

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

*January 2021*

**European Scientific Institute, ESI**

*The content is peer reviewed*

**ESJ Natural/Life/Medical Sciences**

*January 2021 edition vol. 17, No. 3*

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 Karaiskou,**  
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

**John Kamau Gathiaka,**  
University of Nairobi, Kenya

**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 Lorinczi,**  
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 Zeland

**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

**Munawar Salahuddin,**  
National University of Science Technology, Pakistan

**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

**Michel Lesne,**  
University of Louvain, Belgium

**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 Saliaj,**  
University of Vlora, Albania

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

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

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

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

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

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

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

**Claudio Tugnoli,**  
University of Trento, Italy

**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

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

**Jose Javier Romero Diaz de la Guardia,**  
University of Granada, Spain

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

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

**Marija Brajčić,**  
University of Split, Croatia

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

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

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

**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

**Susan Poyo,**  
Franciscan 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

**Jose Antonio Marin,**  
University of Granada, Spain

**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 Jayewardenepura, Sri Lanka

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

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

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

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

**Qamil Dika,**  
Sports University of Tirana, Albania

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

**Nina Stankous,**  
National University, USA

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

**Fekadu Yehuwalashet Maru,**  
Jigjiga University, Ethiopia

**Karima Laamiri,**  
University of Moulay Ismail, Morocco

**Elena Hunt,**  
Laurentian University, Canada

**Sharad K. Soni,**  
Jawaharlal Nehru University, India

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

**Florence Kagendo Muindi,**  
University of Nairobi, Kenya

**Maximo Rossi Malan,**  
Universidad de la Republica, Uruguay

**Haggag Mohamed Haggag,**  
South Valley University, Egypt

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

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

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



**Fernando Paulo Oliveira Magalhaes,**  
Polytechnic Institute of Leiria, Portugal

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

**Stefan Cristian Gherghina,**  
Bucharest University of Economic Studies, Romania

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

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

**Aristide Yemmafouo,**  
University of Dschang, Cameroon

**Gabriel Anibal Monzón,**  
University of Moron, Argentina

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

**Arburim Iseni,**  
State University of Tetovo, Republic of Macedonia

**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, Cote d'Ivoire

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

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

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

**Ouedraogo Francois 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 Guede University, Cote d'Ivoire

**Sufi Amin,**  
International Islamic University, Islambad Pakistan

**Sanja Milosevic Govedarovic,**  
University of Belgrade, Serbia

**Elham Mohammadi,**  
Curtin University, Australia

**Andrianarizaka Marc Tiana,**  
University of Antananarivo, Madagascar

**Ngakan Ketut Acwin Dwijendra,**  
Udayana University, Indonesia

**Yue Cao,**  
Southeast University, China

**Nishant Agrawal,**  
Nirma University, India

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

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

**Asli Cazorla Milla,**  
American University in the Emirates, UAE

**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

**Ozgur 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,**  
University of East Cancun, 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

**Pablo Ezequiel Flores-Kanter,**  
University Siglo 21, Argentina

**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



European Scientific Journal, ESJ  
January 2021 edition Vol.17, No.3

ISSN: 1857-7881 (Print) e - ISSN 1857-7431

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

# Table of Contents:

**Improvement Of Graves' Ophthalmopathy After Administration Of The  
Cyclooxygenase-2 Selective Inhibitor Celecoxib: A Case-  
Report.....1**

*Adriana Gherbon*

*Deiana Roman*

*Romulus Timar*

*Mirela Frandes*

*Marioara Nicula*

**Diseño Y Construcción De Un Prototipo Multisensorial Para El  
Diagnóstico Del Trastorno Por Déficit De Atención (TDA).....12**

*Héctor Mendoza*

*Manuel Cortez*

*Milky Rodriguez*

*Svetlana de Tristán*

*Ericka Matus*

*Jay Molino*

*Lorena Matus*

**Phytosanitary Practices And Evaluation Of 17 Pesticides Residues In  
Tomatoes Fruits Produced In Foubot District Western Highland-  
Cameroon.....30**

*Sopkoutie NGK*

*Abdulai AN*

*Tarla DN*

*Djeugap FJ*

*Galani YJH*

*Ekengoue CM*

*Tabang WM*

*Nya E*

*Payne VK*

**Place De La Médecine Alternative Et Complémentaire Chez Les Patients  
Gonarthrosiques, À Propos De 105 Cas Au Congo Brazzaville.....51**

*Angalla Affleck Romaric Ledier*

*Lamini Norbert*

*Ntsiba Honoré*

*Akoli Ekoya*

*Nkouala Kidédé Chabel*

*Omboumahou Bakale Francina*

*Salémo Anah Précieu*

**Effet De Quatre Traitements De Substrat Sur L'apparition Des Maladies De La Tomate [Solanum Lycopersicum L. (Solanaceae)] En Culture Hors Sol, Côte d'Ivoire.....63**

*Koffi Ahébé Marie Hélène*

*Yah N'guéttia Marie*

*Koffi N'dodo Bony Clovis*

*Amon Michel Wilfried*

*Atta Taky Hortense Diallo*

**Caractérisation De L'aquifère Superficiel Du Bassin Sédimentaire De Kandi (Nord-Est Bénin, Afrique Ouest): Nature Et Structure Du Reservoir, Hydrodynamique.....79**

*Orou Pete Alou Gaya Salifou*

*Géraud Vinel Gbewezoun Houégnon*

*Alassane Zakari Aoulatou*

*Alassane Abdoukarim*

*Lawin Agnidé Emmanuel*

*Mama Daouda*

*Boukari Moussa*

**Etude Comparative De La Croissance Et De La Productivité Chez Le Taro (Colocassia Esculenta L.) Et Le Macabo (Xanthosoma Sagittifolium, Et X Anthosoma Sp) Cultivés Dans Les Conditions Pédoclimatiques De La Ville De Mbaïki (Lobaye) En République Centrafric.....107**

*Gorgon Igor Touckia*

*Olga Diane Yongo*

*Ephrem Kosh Komba*

*Raba Alato*

*Kouami Kokou*

**Caractérisation Physico-Chimique Et Minéralogique Des Argiles De La  
Carrière De Mirriah, Région De Zinder, Utilisées Dans La  
Poterie.....120**

*Moussa Issaka Abdoukader*

*Issa Malam Salmanou Souleymane*

*Hassane Boubou*

*Abdourhamane Toure Amadou*

*Garba Zibo*

*Wagani Ibrahim*

**Étude Ethnobotanique Des Plantes Utilisées Dans L'artisanat Chez Les  
Agni Du Centre-Est Et Nord-Est De La Côte d'Ivoire.....133**

*Amani Léopold Litta*

*Amadou Lamine Diop*

*Yao Bertin Kouakou*

*Djah François Malan*

**Ethnozoologie De Balearica Pavonina (Grue Couronnée) Dans La Vallée  
Du Fleuve Niger: Cas Du Barrage De Kandadji.....150**

*Soumaila Hassane Hamani*

*Abdourahamane Illiassou*

*Youssoufa Issiaka*

*Ali Mahamane*

**Evaluation Of The Effect Of Pre-Treatment Of Moringa Oleifera  
Lamarck (Moringaceae) Seeds At The Early Stage Of Germination For  
Massive Production In South Benin.....165**

*Pascal Gbenou*

*David Hombada*

*David Romaric Nevis*

**Covid-19 Pandemic Situation In The Arab World Till June 11, 2020:  
Spatial Panorama Obtained Following The Response Plan  
Implemented.....176**

*Fatine Hadrya*

*Faiçal El Hattimy*

*Hind Hami*

*Abdelrhani Mokhtari*

*Abdelmajid Soulaymani*

**Financement De La Caisse De Solidarité Du District Sanitaire De  
Youwarou Au Mali : Une Revue Systématique De Littérature.....190**

*Seydou Kanté*

*Ousmane Sylla*

*Valeria Campos Da Silveira*

*Ousmane Touré*

*Zakaria Keita*

**Nursing And Midwifery Students' Lived Experiences Of Faculty Caring  
And Uncaring Behaviours On Their Learning: A Phenomenology  
Study.....205**

*Mep Chipeta*

*Alice Konyani Msiska*

*Gertrude Munthali Moyo*

*Ellemes Phuma Ngaiyaye*

*Atupele Malema Zimba*

*Belinda Gombachika*

*Balwani Chingaticlifwe Mbakaya*

**Différences De Mortalité Des Enfants De Moins De Cinq Ans En Côte  
d'Ivoire : Une Analyse Comparée Des Ratios De 1994 À 2016.....220**

*Esso Lasme Jean Charles Emmanuel*

**Dynamique Spatiale Et Temporelle De La Sensibilité d'Anopheles  
Gambiae Sensu Lato Aux Insecticides Utilisés En Santé Publique Au  
Congo De 2002 À 2018.....244**

*Grâce Odéra Tainsie Nianga Bikouta*

*Patrick Bitsindou*

*Arsène Lenga*

**Valeur Nutritive Des Espèces Herbacées Appétées Par Les Ruminants  
Sur Les Parcours Naturels Du Nord-Est Du Bénin.....265**

*Badarou Kadidjatoulaï Opéyémi*

*Adehan Safiou Bienvenu*

*Bello Orou Daouda*

*Adjolohoun Sébastien*

*Oumorou Madjidou*

*Gbego Tossa Isidore*

*Babatounde Séverin*

**Identificación De Liderazgo Académico Para El Emprendimiento De  
Enfermería En La Región De Orizaba, Veracruz, México.....284**

*Abril Camarillo Quiroz*

*Leticia Méndez Jiménez*

*Gloria Zita Roa Tostado*

*Manuel González-Pérez*

**Detection Of Fecal Coliforms In Water Used In Formal And Informal  
Food Outlets In Kasungu District, Malawi.....300**

*Elton Chavura*

*F. Kapute*

*Balwani Chingatichifwe Mbakaya*

**5G Energy Efficiency Overview.....315**

*Olimpjon Shurdi*

*Luan Ruci*

*Aleksander Biberaj*

*Genci Mesi*



**An Introduction To Conventional Tensile Testing: Constructionism  
Approach For Constructivism Learning.....328**

*Charles Darko*

*Andrij Zadoroshnyj*

**Accès À La Terre Et Profil De La Pauvreté Dans Le Delta Du Fleuve  
Sénégal.....360**

*El Hadji Malick Sylla*

*Karalan Sy*

*Sidy Mohamed Seck*



## **Improvement Of Graves' Ophthalmopathy After Administration Of The Cyclooxygenase-2 Selective Inhibitor Celecoxib: A Case-Report**

*Adriana Gherbon*

*Deiana Roman*

*Romulus Timar*

Second Department of Internal Medicine, “Victor Babes” University of Medicine and Pharmacy, Timisoara, Romania  
Clinic of Diabetes, Nutrition and Metabolic Diseases, Emergency Clinical County Hospital, Timisoara, Romania

*Mirela Frandes*

Department of Functional Sciences, “Victor Babes” University of Medicine and Pharmacy, Timisoara, Romania

*Marioara Nicula*

Banat’s University of Agricultural Sciences and Veterinary Medicine “King Michael I of Romania”, Timisoara, Romania

[Doi:10.19044/esj.2021.v17n3p1](https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n3p1)

---

Submitted: 30 October 2020

Accepted: 08 January 2021

Published: 31 January 2021

Copyright 2021 Author(s)

Under Creative Commons BY-NC-ND

4.0 OPEN ACCESS

*Cite As:*

Gherbon A., Roman D., Timar R., Frandes M. & Nicula M. (2021). *Improvement of Graves' ophthalmopathy after administration of the Cyclooxygenase-2 Selective Inhibitor Celecoxib: A case-report*. European Scientific Journal, ESJ, 17(3), 1.

<https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n3p1>

---

### **Abstract**

Graves' ophthalmopathy (GO) is a disabling complication of Graves-Basedow disease, which in severe cases can progress toward blindness. Its treatment consists of the administration of corticosteroids, radiotherapy, as well as surgical treatment. The present report brings to your attention a case of moderate GO found in a patient recently diagnosed with Graves' disease that was resistant to the administration of Prednisone, stabilized under treatment with Celecoxib. A 45-year-old Caucasian woman presented in an outpatient facility with the following complaints: gritty feeling in both eyes, tachycardia, insomnia, anxiety, sweating, and weight loss. After the clinical

examination and laboratory investigations, the patient has been diagnosed with Graves-Basedow disease and Graves' ophthalmopathy. Consecutively, treatment with Methimazole for Graves' disease and corticotherapy for Graves' ophthalmopathy were initiated. Due to the lack of response to Prednisone, other treatment methods were used, namely, Celecoxib 100 mg treatment, twice per day for 8 weeks. Under treatment with Celecoxib, GO was stabilized and remained stable even after discontinuation, respectively at six months and one year after discontinuation. Celecoxib can be an alternative treatment for mild and moderate ophthalmopathy in newly diagnosed Graves' disease.

---

**Keywords:** Graves-Basedow Disease, Ophthalmopathy, Celecoxib, Treatment

## **Introduction**

Graves-Basedow disease is an autoimmune disease, the most common cause of thyrotoxicosis, with a 5-fold higher prevalence in female patient than in male ones. The maximum incidence of the disease can be observed between the second and fourth decade of life, but it can occur at any age. It can manifest through one or more of the following clinical aspects: thyrotoxicosis, ophthalmopathy, goiter, or dermopathy (in the form of pretibial myxedema) (Nikiforov et al, 2012).

Graves endocrine ophthalmopathy (GO) occurs in 20 - 40% of patients with Graves-Basedow disease, and can appear either before thyrotoxicosis manifestations, concomitantly, or after the onset of the disease. It can be affect one or both eyes. The etiopathogenesis of orbitopathy is largely similar to that of Graves-Basedow disease, but its evolution may be independent to the evolution of Graves-Basedow disease. Its treatment consists of corticosteroids, radiotherapy, and surgical treatment. Due to the fact that, in some cases, patients do not respond or do not tolerate corticosteroid treatment, alternative treatments have been sought, namely, NSAIDs, biological therapy, etc. (Barrio-Barrio et al, 2015).

In this report, we bring to your attention a case of moderate GO in a patient with newly diagnosed Graves' disease, that had been stabilized under Celecoxib treatment.

## **Main Text**

### **Case presentation**

A 45-year-old Caucasian woman presented in an outpatient setting accusing a gritty feeling in both eyes, tachycardia, insomnia, anxiety, sweating, and weight loss. The patient had these symptoms for about one month. The patient's family history revealed high blood pressure (both parents), acute myocardial infarction, and the sudden death of the father, while

the patient's medical history revealed no smoking or alcohol consumption, only high blood pressure for which treatment with ACE inhibitors and diuretics was administered. She did not present any history of thyroid disease. Previous blood tests had shown normal thyroid hormone and TSH levels and the absence of anti-thyroid antibodies. Over the last few months, the patient had been in a stressful environment both at work and at home.

At the initial examination, the patient weighed 58 kg, at a height of 1.55 m, having a BMI of 24.16 kg/m<sup>2</sup>. She presented clinical signs of hyperthyroidism: tachycardia, insomnia, anxiety, sweating, and weight loss. The results of the physical examination included good general status, edema of the eyelids, no abnormalities regarding the respiratory system, regarding the cardiovascular system the patient had regular sinus rhythm, tachycardia (HR = 108 b/min), BP = 130/80 mmHg (under treatment with diuretics and ACE inhibitors), the patient's digestive and genitourinary tract were normal, there were no signs of meningeal irritation, reflexes were normal, the thyroid was impalpable, without goiter. Because the patient presented with a gritty sensation in both eyes, an ophthalmological consultation was also performed, ex-ophthalmometry revealing the presence of GO, with a value of 19 mm for the right eye, respectively, 18 mm for the left eye, with a base of 110 mm. In addition to measuring proptosis (mm) using the ex-ophthalmometer, the presence or absence of ocular misalignment in prism diopters, eyelid retraction, visual acuity and visual field were also determined. No changes were found in the latter. Thyroid Eye Disease Clinical Activity Score was also calculated, with a value of 4, indicating mild impairment.

