el uso de las TIC. *Ciencia UAT*, 14(2), 72-86.
22. Riascos Ordoñez, N., Vargas Díaz, X., y Zambrano Trompeta, M. Y. (2020) Estrategia Didáctica para la Transición entre el último grado de Preescolar y el Primero de Básica Primaria. <http://hdl.handle.net/11634/27543>
23. Romero-López, M., Pichardo, M. C., Justicia-Arráez, A., y Cano-García, F. (2021). Effect of the EFE-P program on the improvement of executive functions in Early Childhood Education. *Revista de Psicodidáctica*, 26(1), 20-27.
24. Secretaría de Educación Pública (SEP). (2017). Modelo Educativo para la educación obligatoria. Autor.
25. Sève-Ferrieu, N. y Barry, V. (2020). Evaluación de la apraxia gestual y de la dispraxia en el marco de los trastornos neuropsicológicos. *EMC-Kinesiterapia-Medicina Física*, (41)2, 1-16.
26. Suga, A. C. M., da Silva, A. A. D. P., Brey, J. R., Guerra, P. H., y Rodríguez-Añez, C. R. (2021). Effects of interventions for promoting physical activity during recess in elementary schools: a systematic review. *Jornal de Pediatria*. En prensa: online 25 March 2021. <https://doi.org/10.1016/j.jpmed.2021.02.005>
27. Torrecilla, F. J. M. y Hernandez-Castilla, R. (2020). Does parental involvement matter in children's performance? A Latin American primary school study. *Revista de Psicodidáctica*, 25(1), 13-22.
28. Urbina-García, M. Á. (2020). Programa de Intervención para facilitar la Transición al Primer año de Primaria. *Diálogos sobre educación. Temas actuales en investigación educativa*, 11(21), 1-19. <https://doi.org/10.32870/dse.v0i21.664>
29. Utario, Y., Rustina, Y., Krianto, T., y Ayubi, D. (2018). Arbi Care application increases preschool children's hand-washing self-efficacy among preschool children. *Enfermeria clinica*, 28, 27-30.
30. Valderrama, C. R., Floody, P. D., Espinoza-Silva, M., y Mayorga, D. J. (2019). Comportamiento del Profesor, Intensidad y Tiempo Efectivo de las Clases de Educación Física en una escuela pública: Un acercamiento a la realidad. *Retos: nuevas tendencias en educación física, deporte y recreación*, 35, 160-163.
31. Varghese, C., Vernon-Feagans, L., y Bratsch-Hines, M. (2019). Associations between teacher-child relationships, children's literacy achievement, and social competencies for struggling and non-struggling readers in early elementary school. *Early Childhood Research Quarterly*, 47, 124-133.



## Archean Itabirites From Ovan, NE-Gabon: Petrography, Mineralogy And Elemental Mapping

*Stévy Retonda-Kondja,  
Simplice Marin Ndong-Ondo,  
Ambroise Edou-Minko*

University of Sciences and Technologies of Masuku, URESTE, Geology  
Department, Franceville, Gabon

*Tomohiko Sato,*

Earth-Life Science Institute (ELSI), Tokoyo Institute of Technology,  
Okayama, Meguro-ku, Japan

*Benjamin Musavu-Moussavou,  
Mathieu Moussavou*

University of Sciences and Technologies of Masuku, URESTE, Geology  
Department, Franceville, Gabon

[Doi:10.19044/esj.2021.v17n25p380](https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n25p380)

Submitted: 26 May 2021

Accepted: 22 June 2021

Published: 31 July 2021

Copyright 2021 Author(s)

Under Creative Commons BY-NC-ND

4.0 OPEN ACCESS

### *Cite As:*

Retonda-Kondja S., Ndong-Ondo S.M., Edou-Minko A., Sato T., Musavu-Moussavou B. & Moussavou M. (2021). *Archean Itabirites From Ovan, NE-Gabon: Petrography, Mineralogy And Elemental Mapping*. European Scientific Journal, ESJ, 17(25), 380.

<https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n25p380>

### **Abstract**

The Archean greenstone belt called Bélinga Group was highlighted in NE-Gabon around 1960. It consists of many petrographic types such as itabirites (BIFs), ultrabasites, and amphibolites. Recent geophysical studies revealed the presence of BIFs and associated rocks at Ovan, which were linked to the Bélinga Group according to similar magnetic and some petrographic characteristics. Unfortunately, data on itabirites in respect with petrography, mineralogy and geochemistry are rare. This note aims at contributing to petrography, mineralogy and elemental mapping of Ovan itabirites on the one hand, and giving strong proofs that they belong to the Bélinga Group on the other.

Field investigations bring samples from six sites around Ovan. Selected itabirites samples have been studied in petrography, mineralogy (XRD) and elemental mapping (SEM). Two (2) itabirites lithofacies are recognized: the well-banded and the massive itabirites. Mineral assemblages show principally quartz, magnetite, hematite and goethite. SEM images show euhedral to sub-euhedral grains of quartz and Fe-oxides of two types: the biggest (Fe1), seen as primary minerals within Fe-rich bands and the smallest (Fe2), as secondary minerals disseminated in the siliceous levels. Elemental mapping clearly reveals alternating Fe- and Si-rich bands with Fe-rich bands predominance. Finally, the itabirites around Ovan are sedimentary rocks essentially formed by chemical precipitation and belonging to the Bélinga Group.

---

**Keywords:** Archean, Bélinga Group, Itabirite, Ovan, Gabon

## Introduction

Itabirites or Banded Iron Formations (BIFs) are iron-rich chemical sedimentary rocks generally consisting of bands/lamina of silica (chert/quartz) in alternance with bands of iron oxy-hydroxides (magnetite, hematite, goethite). It sometimes contains iron carbonates (siderite and ankerite) or iron silicates (greenalite, grunerite...) (Bekker *et al.*, 2014; Bekker *et al.*, 2010; Li, 2014; Klein, 2005; Beukes & Klein, 1990). Those BIFs are widespread in Precambrian greenstone belts and interest scientists on the one hand for their resources in iron (Li *et al.*, 2014; Anderson *et al.*, 2014; Duuring & Hagemann, 2013; Roy & Venkatesh, 2009; Ramanaidou, 2009; Spier *et al.*, 2007; Hammond & Moore, 2006; Webb *et al.*, 2003), on the other hand for information about the beginnings of the Earth (Kramers *et al.*, 2014; Liu *et al.*, 2014; Bontognali *et al.*, 2013; Thomazo *et al.*, 2013; Ribeiro da Luz *et al.*, 2012).

A huge ferriferous province situated in northwestern of the Archean Congo Craton includes S-Cameroun, NW-Congo and NE-Gabon. In NE-Gabon, there is the essential of the Bélinga Group which contains the Bélinga iron ore deposit, the biggest iron ore in Gabon (Rétonda Kondja *et al.*, 2017; Combes *et al.*, 1986; Sims, 1973). Occurrences of that Group are noted in other regions such as Mitzic, Ngama and Mébaga in Central-Gabon (Prian *et al.*, 1998), Batouala, Boka-Boka and Makokou in NE-Gabon (Combes *et al.*, 1986). The main petrographic types of the Bélinga Group are BIFs, meta-ultrabasites, amphibole-pyroxene rocks, amphibolites – amphibole gneisses, micro-conglomeratic quartzites, micaschist – chloritoschistes and amphibole/biotite gneisses (Abouma Simba *et al.*, 2009a; Thiéblemont *et al.*, 2009). According to their metamorphism degree, there are (a) granulite-BIFs facies consisting of quartz, magnetite, sillimanite and muscovite (Prian *et al.*,

1998), (b) amphibolite-BIFs facies with quartz, magnetite, and sometimes amphibole, garnet and orthopyroxene and (c) greenschist-BIFs facies containing quartz, hematite, goethite with little chlorite, illite and muscovite (Beaujour, 1971).

In Ovan area, recent geophysical prospections made by the General Direction of Mines and Geology revealed the presence of BIFs and associated rocks linked to the Bélinga Group (Abouma Simba *et al.*, 2009a). However, petrographic or geochemical studies on Iron Formations in Ovan are rare. Therefore, it is important to investigate and bring more data for a better understanding of these rocks. The principal aim of the work is to give scientific proofs that itabirites from Ovan belong to the Bélinga Group. (i) Petrographic, (ii) mineralogical and (iii) elemental mapping characteristics of Ovan itabirites presented here link those rocks to the Bélinga Group.

### **Regional geological setting**

The NE-Gabon region belongs to the North-Gabon Massif (Fig. 1a). It is a granites-greenstones terrane composed of an ~3.0-2.7 Ga Archean basement including granites, gneisses and migmatites (TTG) that principally underwent granulite facies metamorphism, and a ~2.8 Ga greenstone belt called Bélinga Group essentially metamorphized under amphibolite facies, and locally granulite facies (Abouma Simba *et al.*, 2009a; Thiéblemont *et al.*, 2009; Chevallier *et al.*, 2002).