Cerebral CT examination revealed no expansive intracerebral formations above or below the tentorium on either side. Median structures were in normal position and normal-sized symmetrical ventricular system. The orbits, the base of the skull, and the craniofacial sinuses were normal in appearance.

Ocular CT examination revealed that she presented symmetrical eyeballs, with an exophthalmic index of 15 mm, and homogeneous extraocular orbital content.

The palpatory examination of the thyroid showed a normal volume, without the presence of goiter. Thyroid ultrasound examination revealed a homogeneous, hypoechoic structure with a volume of 3.7 ml for the right lobe, respectively 2.7 ml for the left lobe, and a thyroid isthmus of 4.3 mm. Laboratory investigations identified the presence of overt clinical hyperthyroidism, with decreased TSH and increased thyroid hormones, negative anti-thyroid antibodies, but positive anti-TSH receptor antibodies (Table 1).

**Table 1.** The hormonal and antibodies profile and exophthalmometry.

	T0	T1	T2	T3	T4	T5
FT <sub>3</sub> (pg/ml)	9.09	3.81	3.04	3.68	2.48	2.72
FT <sub>4</sub> (ng/dl)	3.03	1.77	1.3	1.51	1.16	1.12
TSH (μUI/ml)	< 0.001	NA	< 0.016	NA	NA	NA
AB antiTPO (UI/ml)	26.6	NA	NA	NA	NA	NA
AB antiTG (UI/ml)	18.9	NA	NA	NA	NA	NA
AB antireceptor TSH (UI/L)	5.38	NA	NA	NA	NA	NA
Ex-ophthalmometry (mm)						
Right eye	19	18	18	20	22	22
Left eye	18	18	18	19	21	23

**Notes:** Normal values – FT<sub>3</sub> (pg/ml): 2.3 to 4.2; FT<sub>4</sub> (ng/dl): 0.89 to 1.76; TSH (mUI/ml): 0.55 to 4.78; AB antiTPO (UI/ml): <35; AB antiTG (UI/ml): <60.

**Abbreviations:** AB antiTG=antithyroglobulin antibodies, AB antiTPO=antithyroid peroxidase antibodies, AB anti-receptor TSH= anti-receptor TSH antibodies, FT<sub>3</sub>=free triiodothyronine, FT<sub>4</sub>=free thyroxine, TSH=thyroid stimulating hormone.

Treatment was initiated on day two of admission consisting in 15 mg of Prednisone per day for 3 weeks and Methimazole 15 mg per day, Selenium 200 μg/day, and topical corticotherapy with Dexamethasone. Consecutively, an improvement could be observed through improvement of exophthalmometry, both eyes were at 18 mm proptosis. After three weeks, FT<sub>3</sub> was 3.81 pg/ml and FT<sub>4</sub> 1.77 ng/dl. Treatment with Prednisone was reduced to 5 mg/week and the administration of Methimazole remained at a dosage of 15 mg/day. After another three weeks, the level of FT<sub>4</sub> was 1.3 ng/ml, that of FT<sub>3</sub> was 3.04 pg/ml, and that of the TSH was 0,016 mUI/ml. At the same time, ex-ophthalmometry showed that both eyes were stable at 18 mm. The treatment with Prednisone was interrupted and the Methimazole dose was reduced to 10 mg/day. After one month, the FT<sub>3</sub> was 3.68 pg/ml and FT<sub>4</sub> 1.51 ng/ml, although after ex-ophthalmometry, the right eye presented an increase to 20 mm, and the left eye an increase to 19 mm. The oral Prednisone treatment was resumed and the Methimazole dose was further reduced to 5 mg/day. After one week, the ex-ophthalmometry revealed that the left eye was 22 mm and the right eye was 21 mm. Pulse therapy was initiated, using Prednisone for 3 days, then oral Prednisone treatment with 32 mg/day for 3 days, which was afterward reduced to using 8 mg/day for three days per week, with maintained dosage. Additionally, local treatment with Dexamethasone was initiated. Three weeks later, the FT<sub>3</sub> level was 2.48 pg/ml and FT<sub>4</sub> was 1.16 ng/dl. The Methimazole treatment was halted and due to the increase of both intraocular and blood pressure, Dexamethasone use was discontinued and the oral corticotherapy was reduced to 4 mg/day. After an additional period of three weeks, FT<sub>3</sub> was 2.72 pg/ml, FT<sub>4</sub> levels were 1.12 ng/dl, and ex-

ophthalmometry revealed that the left eye was at 23 mm and the right eye at 22 mm. Pulse therapy with Prednisone was reintroduced, then oral treatment with a dose of 32 mg/day, as well as local treatment with Dexamethasone.

Due to the lack of adequate response to Prednisone and increased blood pressure and intraocular pressure, new alternatives for management were considered. In literature, there are studies regarding the high Cox-2 expression in T-lymphocytes which can play a proinflammatory role in the condition, that were not being targeted by Prednisone. Therefore, the patient was gradually taken off Prednisone and began treatment with 100 mg of Celecoxib twice daily for 3 weeks. Under Celecoxib treatment, the patient's ex-ophthalmometry improved in the right eye to 21 mm and remained the same in the left eye. The patient continued treatment with 100 mg of Celecoxib twice daily for a total of 8 weeks. The dosage was then reduced to 100 mg/day for one week and then discontinued because of medication-induced epigastric pain and hypertension.

During those three months, the thyroid function remained normal: FT<sub>3</sub> at 3.36 pg/ml, FT<sub>4</sub> at 1.43ng/ml in the first month, FT<sub>3</sub> at 3.25 pg/ml, FT<sub>4</sub> at 1.61 ng/ml in the second month, and FT<sub>3</sub> at 3.04 pg/ml, and FT<sub>4</sub> at 1.31 ng/dl in the third month. One month after discontinuation, the ex-ophthalmometry showed 21 mm in both eyes, FT<sub>3</sub>=3.74 pg/ml, FT<sub>4</sub>= 1.23 ng/ml, TSH= 3.238 µUI/ml, and anti-receptor TSH AB= 0.64 UI/l. At the next evaluation, the ex-ophthalmometry showed 21 mm at both eyes and the FT<sub>3</sub> was 3.74 pg/ml, FT<sub>4</sub> was 1.17 ng/l, TSH was 1.92 µUI/ml and anti-receptor TSH AB was 1.31 UI/l (Table 2).

**Table 2.** The hormonal and antibodies profile and ex-ophthalmometry and follow-up

	T1	T2	T3	T4	T5
FT <sub>3</sub> (pg/ml)	3.36	3.25	3.04	3.74	3.74
FT <sub>4</sub> (ng/dl)	1.43	1.61	1.31	1.23	1.17
TSH (µUI/ml)	NA	NA	NA	3.238	1.92
AB antiTPO (UI/ml)	24.4	NA	NA	NA	NA
AB antiTG (UI/ml)	16.9	NA	NA	NA	NA
AB antireceptor TSH	NA	NA	0.64	NA	1.31
Ex-ophthalmometry (mm)					
Right eye	21	NA	NA	21	21
Left eye	21	NA	NA	21	21

**Notes:** Normal values – FT<sub>3</sub> (pg/ml): 2.3 to 4.2; FT<sub>4</sub> (ng/dl): 0.89 to 1.76; TSH (mUI/ml): 0.55 to 4.78;

**Abbreviations:** FT<sub>3</sub>=free triiodothyronine, FT<sub>4</sub>=free thyroxine, T1=measurements after 1 month, T2=measurements after 2 months, T3=measurements after 3 months, T4=measurements after 6 months, T5=measurements after 1 year, TSH=thyroid stimulating hormone.

Laboratory investigations showed normal thyroid function and stabilized ophthalmopathy at 1, 2, 3, 6, and 12 months after the end of treatment with Celecoxib. Because the patient was young, the remission of Graves' disease was obtained, with the stabilization of ophthalmopathy at a value of 21 mm bilaterally. Subsequently, thyroid function and exophthalmometry were monitored every 3 months with maintaining Graves' disease remission and stabilized ophthalmopathy.

## Discussion

We reported a case of moderate ophthalmopathy in relation to a newly diagnosed case of Graves' disease that was stabilized under treatment with Celecoxib.

Graves-Basedow disease is an autoimmune disease triggered by certain viral or bacterial infections (e.g., *Yersinia enterocolitica*), psychological stress, smoking, estrogen and postpartum period, excessive administration of iodine (especially in iodine deficient areas) or of drugs certain drugs such as Amiodarone (Gherbon et al, 2019). The manifestations of the disease include thyrotoxicosis, ophthalmopathy, goiter, dermopathy (pretibial myxedema).

GO is an autoimmune disorder in which the immune system attacks orbital tissues, determinate changes in eyelid position, globe position in the orbit, extraocular muscle balance, and optic nerve function. The characteristic of this disease is an inflammation of the idiopathic lymphocytic orbital accompanied by autoimmune activation of orbital fibroblasts. The activation is expressed by the TSH receptor (Shan et al, 2014). The etiopathogenesis of orbitopathy is largely similar to that of Graves-Basedow disease. Initial activation of T cells in Graves orbitopathy is determined by the presence of the TSH receptor antigen in fibroblasts and adipocytes of the retrobulbar tissue. TSH-R also plays an important role in GO. There is hypertrophy of the extrinsic and intrinsic ocular muscles, but also the increase in the volume of the retrobulbar adipose tissue by inflammation and accumulation of hydrophilic glycosaminoglycans (GAGs), mainly hyaluronic acid. GAGs are secreted by fibroblasts following the action of cytokines (TNF  $\alpha$ , interferon  $\gamma$ ) secreted at the level of activated T cells, causing changes in intra-orbital osmotic pressure, followed by fluid accumulation and protrusion of the eyeballs (Shan et al, 2014). In time, it can lead to dysthyroid optic neuropathy, increased intraocular pressure or proptosis (Tan et al, 2017).

The management of patients with GO depends on the impact of the disease on the patient's quality of life and the risk of vision loss. For all patients with GO, the initial measurement consists of controlling risk factors for progression (smoking and thyroid dysfunction), and of topical measures (artificial tears, ointments and dark glasses) (Bartalena et al, 2016). In mild

forms of GO, the treatment consists of a watchful strategy and a 6-month course of Selenium supplementation (Marras et al, 2011). In moderate-to-severe forms of GO, high-dose glucocorticoids (GCs) are recommended, preferably administered via the intravenous route as the first line-treatment for nonspecific reduction of inflammation (Zang et al, 2011). The second-line treatment consists of a second course of intravenous GCs, oral GCs combined with orbital radiotherapy or cyclosporine, rituximab or watchful waiting (Salvi et al, 2015). In some cases, it is needed a rehabilitative treatment (orbital decompression surgery, squint surgery or eyelid surgery) because of the progression of GO from the inflammatory phase to fibrotic, resolution phase, when the orbital changes become fixed and can be modified only by surgery (Eckstein et al, 2015).

The initial treatment for our patient consisted of Prednisone, though due to the lack of response, new alternatives of management were considered. Given that a decrease of inflammation is achieved only with the support of corticotherapy or radiotherapy (which the patient refused) in Romania since other drugs such as cyclosporine and rituximab are not approved for the treatment of GO, other therapeutic measures had to be considered.

In literature, there are reports of the treatment of GO with Cox-2 inhibitors. Specific to GO T-lymphocyte infiltration of the extraocular muscle tissue and orbital fatty connective tissue and T-lymphocyte activation increased expression of Cox-2 are encountered. Via Cox-2, T-lymphocytes can synthesize certain prostaglandins and interleukin-8 (IL-8), determine the dysregulation of Cox-2 expression by T-cells in GO and increase T-lymphocyte survival in GO (Feldon et al, 2005). Some in-vitro studies showed that T-lymphocyte-driven orbital fibroblast adipogenesis is inhibited by blocked Cox-2 activity (Kuryan et al, 2013). The TSH receptor and/or insulin-like growth factor-1 receptor are involved in the T-lymphocyte activation (Douglas et al, 2011).

In vitro studies showed positive results in the reduction of inflammation in GO using COX-2 inhibitors (Cheng et al, 2016), so we chose to administer a COX-2 inhibitor in the formulation of Celecoxib 100 mg, twice daily for 3 weeks. Celecoxib is a non-steroidal anti-inflammatory drug approved for the pain management, as well as for some autoimmune diseases such as rheumatoid arthritis, and ankylosing spondylitis (Gong et al, 2012). The side effects of this drug are abdominal pain, nausea, diarrhea, but also heart attacks, strokes, gastrointestinal perforation, gastrointestinal bleeding, kidney failure, and anaphylaxis (Bhala et al, 2013). In vitro data have shown that the transformation of orbital fibroblasts into adipocytes is mediated by cyclooxygenase-2 (COX-2), and a case report suggests that COX-2 inhibition can improve GO in the acute phase (Kuryan et al, 2008).



Unfortunately, there are not many studies regarding the effect of Celecoxib on GO. The latest study was conducted by Johns Hopkins University and included 7 participants, of which 6 with GO and 1 control. The investigators attempted to treat a cohort of patients with active TED using a selective COX-2 inhibitor, Celecoxib, and to compare these patients to an observational control group. The investigators hypothesized that Celecoxib will reduce the severity of disease and/or prevent progression to proptosis, diplopia, and corneal exposure or compressive optic neuropathy. The investigators would enroll patients with active TED and treat them for 3 months (a characteristic period of disease activity) and compare this to standard treatments for mild active TED (observation, with over the counter interventions such as lubrication with artificial tears) to assess efficacy. Unfortunately, only one patient remained to be followed in the study, in which it was observed that under the treatment with Celecoxib the parameters followed did not modify (John Hopkins University, 2020).

Our patient presented a good response to Celecoxib in regard to their symptoms. The patient continued treatment with 100 mg of Celecoxib twice per day for a total of 8 weeks. The dosage was then reduced to 100 mg/day for one week and then discontinued because of medication-induced side effects such as epigastric pain and hypertension. Although we cannot exclude spontaneous remittance or delayed response to initial treatment, the prompt response to Celecoxib suggests that the *in vitro* findings of Cox-2-dependent inflammatory pathways may be active *in vivo*.

The patient's quality of life improved due to the finding of an alternative treatment to corticotherapy that rendered the desired results, stabilizing Graves' ophthalmopathy.

## Conclusion

Administration of Celecoxib, a Cox-2 inhibitor, with an anti-inflammatory role, demonstrates that this medication inhibits the inflammatory phase of GO, and stabilizes this disease in the acute phase. Based upon our results and the response of our patient to the selective Cox-2 inhibitor celecoxib, this can be an alternative treatment for mild and moderate ophthalmopathy in newly diagnosed Graves' disease.

## Abbreviations

GO = Graves endocrine ophthalmopathy;

TSH = thyroid stimulating hormone;

CT = computer tomography;

AB antiTG = antithyroglobulin antibodies;

AB antiTPO = antithyroid peroxidase antibodies;

AB anti-receptor TSH = anti-receptor TSH antibodies;

FT<sub>3</sub> = free triiodothyronine;  
FT<sub>4</sub> = free thyroxine;  
T1 = measurements after 1 month;  
T2 = measurements after 2 months;  
T3 = measurements after 3 months;  
T4 = measurements after 6 months;  
T5 = measurements after 1 year;  
TSH-R = TSH receptor;  
GCs = high-dose glucocorticoids.