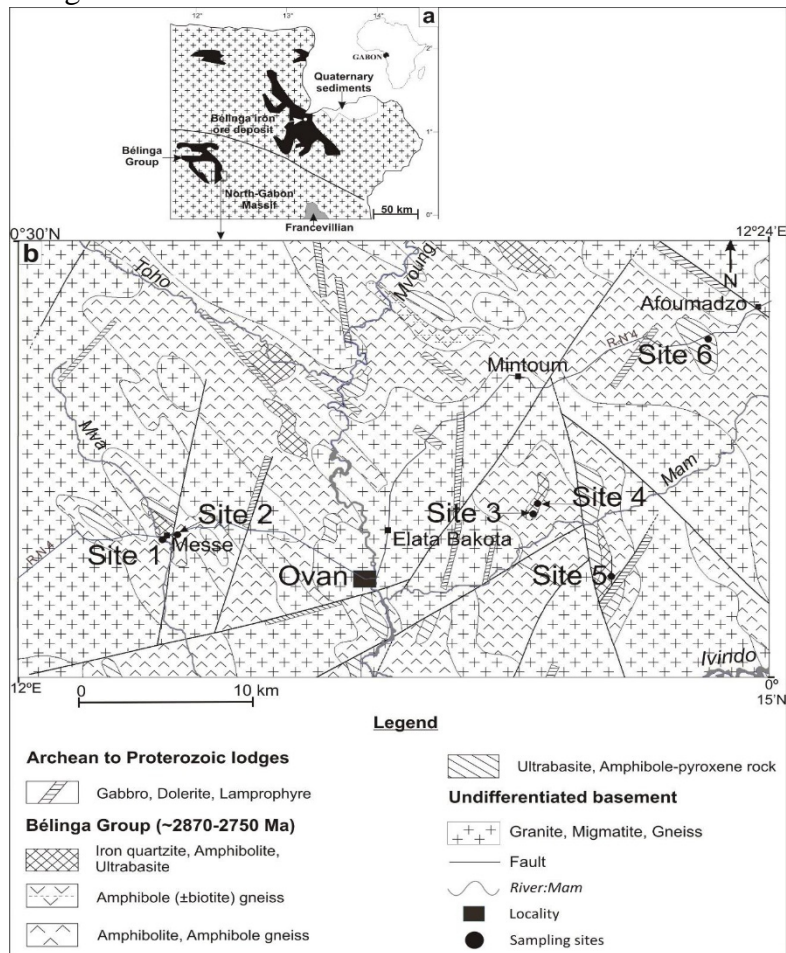
In the Ovan-Makokou region, general trend of itabirites and ultrabasic to acidic rocks massifs, supported by geophysical data show a N-S to NW-SE of general direction. Four fault systems oriented NE-SW, NNW-SSE, E-W and NW-SE affect this Archean terrane. This area could be interpreted as a horst-graben system affected by combined shear faults (Rétonda Kondja *et al.*, 2016). The study area is situated near Ovan, ~140 km in SW of the Bélinga iron ore deposit (Fig. 1b).

### **Material and methods**

During two field investigations in the forested study area with very little outcrops, six (6) indicated sites around Ovan have been explored (Fig. 1b). About hundred samples have been taken to get a maximum of lithofacies similar to those of the Bélinga Group.

For this work, only itabirites from sites 4 and 5 have been investigated in petrography, mineralogy and elemental mapping. Thin sections have been done at the School of Mines, Industry and Geology of Niamey (EMIG), Niger. First petrographic observations were performed in the Petrographic Laboratory at the University of Sciences and Technologies of Masuku (Gabon), using an Optika B-353POL polarizing microscope in order to determine textural relationships. Furthermore, a Hitachi S-3400N Scanning

Electron Microscope (SEM) with a Bruker 5010 EDS system has been used in backscattered electron mode at the Earth Life Science Institute (ELSI) of Tokyo for deeper petrographic and elemental mapping analyses. Before the analysis under the SEM, polished and thin sections are coated with osmium (Os). For petrographic studies, the SEM-images were obtained in the following conditions: voltage: 15 kV; current: 80  $\mu$ A; working distance: 10.9 mm; counting: 5 s.



**Figure 1.** Location of the study area. (a) Simplified geological map of NE-Gabon (modified after Chevallier *et al.*, 2002). (b) Geological map of the Ovan area and location of sampling sites (modified after Abouma Simba *et al.*, 2009b). Itabirite samples come from Sites 4 and 5

The mapping of chemical elements was done with the same material as petrographic SEM analyses. The working conditions were the following: voltage of 15 kV; current: 80  $\mu$ A; working distance: 10 mm; counting: 1800 s. The color scale shows the presence or a significant lack of an element when



tint turns towards red or black respectively. SEM-images were treated with Quantax software.

Powder X-Ray Diffraction (XRD) was performed on total rock to provide bulk mineral assemblages. Rocks were powdered and particles <200  $\mu\text{m}$  were used for XRD-analysis. The instrument used was a Siemens D5000 XRD at the Applied Chemistry of Solid Laboratory (LCSA) in Mohammed V University of Rabat, Morocco. Its parameters were as following: voltage: 40 kV;  $\text{CuK}\alpha 1$  radiation; scan: 10 to  $60^\circ$ ,  $2\theta$ ; current: 20 mA; counting: ~1h. XRD spectra were identified using data of Brindley and Brown (1980).

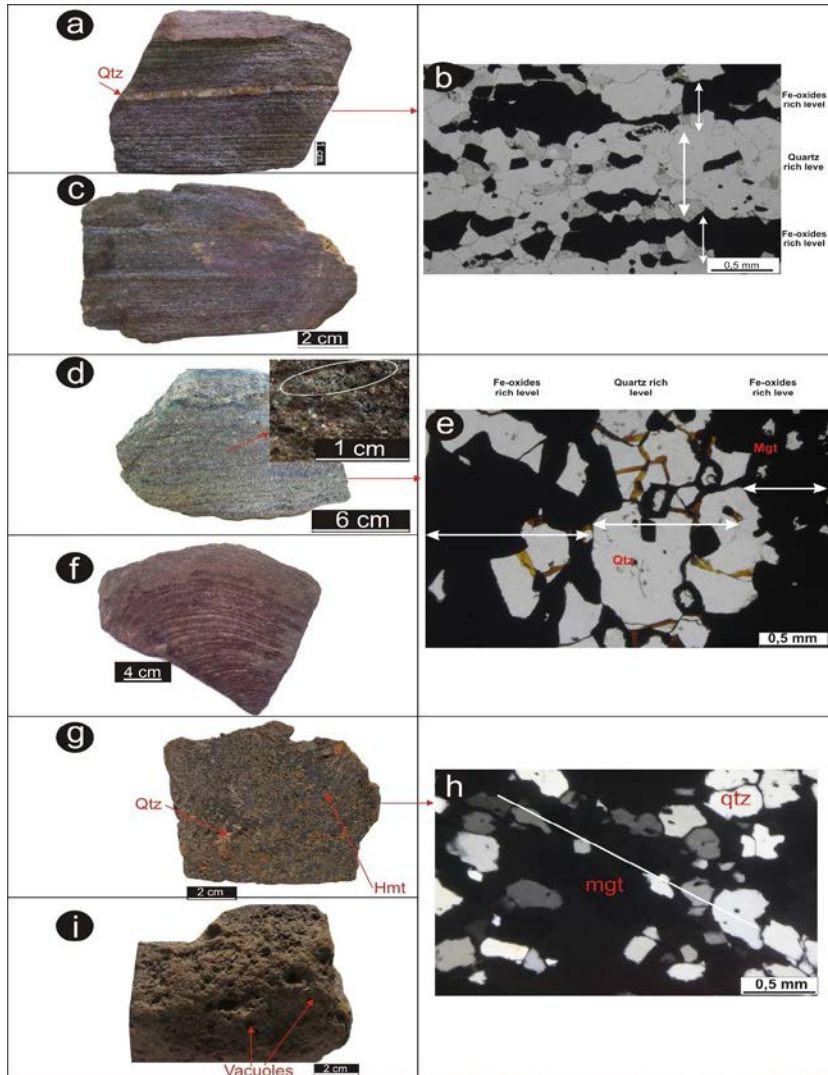
## Results

### Petrographic features

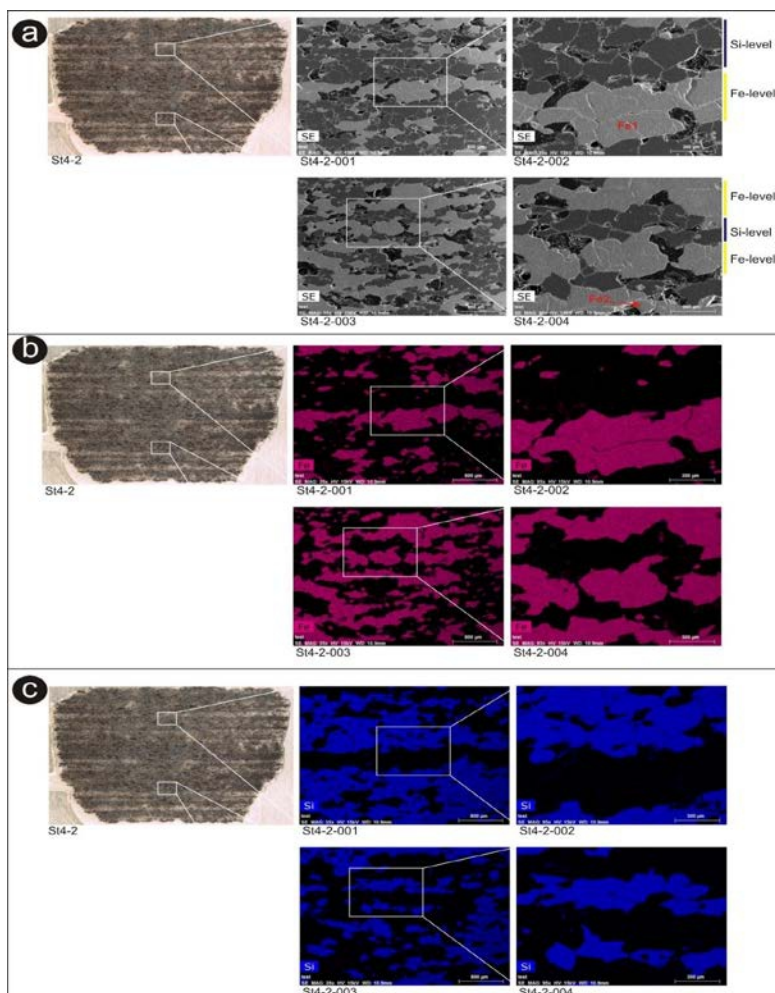
This part briefly presents the first petrographic results. For more details, see Rétonda Kondja *et al.* (2016). New SEM-results are presented. Itabirites observed in Ovan show two main lithofacies – well-banded and massive itabirites.

Well-banded itabirites are hard rocks consisting of centimetric to millimetric clear and dark colored levels which can be parallel (Fig. 2a, 2c), little undulated (Fig. 2d) or folded (Fig. 2f). Clear levels contain quartz with little iron oxy-hydroxides (mainly hematite) and dark-colored levels consist of magnetite, hematite and goethite. Clear levels are sometimes interrupted by iron oxides levels, highlighting the recrystallization process of primary magnetite to hematite in substitution for silica. Microscopic studies show granoblastic banded textures (Fig. 2b, 2e) with the same minerals, and locally hornblende.

SEM-images show two types of organizations (Fig. 3a). The first organization shows alternations of light grey colored bands with predominantly iron minerals and dark grey bands essentially composed of silica. A second organization shows iron minerals within silica bands. In the first organization, the dark grey silica bands exhibit euhedral to sub-euhedral aggregates of quartz with size between 100 and 300  $\mu\text{m}$ . Iron mineral bands exhibit euhedral to sub-euhedral aggregates of iron oxides (mainly magnetite) of 200  $\mu\text{m}$  (Fe1) following banding direction (Fig. 3a, St4-2-002). In the second organization, hematite grains (Fe2) have sizes inferior to 100  $\mu\text{m}$  (Fig. 3a, St4-2-004). Elemental mapping in Si-Fe transition zones (Fig. 3b and 3c) with high resolution SEM-images does not show sharp limits. Silica-rich bands are often interrupted by intercalations of linking hematite grains to those of silica-rich bands and inversely on the one hand. On the other hand, we note a random distribution of iron oxides disseminated within silica bands keeping a preferred direction.



**Figure 2.** Hand specimens and photomicrographs (transmitted light) of itabirites from Ovan area. (a, c) Parallel banding. Quartz-rich bands are light and Fe-oxide-rich bands are dark. (b) Microbanding of the same itabirites. (d) Undulated banding; zoom on micro-pores. (e) Microscopic details with preserved banding. (f) Well-banded folded itabirites. (g) Polished section of a massive itabirites. (h) Photomicrograph of a massive itabirites showing slight mineral orientation. (i) Vacuoles on a massive itabirites. Mgt=magnetite; Hmt=hematite; Qtz=quartz



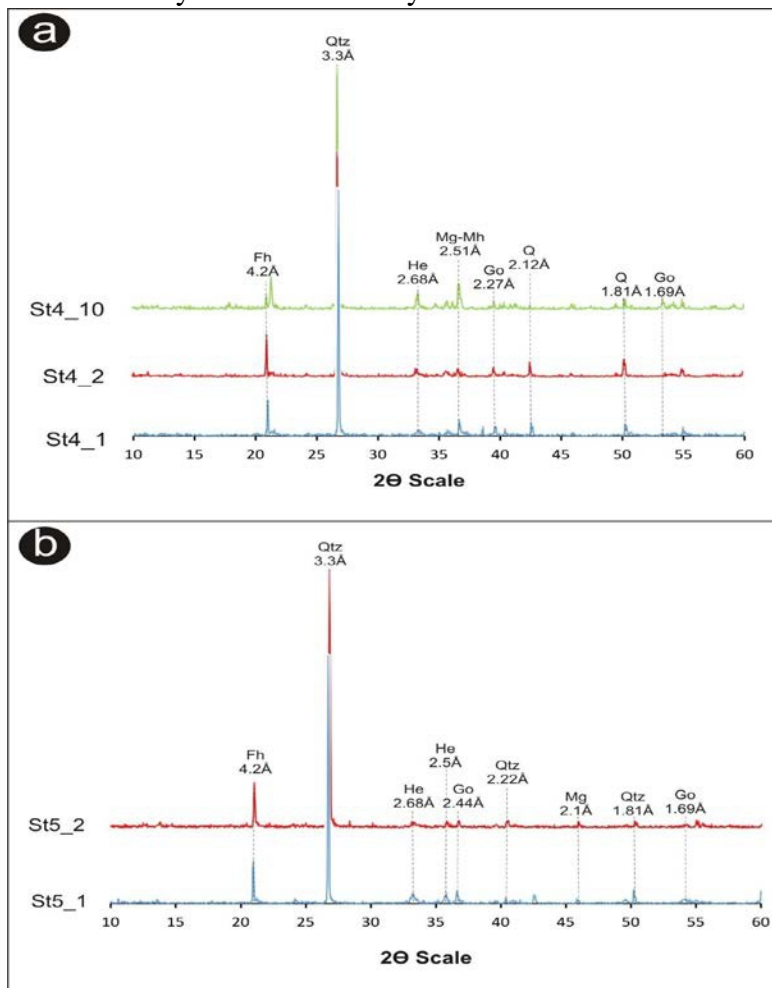
**Figure 3.** Photomicrographs (SEM) of a polished thin section for a well-banded itabirite. (a) Light grey bands are quartz-rich and dark grey bands are iron oxides-rich. (b, c) Elemental mapping showing microstructuration of iron-rich (purple) and silica-rich (blue) bands

Massive itabirites are grey-purple to reddish colored (Fig. 2g-i) with terrigenous spall and a density higher than the well-banded itabirites ones. They present millimetric to centimetric vacuoles on the faces which suffer direct weathering. They consist of medium to large quartz grains mixed with iron oxy-hydroxides, principally hematite and accessory magnetite and goethite (Fig. 2g). Microscopic studies reveal a granoblastic texture. The initial banding disappeared due to weathering (Fig. 2h). Nevertheless, a frustrated foliation is noted. New crystallized hematite is more abundant than other iron minerals. Its preponderance (more than 50%) inside the rock suggests desilication process and iron enrichment in comparison with primary rock. Primary magnetite is replaced or martitized, goethite is locally noted.

### X-Ray Diffraction (XRD)

XRD results obtained on total sampled powder rock from well-banded and massive itabirites highlight the presence of quartz, magnetite, hematite, goethite and ferrihydrite (Fig. 4a and 4b). The quartz peaks are observed at 3.3 Å, 2.12 Å and 1.81 Å, the highest intensity being at 3.3 Å. Magnetite is identified at 2.1 Å. Hematite has a peak at 2.68 Å and ferrihydrite at 4.2 Å. Those of goethite are at 2.27 Å and 1.69 Å. Magnetite-maghemite association corresponds to 2.51 Å, maghemite being the dimorph of hematite coming from magnetite oxidation.

Globally, itabirites analyzed have mineral associations consisting of magnetite, hematite and quartz probably as primary minerals, and goethite, maghemite and ferrihydrite as secondary minerals.



**Figure 4.** XRD patterns on total sampled powder rock of Ovan itabirites. (a) Well-banded itabirites from Site 4. (b) Massive itabirites from Site 5. Qtz=quartz, Mg=magnetite, Mh=maghemite, He=hematite, Go=goethite, Fh= ferrihydrite.

### Elemental mapping

Elemental mapping on well-banded itabirites (Fig. 5) shows that major constituents are Fe in yellow-orange tint estimated at ~55-60%, Si in grey tint estimated at ~30-35%, whereas elements like Mn and Ca turn towards bluish tints. Chemical elements such as Al, Mg, K, S and P are almost absent due to dark tint.

Among trace elements, Co is more abundant with a yellow-orange tint in comparison to Cr, Zn, Ni, Mo or Re in bluish tints (Fig. 5).