## **Declarations**

### **Ethics approval and consent to participate**

This case-report was approved by the Ethics Committee of the University Emergency Clinical Hospital "Pius Brinzeu" Timisoara, Romania. The ethical approval number is 199-C1/2020.

### **Consent for publication**

Written informed consent was obtained from the patient.

### **Availability of data and materials**

The datasets of this study are available from the corresponding author on reasonable request.

### **Competing interests**

The authors declare that they have no competing interests.

### **Funding**

No funding was obtained for this study.

### **Authors' contributions**

AG designed the case-report. MF contributed to the literature research and preparation of the manuscript and tables. DR, MN and RT contributed to the writing of the manuscript. All authors read and approved the final manuscript.

**Acknowledgments:** We thank the patient for her participation in this study.

## References:

1. Barrio-Barrio, J., Sabater, A.L., Bonet-Farriol, E., Velasquez-Villoria, A., Galofre, J.C. (2015). Graves' ophthalmopathy: VISA versus EUGOGO classification, assessment, and management. *J Ophthalmol*, 249125.
2. Bartalena, L., Baldeschi, L., Boboridis, K., Eckstein, A., Kahaly, G.J., Marcocci, C., Perros, P., Salvi, M., Wiersinga, W.M. and European Group on Graves' Orbitopathy (EUGOGO).(2016). The 2016 European Thyroid Association/European Group on Graves' Orbitopathy Guidelines for the Management of Graves' Orbitopathy. *Eur Thyroid J*. 5:9–26.
3. Bhala, N., Emberson, J., Merhi, A., Abramson, S., Arber, N., Baron, J.A., Bombardier, C., Cannon, C., Farkouh, M.E., FitzGerald, G.A., Goss, P., Halls, H., Hawk, E., Hawkey, C., Hennekens, C., Hochberg, M., Holland, L.E., Kearney, P.M., Laine, L., Lanas, A., Lance, P., Laupacis, A., Oates, J., Patrono, C., Schnitzer, T.J., Solomon, S., Tugwell, P., Wilson, K., Wittes, J., Baigent, C. (2013). Vascular and upper gastrointestinal effects of non-steroidal anti-inflammatory drugs: meta-analyses of individual participant data from randomized trials. *Lancet*. 382(9894):769–79.
4. Cheng, A.M.S., Yin, H.Y., Chen, A., Liu, Y.W., Chuang, M.C., He, H., Tighe, S., Sheha, H., Liao, S-L. (2016). Celecoxib and Pioglitazone as Potential Therapeutics for Regulating TGF- $\beta$ -Induced Hyaluronan in Dysthyroid Myopathy. *Invest. Ophthalmol. Vis. Sci*. 57(4):1951-1959.
5. Douglas, R.S. and Gupta, S. (2011). The pathophysiology of thyroid eye disease: implications for immunotherapy. *Curr Opin Ophthalmol*. 22:385–390.
6. Eckstein, A., Esser, J. (2015). Surgical management of extraocular muscle dysfunction in patients with GO; in Bahn RS (ed): *Graves' Disease*. New York, Springer, pp 287-299.
7. Feldon, S.E., Park, D.J., O'Loughlin, C.W., Nguyen, V.T., Landskroner-Eiger, S., Chang, D., Thatcher, T.H., Phipps, R.P. (2005). Autologous T-lymphocytes stimulate proliferation of orbital fibroblasts derived from patients with Graves' ophthalmopathy. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 46:3913–21.
8. Gherbon, A., Frandes, M., Lungeanu, D., Nicula, M., Timar, R. (2019). Transient Hyperthyroidism following the ingestion of complementary medications containing kelp seaweed. *Medicine*. 98:37(e17058).
9. Gong, L., Thorn, C.F., Bertagnolli, M.M., Grosser, T., Altman, R.B., Klein, T.E. (2012). Celecoxib pathways: pharmacokinetics and pharmacodynamics. *Pharmacogenet Genomics*. 22(4):310-318.

10. John Hopkins University. (2020) Celecoxib for Thyroid Eye Disease. ClinicalTrials.gov. NTC02845336
11. Kuriyan, A.E., Woeller, C.F., O'Loughlin, C.W., Phipps, R.P., Feldon, S.E. (2013). Orbital Fibroblasts From Thyroid Eye Disease Patients Differ in Proliferative and Adipogenic Responses Depending on Disease Subtype. *Invest. Ophthalmol. Vis. Sci.* 54(12):7370-7377.
12. Kuryan, A.E., O'Loughlin, C.W., Phipps, R., Feldon, S.E. (2008). Improvement of Thyroid Eye Disease Following Treatment with the Cyclooxygenase-2 Selective Inhibitor Celecoxib. *Thyroid.* 18(8):911-4.
13. Marcocci, C., Kahaly, G.J., Krassas, G.E., Bartalena, L., Prummel, M., Stahl, M., Altea, M.A., Nardi, M., Pitz, S., Boboridis, K., Sivelli, P., von Arx, G., Mourits, M.P., Baldeschi, L., Bencivelli, W., Wiersinga, W., European Group on Graves Orbitopathy. (2011). Selenium and the course of mild Graves' orbitopathy. *N Engl J Med.* 364:1920-1931.
14. Nikiforov, Y.E., Biddinger, P.W., Nikiforova, L.D., Biddinger, P.W. (2012). *Diagnostic pathology and molecular genetics of the thyroid* (2nd ed.). Philadelphia: Wolters Kluwer Health/Lippincott Williams & Wilkins, p. 69.
15. Salvi, M., Vannucchi, G., Curro, N., Campi, I., Covelli, D., Dazzi, D., Simonetta, S., Guastella, C., Pignataro, L., Avignone, S., Beck-Peccoz, P. (2015). Efficacy of B-cell targeted therapy with rituximab in patients with active moderate to severe Graves' orbitopathy: a randomized controlled study. *J Clin Endocrinol Metab.* 100:422-431.
16. Shan, S.J., Douglas, R.S.(2014). The pathophysiology of thyroid eye disease. *Journal of Neuro-Ophthalmology.* 34 (2):177–85.
17. Tan, N.Y., Leong, Y.Y., Lang, S.S., Htoon, Z.M., Young, S.M., Sundar, G. (2017). Radiologic Parameters of Orbital Bone Remodeling in Thyroid Eye Disease. *Investigative Ophthalmology & Visual Science.* 58 (5):2527–2533.
18. Zang, S., Ponto, K.A., Kahaly, G.J. (2011). Clinical review: intravenous glucocorticoids for Graves' orbitopathy: efficacy and morbidity. *J Clin Endocrinol Metab.* 96:320-332.



ESJ Social Sciences

## Diseño Y Construcción De Un Prototipo Multisensorial Para El Diagnóstico Del Trastorno Por Déficit De Atención (TDA)

*Héctor Mendoza*  
*Manuel Cortez*  
*Milky Rodriguez*  
*Svetlana de Tristán*  
*Ericka Matus*  
*Jay Molino*

Departamento de Biociencias y Salud Pública, Corregimiento de Ancón,  
Albrook, Universidad Especializada de las Américas

*Lorena Matus*

Department of Psicología, Universidad Iberoamericana, Santa Fe, Ciudad de  
México, México

[Doi:10.19044/esj.2021.v17n3p12](https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n3p12)

Submitted: 05 November 2020

Accepted: 16 December 2020

Published: 31 January 2021

Copyright 2021 Author(s)

Under Creative Commons BY-NC-ND

4.0 OPEN ACCESS

*Cite As:*

Mendoza H., Cortez M., Rodriguez M., de Tristán S., Matus E., Molino J. & Matus L. (2021). *Diseño y construcción de un prototipo multisensorial para el diagnóstico del trastorno por déficit de atención (TDA)*. European Scientific Journal, ESJ, 17(3), 12.

<https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n3p12>

### Resumen

Un prototipo para el diagnóstico del grado de déficit de atención en niños, jóvenes y adultos fue diseñado integrando diferentes pruebas sensoriales de tiempo de reacción, memoria a corto plazo, localización sonora y coordinación por colores, que son pruebas neuropsicológicas estandarizadas en la exploración del trastorno por déficit de atención e hiperactividad (TDAH). Treinta adultos saludables, en edades comprendidas entre los 20 y 30 años, fueron reclutados de manera no aleatoria para probar el dispositivo y validar su funcionamiento. El equipo también registra los datos de cada usuario a través de un software diseñado para registrar el desempeño. El prototipo registró un tiempo de reacción promedio de  $17 \pm 6.8$  segundos para la prueba de velocidad de reacción y  $11.9 \pm 6.8$  segundos para la prueba de memoria. Los lenguajes de programación utilizados para el desarrollo del prototipo fueron: C++, HTML, PHP, CSS y SQL. Todos los resultados fueron

registrados en un servidor, lo que permitiría a un especialista llevar una ficha clínica detallada del paciente.

---

**Palabras Claves:** Tiempo De Reacción, Memoria, Coordinación, Audición, Localización, Pruebas De Integración Sensorial, Déficit De Atención

## **Design and Construction of the Multisensory Test: An Attention Deficit Disorder Diagnostic Device**

*Héctor Mendoza*  
*Manuel Cortez*  
*Milky Rodriguez*  
*Svetlana de Tristán*  
*Ericka Matus*  
*Jay Molino*

Departamento de Biociencias y Salud Pública, Corregimiento de Ancón,  
Albrook, Universidad Especializada de las Américas

*Lorena Matus*

Department of Psicología, Universidad Iberoamericana, Santa Fe, Ciudad de  
México, México

[Doi:10.19044/esj.2021.v17n3p1](https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n3p1)

---

### **Abstract**

A prototype for the diagnosis of the degree of attention deficit in children, youth, and adults was designed by integrating different sensory tests of reaction time, short-term memory, sound localization, and color coordination, which are standardized neuropsychological tests in the exploration of the Disorder. of Attention Deficit and Hyperactivity (ADHD). Thirty healthy adults between the ages of 20 and 30 were recruited in a non-random way to use the prototype and validate its operation. The prototype also records the data of each user through software designed to record user performance. The prototype recorded an average reaction time of  $17 \pm 6.8$  seconds for the reaction rate test and  $11.9 \pm 6.8$  seconds for the memory test. The programming languages used for developing the prototype were: C ++, HTML, PHP, CSS, and SQL. All the results were recorded on a server, which would allow a specialist to keep a detailed clinical record of the patient.

---

**Keywords:** Reaction Time, Memory, Coordination, Hearing, Localization, Sensory Integration Tests, Attention Deficit.

## Introducción

El Trastorno por Déficit Atencional e Hiperactividad (TDAH) es una condición de naturaleza orgánica, con bases neurológicas que se manifiesta en la dificultad de una persona para focalizar su atención y concentración. Se exterioriza por la inquietud motora, cuyos movimientos podrían interferir en el control y en la disposición para enfrentar las actividades diarias. En Panamá el TDAH presenta prevalencia del 7.4% de la población, siendo el 1.8% del tipo inatento, 3.2% del tipo hiperactivo-impulsivo y un 2.3% del tipo combinado (APA, 1995; Sánchez, Velarde, & Britton, 2011).

Los niños que padecen este trastorno están expuestos a muchas experiencias de fracaso y, a pesar de tener un nivel de inteligencia promedio o incluso por encima de los de su edad, su rendimiento académico puede verse afectado. Este padecimiento perturba el diario vivir de la persona: en la dificultad o la falta de capacidad para realizar tareas cotidianas, trabajar, realizar deportes o actividades recreativas de manera satisfactoria. El déficit de atención, base para el aprendizaje general, impide organizar de manera adecuada la información que adquiere una persona y, en consecuencia, ofrecer respuestas óptimas. (Arnsten, 2009; Barkley, DuPaul, & McMurray, 1990; Bonilla Sánchez, Quintanar Rojas, & Soloviova, 2003; de la Olvera, Ortiz, & Pérez, 2010; Pascual-castroviejo & Madrid, 2008; Sánchez et al., 2011)

Morales *et al.* describen el trastorno de integración sensorial como la incapacidad que tiene un niño para poder modular, discriminar, coordinar u organizar de manera correcta las sensaciones. Inicialmente debemos asociar un trastorno de integración sensorial a patologías generalmente no atribuibles a diagnósticos neurológicos que presentan todas o alguna de las siguientes características: problemas de conducta, dificultades de aprendizaje, y dificultades motrices y de procesamiento sensorial. De hecho, el niño puede presentar uno solo, o una combinación de varios síntomas; lo cierto es que el comportamiento característico apunta hacia una de estas dos direcciones: retraso en el aprendizaje de habilidades y destrezas motoras propias de su edad cronológica, o problemas de comportamiento de la organización personal social. En los casos más complicados, existe una combinación de ambos. (Del Moral, Pastor, & Sanz, 2013; Gimeno Morales & Galbe Sánchez-Ventura, 2015; Millá Romero, 2006; Palacios, 2010; Rodríguez, Areces, García, Cueli, & González-Castro, 2018)

Además de esto, el trastorno de integración sensorial puede darse combinado con otros diagnósticos como el autismo, el trastorno por déficit de atención e hiperactividad (TDAH) o trastorno de ansiedad, pero también puede darse de manera única (Narbona García, 2001). De acuerdo con Baudry *et al.*, sus investigaciones revelan que el TDAH y TPS son, efectivamente, dos

diagnósticos distintos, pero que frecuentemente coexisten. En su estudio de 2410 niños previamente diagnosticados con TPS o TDAH, encontró que el 60% de dichos niños padecía en realidad ambos trastornos. Un deficiente funcionamiento de la integración de la información sensorial genera en el niño problemas de comportamiento y de aprendizaje. En un estudio realizado con niños, un grupo que presenta este déficit no refleja ser diferente a los demás niños; su inteligencia se encuentra dentro del promedio o es superior. (Beaudry Bellefeuille, 2006) Cuando el problema no es muy severo, los médicos generalmente no lo diagnostican y los padres de familia no se dan cuenta hasta que el niño ingresa al colegio y presenta dificultades para aprender a leer, escribir, respetar las normas y compartir con sus compañeros (Palacios, 2010; Rodillo, 2015).

En el salón de clases, el niño con déficit en la integración sensorial se distrae por los ruidos, luces, sonidos y estímulos de muchas personas que realizan simultáneamente diferentes acciones a su alrededor. Esto hace que su cerebro se sobreestime y responda con un exceso de actividad. El niño hiperactivo juguetea por todo el salón, no porque quiera hacerlo, sino porque está fuera de control. Su exceso de actividad es una respuesta a sensaciones que no puede desatender, pero tampoco sabe cómo organizarlas en su cerebro; la confusión creada le hace imposible concentrarse en algo y no logra comprender lo que el profesor dice o espera de él (Palacios, 2010).

Para evaluar a los pacientes con TDAH es importante definir lo que es normal. Para ello son necesarias las entrevistas clínicas con el paciente en las que se toman en cuenta: antecedentes vinculados con la hiperactividad (p. ej., trastornos del sueño, inquietud de pequeño, bajo peso al nacer, familiares con el mismo cuadro, etc.), ajuste a los criterios clínicos diagnósticos, aspectos sociofamiliares y aspectos educativos.

El diagnóstico temprano del déficit atencional e hiperactividad permitirá a los especialistas en neuropsicología llevar a cabo diagnósticos, prescribir medicamentos y/o proveer terapias para corregir y mejorar áreas tales como el aprendizaje, concentración, coordinación y la conducta.