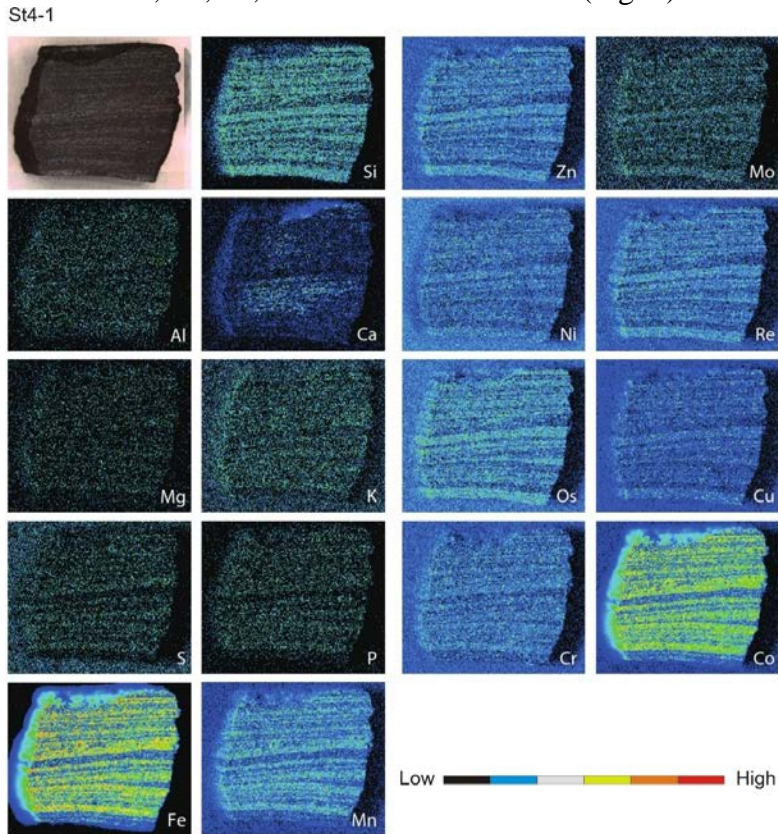


Figure 5. Geochemical concentrations (SEM) of some elements of a well-banded itabirite (St4-1)

### Discussion

Itabirites closely linked to iron ores in NE-Gabon, especially at Bélinga, have been known for a long time (Combes *et al.*, 1986; Sims, 1973; Beaujour, 1971, 1964; Stahl & Pohner, 1957). They have also been characterized in South of Gabon in Koumbi-Magnima (De Waele *et al.*, 2017). This work in Ovan area constitutes a first study mixing petrography, mineralogy and elemental mapping of those rocks.

### **Ovan itabirites textural characteristics**

The study of siliceous itabirites around the world shows that they are chemical sedimentary rocks generally micro- to mesobanded consisting of iron oxy-hydroxides bands (magnetite, hematite, and goethite) in alternation with chert/quartz bands (Farquhar *et al.*, 2010; Bekker *et al.*, 2010; Trendall & Bockley, 1970). Such textural characteristics are also reported for Gabon in regions like Bélinga, Batouala or even Boka-Boka (Thiéblemont *et al.*, 2009; Combes *et al.*, 1986). In Ovan, except massive itabirites which could be considered as iron ores coming from weathering of well-banded itabirites, the others are microbanded like itabirites from Bélinga and Batouala with microscopic banded granoblastic textures.

### **Mineral assemblages**

De Waele *et al.* (2017), Thiéblemont *et al.* (2009) and Prian *et al.* (1998) notice that moderate to strongly weathered itabirites contain quartz, magnetite, hematite and often goethite. In Ovan, both massive and well-banded itabirite samples have identical mineral assemblages (XRD) consisting of quartz, hematite, magnetite, goethite and ferrihydrite. Mineral assemblages recognized in the petrographic study from Ovan itabirites are similar to those of XRD, except for ferrihydrite. Such mineral assemblages suggest a strong proximity of Ovan itabirites with those of Bélinga, Mitzic or Koumbi-Magnima.

According to petrographic observations, the most preserved minerals are quartz in clear bands, magnetite and hematite in iron minerals rich-bands on the one hand, and on the other hand hematite in the siliceous levels of Fe-Si transition zones.

### **Hematite formation**

SEM petrographic studies reveal two types of iron minerals (Fig. 3a), those of great size within iron minerals rich-bands (Fe1) and those of small size disseminated within siliceous levels (Fe2). Ahn & Buseck (1990) suggest that hematite Fe1-crystals could be primary minerals which take form by dehydration of ferrihydrite during early diagenesis. Smaller Fe2-crystals disseminated within siliceous levels could also originate from dehydration of iron oxy-hydroxide precursors, but differ from Fe1-crystals because they undergo growth process facilitated by surrounding silica which grouped not only hematite particles but also released water within its structure during the transformation of amorphous silica (Meng *et al.*, 2009; Frondel, 1982). Structural water inside silica rich-bands would have been preserved during geological times. Its mobilization during diagenesis or metamorphism would facilitate the growth of Fe2-hematite crystals (Morse & Casey, 1988). The latter would be relics of a later phase.

Moreover, the limits between Fe and Si rich-bands are irregular. This suggests recrystallization processes of primary magnetite to hematite by silica removing (Duuring & Hagemann, 2013; Lascelles, 2012). This substitution of silica by iron minerals, marked near Fe-Si limits by discontinuities, even by interpenetrations of oxy-hydroxides within silica bands suggests that a part of hematite, and probably magnetite, was formed later in the silica part. Great size Fe1-hematite crystals could still be interpreted as primary precipitates, i.e. inherited ferric iron of primary minerals precipitated from seawater, small size Fe2-hematite crystals would not necessarily be of primary minerals themselves, but formed later during diagenesis or even the beginning of metamorphism because they are certainly linked to other coexisting iron minerals such as goethite (Morris, 2012, 1993; Rasmussen *et al.*, 2013, 2014).

### **Implications for the depositional process**

To understand the itabirites depositional processes, it is important to discern their original mineral compositions and the sources of mineralizing fluids. Ferric oxy-hydroxides such as ferrihydrite previously suggested that they could be primary minerals precipitated from the oceanic water column (Konhauser *et al.*, 2007, 2002; Ahn & Buseck, 1990). It is also suggested that disseminated Fe2-crystals within siliceous levels were also primary precipitates but formed later. In this work, Fe1- and Fe2-hematite crystals indicate that at least a part of hematite within the Ovan itabirites is primary and another part the latest, with ferrihydrite as precursor (Bekker *et al.*, 2014; Klein, 2005).

Moreover, alternations of Si- and Fe-rich bands in itabirites reflect bottom conditions in which seawater has been saturated in silica and that iron would probably be of volcanogenic-hydrothermal origin (Bekker *et al.*, 2014). Iron minerals rich-bands would form when Fe (II) supply or oxidation rate is relatively favorable to silica precipitation because of seasonal or temperature fluctuations, and inversely silica rich-bands would form when Fe (II) oxidation rate is unfavorable (Posth *et al.*, 2008; Morris, 1993; Holland, 1973).

In addition, Tingguang et Hongrui (2014) suggest that itabirites with silica + iron concentrations of ~92% of the whole rock were essentially formed by chemical precipitation. Bolhar *et al.* (2004) also indicate that low values of elements such as Al, Ti, Th, Zr, Cr or Ni suggest that clastic components (crust) did not play a significant role during the deposition of itabirites. In Ovan, the estimated silica + iron concentrations of ~90-92% and low Al, Cr and Ni contents of the rocks suggest that they were essentially formed by chemical precipitation.

## Conclusion

Based on petrographic, mineralogical and elemental mapping observations, the comparison of Ovan itabirites with those of Bélinga show two principal identified lithofacies: well-banded (parallel and folded) and massive itabirites. Petrographic characteristics of well-banded itabirites marked by alterations of clear bands consisting of quartz and some hematite grains, and dark-colored bands consisting of iron oxy-hydroxides are similar to those described at Bélinga, Batouala and other regions in the world.

Mineral assemblages deduced by XRD reveal the presence of quartz, magnetite, maghemite, hematite, goethite and ferrihydrite, and remain similar to those of Bélinga. SEM-observations show two types of microcrystals, euhedral to sub-euhedral quartz whose height varies between 100 and 200  $\mu\text{m}$ , whereas aggregates of euhedral to sub-euhedral hematite microcrystals of  $\sim 200 \mu\text{m}$  (Fe1) and hematite microcrystals are under 100  $\mu\text{m}$  high (Fe2) disseminated within siliceous levels. Quartz, magnetite, Fe1- and Fe2-hematite would have been inherited from primary iron precipitates and underwent growth processes during early diagenesis or even the first stage of metamorphism. Goethite would have been formed during the weathering stage.

The elemental mapping of chemicals from Ovan itabirites highlights the preponderance of Fe and Si as major constituents, minor Mn, Zn, Ca, Ni, Re, Os, Cu and the quasi absence of Al, Mo, Mg, K, S and P. This suggests an essentially chemical precipitation process.

## Acknowledgements

We thank the Geology Department of the Faculty of Sciences from the University of Sciences and Technologies of Masuku (USTM, Gabon) for their assistance and the Earth Life Science Institute (ELSI) of Tokyo (Japan) for elemental mapping.

## References:

1. Abouma Simba, S., Nagel, J.L., Ebang Obiang, M., & Tegye, M. (2009a). Notice explicative de la carte géologique à 1/200 000, feuille Makokou. Editions DGMG-Ministère des Mines, du Pétrole et des Hydrocarbures, Libreville, 45p.
2. Abouma Simba, S., Nagel, J.L., & Ebang Obiang, M. (2009b). Carte géologique de la République du Gabon à 1/200 000, feuille Makokou. Editions DGMG-Ministère des Mines, du Pétrole, des Hydrocarbures, Libreville.
3. Anderson, K.F.E., Wall, F., Rollinson, G.K., & Moon, C.J. (2014). Quantitative mineralogical and chemical assessment of the Nkout iron ore deposit, Southern Cameroon. *Ore Geology Review*, 62, 25-39.