En el presente estudio se diseña, desarrolla y prueba un prototipo electrónico capaz de realizar y registrar los resultados de pruebas neuropsicológicas basadas en integración sensorial para su potencial uso en el diagnóstico del trastorno del déficit atencional e hiperactividad en niños, jóvenes y adultos. Se realizaron pruebas enfocadas en el tiempo de reacción, localización sonora, coordinación por colores y memoria a corto plazo., entre otros. (Bulling, Ward, Gellersen, & Tröster, 2008; Fernández, Morillo, Gilibert, Carvalho, & Bello, 2020; Rodríguez, 2018; Rodríguez, 2011; Salvucci & Anderson, 2001; Zhan, Zhang, Mei, & Fong, 2016). El error en el dispositivo se calculó y es menor del 0.01% (ver Anexo 1). A partir de este estudio, es posible desarrollar otros dispositivos para el diagnóstico de TDAH



en personas con movilidad reducida empleando captadores de señales mioeléctricas (Kaneko, Yamashita, & Iramina, 2016; Keshav, Vogt-Lowell, Vahabzadeh, & Sahin, 2019; Rodriguez, García, & Molino, 2020)

## **Materiales y Metodología**

El equipo diseñado posee sensores para capturar la respuesta a los estímulos visuales y sonoros. Se utilizó una impresora 3D para construir la carcasa que aloja los sensores, luces y zumbador los cuales componen el módulo sensorial.

### ***Materiales***

Se empleó un módulo de red Ethernet Arduino (5V DC, Wiznet W5100, 10/100 Mbps), un microcontrolador ATmega2560, diodo smd 5050, resistencias  $R = \bar{R} \pm 5\% \Omega$ , Potenciómetro tipo *trimpot*, con tres pines y potencia  $P = \bar{P} \pm 10\%$ , Buzzer eléctrico con un voltaje de operación de 5V DC, un sensor reflector óptico, CNY70, con una distancia operativa máxima de 5mm y una estructura de aluminio para ubicar los doce módulos sensoriales. Para la medición se empleó un osciloscopio FLUKE-190-204/AM y una fuente de poder de 24 Vdc, multímetro FLUKE 179TRMS.

Se empleó un módulo de red Ethernet Arduino (5V DC, Wiznet W5100, 10/100 Mbps), un microcontrolador ATmega2560, diodo smd 5050, resistencias  $R = \bar{R} \pm 5\% \Omega$ , Potenciómetro tipo *trimpot*, con tres pines y potencia  $P = \bar{P} \pm 10\%$ , Buzzer eléctrico con un voltaje de operación de 5V DC, un sensor reflector óptico, CNY70, con una distancia operativa máxima de 5mm y una estructura de aluminio para ubicar los doce módulos sensoriales. Para la medición se empleó un osciloscopio FLUKE-190-204/AM y una fuente de poder de 24 Vdc, multímetro FLUKE 179TRMS.

Se empleó un módulo de red Ethernet Arduino (5V DC, Wiznet W5100, 10/100 Mbps), un microcontrolador ATmega2560, diodo smd 5050, resistencias  $R = \bar{R} \pm 5\% \Omega$ , Potenciómetro tipo *trimpot*, con tres pines y potencia  $P = \bar{P} \pm 10\%$ , Buzzer eléctrico con un voltaje de operación de 5V DC, un sensor reflector óptico, CNY70, con una distancia operativa máxima de 5mm y una estructura de aluminio para ubicar los doce módulos sensoriales. Para la medición se empleó un osciloscopio FLUKE-190-204/AM y una fuente de poder de 24 Vdc, multímetro FLUKE 179TRMS.

Para la fabricación de la carcasa de los módulos sensoriales, se empleó una impresora 3D iPrusa con filamento de material PLA y resolución 0.4mm. Para la gestión de almacenamiento de datos se utilizó un sistema basado en My-SQL x64 bit Windows 7; para el diseño y simulación de los circuitos de control del prototipo se utilizó ISIS 7 Proteus versión 7; en cuanto a la programación del sistema de control del prototipo se empleó el Idle de

Arduino basado en lenguaje C++, apoyados de librerías desarrolladas para el control de elementos periféricos tales como: teclado matricial, shield Ethernet, pantalla grafica con comunicación I2C. Para el desarrollo de la página web se usó el lenguaje HTML y para la personalización de la interfaz de usuario, el lenguaje de programación web CSS. El registro de los resultados y manejo de los datos interno fue necesario la utilización del lenguaje de programación web PHP al igual que para la integración de la base de datos y la creación de tablas con resultados, promedios y gráficos por cada usuario que empleó el prototipo.

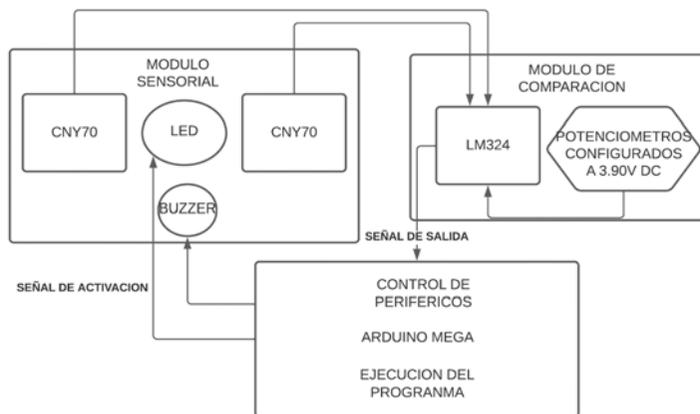
### ***Población y muestra***

El universo son estudiantes de la Universidad Especializada de las Américas. La población son todos estudiantes de la sede Facultad de Biociencias y Salud Pública de UDELAS.

La muestra forma un total de 30 estudiantes universitarios en buenas condiciones físicas y mentales de la facultad Biociencias y Salud Pública de UDELAS. Estos estudiantes fueron seleccionados de manera no aleatoria, sin distinción de sexo ni edad, escogidos con la finalidad de validar la funcionalidad y satisfacción de las pruebas emitidas por el equipo.

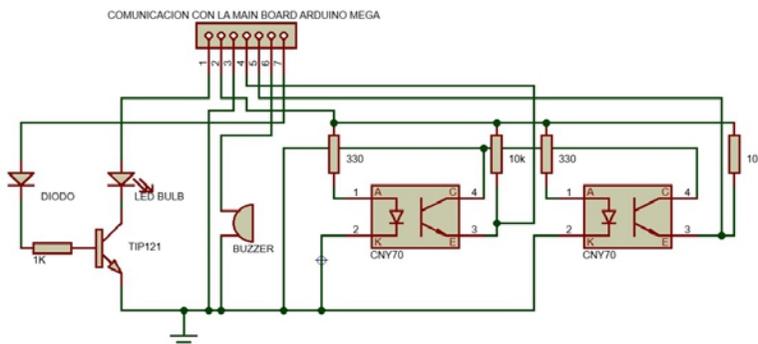
### ***Dispositivo***

El módulo sensorial está compuesto por los siguientes componentes: Led, *buzzer* y (2) opto acopladores CNY70. El CNY70 posee 4 pines: Ánodo y cátodo (led infrarrojo) y colector y emisor (Fototransistor). La configuración física del led infrarrojo y el fototransistor se encuentra ubicada en paralelo. La base del fototransistor se satura cuando un objeto se encuentra enfrente del integrado, la luz infrarroja emitida por el led se refleja, y el rayo de luz llega al fototransistor. Al saturarse la base del fototransistor se obtiene una señal en el emisor (disminución de voltaje); esta señal es enviada al operacional LM324, el mismo que se está utilizando en modo comparador. En el modo comparador, el voltaje de referencia se encuentra en el *input* no inversor con un voltaje de referencia de 3.90V y en el *input* inversor llega el voltaje procedente del emisor del fototransistor, siendo este un voltaje menor que el de referencia. Cuando este evento ocurre, el amplificador comparador envía una señal de 5 voltios a los pines digitales del Arduino Mega. La figura 1 muestra un diagrama del circuito electrónico



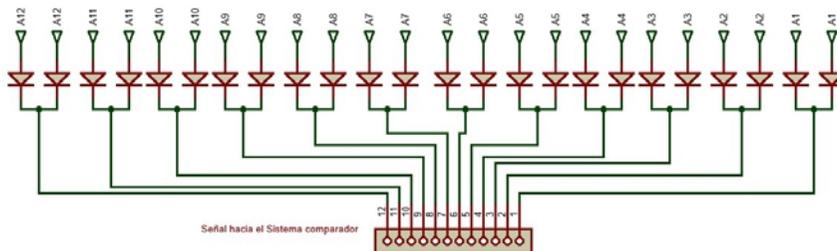
**Figura 1.** Flujo de señales provenientes del Microcontrolador Arduino Mega hacia el módulo sensorial para la activación del Buzzer y alimentación del sensor CNY70. Luego, la señal de activación emitida por uno de los dos sensores CNY70 es enviada hacia la etapa de comparación (LM324) y de esta se produce una señal hacia uno de los pines digitales del Arduino Mega correspondientes al módulo sensorial activado.

Cada integrado LM324 posee cuatro amplificadores en su configuración interna. Para cada módulo sensorial se están utilizando dos amplificadores, ya que cada módulo sensorial posee dos sensores ópticos CNY70, por lo que se analizan dos señales provenientes del sensor y se envía señal de respuesta a los pines digitales determinados para cada módulo respectivamente, y el mismo continúe con el siguiente bloque de programación para el test que se esté ejecutando. Durante las pruebas que realiza el prototipo, el Arduino activará aleatoriamente cada módulo sensorial. El código de programación estará esperando recibir alguna respuesta de los módulos sensoriales provenientes de los amplificadores configurados en modo comparador. Esto se muestra en la figura 2.



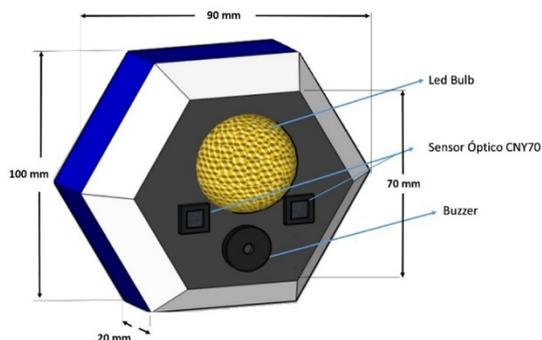
**Figura 2.** Módulo Sensorial: Configuración para los sensores opto eléctrico para captar la reflexión de la luz infrarroja, el buzzer para realizar el estímulo sonoro y el led bulbo activado por medio de un pulso enviado a la base del transistor NPN.

A la terminal negativa llega la señal proveniente de los sensores opto eléctricos ubicados en los módulos sensoriales. En la salida de ambos comparadores por módulo se conectó un diodo semiconductor IN4007. Cabe destacar que, como se está utilizando dos señales provenientes de los dos optoeléctricos de cada módulo, se manejan dos señales a la par, que serían la de los dos amplificadores. Ambas salidas de los comparadores están unidas para enviar una sola señal al Arduino Mega; por lo tanto, se evita un retorno de corriente de una de la salida del amplificador al otro. Colocamos dos diodos semiconductores como se muestra en la Figura 3.



**Figura 3.** Diodo a cada salida para evitar el retorno de corriente al pin de salida del comparador.

El circuito comparador y los módulos sensoriales trabajan en conjunto. El LM324 usa como voltaje de operación 5v, tiene 4 amplificadores en su configuración interna, los que se configuraron como comparadores para recibir la señal de cada par de opto eléctricos de cada módulo sensorial y la señal de un potenciómetro de precisión como voltaje de referencia. El voltaje de referencia proveniente del potenciómetro de precisión o trimmer, está configurado a 3.90v. Se utilizaron 12 potenciómetros de precisión para regular el voltaje de referencia que se utilizará en el pin no inversor del LM324. La Figura 4 muestra la carcasa fabricada con la impresora 3D, que aloja el circuito y los componentes electrónicos que conforma el módulo sensorial.



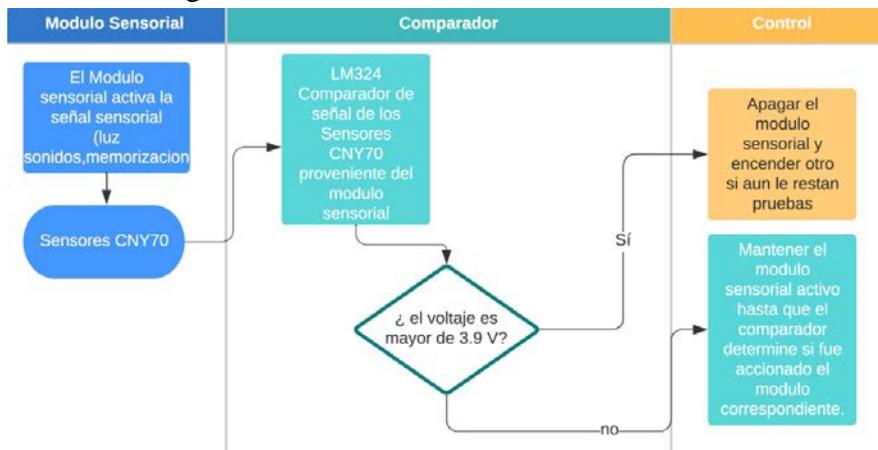
**Figura 4.** Carcasa que aloja los módulos sensoriales.

En el caso del sistema para capturar datos, el gestor de base de datos MYSQL – SERVER, lo hemos programado para que ordene la información que será ingresada mediante formularios creados en nuestra página web, así como la gestión de los datos enviados por el Arduino Ethernet. Este gestor de base de datos trabajará en conjunto con nuestro emulador de servidor web llamado XAMPP.

Hemos usado el lenguaje PHP para hacer conexiones fuera de la página web como es la vinculación a la base de datos. Mediante PHP programamos que nuestra página realice una conexión, guarde y extraiga información desde una base de datos local.

Para eludir el uso de *hosts* o servidores externos decidimos alojar nuestro sistema de información en servidores de una red local, el cual mediante el emulador del servidor web XAMPP estará en nuestra computadora.

El Arduino Mega, una vez capte los datos obtenidos de las distintas pruebas programadas, el operador tendrá que seleccionar la opción *send* para realizar una comunicación de tipo serial con el *Shield Ethernet*. Al mismo tiempo, este módulo será el encargado de realizar la comunicación entre el Arduino Mega y la red. En el código programado en el Arduino Mega le asignamos que debe enviar los datos a una dirección específica, la cual previamente se ha configurado. Un esquema del proceso de captación de datos se muestra en el figura 5.



**Figura 5.** Elementos y Flujo del funcionamiento entre la etapa Sensorial, comparación y de control. Se muestran las dos condiciones que pueden cumplirse en la etapa de control dependiendo del estado que es percibido en la etapa de comparación por medio de la señal entrante en el integrado LM324.

## Pruebas

El dispositivo Multisensorial Test permitirá aplicar cuatro tipos de pruebas que son las siguientes: Tiempo de Reacción, Memoria, Localización Sonora y Coordinación por colores. Estas se fundamentan en las pruebas de

monitorización cognitiva computarizada (MCC 94) (Barón, Saona Olivera, & Ramos, 2009; Etchepareborda, Paiva-Barón, & Abad, 2009). Cada prueba fue supervisada para detectar errores y aciertos de los participantes. Se considera como un error la acción realizada por el participante que no genera un estímulo de reacción para el módulo sensorial que emite una estimulación visual o sonora y, a la vez, es capaz de censar una respuesta motriz a dicho estímulo. De igual forma, se considera un acierto cuando el participante realiza movimientos que redundan en un estímulo para el sensor. Para cada prueba existe un número fijo de secuencias que el participante debe completar. Los errores cometidos por el participante fueron tomados por el operador a cargo del equipo ya que este no cuenta con la capacidad de registrar estos eventos.

### ***Tiempo de Reacción:***

Estímulos visuales (luz) aparecen de manera aleatoria en unos módulos sensoriales. El usuario, al percibir el led encendido, debe acercar la mano a los sensores optoelectrónicos que se encuentran en dicho módulo sensorial. Al activar el sensor de este módulo, el led se apagará, y un led, de otro módulo, se encenderá de forma aleatoria. Esta acción se debe realizar hasta finalizar la prueba a la cual se le mide el tiempo con el *software* del prototipo para determinar la reacción. Fueron veintiuna secuencias aplicadas a esta prueba de reacción sensorial aleatoria.

### ***Memoria***

La prueba consiste en leds que se encienden en un orden aleatorio, con un intervalo de un segundo por cada led. Luego de encenderse el último led de dicha secuencia, estos se apagarán y el usuario tendrá que acercar la mano a los sensores de los módulos en el mismo orden en el cual se encendieron los leds la primera vez. El tiempo en cual se ejecuta la prueba de memoria se registra por medio del software desarrollado. Fueron 7 secuencias aplicadas en esta prueba de memoria.

### ***Localización Sonora:***

Buzzers emiten tonos agudos y medios, los mismos se activan de manera aleatoria, es decir, cualquiera de los 12 módulos emitirá el sonido. El usuario debe prestar atención y tocar con su mano el módulo de dónde provenga el sonido. Luego del contacto, el buzzer del módulo se apagará y seguidamente se emitirá sonido en el siguiente módulo con una frecuencia de sonido aleatoria. Este proceso se repite hasta acabar la secuencia determinada por el software. Fueron 13 secuencias aplicadas en esta prueba.

### ***Coordinación por Colores:***

Se asignan dos colores para cada mano; rojo para la mano izquierda y verde para la mano derecha. Estos dos colores serán los mismos que alumbren los leds del equipo. Al iniciar la prueba, se enciende el led de un módulo (de manera aleatoria). Según el color que se encienda, el usuario tendrá que tocar el módulo con la mano a la que se le asignó el mismo color. Es decir, si se enciende un módulo con el led de color rojo, el usuario tendrá que activar los sensores de dicho módulo con la mano izquierda. Al activar el sensor de este módulo, el led se apagará, y el del otro módulo se encenderá. Seguirá de esta manera hasta acabar la secuencia determinada en el sistema.

También se mide el tiempo empleado en terminar la prueba completamente y la cantidad de aciertos, los errores cometidos durante la prueba son registrados por el operador del prototipo.

### ***Conflicto de Interés***

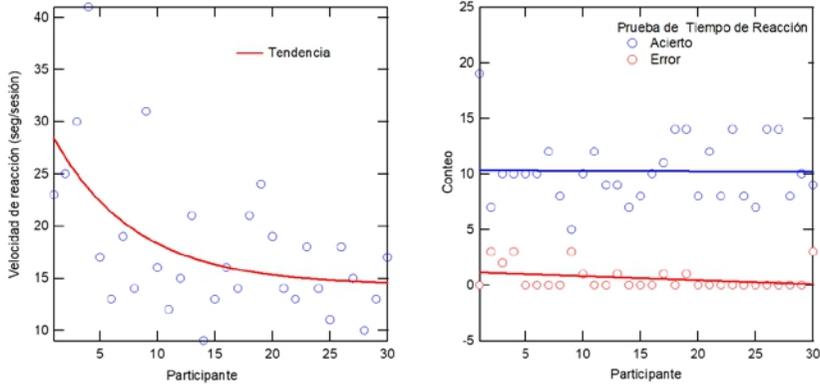
Los investigadores reportan que no existen conflictos de intereses como se declara en el ICMJE Form for Disclosure of Potential Conflicts of Interest remitido a la dirección editorial de esta revista. Se establece que no se ha realizado ninguna prueba en pacientes con TDAH. Esto pertenece a una segunda fase del proyecto una vez se cuente con el aval de un Comité de Bioética y profesionales clínicos. Es decir, lo presentado en este documento llegó a nivel de prototipo.

## **Resultados y Discusión**

### ***Tiempo de Reacción***

La figura 6 muestra la velocidad de reacción de cada uno de los participantes que se sometieron a la prueba. El promedio del tiempo registrado fue de  $17 \pm 6.8$  segundos. Nótese que la tendencia es exponencial de decaimiento lo que indica que existe una curva de aprendizaje para manejar el dispositivo y por lo tanto aquellos participantes que esperaron más tiempo para validar el dispositivo lograron hacer el test más rápido. Esto se registra en el panel izquierdo de la figura 6.

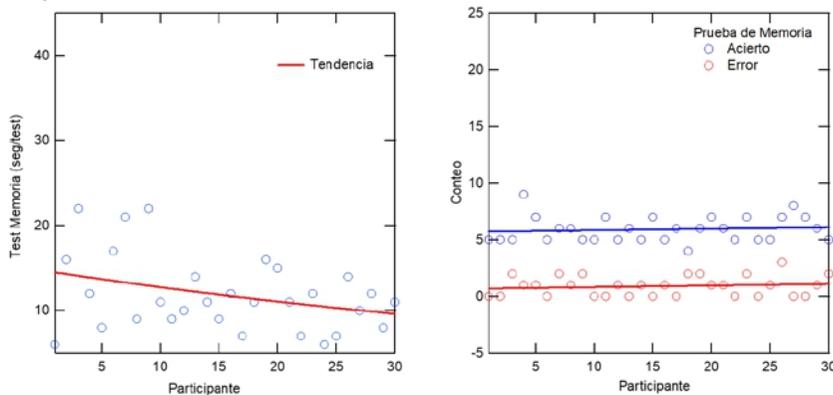
El panel derecho de la figura 6 muestra la cantidad de aciertos y errores que cada uno de los participantes cometió durante el proceso.



**Figura 6.** (Izquierda) velocidad de reacción de cada participante. (Derecha) errores y aciertos en la prueba de velocidad de reacción.

### Memoria

La figura 7 muestra los resultados para el test de memoria. El tiempo promedio registrado fue de  $11.9 \pm 6.8$  seg. Para esta prueba la tendencia fue, también, exponencial de decaimiento lo que indica que los últimos participantes pueden realizar la tarea con mayor rapidez puesto que logran familiarizarse con el test cuando observan el desempeño de los primeros participantes. En promedio se dieron 6 aciertos y 1 error por participante. Esto se aprecia en el panel izquierdo de la figura 7. La desviación estándar para esta prueba es la misma que para la prueba de velocidad de reacción, lo que indica que pueden existir características físicas (*e.g.* el tamaño de las personas) lo que influyó en los resultados.



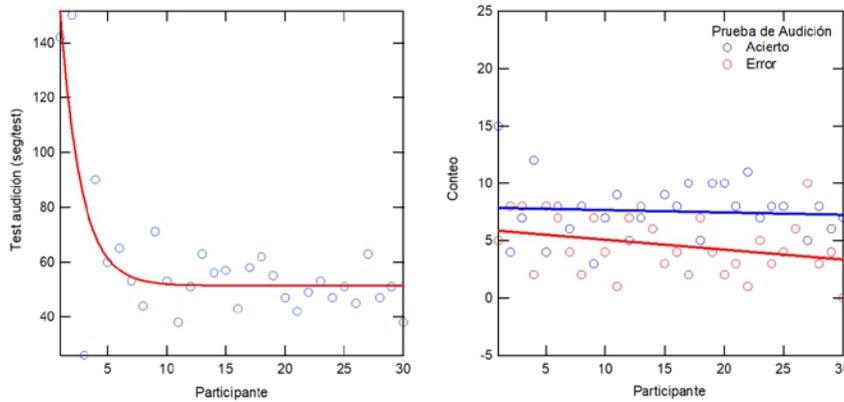
**Figura 7.** (Izquierda) test de memoria. (Derecha) errores y aciertos en la prueba de velocidad de reacción.

### Localización Sonora

La figura 8 muestra los resultados de esta prueba. Se observa que la mayoría de los participantes realizaron la prueba en un tiempo muy prolongado, con una cantidad mínima de aciertos y una alta cantidad de errores



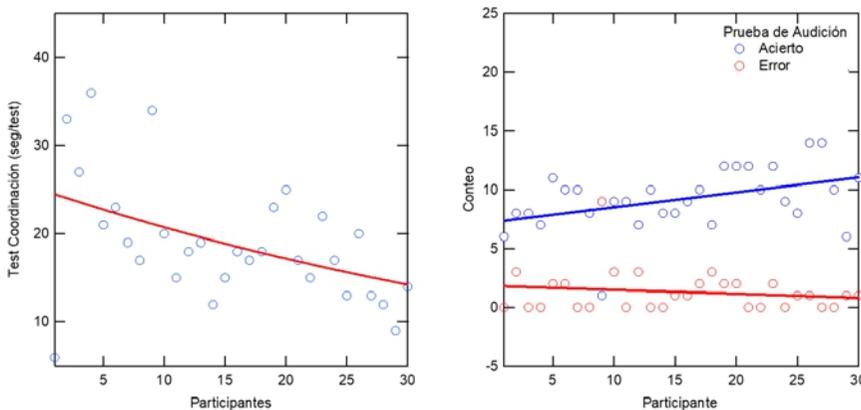
cometidos. Se observa nuevamente una tendencia de decaimiento exponencial a medida en que los participantes realizaban las pruebas.



**Figura 8.** (izquierda) test de memoria. (derecha) errores y aciertos en la prueba de velocidad de reacción.

### *Coordinación*

Siendo la mayoría de estudiantes los que pudieron realizar la prueba de coordinación por colores en un tiempo adecuado, con la mayor cantidad de aciertos y una mínima cantidad de errores cometidos. Se resumen los resultados en la figura 9.



**Figura 9.** (Izquierda) test de memoria. (Derecha) errores y aciertos en la prueba de velocidad de reacción.

### **Limitaciones**

El prototipo debe ser probado o evaluado, previa aprobación del protocolo en el Comité de Bioética, por un especialista en el área de Déficit de Atención y así determinar su efectividad en campo.

Dado que el prototipo es de bajo costo, es asequible para mejorar los métodos de diagnóstico del déficit atencional e hiperactividad en niños,

jóvenes y adultos en distintas instituciones de salud en nuestro país, las cuales no tienen la facilidad de adquirir este tipo de sistemas por el elevado costo. El proyecto de investigación se limita al diseño y desarrollo de la funcionalidad del prototipo y no discute la evaluación de los resultados obtenidos por usuarios pertinentes. Estos aspectos competen a los especialistas en el área de neuropsicología o psicoterapeutas.

Existen limitaciones en el prototipo en cuanto al almacenamiento de los resultados del usuario en cada prueba, ya que de no poseer una conexión de red, el equipo no puede comunicarse con la base de datos. Esto impide que la información obtenida de las pruebas no se almacene directamente en la base de datos y se pueda visualizar en la página web. Sin embargo, el equipo permite mostrar los resultados en la pantalla, de esta manera el operario puede apuntarlos, registrarlos de forma manual y posteriormente ingresarlos manualmente al perfil del usuario en la plataforma web.

De las pruebas que ejecuta el equipo se tomarán en cuenta como resultados el tiempo total en completar la prueba, los aciertos y errores cometidos. Estas dos últimas variables no son captadas por el equipo, sino por el operario que esté supervisando al usuario al momento de realizar las pruebas. Por limitaciones en el tiempo no se pudo diseñar un mecanismo en el cual el prototipo pueda captar por sí mismo los errores cometidos.

Cabe destacar que, por trabajar con una plataforma de software abierto, se pueden realizar mejoras en el código del equipo, es decir, ajustar la precisión del conteo del tiempo, conexión con dispositivos auxiliares para la marcación de errores y aciertos del usuario al momento de realizar las pruebas y reducir más el tiempo de retraso al momento de activar los sensores optoeléctricos. Con otro microcontrolador de Arduino Mega podremos variar los tonos o frecuencias de los *buzzer* de acuerdo con la distancia que tenga con el usuario del equipo.

Debe implementarse el uso del Multisensorial Test, pues no es costoso, es de fácil manejo y evita los errores que puedan existir en la actualidad en el manejo de parámetros como el tiempo, los cuales deben ser muy precisos para brindar un resultado confiable.

Aunque el prototipo será utilizado para la población en general, las pruebas se realizaron en jóvenes adultos sin diagnóstico de trastorno.

Los participantes permanecieron en el mismo laboratorio al mismo tiempo, lo que les permitió aprender de los errores de los primeros. Habrá que realizar la prueba de forma individual.

De igual manera, el prototipo tiene alcances importantes en un escenario poco explorado: 1. permitirá ampliar el conocimiento de TDAH en Panamá; 2. permitiría un diagnóstico temprano; y 3. podría ser una alternativa a la medicación, particularmente de los que tienen efectos secundarios, tal como el metilfenidato que la OMS en 2019 recomendó suspender.

Aunque ya ha habido avances sobre el uso de tecnologías para la evaluación o tratamiento del trastorno, (Fernández, Morillo, Gilibert, Carvalho, & Bello, 2020; Kaneko, Yamashita, & Iramina, 2016; Keshav, Vogt-Lowell, Vahabzadeh, & Sahin, 2019) se requiere más investigación como esta de bajo costo para la población de América Latina.

### **Financiamiento**

Esta investigación fue financiada en parte por la Universidad Especializada de las Américas a través del Fondo de Investigación No. 005-2018. De igual manera agradecemos al proyecto APY-CENPEN009 financiado por la Secretaría Nacional de Ciencia y Tecnología (SENACYT) por la difusión de los resultados a través del diseño de cápsulas informativas.

### **Conclusiones**

Por medio del uso de microcontroladores de software libre, como lo es el Arduino Mega con su lenguaje de programación C++, se diseñó y construyó un prototipo de bajo costo. Entre esas características están un menú para elección de las distintas pruebas, registro de usuario, menú de servicio técnico y conexión con base de datos para el almacenamiento de los resultados obtenidos durante las pruebas.

Se demostró la viabilidad de la plataforma diseñada para la captura y almacenamiento de datos en un servidor de la red local (se realiza una copia de seguridad). Esto permitiría tanto al especialista como al usuario (paciente) revisar sus resultados junto con una gráfica que posibilita ver el avance durante el periodo en que esté realizando sus distintas pruebas.

El diseño del equipo, liviano y armable facilita su uso portátil y sencillo para ensamblar.

El diseño se basó en teorías propuestas por especialistas en el campo de la óptica, fonoaudiología y neuropsicología, en cuanto a la configuración de los leds, posicionados de acuerdo con el campo visual de una persona; la altura y el alcance de los brazos para que realice adecuadamente el accionamiento de los sensores. La contribución en el campo del área neuropsicológica permitirá evaluar gran parte de los síntomas por desatención, hiperactividad e impulsividad de los criterios del DSM-IV, tales como: 1. **Atención** (No presta atención a los detalles e incurre en errores por descuido, dificultad en mantener atención en actividades lúdicas, parece no escuchar cuando se le habla directamente, no sigue instrucciones y no finaliza tareas, dificultad para realizar tareas o actividades, evita o es renuente a tareas que requieren esfuerzo mental sostenido, se distrae fácilmente por estímulos irrelevantes); 2. **Hiperactividad** (abandona su asiento en situaciones donde se espera que se mantenga sentado, tiene dificultad para jugar); 3. **Impulsividad**

(esperar su turno, precipita respuestas antes de haber sido completadas las preguntas, interrumpe a otros).