4. Ahn, J.H., & Buseck, P.R. (1990). Hematite nanospheres of possible colloidal origin from a Precambrian banded iron formation. *Science*, 250, 111-113.
5. Beaujour, A., (1964). Mission voie ferrée 1965. Rapport de fin de campagne : Reconnaissance géologique et minière sur le tracé d'avant-projet de Voie Ferrée ; tronçon Makokou-Bélinga. DGGRM R-0471.
6. Beaujour, A., (1971). Notice explicative Makokou-Ouest et carte géologique de reconnaissance au 1/500 000. Ministère des Mines, des Ressources Hydrauliques et de l'Energie, Gabon. Paris, 49p.
7. Bekker, A., Slack, J.F., Planavsky, N., Krapež, B., Hofmann, A., Konhauser, K.O., & Rouxel, O.J. (2010). Iron formation: The sedimentary product of a complex interplay among mantle, tectonic, oceanic, and biospheric processes. *Economic Geology*, 105, 467-508.
8. Bekker, A., Planavsky, N.J., Krapež, B., Rasmussen, B., Hofmann, A., Slack, J.F., Rouxel, O.J., & Konhauser, K.O. (2014). Iron formations: Their origins and implications for ancient seawater chemistry, In Holland, H.D., and Turekian, K.K. (Eds)., *Treatise on Geochemistry* (2nd Ed.). Oxford, UK, Elsevier, 561-628.
9. Beukes, N.J., & Klein, C. (1990). Geochemistry and sedimentology of a facies transition-from microbanded to granular iron-formation-in the early Proterozoic Transvaal Supergroup, South Africa. *Precambrian Research*, 47, 99-139.
10. Bontognali, T.R.R., Fischer, W.W., & Föllmi, K.B. (2013). Siliciclastic associated banded iron formation from the 3.2 Ga Moodies Group, Barberton Greenstone Belt, South Africa. *Precambrian Research*, 226, 116-124.
11. Brindley, G.W., & Brown, G., (1980). *Crustal structures of clay minerals and their X-ray identification*. Mineralogical Society, London, 459p.
12. Chevallier, L., Makanga, J.F., & Thomas, R.J. (2002). Notice explicative de la Carte géologique de la République gabonaise à 1/1 000 000. Editions DGMG-Ministère des Mines de l'Energie, du Pétrole et des Ressources Hydrauliques, 195p.
13. Combes, A., Derkmann, K., Donzeau, M., Moumpossa, S., Nziba, N., & Vadala, P. (1986). Fer Haut-Ivindo, Rapport géologique. Rapport BRGM-86-GAB-094a.
14. Duuring, P., & Hagemann, S. (2013). Genesis of superimposed hypogene and supergene Fe ore bodies in BIF at the Madoonga deposit, Yilgarn Craton, Western Australia. *Mineralium Deposita*, 48, 371-395.

15. Farquhar, J., Zerkle, A.L., & Bekker, A. (2010). Geological constraints on the origin of oxygenic photosynthesis. *Photosynthesis Research*, 107, 11-36.
16. Frondel, C. (1982). Structural hydroxyl in chalcedony (type B quartz). *American Mineralogist*, 67, 1248-1257.
17. Hammond, N.Q., & Moore, J.M. (2006). Archaean lode gold mineralization in banded iron formation at the Kalahari Goldridge deposit, Kraaipan Greenstone Belt, South Africa. *Mineralium Deposita*, 41, 483-503.
18. Holland, H.D. (1973). The oceans: A possible source of iron in iron-formations. *Economic Geology*, 68, 1169-1172.
19. Klein, C. (2005). Some Precambrian banded iron-formations (BIFs) from around the world: Their age, geologic setting, mineralogy, metamorphism, geochemistry, and origin. *American Mineralogist*, 90, 1473-1499.
20. Konhauser, K.O., Hamade, T., Raiswell, R., Morris, R.C., Ferris, F.G., Southam, G., & Canfield, D.E. (2002). Could bacteria have formed the Precambrian banded iron formations? *Geology*, 30, 1079-1082.
21. Konhauser, K.O., Amskold, L., Lalonde, S.V., Posth, N.R., Kappler, A., & Anbar, A. (2007). Decoupling photochemical Fe (II) oxidation from shallow-water BIF deposition. *Earth and Planetary Science Letters*, 258, 87-100.
22. Kramers, J.D., Henzen, M., & Steidle, L. (2014). Greenstone belts at the northernmost edge of the Kaaapvaal Craton: Timing of tectonic events and a possible crustal fluid source. *Precambrian Research*, 253, 96-113.
23. Lascelles, D.F. (2012). Banded iron formation to high-grade iron ore: a critical review of supergene enrichment models. *Australian Journal of Earth Sciences*, 59, 1105-1125.
24. Li, Y.-L. (2014). Micro- and nanobands in late Archean and Palaeoproterozoic banded-iron formations as possible mineral records of annual and diurnal depositions. *Earth and Planetary Science Letters*, 391, 160-170.
25. Li, H., Zhang, Z., Li, L., Zhang, Z., Chen, J., & Yao, T. (2014). Types and general characteristics of the BIF-related iron deposits in China. *Ore Geology Review*, 57, 264-287.
26. Liu, L., Zhang, L., & Dai, Y. (2014). Formation age and genesis of the banded iron formations from the Guyang Greenstone Belt, Western North China Craton. *Ore Geology Review*, 63, 388-404.
27. Meng, D., Wu, X., Fan, F., Meng, X., Zheng, J., & Mason, R. (2009). Submicron-sized fluid inclusions and distribution of hydrous components in jadeite, quartz and symplectite-forming minerals from

- UHP jadeite–quartzite in the Dabie Mountains, China: TEM and FTIR investigation. *Applied Geochemistry*, 24, 517-526.
28. Morris, R.C. (1993). Genetic modeling for banded iron formation of the Hamersley Group, Pilbara craton, Western Australia. *Precambrian Research*, 60, 243-286.
  29. Morris, R.C. (2012). Microplaty hematite-Its varied nature and genesis. *Australian Journal of Earth Sciences*, 59, 411-434.
  30. Morse, J.W., & Casey, W.H. (1988). Ostwald processes and mineral paragenesis in sediments. *American Journal of Science*, 288, 537-560.
  31. Prian, J.P., Ebang, M., Siméon, Y., Johan, V., Tourlière, B., & Angel, J.M. (1998). Synthèse géologique et géochimie, potentialités minières du degré carré de Mitzié (Gabon central) avec carte géologique à 1/200 000. Editions DGMG–Ministère des Mines et des Hydrocarbures, 185p.
  32. Posth, N.R., Hegler, F., Konhauser, K.O., & Kappler, A. (2008). Alternating Si and Fe deposition caused by temperature fluctuations in Precambrian oceans. *Nature Geoscience*, 1, 703-708.
  33. Ramanaidou, E.R. (2009). Genesis of lateritic iron ore from banded iron-formation in the Capanema mine (Minas Gerais, Brazil). *Australian Journal of Earth Sciences*, 56, 605-620.
  34. Rasmussen, B., Meier, D., Krapež, B., & Muhling, J.R. (2013). Iron silicate microgranules as precursor sediments to 2.5-billion-year-old banded iron formations. *Geology*, 41, 435-438.
  35. Rasmussen, B., Krapež, B., & Meier, D.B. (2014). Replacement origin for hematite in 2.5 Ga banded iron formation: Evidence for post depositional oxidation of iron-bearing minerals. *Geological Society of America Bulletin*, 126, 438-446.
  36. Rétonda Kondja, S., Ndong Ondo, S.M., Musavu Moussavou, B., Moussavou, M., Edou Minko, A., 2016. Pétrographie des Formations de fer rubanées et roches associées archéennes d'Ovan (NE-Gabon) : un exemple de roches du groupe de Bélinga. *Revue du CAMES, Sciences de la vie, de la terre et agronomie*, 04 (1), 75-82.
  37. Rétonda Kondja, S., Ndong Ondo, S.M., Edou Minko, A., Mayaga-Mikolo, F., 2017. The Bélinga Iron Ore Deposit (~2.8 Ga), NE-Gabon: Reactualization and New Interpretations on Crests. *European Scientific Journal*, 13 (24), 307-321.
  38. Ribeiro da Luz, B., & Crowley, J.K. ( 2012). Morphological and chemical evidence of stromatolitic deposits in the 2.75Ga Carajás banded iron formation, Brazil. *Earth and Planetary Science Letters*, 355-356, 60-72.
  39. Roy, S., & Venkatesh, A.S. (2009). Mineralogy and geochemistry of banded iron formation and iron ores from eastern India with

- implications on their genesis. *Journal of Earth System Science*, 118, 619-641.
40. Sims, S.J. (1973). The Bélinga iron ore deposit (Gabon) In: *Genesis of Precambrian iron and manganese deposits. Proceedings of the Kiev Symposium, Unesco*, 323-334.
  41. Spier, C.A., de Oliveira, S.M.B., Rosière, C.A., & Ardisson, J.D. (2007). Mineralogy and trace-element geochemistry of the high grade iron ores of the Águas Claras Mine and comparison with the Capão Xavier and Tamanduá Iron ore deposits, Quadrilátero Ferrífero, Brazil. *Mineralium Deposita*, 43, 229-254.
  42. Stahl, W., & Pohner, A. (1957). *Gisements des minerais de fer de Mecambo au Gabon – Afrique Equatoriale Française. Rapport BRGM-F-02-224*, 70p.
  43. Thiéblemont, D., Castaing, C., Billa, M., Bouton, P., & Preat, A. (2009). Notice explicative de la Carte géologique et des ressources minérales de la République Gabonaise à 1/1000 000. Edition DGMG – Ministère des Mines, du Pétrole, des Hydrocarbures, Libreville, 384p.
  44. Thomazo, C., Nisbet, E., Grassineau, N., Peters, M., & Strauss, H. (2013). Multiple sulfur and carbon isotope composition of sediments from the Belingwe Greenstone Belt (Zimbabwe): a biogenic methane regulation on mass independent fractionation of sulfur during the Neoproterozoic? *Geochimica et Cosmochimica Acta*, doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.gca.2013.06.036>.
  45. Trendall, A.F., & Blockley, J.G. (1970). The iron formations of the Precambrian Hamersley Group, Western Australia. *Geological Survey of Western Australia Bulletin*, 119, 366 p.
  46. Webb, A.D., Dickens, G.R., & Oliver, N.H.S. (2003). From banded iron-formation to iron ore: geochemical and mineralogical constraints from across the Hamersley Province, Western Australia. *Chemical Geology*, 197, 215-251.