### References:

1. APA. (1995). Manual diagnóstico y estadístico de trastornos mentales. Barcelona: Masson: American Psychiatric Association.
2. Arnsten, A. F. T. (2009). ADHD and the Prefrontal Cortex. *The Journal of Pediatrics*, 154(5), I-S43. <https://doi.org/10.1016/j.jpeds.2009.01.018>
3. Barkley, R. A., DuPaul, G. J., & McMurray, M. B. (1990). Comprehensive Evaluation of Attention Deficit Disorder With and Without Hyperactivity as Defined by Research Criteria. *Journal of Consulting and Clinical Psychology*, 58(6), 775–789. <https://doi.org/10.1037/0022-006X.58.6.775>
4. Beaudry Bellefeuille, I. (2006). Un trastorno en el procesamiento sensorial es frecuentemente la causa de problemas de aprendizaje, conducta y coordinación motriz en niños. *Boletín de La Sociedad de Pediatría de Asturias, Cantabria y Castilla y León*, 46(June 2006), 200–203. Retrieved from [http://www.sccalp.org/bulletin\\_articles/418%5Cnhttp://ibeaudry.com/BolPediatr2006\\_46\\_200-203.pdf%5Cnhttp://www.sccalp.org/documents/0000/0689/BolPediatr2006\\_46\\_197completo.pdf](http://www.sccalp.org/bulletin_articles/418%5Cnhttp://ibeaudry.com/BolPediatr2006_46_200-203.pdf%5Cnhttp://www.sccalp.org/documents/0000/0689/BolPediatr2006_46_197completo.pdf)
5. Bonilla Sánchez, M., Quintanar Rojas, L., & Soloviova, Y. (2003). Análisis de las funciones ejecutivas en niños con déficit de atención. *Revista Española de Neuropsicología*, 5(2), 163–176.
6. Bulling, A., Ward, J. A., Gellersen, H., & Tröster, G. (2008). Robust Recognition of Reading Activity in Transit Using Wearable Electrooculography, 19–37. [https://doi.org/10.1007/978-3-540-79576-6\\_2](https://doi.org/10.1007/978-3-540-79576-6_2)
7. de la Olvera, F. P., Ortiz, J. D. P., & Pérez, E. B. (2010). Cartagena's Declaration for Attention Deficit Hyperactivity Disorder (ADHD): Breaking the Stigma. *Revista Ciencias de La Salud*, 8(1), 93–98.
8. Del Moral, G., Pastor, M. A., & Sanz, P. (2013). Del Marco Teorico de Integracion Sensorial al Modelo Clinico de Intervencion. *Tog*, 10(May), 1–25.
9. Etchepareborda, M. C., Paiva-Barón, H., & Abad, L. (2009). Ventajas de las baterías de exploración neuropsicológica en el trastorno por déficit de atención/hiperactividad. *Revista de Neurología*, 48(SUPPL. 2). <https://doi.org/10.33588/rn.48s02.2009073>
10. Fernández, M., Morillo, M., Gilibert, N., Carvalho, C., & Bello, S. (2020). Herramientas tecnológicas del diagnóstico y tratamiento del

- trastorno por déficit de atención e hiperactividad. *The Technological Tools of the Diagnosis and Treatment of Attention Deficit Disorder and Hype Activity*. (English), 80, 67. Retrieved from <https://ezproxy.unav.es/login?url=https://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&AuthType=ip,url&db=edo&AN=142311186&lang=es&site=eds-live&scope=site>
11. Gimeno Morales, M., & Galbe Sánchez-Ventura, J. (2015). Trastorno por déficit de atención e hiperactividad: ¿incrementa su prevalencia o se promueve su diagnóstico? *Pediatría Atención Primaria*, 17(65), e95–e98. <https://doi.org/10.4321/s1139-76322015000100024>
  12. Kaneko, M., Yamashita, Y., & Iramina, K. (2016). Quantitative evaluation system of soft neurological signs for children with attention deficit hyperactivity disorder. *Sensors (Switzerland)*, 16(1), 1–10. <https://doi.org/10.3390/s16010116>
  13. Keshav, N. U., Vogt-Lowell, K., Vahabzadeh, A., & Sahin, N. T. (2019). Digital Attention-Related Augmented-Reality Game: Significant Correlation between Student Game Performance and Validated Clinical Measures of Attention-Deficit/Hyperactivity Disorder (ADHD). *Children*, 6(6), 72. <https://doi.org/10.3390/children6060072>
  14. Millá Romero, M. G. (2006). Atención temprana de las dificultades de aprendizaje. *Revista de Neurología*, 42(S02), S153. <https://doi.org/10.33588/rn.42s02.2005821>
  15. Narbona García, J. (2001). Alta prevalencia del TDAH: ¿niños trastornados, o sociedad maltrecha? *Revista de Neurología*, 32(03), 229. <https://doi.org/10.33588/rn.3203.2000632>
  16. Palacios, A. C. (2010). Integración sensorial. *Agapasm*, 1–78.
  17. Pascual-Castroviejo, I., & Madrid, N. (2008). Trastornos por déficit de atención e hiperactividad (TDAH). *Asociación Española de Pediatría*, 141–150. Retrieved from <http://www.aeped.es/sites/default/files/documentos/20-tdah.pdf>
  18. Paiva Barón, H. P., Saona Olivera, G. F., & Perna Ramos, A. P. (2009). Capacidad discriminante de las variables de la batería MCC-94 en el Trastorno por Déficit de Atención con Hiperactividad. *Anales de Psicología*, 25(1), 52–59.
  19. Rodillo, B. E. (2015). Trastorno por déficit de atención e hiperactividad (TDAH) en adolescentes. *Revista Médica Clínica Las Condes*, 26(1), 52–59. <https://doi.org/10.1016/j.rmcl.2015.02.005>
  20. Rodríguez, C., Areces, D., García, T., Cueli, M., & González-Castro, P. (2018). Comparison between two continuous performance tests for identifying ADHD: Traditional vs. virtual reality. *International Journal of Clinical and Health Psychology*, 18(3), 254–263.

- <https://doi.org/10.1016/j.ijchp.2018.06.003>
21. Rodriguez, M. (2011). Captación de Señales Mioeléctricas Oculares. Universidad Especializada de las Américas.
  22. Rodriguez, M., García, S., & Molino, J. (2020). Captación De Potenciales Eléctricos Oculares Para Su Uso Viable En Interfaz Hombre-Máquina, (June). <https://doi.org/10.19044/esj.2020.v16n18p102>
  23. Salvucci, D. D., & Anderson, J. R. (2001). Automated eye-movement protocol analysis. *Human-Computer Interaction*, 16(1), 39–86. [https://doi.org/10.1207/S15327051HCI1601\\_2](https://doi.org/10.1207/S15327051HCI1601_2)
  24. Sánchez, E. Y., Velarde, S., & Britton, G. B. (2011). Estimated prevalence of attention-deficit/hyperactivity disorder in a sample of Panamanian school-aged children. *Child Psychiatry and Human Development*, 42(2), 243–255. <https://doi.org/10.1007/s10578-010-0213-2>
  25. Zhan, Z., Zhang, L., Mei, H., & Fong, P. S. W. (2016). Online learners' reading ability detection based on eye-tracking sensors. *Sensors (Switzerland)*, 16(9). <https://doi.org/10.3390/s16091457>



ESJ Natural/Life/Medical Sciences

## **Phytosanitary Practices And Evaluation Of 17 Pesticides Residues In Tomatoes Fruits Produced In Foubot District Western Highland-Cameroon**

***Sopkoutie NGK***

***Abdulai AN***

***Tarla DN***

***Djeugap FJ***

Plant pathology and agricultural zoology research unit (UR-PHYZA),  
Faculty of Agronomy and Agricultural Sciences (FASA), University of  
Dschang, Cameroon

***Galani YJH***

School of Food Science and Nutrition, University of Leeds, Leeds, UK

***Ekengoue CM***

African Scientific Association for Innovative and Entrepreneurship (ASAIE),  
Dschang, Cameroon

***Tabang WM***

***Nya E***

National Laboratory of Analysis and Diagnosis of Plant Products and Inputs  
(LNAD), Messa Yaoundé, Cameroon

***Payne VK***

Department of Animal Biology, Faculty of Science, University of Dschang

[Doi:10.19044/esj.2021.v17n3p30](https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n3p30)

---

Submitted: 07 November 2020

Accepted: 11 January 2021

Published: 31 January 2021

Copyright 2021 Author(s)

Under Creative Commons BY-NC-ND

4.0 OPEN ACCESS

*Cite As:*

Sopkoutie NGK., Abdulai AN., Tarla DN., Galani YJH., Djeugap FJ., Ekengoue CM., Tabang WM., Nya E. & Payne VK. (2021). *Phytosanitary practices and evaluation of 17 pesticides residues in tomatoes fruits produced in Foubot district Western Highland-Cameroon*. European Scientific Journal, ESJ, 17(3), 30.

<https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n3p30>

---

### **Abstract**

The involvement of pesticides in agriculture requires the implementation of best phytosanitary practices in order to guarantee the health of populations and preserve the environment. This study focused on the assessment of phytosanitary practices of tomato producers in Foubot,

Western Highlands-Cameroon, and evaluated the residues of 17 pesticides in tomatoes. The methodological approach consisted of field investigations by survey, collection of samples, pesticide residue extraction using QuEChERS method, and their analysis by gas chromatography tandem mass spectrometry (GC-MS). Survey of 100 farmers showed that, they did not comply with the instructions for the use of plant protection products: 56% of farmers interviewed increased the dose of products when they noticed its ineffectiveness; 93% did not the respect pre-harvest intervals; while 77% increased the application frequency at the time of fruiting. All the producers work without personal protective equipment (PPE) and 68% of them use empty packaging for packaging consumable including water, red oil and palm wine. The reuse of empty packaging could expose populations (producers and consumers) to numerous health risks. Regarding pesticides residues, 03 actives ingredients were detected and quantified in the samples, all the samples were contaminated by lambda-cyhalothrin, 86.66% by cypermethrin and 66.66% by acetamiprid. Moreover, residue concentrations above the maximum residue limit (MRL) were found in all the positive samples of lambda-cyhalothrin, and 92.30% of cypermethrin positive samples. This study shows that utilization of plant protection products in Foubot requires extensive monitoring with producers, in order to reduce risk of consumers exposure.

---

**Keywords:** Pesticide Residues, Phytosanitary Practices, Maximum Residue Limit, Gas Chromatography, Quechers, Cameroon

## Introduction

In Cameroon, the cultivation of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) employs around 329,000 producers and is carried out in all agro-ecological zones of the country, both in peri-urban and rural areas, and in all seasons (FAO, 2018). It is cultivated on 93,762 hectares on average with a production less than 583,177 tones (FAOSTAT, 2018). This cultivation is mainly practiced by small-scale farmers and represents an important source of income; about 83% of the production is intended for sale (MINADER, 2012; FAO, 2018). The average daily tomato consumption for adults is 31.7 g/day (Ingenbleek *et al.*, 2017). Tomato is one of the most important crops in terms of income in the horticultural sector in Cameroon, as in other countries of the Central African sub-region. Across the country, tomato cultivation is intensifying with production rates between 62% in the West, 28% in the Center, 7% in the North-West and 3% for the other regions of Cameroon (FAO, 2018). However, tomato cultivation in Cameroon faces numerous constraints, especially the pressure of insects pests (Chougourou *et al.*, 2012) and diseases (Camara *et al.*, 2013). In order to maintain or even increase the



level of agricultural and horticultural production, but also to ensure the supply of quality foodstuffs meeting quality criteria, producers generally use plant protection products commonly called pesticides (Tarla, 2015; AGRESTE, 2016). Pesticides are used by farmers in Cameroon for plant protection not only during the production stage, but also during post-harvest storage of produces (Galani *et al.*, 2018).

Being a Solanaceous plant and prone to various diseases, the tomato plant is cultivated under an intense spray regime of various phytosanitary products (Tarla *et al.*, 2015). Although the modes of action and the methods of application of these phytosanitary products are constantly improving, the use of pesticides for protecting crops also almost inevitably leads to the presence of residues, which unfortunately can harm the health of farmers, consumers and the quality of the environment (Kpan Kpan *et al.*, 2019; Bazzi, 2012). Reports show that several factors, which can contribute to high consumer exposure, such as intensive use due to poor level of understanding, related to pesticide use are encountered in Cameroon. This is a consequence of insufficient training on plant protection products, and limited assistance from agricultural extension agents, resulting in an inappropriate use of pesticides, documented in several studies carried out in different parts of the country (Kenko *et al.*, 2017; Manfo *et al.*, 2019; Tandi *et al.*, 2014; Tarla *et al.*, 2015; Tayoh *et al.*, 2016). Moreover, large amounts of obsolete stocks accumulated over the years in the country (Tarla, 2014), coupled with the weak control of the stockpile of obsolete pesticides by Government agencies. These obsolete pesticides can be sources of acute and chronic illnesses (Gimou *et al.*, 2008). Some of these products are even sold and used fraudulently (Kenko *et al.*, 2017; Sonchieu *et al.*, 2017). As result, residues of persistent organic pollutants which have been banned such as DDT, lindane, alachlor, aldrin, heptachlor and their metabolites, have been found in food products from Cameroon (Galani *et al.*, 2018; Sonchieu *et al.*, 2010). In addition, Cameroonian cocoa, representing a major export crop, has been refused on the European market due to their contamination by metalaxyl residues beyond the limit value (0.1 mg/kg) as indicated by the European Union (EU). These results have prompted the Cameroonian government to prohibit importation, marketing and use of all pesticides made from metalaxyl (MINADER, 2016). In addition, a study in Nkol'Ossananga in the Centre Region of Cameroon revealed that crude petroleum derivatives and gasoline used by farmers as additives to phytosanitary products are major sources of environmental pollution (EKengoue *et al.*, 2018).

The latest studies dating back to 12 years have shown a low rate of population exposure to pesticide residues in the Yaoundé, and the author recommended carrying out an investigation using more sensitive analytical methods (Gimou *et al.*, 2008). Recently it has been shown that corn (*Zea*

*mays*), millet (*Pennisetum glaucum*) and sorghum (*Sorghum bicolor*) from northern Cameroon contained residues above the maximum residue limit (MRL) (Sonchieu *et al.*, 2013 and Sonchieu *et al.*, 2010). In addition, an evaluation of pesticide residues in 12 agricultural products from the highlands of west Cameroon showed that most of the foods contained at least one pesticide, and 21 pesticides (34.4% of the tested compounds) exceeded their EU MRL (Galani *et al.*, 2018). Recently, report (Galani *et al.*, 2020) on the monitoring and dietary risk of 81 pesticides residues in 11 local agricultural products from 3 majors towns of Cameroon, showed that 58 compounds were detected in the samples, more than half of the positive samples had residue content above the EU MRLs and 5 pesticides of them, are banned in the country. Pesticide application by tomato producers in Foubot was shown to be inappropriate, and analysis of pesticide residues in the tomato fruits from this area was recommended by (Tarla *et al.*, 2015). It appears that improper practices of pesticide usage may lead to high residue levels in the environment and in agricultural products but little is known about the situation of tomatoes from Foubot, one of the highest tomato-producing areas in the country. Therefore, this study aimed to assess the phytosanitary practices of tomato producers in Foubot and determine the level of pesticide residues in tomatoes from this area.