**Aspects Epidemiologiques Des Traumatismes Lies Aux  
Accidents De La Voie Publique Chez Les Adultes Au Centre  
Hospitalier Universitaire De Reference Nationale De  
N'Djamena (Chu-Rn), Tchad**

***Moussa Kalli***

Service de Chirurgie générale, CHU de Référence Nationale, N'Djaména  
(CHU-RN)

***Andjeffa Valentin***

Service d'Orthopédie et Traumatologie au CHU-RN, N'Djaména (CHU-RN)

***Seid Younous***

Service de Chirurgie générale, CHU de Référence Nationale, N'Djaména  
(CHU-RN)

***Adjougoulta Bonté***

Service d'Anesthésie et de Réanimation, au CHU-RN, N'Djaména (CHU-  
RN)

***Bruno Mantou***

***Kambel Djibdouna***

***Sadié Ismael Guire***

***Yasmine Abdoulaye***

***Abdelaziz Wiché***

Service de Chirurgie générale, CHU de Référence Nationale, N'Djaména  
(CHU-RN)

***Choua Ouchemi***

Service de Chirurgie générale, Centre Hospitalier Universitaire de Référence  
Nationale, N'Djaména (CHU-RN),

Faculté de sciences de la Santé Humaine de Ndjamen (FSSH)

[Doi:10.19044/esj.2021.v17n25p396](https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n25p396)

Submitted: 22 June 2021

Accepted: 10 July 2021

Published: 31 July 2021

Copyright 2021 Author(s)

Under Creative Commons BY-NC-ND

4.0 OPEN ACCESS

*Cite As:*

Kalli M., Valentin A., Younous S., Bonté A., Mantou B., Djibdouna K., Guire S.I., Abdoulaye Y., Wiché A. & Ouchemi C.(2021). *Aspects Epidemiologiques Des Traumatismes Lies Aux Accidents De La Voie Publique Chez Les Adultes Au Centre Hospitalier Universitaire De Reference Nationale De N'djamena (Chu-Rn), Tchad*. European Scientific Journal, ESJ, 17(25), 396.

<https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n25p396>

---

## Résumé

**Introduction:** les accidents de trafic routier constituent un problème de santé publique.

**Objectif:** décrire le profil épidémiologique, les circonstances de survenues et les facteurs associés aux accidents de la route dans la ville de N'Djaména.

**Méthodes:** il s'agissait d'une étude transversale et descriptive ayant inclus tous les accidentés de la voie publique admis au service des urgences chirurgicales du centre hospitalier universitaire de référence nationale de N'Djaména (CHU-RN) durant une période de six mois. Les paramètres sociodémographiques, cliniques et thérapeutiques étaient décrits et confrontés à la littérature.

**Résultats:** en tout, 5772 patients étaient admis aux urgences chirurgicales dont 2575 étaient victimes d'AVP soit une fréquence de 44,6 %. L'âge moyen était de 28,5 ans avec des extrêmes de 16 et 75 ans. Le sexe masculin représentait 77% et le sex ratio était de 3,4. Une moto était impliquée chez 70,3% des cas. Les motocyclistes étaient les victimes les plus concernées (76%). Les principaux facteurs associés aux accidents de la voie publique étaient l'excès de vitesse et la transgression du code de la route dans respectivement 23% et 21% des cas. La moitié des patients étaient emmenés aux urgences à bord d'un véhicule personnel. Le transport en ambulance concernait 4% des cas.

Les lésions de moindre gravité (écorchures, plaies superficielles) étaient les plus nombreuses (52%). Les lésions principales étaient surtout localisées au crane (21%). Le casque n'était pas utilisé par les victimes. La mortalité hospitalière était de 4,1%.

**Conclusion:** les accidents de la circulation demeurent un véritable problème de santé publique même en période de restriction sanitaire. L'utilisation de casques et de couloirs cyclistes devrait contribuer à la réduction des accidents et de leur gravité, particulièrement à la baisse des traumatismes crâniens.

---

**Mots clés:** Accident De La Voie Publique, Polytraumatisme, Traumatisme Crânien, Covid-19, Tchad

## **Epidemiologic Aspects Of Injuries Related To Road Traffic Accidents Among Adults At The University Hospital Of National Reference Of N'djamena (Chu-Rn), Chad**

***Moussa Kalli***

Service de Chirurgie générale, CHU de Référence Nationale, N'Djaména (CHU-RN)

***Andjeffa Valentin***

Service d'Orthopédie et Traumatologie au CHU-RN, N'Djaména (CHU-RN)

***Seid Younous***

Service de Chirurgie générale, CHU de Référence Nationale, N'Djaména (CHU-RN)

***Adjougoulta Bonté***

Service d'Anesthésie et de Réanimation, au CHU-RN, N'Djaména (CHU-RN)

***Bruno Mantou***

***Kambel Djibdouna***

***Sadié Ismael Guire***

***Yasmine Abdoulaye***

***Abdelaziz Wiché***

Service de Chirurgie générale, CHU de Référence Nationale, N'Djaména (CHU-RN)

***Choua Ouchemi***

Service de Chirurgie générale, Centre Hospitalier Universitaire de Référence Nationale, N'Djaména (CHU-RN)

Faculté de sciences de la Santé Humaine de Ndjamen (FSSH)

---

### **Abstract**

**Introduction:** Road traffic accidents are a public health problem.

**Objective:** To describe the epidemiological profile, circumstances of occurrence and factors associated with road traffic accidents in the city of N'Djamena during COVID-19 pandemic.

**Methods:** This was a cross-sectional and descriptive study that included all road traffic accidents admitted to the surgical emergency department of the national reference university hospital of N'Djaména (CHU-RN) during a six-month period. Sociodemographic, clinic and therapeutic aspects were described and compared to the literature.

**Results:** A total of 5,772 patients were admitted to the surgical emergency department, of whom 2,575 were victims of MVA, i.e. a frequency of 44.6%. The mean age was 28.5 years with extremes of 16 and 75 years. Males accounted for 77% and the sex ratio was 3.4. A motorbike was involved

in 70.3% of the cases. Motorcyclists were the most affected victims (76%). The main factors associated with the road accidents were speeding and traffic violations in 23% and 21% of cases respectively. Half of the patients were taken to the emergency room in a private vehicle. Transport by ambulance concerned 4% of cases.

Less serious injuries (abrasions, superficial wounds) were the most numerous (52%). The main injuries were mainly located in the skull (21%). Helmets were not used by the victims. Hospital mortality was 4.1%.

**Conclusion:** Traffic accidents remain a real public health problem. The use of helmets and bicycle lanes should contribute to the reduction of accidents and their severity, particularly to the reduction of head injuries.

---

**Key words:** Road Traffic Accident, Polytrauma, Head Trauma, Covid-19, Chad

## Introduction

L'urbanisation rapide et anarchique des grandes villes africaines et le non-respect du code de la route par des usagers sont souvent à l'origine de traumatismes parfois graves dus aux accidents de la voie publique (AVP). Les AVP sont des événements causant au moins une victime, survenant sur une voie ouverte à la circulation publique et impliquant au moins un véhicule (ODIMBA, 2007 ; SCURFIELD, 2004). Ils ont toujours fait l'objet d'une grande préoccupation de la part des autorités médicales et publiques. Un rapport récent de l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) décrit les traumatismes de la voie publique comme une épidémie gravissime, car ils sont responsables dans le monde de 1,2 million de décès par an. Ils représentent la première cause de décès dans le monde chez des personnes âgées de 5 à 24 ans (SCURFIELD, 2004). Au Tchad, particulièrement à N'Djaména qui est la ville la plus peuplée avec plus d'un million d'habitants, on constate que le nombre de traumatismes par AVP commence à prendre des proportions inquiétantes. Ainsi, les accidents de la circulation en 2008 étaient estimés à 67,5% de toutes les admissions chirurgicales et les motocyclistes ont été les plus concernés avec 42,9% des cas (KABORO, 2008). En 2014, une plaidoyer a été fait au près des autorités publiques pour le port obligatoire de casque chez les usagers de motocyclettes (CHOUA, 2014). Compte tenu de ce constat, il nous a paru nécessaire d'étudier les traumatismes par AVP dans la ville de N'Djaména pour proposer des mesures de prévention en vue de réduire leur fréquence.