## **Materials and Methods**

### **Description of study area**

Foubot is a town in the West Region in the Western Highlands of Cameroon located 25 km from the regional capital of Bafoussam and 48 km from the nearest tourist town of Fouban. Geographically, Foubot is in the southern half of the Noun alluvial plain between latitudes 5 ° 16' and 5 ° 35'N then longitudes 10 ° 30' and 10 ° 45'E (Figure 1). The climate is tropical Sudano-Guinean characterized by two seasons: a long rainy season (mid-March to mid-November) and a short dry season (mid-November to mid-March). The average rainfall varies between 2,500 and 5,000 mm of precipitation per year. The soils are mostly of volcanic origin and essentially consist of tropical ferruginous soils with little leaching and black with a high agronomic value given their richness in nitrogen, phosphorus and potassium. Regarding the hydrography of the locality, the main limit on the west side of the town is materialized by the Noun River, Foubot's main hydrographic resource. Small streams of lesser importance also exist and are complemented by the Nkoup river which crosses a large part of the town longitudinally.

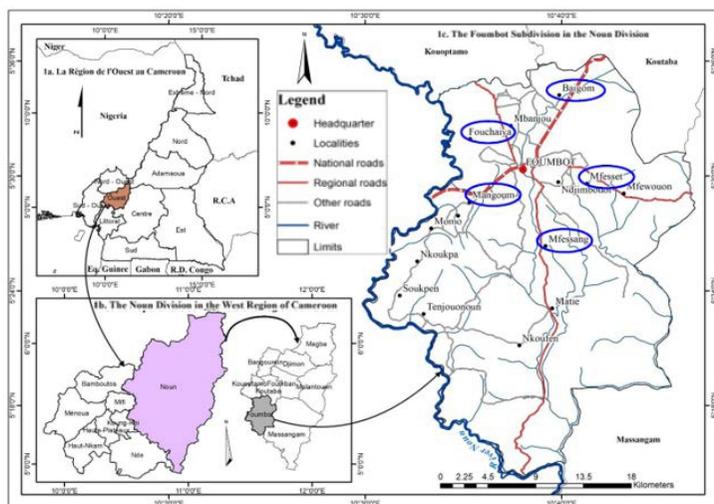


Figure 1. Location of the study area

### Identification of farmers in the study area

In order to identify the study area, databases from the local office of the Cameroon Ministry of Agriculture and Rural Development (MINADER) were used. The database was well-established, identifying all agricultural groups in the subdivision. These groups are classified according to the main crops cultivated. Using this database, all the farmers who participated in tomato production were sorted and classified according to the different villages in the sub-division. Out of the many villages that make up the Fombot Sub-division, five were found to have a greater proportion of farmers involved in tomato production. These include Baigom, Mfessang, Fouchaiya, Mfesset, Mangoum.

### Survey questionnaire

A well-developed questionnaire containing both closed multiple-choice and open-ended questions, was established to collect important information on tomato cultivation from the growers. The data allowed us to assess the phytosanitary practices of tomato growers by having a clear idea on demographic social characteristics (sex, level of education, age, and matrimonial status), agronomic practices (cropping season and cropping system), application of pesticides (source of information's relating to the use of pesticides, the moment of application, reaction following the ineffectiveness of the product, respect pre-harvest intervals, knowledge of the presence of residues in the fruits, the fate of the remaining mixtures, maximum application stage, wearing of PPE and disposal of empty packaging). An individual semi-structured survey was carried out in February 2020. Twenty randomly selected tomato producers were interviewed face-to-face in

each village. Each interview lasted between 15 to 20 minutes depending on the collaboration of the interviewed farmers. In each farm, the owner was targeted first, and if the latter was not available, an employee was interviewed.

### **Collection of samples and analysis of pesticide residues**

15 (Fifteen) samples of 500 g each, were taken from three producers among respondents from each village in three villages chosen arbitrarily. The equipment used for the harvest of tomatoes had been previously cleaned with water and gloves were worn to avoid any contamination. In addition, rows at the edge of plots (1.0 m) as well as diseased plants and rotten fruit were excluded for sampling. Samples were individually packaged in aluminum foil and freezer plastic bags, labelled, and transported within 24 h to the National Laboratory of Analysis and Diagnosis of Plant Products and Inputs (LNAD) of MINADER, in a cooler containing ice cubes and maintained at a temperature of 4°C. In the laboratory, samples were stored at -21°C in a refrigerator as proposed by (Mahugija, 2017). The extraction and purification were carried out using the QuEChERS AOAC 2007.01 method previously developed by (Steven, 2007), and the analysis was carried out on GC-MS.

### **Reagents for residue analysis**

QuEChERS AOAC Pouch Qsep sachets containing magnesium sulfate and sodium acetate were procured from Agilent (Santa Clara, USA). HPLC grade acetonitrile was purchased from ROMIL (Cambridge, UK), while glacial acetic acid, PSA (primary and secondary amine), deionized water, acetone, HPLC grade standard solution of pesticides were obtained from sigma Aldrich, Germany

### **Sample preparation**

Five hundred grams of each sample were grounded in a mill (Retsch GM 200) at a speed of 3500 rpm for 1 min. It was transferred into a 500 ml beaker, and 15 g of homogenized sample was introduced in a 50 ml centrifuge tube. Subsequently 15 ml of acetonitrile solvent containing 1% (v/v) acetic acid and a sachet of Qsep containing 6 g of anhydrous magnesium sulfate and 1.5 g of sodium acetate were then introduced into the tube. The tube was vortexed (Iswis Vt) for 1 min, and the mixture was centrifugated for 35 min at 1500 rpm. For cleanup, 8ml of supernatant was introduced into a 15-ml centrifuge tube, then 1.2 g of magnesium sulfate and 0.4 g of PSA were added into the tube. After swirling manually and vortexing for 1 min, the mixture was centrifugated for 35 min at 1500 rpm. One ml of supernatant was introduced into a 1.5 ml chromatography vial for injection on gas chromatography.

## **Gas chromatography tandem Mass Spectrometry**

The apparatus used was an Agilent Technology 7890A gas chromatograph comprising an automatic injector G4513A, an Agilent 5975 C TAD VL MSD mass detector equipped with three detection axes, and an Agilent J&W GC capillary column of 30 m length, 0.250 mm diameter and a film of 0.25  $\mu\text{m}$ . This equipment was controlled by a microcomputer equipped with The Agilent GC Chemstation Plus version G1701EA E.02.02.1431 software. The injection (1  $\mu\text{l}$ ) was carried out in splitless mode and helium was used as carrier gas at 1.2 ml/min.

The operating conditions of the GC were as follows: initial temperature of the injector: 150°C; temperature of the detectors: 310°C; the column was initially set at a temperature of 70°C, then increased at a rate of 25°C/min to 280°C and held for 5 min

## **Data analysis**

Descriptive statistics were generated for survey data and for each pesticide. Percentages of farmers, positives samples and samples above the MRL were calculated. The lowest, highest, and median residue contents were computed using Microsoft Excel 2016 software.

## **Results and discussion**

### **Sociodemographic characteristics of tomato farmers**

Analysis of the survey showed that the tomato producers were mostly men (70%) with women representing only 30% of producers. A similar result was also obtained by (Tarla *et al.*, 2015) which showed that the studied population consisted of 98.3% men and only 1.7% women. A comparison between the results of the two studies shows that there has been a considerable increase in women and a slight decrease in the number of men during the last five years, among the tomato growers in this area. This variation can be considered as the direct consequence of the mass movement of populations from English-speaking Regions to the closest French-speaking areas following the national political crisis resulting in North West and South West (NOSO) of 530,000 internally displaced persons (Petrih, 2019).

Overall, farmers had a basic level of education at primary (46%) and secondary (40%). Only a few farmers attended higher education (6%). The rest (8%) had never been to school. A large portion of the farming population includes students but also traders who abandoned their studies and markets, respectively following the NOSO crisis to take refuge in Foubot. This may explain why the majority (89%) of producers are made up of young people aged between 20 and 49 years old [20-29 years (24%), 30-39 years (40%), 40-49 years (25 %)]. The rest are the elderly including parents (over 50), representing only 11% of the surveyed population. On the matrimonial level,

the population consisted mainly of married people (72%) (Table 1). The low level of education, the lack of training and information added to the social pressure (Cameroonian NOSO crisis) which forces refugees to engage in income-generating activities for their survival are the main causes of the poor phytosanitary practices observed in tomato growers in western Cameroon (Foumbot), as studies by (Ahouangninou *et al.*, 2011), (Son *et al.*, 2017), (Wognin *et al.*, 2013), (Badiane, 2004), (Kanda *et al.*, 2013) and (Gouda *et al.*, 2018). Don't we often say an empty stomach has no ears'? Once a refugee from the crisis manages to gain possession of a portion of arable land, what matters next is the production in quantity in order to increase income and be able to take care of the whole family. Consequently, none of the instructions for using phytosanitary products as indicated by the manufacturers whose doses and frequencies of application are no longer respected. For 94% of the producers questioned, agriculture is the main or sole activity. These producers are exclusively market gardeners (90%), although they are not specialized on a single vegetable crop. When a complementary agricultural activity exists, they are producers of corn, sugar cane and egusi. Only 47% of farmers own the land they operate, the others are linked to a third party owner generally belonging to the same family (farmer or not) obtained by inheritance or having benefited from a family inheritance in order to fight and to meet his needs. However, nearly 95% of producers surveyed believe that if it is necessary to change their way of producing, this will be in order to maximize their production by making available to them more efficient and inexpensive products in order to fight against all diseases and pest reducing their agricultural yield.

**Table 1:** Sociodemographic characteristics of tomato farmers in Foumbot, Western highland Cameroon.

	<b>Social status of tomato producers</b>	<b>Percentage (%)</b>
<b>Sex</b>	Men	70
	Women	30
<b>Producer age group</b>	20-29	24
	30-39	40
	40-49	25
	50-59	11
<b>Level of education</b>	No	8
	Primary	46
	Secondary	40
	University	6

N=100

## **Agronomic practices and cropping systems**

According to the survey, 57% of producers use land areas less than or equal to 1 ha representing individual or family production systems. Areas between 1-5 ha and >5 ha, generally belong to community groups. Half (51%) of the producers preferred to cultivate tomatoes in the dry season more precisely in the lowlands with swamps. Irrigation water was taken from surrounding streams using motor pumps. About 40% of producers cultivated in both seasons, which requires a fairly large investment for the purchase of inputs in the rainy season and finally to better manage the pest and disease pressure (Fontem, 2003). Only 9% of producers cultivated tomatoes in the rainy season only, applying phytopharmaceutical products once a week or more. This implies a high cost of plant protection products and the hired labor for an intensive spray regime when the family labor is insufficient. Employees used are paid an average of \$ 0.33 per sprayer, \$ 4.17 per day and \$ 50 per month (Asongwe *et al.*, 2014) depending on the position of their plots located upstream or in non-swampy areas, the most expensive activity was therefore based on pest and disease management. These findings corroborate with the work of Tarla *et al.*, (2015) reporting that for the growing season, more than half of tomato producers (51%) cultivated in the dry season. This choice is justified by the fact that, during this season, markets are more suitable for tomato selling and the plants are less susceptible to diseases. Some farmers (40%) have enough funds to allow them to cultivate during both seasons.

Two tomato cultivation systems are used at Foubot such as monoculture (33%), and mixed cropping (67%). Crops associated with tomatoes included peppers (*Capsicum* spp.), huckleberry (*Solanum scabrum*), green beans (*Phaseolus vulgaris*) and leeks (*Allium ampeloprasum*). This result is in agreement with another study (Tarla *et al.* 2015) which showed that only 5% of tomato producers practiced the monoculture, 10% in combination with maize, 20% in combination with okra (*Abelmoschus caillei*) and 27% in combination with huckleberry. Mixed crops make it possible to diversify income, reduce the pressure of diseases and pests especially when the intercrop is not from the Solanaceae family. Watermelon (*Citrullus lanatus*), green beans and peppers have a shorter life cycle than tomatoes (around 3 to 4 months). Thus, giving the financial resources necessary for the success of tomato crops, farmers often use the income from the intercrops to be able to pay certain direct costs such as the purchase of inputs and labor.

## **Phytosanitary practices of producers**

### **Source of advice for selecting a phytosanitary product**

Among the phytosanitary products used by producers to manage tomato diseases and pests in Foubot, 59% are recommended by sellers, 37% come from advice from neighbors, 4% tomato buyers. When farmers notice that the

neighboring farm is in good health, they go there and get information on the phytosanitary product used and repeat the same in their own farm. Sellers only intervene when the producers complain, generally about the ineffectiveness of the products used. Concerning new products, the seller decides on the dose of the product to be used for good field efficiency, instead of the recommended dose by the manufacturer. A quarter (24%) of growers inquired about the proper use of pesticides from vendors at the time of purchase. Information can also be taken later after purchasing the product, usually when ineffectiveness arises. Only 17% of producers get information from other farmers, the latter recommending by experience of the effectiveness of the product.

### **Pesticide compounds used**

According to Cissé *et al.* (2006), Kanda *et al.* (2013) and Wognin *et al.* (2013), the use of pesticides requires a minimum of practical and theoretical knowledge to minimize the adverse effects on human health and the environment. To manage pests and pathogens, producers use different types of synthetic chemical pesticides. The results of the survey showed more than almost four-fifths (79.31%) are insecticides while only 13.79 and 6.90% are fungicides and herbicides, respectively. Different concentrations and families of active ingredients are used for disease and pest management (Table 2). Pyrethrynoids and neonicotinoids are the highest groups used in the area, while all farmers use lambda cyhalothrin followed by chlorantraniliprole (98%), which is a pesticide not registered in Cameroon. Some authors have reported *Bemisia tabaci* and *Helicoverpa amigera* resistance to pyrethrynoids in Burkina Faso (Gnakine *et al.*, 2013; Abou *et al.*, 2010).

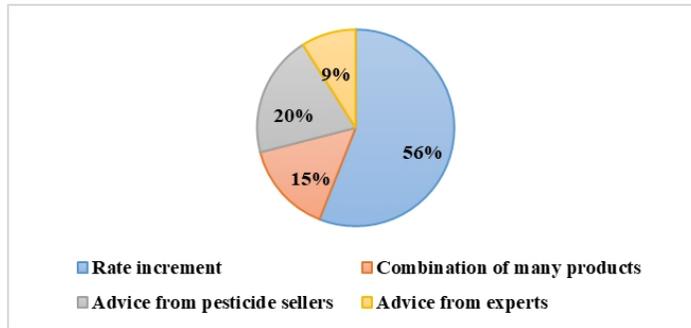
The moth insect *Tuta absoluta* locally called "Boko Haram" is the predominant pest of tomato in Foubot. All the producers surveyed in our study area recognized it as the most dangerous pest during the dry season. Essentially chemical control, is based on the use of chlorantraniliprole 200g/l but the cost is really high. As the cost of the product is high, tomato growers prefer to buy it in retail. On the other hand, application of a mixture made from Cypermethrin at 200 g/kg and gasoline have been recorded. However, the initiation of treatment is decided without considering a threshold of harmfulness. Overall, few producers implement techniques allowing to avoid the use of chemical pesticides. The addition of gasoline derived from crude oil, to plant protection products either with a view to improved pesticide efficacy or with a view to minimizing cost also constitutes an enormous danger for the health of the applicator and his environment. Indeed, Ekengoue *et al.*, (2018) in their study on the influence of artisanal sand mining on the health and safety of artisans and the environment in the Nkol'Ossananga quarry in Centre Region of Cameroon, showed that crude oil derivatives such as gasoline, used by tomato growers as additives to Plant protection products



consist a serious chemical risk. These chemical compounds are polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs), sulfur (S), polychlorinated biphenyls (PCB), tributyltin (TBT), dichlorodiphenyltrichloroethane (DDT), lead (Pb) and cadmium (Cd). These are agents of pollution of the various environments of the ecosystem (Ekengoue *et al.*, 2018). In this study, the authors provided clear explanations on the mode of contamination of terrestrial, aquatic and aerial environments due to the use of products derived from crude oil, of the same chemical composition or even similar, in the artisanal sand mining site of Nkol'Ossananga while building on the work of Payne *et al.*, (1985), Stephens *et al.*, (1981), and Amiotte-Suchet (2013). By citing these authors, Ekengoue *et al.* (2018) highlight climate change. A consequence of the use of crude oil derivatives used in artisanal sand mining deported to the tomato cultivation activity in Western Highlands of Cameroon. Producers did not leave pesticide mixtures on the farm. Generally, the farmers finished the mixture and returned home both with the pesticide and the backpack sprayer due to security in the area, returning home with the sprayer and pesticides constitute a serious health hazard to the farmer's household especially when the containers have been opened or partially opened. Chronic illnesses and poisonings have been reported in Foubot and the local population generally attributes them to witchcraft but we can understand the role of pesticide storage as a major factor.