## Patients Et Methode

Il s'agissait d'une étude descriptive transversale sur une période de six (6) mois, de juillet à décembre 2020 menée au service des urgences du CHU-RN de N'Djaména. Etaient inclus les patients des deux sexes âgés de plus de 15 ans reçus pour AVP, consentants et présentant un traumatisme corporel. Les patients admis aux urgences pour des pathologies autres que le traumatisme par AVP, les patients non consentants et les patients n'ayant pas présenté de blessures après examen clinique n'ont pas été inclus dans l'étude. Les variables étudiées étaient: l'âge, le sexe, la profession, la provenance, le mode de recrutement, les circonstances de survenues de l'accident (lieu, moment, véhicule ayant provoqué le traumatisme, port ou non de casque et ceinture de sécurité), les facteurs associés à l'AVP et les données cliniques (délai de la prise en charge, topographie et nature des lésions) et la mortalité. Les données étaient recueillies à partir des dossiers médicaux et des registres des urgences chirurgicales. Les données étaient collectées et saisies à l'aide du logiciel Excel et office 2016.

Un consentement écrit était obtenu chez tous les patients adultes, ou auprès des tuteurs pour les patients âgés de moins de 18 ans. Si la victime d'AVP était un adulte inconscient, le consentement était obtenu auprès du parent accompagnateur. Les données étaient traitées et utilisées dans un but d'analyse scientifique dans le strict anonymat.

## Resultats

### Caractéristiques sociodémographiques

Au cours de cette étude: 5772 patients étaient admis aux urgences chirurgicales dont 2575 victimes d'AVP, soit une fréquence de 44,6 %. Une moyenne de 14 blessés par AVP chaque jour a été observée. La tranche d'âge la plus représentée était celle de 21 à 30 ans. L'âge moyen était de 28,5 ans avec des extrêmes de 16 et 75 ans. Les deux sexes sont atteints, avec une prédominance masculine (77%) soit un sex-ratio de 3,4. Parmi les victimes, 2482 (96,4%) provenaient de la ville de N'Djaména. 1417 (55%) AVP étaient survenus entre 16h et 18h. La majorité des accidents étaient enregistrés au mois de décembre et juillet respectivement chez 611(24%) et 496 (19,2%) des cas. Le groupe élèves et étudiants était le plus représenté (44,6%), suivis des chauffeurs de mototaxis avec 500 (19,4%) patients. Les motocyclistes étaient majoritairement impliqués dans les AVP (76%) comme reporté au tableau I.

**Tableau I.** les engins impliqués dans les accidents de la voie publique

Engins en cause	N	%
Moto	1810	70,3 24,1
Auto	620	
Auto-moto	145	5,6
<b>Total</b>	<b>2575</b>	<b>100</b>

Une moto était impliquée dans la survenue de l'AVP chez 76% des cas.

Les facteurs associés aux AVP étaient : l'excès de vitesse, la transgression du code de la route et le déplacement pendant la nuit dans respectivement 23,4%, 21,2% et 11% des cas. La prise de stupéfiants au volant était retrouvée chez 70 victimes soit 3%. L'état d'ivresse était retrouvé chez 60 patients (2,3%) et huit accidentés (0,3%) faisaient usage du téléphone au volant. Certains patients avaient plusieurs facteurs à la fois et chez certains aucun facteur n'a été retrouvé (39%) (tableau II). La ceinture de sécurité était retrouvée chez sept (7) victimes soit 0,3%. Aucun usager de motocyclette accidenté ne portait un casque. Mille deux cents quatre-vingt-sept (50%) victimes étaient transportées du lieu de l'accident au service des urgences par un véhicule de particuliers (tableau III).

**Tableau II.** répartition des patients selon les facteurs associés aux AVP.

Facteurs	n	%
Indéterminé	1 000	39
Excès de vitesse	607	23,4%
Transgression du code de la route	550	21,2%
Déplacement de nuit	280	11%
Prise de drogue	70	3%
Etat d'ivresse	60	2,4%
Utilisation du téléphone au volant	8	0,3%
<b>Total</b>	<b>2575</b>	<b>100 %</b>

**Tableau III.** distribution des patients selon les moyens de transport aux urgences

Mode de transport	N	%
Véhicule personnel	1 287	50%
Taxi	952	37%
Moto	232	9%
Ambulance	104	4%
<b>Total</b>	<b>2575</b>	<b>100 %</b>

### Caractéristiques cliniques, thérapeutiques et pronostics

La plupart des patients présentait un bon état général (97%) et un bon état hémodynamique (98,5%) à l'admission. Les lésions de moindre gravité (écorchures, plaies superficielles, contusions musculaires) étaient les plus nombreuses (52%). Le traumatisme crânien isolé, le polytraumatisme et les fractures des membres étaient retrouvés chez respectivement 21%, 18% et 7,5%. (Tableau IV). Ces cas étaient traités en collaboration avec les anesthésistes réanimateurs et les traumatologues.

**Tableau IV.** répartition des traumatisés en fonction de la topographie des lésions

Type	N	%
Traumatisme légers(écorchures, contusions musculaires)	1 339	52%
Traumatisme crânien isolé	540	21%

Polytraumatisme	335	18%
Fracture de membres	195	7,5%
Traumatisme abdominal et du bassin	45	4%
Traumatisme thoracique	100	3,8%
Traumatisme cervical	21	0,8%
<b>Total</b>	<b>2575</b>	<b>100%</b>

Les patients étaient pris en charge avant la sixième heure dans 96 % des cas. Ils quittaient l'hôpital après les premiers soins dans 55 % des cas ; 23 % étaient mis en observation pendant 24–48 heures et 22 % étaient orientés vers les pavillons d'hospitalisation.

Le geste le plus réalisé aux urgences était un pansement avec suture chez 63% des cas suivi des attouchements chez 37% des patients, qui recevaient tous du sérum antitétanique. Une immobilisation provisoire au niveau des membres était réalisée chez 195 (7,5%) des patients au niveau des urgences chirurgicales avant d'être transférés au service de traumatologie ou libérés.

Le taux de mortalité était de 4,1 % (n =105). Les patients décédés étaient tous des motocyclistes sans casque, polytraumatisés avec comme lésion principale un traumatisme crânien grave.

## Discussion

Dans notre pratique, les accidents de la voie publique sont très fréquents, constituant presque la moitié (44,6%) des admissions aux urgences chirurgicales. Ce taux élevé d'accident de la circulation s'expliquerait d'abord par l'accroissement du parc automobile urbain et l'augmentation du nombre des engins motorisés à deux roues et au fait que notre centre hospitalier est orienté vers la prise en charge des urgences traumatiques. Plusieurs auteurs dont Mc Greevy et al à Yaoundé (MC GREEVY, 2014), Almeimoune et al (ALMEIMOUNE, 2017) à Bamako, et Tekpa et al. (TEKPA, 2017) à Bangui rapportent des données similaires aux nôtres. Ce taux est inférieur à ceux relevés dans des études antérieures dans le même hôpital du CHU-RN, par Kaboro et al (KABORO, 2008) qui a trouvé 67,9% et Choua et al (CHOUA, 2014) qui rapportaient 61,2%. L'explication retrouvée est que la présente étude s'est déroulée pendant la pandémie de covid-19 où les AVP ont diminué à cause des mesures restrictives instaurées par le gouvernement. La fermeture des bars, restaurants et le couvre-feu auraient diminué le nombre d'individus circulants dans les rues et par conséquent les occasions d'AVP.

L'âge moyen des patients est de 28,5 ans avec des extrêmes de 16 et 75 ans. Cette prédominance des sujets jeunes dans les AVP est retrouvée par plusieurs auteurs en Afrique subsaharienne (ODIMBA, 2007 ; Mc GREEVY, 2014 ; ALMEIMOUNE, 2017 ; TEKPA, 2017).

La tendance juvénile masculine des victimes de ce travail a été rapportée aussi par des auteurs au Tchad, en RCA et au Mali (KABORO, 2008 ; TEKPA, 2017 ; MADOUGOU, 2016).

Cette fréquence élevée des accidents chez les hommes s'expliquerait par la différence des effectifs entre les chauffeurs de sexe masculin et ceux de sexe féminin, mais aussi par le comportement à risque des hommes au volant et dans la conduite des engins à deux roues. Les hommes effectuent des multiples déplacements imposés par leurs activités économiques, éducatives ou administratives. Le chômage des diplômés de tous les secteurs peut pousser cette tranche d'âge à s'improviser chauffeurs rémunérés de transport en commun sans aucune notion du code de la route.

La plupart des victimes des AVP a été reçue au service des urgences chirurgicales dans la journée avec un afflux des malades entre 16h et 18h (55%). Selon Madougou et al (MADOUGOU, 2016), les accidents étaient plus fréquents après 18h dans 37,3% des cas. La présente étude est réalisée pendant une période de couvre-feu, instauré à partir de 18h à cause de la pandémie de Covid-19. La tranche d'heures de 16h à 18h correspond au moment où la circulation est dense, du fait du retour des travailleurs à la maison généralement fatigués donc moins vigilants et qui se déplacent pour la plupart avec des engins à deux roues.

Par ailleurs, en dehors des grands axes routiers, les rues sont mal ou non éclairées à N'Djamena. Dans cette série le mois de décembre a enregistré le plus d'accidents de la voie publique avec une fréquence de 24%. Ce mois correspond à la période des grandes festivités de fin d'année, ce qui créerait d'avantage d'occasions de circulation routière et de victimes. Cette tendance est retrouvée dans d'autres séries africaines (ODIMBA, 2007 ; Mc GREEVY, 2014 ; ALMEIMOUNE, 2017).

La classe socioprofessionnelle la plus touchée dans ce travail est celle des élèves et étudiants. Cette tendance est rapportée par Almeimoune et al à Bamako, par contre Madougou et al à Yaoundé rapportent plus de non scolarisés (ALMEIMOUNE, 2017 ; MADOUGOU, 2016). Dans la présente série les AVP consécutifs aux motocyclettes représentaient 70% des accidents. Ce résultat s'expliquerait par l'utilisation fréquente des engins à deux roues par les jeunes à N'Djaména. Les motos ont un coût accessible, les élèves et étudiants les utilisent pour leurs besoins de mobilité, mais aussi pour travailler comme des "clandoman" ou chauffeurs de taxi-motos comme activité génératrice de revenus.

Des constatations similaires sont rapportées dans la littérature africaine (ODIMBA, 2007 ; KABORO, 2008 ; CHOUA, 2014 ; ALMEIMOUNE, 2017 ; TEPKA, 2017 ; MADOUGOU, 2016). Les usagers de la route qui reportent le plus de lésions post accidentelles sont dans trois quarts des cas (76%) des motocyclistes. Ces derniers sont vulnérables pour des multiples

raisons dont le manque d'enveloppe de protection sur la moto, contrairement au véhicule. Ainsi, au cours d'un accident, le motocycliste absorbe toute l'énergie produite par l'impact avec la route et les autres véhicules. Les deux roues constituent l'essentiel des moyens de déplacement à N'Djaména pour la majorité de la population (KABORO, 2004 ; CHOUA, 2014). La conduite de véhicules à deux roues motorisés comporte un risque plus élevé d'accident mortel de la circulation que tout autre mode de transport courant.

On estime que, pour 100 millions d'heures de déplacement, 440 décès de conducteurs de deux-roues motorisés se produisent, contre 75 et 25 décès respectivement pour les cyclistes et les automobilistes (SAUTER, 2005).

Toutes les différentes causes ou facteurs de risque connus d'accidents de trafic routier sont de grande importance. Dans cette étude, pour 39% des accidents la cause n'est pas établie. L'excès de vitesse est le facteur le plus associé aux AVP (23%). Il est suivi de la transgression du code de la route et le déplacement la nuit dans respectivement 21,4% et 11% des cas. Ce constat a aussi été fait par d'autres auteurs qui ont trouvé que l'excès de vitesse était parmi les causes majeures d'accidents de trafic routier (ODIMBA, 2007 ; TEPKA, 2017 ; MADOUGOU, 2016 ; ILUNGA, 2014). La conduite sous l'emprise de l'alcool ou de toute substance psycho active augmente le risque d'accidents graves ou mortels. L'ivresse au volant n'était retrouvée que chez 2,3% des cas de cette série. Le dosage d'alcoolémie ne se fait pas systématiquement au CHU-RN. Cependant, en République démocratique du Congo, l'alcool était la cause la plus impliquée dans la survenue des accidents du trafic routier (ILUNGA, 2014 ; MOISE, 2018). Le faible taux d'alcoolisme au volant de cette série par rapport à d'autres études réalisées au Tchad serait lié à notre échantillon et à la période d'étude (KABORO, 2008 ; CHOUA, 2014). En effet, le présent travail s'est déroulé en pleine pandémie de covid-19 qui comporte à cause du couvre-feu, une fermeture nocturne des débits de boissons.

Il a été relevé dans cette série huit cas (0,3%) d'accidents de la voie publique chez des victimes qui conversaient au téléphone portable pendant la conduite. L'utilisation du téléphone au volant était le facteur le plus incriminé dans la survenue des accidents de trafic routier dans une étude réalisée en Ethiopie (HASSEN, 2011). Il semble que ce phénomène soit récurrent à N'Djaména, les victimes ne le renseigneraient pas pendant l'interrogatoire.

Certains auteurs incriminent l'inexpérience des conducteurs dans la survenue des AVP (KABORO, 2008 ; ALMEIMOUNE 2017). Dans cette série l'expérience des conducteurs n'a pas été évaluée.

Tous les motocyclistes accidentés de la présente série ne portaient pas de casque. Ce comportement reste inchangé depuis une décennie à N'Djaména (KABORO, 2008 ; CHOUA, 2014). Le port de casque diminue la mortalité et les lésions graves après un accident (SAUTER, 2005). Le taux de mortalité

réel par AVP pourrait être plus élevé, au vu du nombre de patients transportés à l'hôpital en ambulance qui est de seulement 4%. Seuls les cas de décès survenus à l'hôpital ont été pris en considération. Au vu du mode de transport, les traumatisés les plus graves seraient décédés sur les lieux du sinistre. Nous retrouvons par ailleurs qu'après les lésions contusives de moindre gravité, le crâne était la région la plus atteinte suivie des membres inférieurs. Certains auteurs rapportent des résultats similaires (ALMEIMOUNE, 2017 ; MADOUGOU, 2016). D'autres retrouvent par contre que les lésions prédominantes sont les fractures du membre pelvien (SAUTER, 2005).

Ce travail préliminaire devrait être poursuivi en tenant compte des données pré hospitalières afin d'être fixés sur le taux réel de décès par AVP. Il nous permet cependant de souligner l'effet protecteur du casque chez les motocyclistes, principales victimes des traumatismes crâniens lors des AVP à N'Djaména.

## **Conclusion**

Les accidents de la voie publique restent un problème majeur de santé publique au Tchad par leur fréquence, malgré leur réduction relative à cause des mesures de restriction en période de Covid-19. Ils sont l'apanage du sujet jeune de sexe masculin. Une motocyclette est souvent impliquée. En raison du taux de mortalité et des conséquences dramatiques sur le plan sanitaire et socio-économique (nombre de journées de travail perdus, augmentation des dépenses de santé publique...), la prévention passe par la sécurisation de la circulation routière. Les autorités devraient veiller à l'application au renforcement de la législation nationale sur les facteurs de risque d'accident (vitesse, conduite en état d'ébriété, port du casque, attache de la ceinture de sécurité) afin d'en réduire la fréquence.

## **References:**

1. Almeimoune A, Manga MI, Diop Th M, et al. (2017). Aspects épidémiologiques, cliniques des traumatismes liés aux accidents de la circulation routière (ACR) impliquant les motos à Bamako. *Rev Afr Anesthésiol Med Urgence*; 22(1) :64-67.
2. Choua O, Zounvournaï A, Sidi SK et al. (2014). Accidents de motos à N'Djaména: plaidoyer pour le port de casque. *Ann Univ Abd Moum; Série A (25):26-33.*
3. Hassen A, Godesso A, Abebe L, Girma E (2011). Risky driving behaviors for road traffic accident among drivers in Mekele city, Northern Ethiopia. *BMC Research Notes*; 4:535. Doi:10.1186/1756-0500-4-535.

4. Ilunga KS, Matungul CP, Mukanya PK et al. (2014). Facteurs associés aux accidents de la route dans la ville de Lubumbashi. Santé publique ;26(6): 889-895.
5. Kaboro M, Dionadji M, Djibrine D, et al. (2008). Bilan de 29 jours de prise en charge de traumatisés par accident de la voie publique. Méd d'Afr Noire ;55(6): 325-331.
6. Madougou S, Chigblo PS ,Tchomtchoua AS et al. (2016). Incidence et impacts des accidents de la voie publique chez les conducteurs de taxi-moto en milieu tropical. Revue de chirurgie orthopédique et traumatologique ;102: 211-4
7. McGreevy J, Stevens KA, Monono ME, et al. (2014). Road traffic injuries in Yaoundé, Cameroon: a hospital-based pilot surveillance study. Injury ;45:1687–92.
8. Moïse MV, Kalongo IM, Kambale KJ et al. (2018). Prise en charge des accidentés du trafic routier (ATR) en ville de Butembo, EST de la République démocratique du Congo. Revue Médicale des Grands Lacs; 9(2): 1-6.
9. Odimba EBK (2007). Aspects particuliers des traumatismes dans les pays peu nantis d'Afrique: un vécu chirurgical de vingt ans. E-mém Acad Nat Chirurgie;6(2):44-56.
10. Sauter C, Zhu S, Allen S, Hargarten S, Layde PM (2005). Increased risk of death or disability in unhelmeted Wisconsin motorcyclists. Wis Med J;10492:39–44.
11. Scurfield R, Sleet D (2004). Rapport mondial sur la prévention des traumatismes dus aux accidents de la circulation. Organisation Mondiale de la Santé (OMS). Genève.
12. Tekpa BJD, Diemer HC, Issa Mapouka PA et al. (2017). La mortalité au cours de la circulation routière à Bangui, République Centrafricaine. Méd et Sté Trop; 27:426-430.