**Table 2.** The most used active ingredients for growing tomatoes in Foubot, Western highland Cameroon.

Pesticides	Families	Active ingredients	% of Active Ingredient in formulations	% of use	
Insecticides	Antranilic Diamides	chlorantraniliprole	200	98	
	Avermectins	emamectin benzoate	50; 10	62	
	Oxadiazin	Indoxacarb	300	7	
	Pyrethroids	lambda-cyhalothrin	15; 60; 40	100	
			Alphamethrin	180	23
			Cypermethrin	100;50;20	95
	Avermectins	Abamectin	18		
	Neonicotinoids	Imidacloprid	30;40	75	
			Acetamiprid	20;10	72
			Thiamethoxam	30	19
	Carbamate	Methomyl	250	80	
	Organophosphorus	chlorpyrifos-ethyl	200	87	
	Phenylpyrazole	fipronil	50	6	
Fungicides	Carbamates	Mancozeb	80	67	
	Dithiocarbamate	Maneb	80	3	
Herbicides	Pyridines	Glyphosate	26, 45, 68	6	
		Paraquat	20	83	



**Figure 2.** Distribution of tomato producers according to their reactions following ineffective pesticides in their plots

### Timing of pesticide application

Products are applied at various times of the day. Some growers do this at any time of the day, but in the majority of cases, pesticides are sprayed in the morning. In fact, of the 100 producers interviewed, 36% carry out their treatments in the morning (6 to 9 a.m.), 34% carry them out at any time, 10% spray in the afternoon (1 to 4 p.m.) and 20% in the evening (4 to 6 p.m.).

Naturally, the majority of producers do not respect the time allocated between the last treatment and the harvest. Up to 93% of producers do not respect or ignore the pre-harvest interval. Of the formulations used, 98% are essentially liquid and 2% are powder. The application of plant protection products is accelerated at the time of fruiting: 77% of farmers affirmed that they increased the treatment as well as the frequencies at the time of fruiting until maturity. A fifth (20) of farmers have stated that they achieve maximum application of the products at flowering and only 3% say that they maintain the same spray rate throughout the plant cycle. On the other hand, the notion of pesticide residues present in fruits is very surprising for tomato growers: 91% declared having no idea about the presence of residues of pesticides used for treatment in the fruits. In the study of Sonchieu et al 2019 on Farmers' Knowledge, Attitude and Practices on Pesticide Safety: A Case Study of Vegetable Farmers in Mount-Bamboutos Agricultural Area, Cameroon (12%) of sprayers did not know the existence of residues after application.

In order to preserve the health of final consumers, it must be ensured that the pesticide residues present in the fruits and vegetables treated do not exceed the MRL (Son *et al.*, 2017). The surveys show us that the producers stop spraying the fruits not according to the manufacturer recommendations, but according to their own perception of the presence of pests and diseases in their plots (especially when the fruits are already present). Several reasons can explain this behavior: (i) wrong timing of treatment, (ii) desire to save on products, (iii) pressure of work. Similar trend was also observed by (Ahouangninou *et al.*, 2011) and (Kanda *et al.*, 2013) although the percentages

of compliance and non-compliance with acceptable daily intake are different. FAO's work in 2015 showed that the 82% of producers respecting the pre-harvest intervals, had a fairly high level of education. This is contrary to our case, where only 40% of producers have a secondary education level and 6% a higher education level, values very far from that obtained by the FAO (FAO, 2015).

Similar results were obtained in Brazil by (Römbke *et al.*, 2007) in their study where they found that farmers do not understand pesticide label information (Römbke *et al.*, 2007). With the same idea, Viviana Waichman, Evaldice eve and Nailson Nina indicated in their study (Waichman *et al.*, 2006) that farmers do not read the instructions on the labels of plant protection products, claiming that the font is very small but also that these instructions are long enough to read and remember. This can also justify the fact that only 9% of the producers surveyed in Fombot take into consideration the instructions mentioned on the product labels before use.

### **Knowledge of impact of pesticides on health**

Only 9% of farmers mentioned that the products used may be present in the fruit and therefore harm the health of end consumers. This lack of knowledge on the socio-environmental impacts linked to the mismanagement of phytosanitary products, justified by the high rate of the uninformed population (81%), is directly results in non-wearing the personal protective equipment (PPE) in the field by all of the producers when handling plant protection products. On the other hand, farmers take no specific environmental protection measure after using phytosanitary products: empty packages are usually left on the spot of use, in the different sprayed plantations. In some cases, farmers use them for domestic purposes. They are therefore cleaned and used as a drinking water bottle (most encountered case). In addition, these empty packages have essential functions for traders, especially for those with a volume of one liter. They are most often used as measuring containers when selling red palm oil, white palm wine and traditional maize beverage. Empty packaging reused after treatment or discarded in nature constitutes a source of serious dangers for man and his environment. Indeed, (Gomgnimbou *et al.*, 2009) have shown that the use of empty cans of pesticides, after or without washing, for the packaging of consumable goods such as water, palm wine and red oil is a source of health dangers for the populations. On the other hand, abandoned in nature, they contribute to the pollution of the soil, water by runoff and infiltration and then of the air by evaporation. (Lehmann, 2016) meanwhile underlines the pollution of certain waterways by pesticide residues in market garden areas. Certain water reservoirs constituting the supply points for wild animals, but also being able to serve as fish farming, it follows an indirect transfer of pesticide residues to humans through the food chain as

approved. (Agbohessi *et al.*, 2012) in Benin through tilapia under similar conditions.

### Pesticide residues in tomato samples

Among the 17 pesticides tested in the 15 tomato samples, only 03 pesticides were detected and quantified by GCMS, all of which were insecticides. The most distributed pesticide was lambda-cyhalothrin (found in 100% of samples), followed by cypermethrin (86.66%) and acetamiprid (66.66%) (Table 3). In previous work (Galani *et al.*, 2018), only 44 (54.3%) of the 81 compounds were found in the samples of the same food items originating from the western highlands of Cameroon. Herbicides represented 16.2%, 30.9% were fungicides, and insecticides were 39.7%. (Galani *et al.*, 2020).in the study of Guimou *et al.*,2008 on Dietary exposure to pesticide residues in Yaoundé: The Cameroonian total diet study, Of the 46 pesticides analyzed only nine pesticides were detected: Atrazine, chlorothalonil, cypermethrin, deltamethrin, endosulfan, malathion, pirimiphos-methyl, DTC and chlordecone. As a present study, food samples contained little pesticides compounds, and only insecticides were found. Of the three quantified pesticides, all samples were above the MRL for lambda-cyhalothrin, 92.30% for cypermethrin, and 66.66% for acetamiprid (Table 3). This indicates the high use of products made from lambda-cyhalothrin, cypermethrin and acetamiprid by the producers of Foubot. The high percentage of residue content above the MRL this can be justified by lack of good agricultural practices (GAP) leading to inappropriate application of pesticide by farmers because of insufficiency of training and deficiency of assistance from agricultural extension agents (Manu *et al.*, 2014; Tarla *et al.*, 2015). hence the necessity of actions to be taken by regulatory authorities to regulate usage of agrochemicals in the country (Galani *et al.*, 2018; Sonchieu *et al.*, 2013; Tarla *et al.*, 2014). Yet studies by Doumbia (2009), (Ahouangninou *et al.*,2011), (Belhadi *et al.*, 2016) and (Son *et al.*, 2017) have shown that the intensification of treatments and non-compliance with the recommended doses contribute to the serious destruction of the environment but also increase the amount of pesticide residues in tomato fruits with harmful effects on the health of end consumers.

**Table 3:** Pesticide residue contents of tomato samples from Foubot, Western highland Cameroon.

Analytes	Number of positive samples	Percent of positive samples (%)	Lowest content (mg/kg)	Highest content (mg/kg)	Median content (mg/kg)	Number of samples > MRL	Mean content mg/Kg	Percent of samples > MRL (%)
----------	----------------------------	---------------------------------	------------------------	-------------------------	------------------------	-------------------------	--------------------	------------------------------

Cypermethrin	13	86.66	0.35	1.34	0,81	12	0,70	92.30
Lambda-cyhalothrin	15	100.00	0.32	1.84	1,00	15	1,09	100.00
Acetamiprid	11	66.66	0.34	1.20	0,51	1	0,49	9.09

### Conclusion and recommendation

In summary, the present study focuses on assessing phytosanitary practices of tomato producers in Foubot, Western Highlands-Cameroon and evaluation of 17 pesticides residues in tomatoes. Our methodological approach is consistent with field investigations, statistical and laboratory analysis and results, interpretation and discussion. Statistical analysis of data obtained from the survey of 100 tomato producers has shown that farmers who grow tomatoes in the Foubot Sub-division do not follow appropriate plant protection application procedures as indicated by the manufacturers and the Cameroon Phytosanitary Law. Moreover, laboratory analysis of some sample species has shown that all the samples were contaminated by 03 actives ingredients all containing lambda-cyhalothrin, cypermethrin (86.66%) and acetamiprid 66.66%). Residues of 03 pesticides (cypermethrin, lambda-cyhalothrin and acetamiprid) were quantified in the samples, lambda-cyhalothrin showing the highest level of contamination. The improvement of phytosanitary practices in Foubot, Western Highlands requires training and extensive monitoring of tomato producers by the Cameroonian regulatory authorities. This study urges the Cameroonian regulatory authorities to train the farmers and monitor the application of pesticide, and realize analysis using HPLC and GC-ECD apparatus to detect more pesticides.

### Acknowledgement

The authors are thankful to the Ministry of Agriculture and Rural Development (*MINADER*) particularly, the National Laboratory of Analysis and Diagnosis of Plant Products and Inputs (*LNAD*). Moreover, all lecturer of department of agriculture especially Phytopathology and Agricultural Zoology Research Unit (*UR-PHYZA*) especially Prof YAOUBA Aoudou; Dr DJOMAHA ZANGUE Edwige Sidoine, Dr DZOKOU Victor Joly and Mrs. NKOUAM DJONKO Idriss.

### References:

1. Abou Youssef, H.M., Farghaly, S.F., Singab, M., Ghoneim, Y.F. (2010). Resistance to lambda Cyhalothrin in laboratory strain of whitely Bemisia tabaci (genn.) and cross-resistance to several insecticides. American Eurasian journal agriculture and environmental sciences 7(6):693-696.

2. Agbohessi, T.P., Toko, II., Kestemont, P. (2012). State of play of the contamination of aquatic ecosystems by organochlorine pesticides in the Beninois cotton basin. *Cahiers Agricultures* 21: 46-56
3. AGRESTE. (2016). Phytosanitary treatments in carrot, leafy cabbage, salad, tomato. Reunion, n° 12.
4. Ahouangninou, C., Fayomi, B.E., Martin, T. (2011). Health and environmental risk assessment of the phytosanitary practices of market gardeners in the rural municipality of Tori-Bossito (South-Benin). *Cahiers Agricultures* 20 (3): 216–222. DOI: 10.1684 / agr.2011.0485.
5. Amiotte-Suchet, P. (2013). The biogeochemical cycle of Carbon. *Chemical news* 371-372: 25-29
6. Asongwe, G.A, Yerima, B.P.K., Tening, A.S. (2014). Vegetable Production and the Livelihood of Farmers in Bamenda Municipality, Cameroon. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences* 3(12): 682-700
7. Aubertot, J.N., Barbier, J.M., Carpentier, A., Grill, J.J., Guichard, L., Lucas, P., et al. (2005). Pesticides, agriculture and the environment. Reduce the use of pesticides and their environmental impacts. *Collective Scientific Expertise, INRA / CEMAGREF*, 64 pges.
8. Badiane, M. (2004). Use of pesticides in the peri-urban market gardening system: annual variations and impacts on the health of populations. Doctoral thesis in Veterinary Medicine, Dakar, EISMV, 125 p.
9. Bazzi, L., Zougagh, M., Salghi, R., Hormatallah, A., Lemerhyeratte, A., Mihit, M., Chakir, A. (2012). *Oriental Journal of Chemistry*, 25 (2009) 461
10. Belhadi, A., Mehenni, M., Reguieg, L., Yahlef, H. (2016). Phytosanitary practices of greenhouse growers in three localities in the eastern Ziban region and their potential impact on human health and the environment. *Revue Agriculture* 1 (special issue): 9-16
11. Camara, M., Mbaye, A.A., Samba S.A.N., Gueye, T., Noba, K., Diao, S., Cilas, C. (2013). Study of the productivity and sensitivity of various varieties of tomatoes (*lycopersicon esculentum* mill) to yellowing and leaf curl virus in Senegal. *Int. J. Biol. Chem. Sci.* 7 (6): 2504-2512
12. Cissé, I., Fall, S.T., Badiane, M., Diop, Y., Diouf, A. (2006). Horticulture et usage des pesticides dans la region de Niaye au senegal, Document de travail, Ecocité n°8. ISRA/LNERV, EISMV, LAG/ Faculte de medecine pharmacie/UCAD. Disponible sur [www.ecocite.org](http://www.ecocite.org); 14p
13. Chougourou, D.C., Agbaka, A., Adjakpa, J.B., Koutchika, R.E., Kponhinto, U.G., Adjalien, E.J.N. (2012). Preliminary inventory of the entomofauna of tomato fields (*lycopersicon esculentum* mill) in the

- commune of Djakotomey in Benin. *Int. J. Biol. Chem. Sci.* 6 (4): 1798-1804
14. Doumbia, M., Kwadjo, K.E. (2009). Pesticide use and management practices by market gardeners in the Ivory Coast: case of the city of Abidjan and two of its suburbs (Dabou and Anyama). *Journal of Applied Biosciences* 18: 992-1002
  15. Ekengoue, C.M., Lele, R.F., Dongmo, A.K. (2018). Influence of artisanal sand mining on the health and safety of artisans and the environment: case of the Nkol'Ossananga quarry, Central Cameroon Region. *European Scientific Journal* (4): 246-268
  16. FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). Summarized data from 1970–1990s estimates of Asia and Latin America farm households. Available at: Accessed: July 2015
  17. FAO. (2018). Diagnostic study of postharvest loss reduction of three cassava crops | Tomato | Potato Synthesis Report
  18. FAOSTAT. (2018). Statistics Division of the Food and Agriculture Organization of the United Nations
  19. Fontem, D.A. (2003). Quantitative effects of early and late blights on tomato yields in Cameroon. *Tropicultura* 21(1): 3641
  20. Galani, J.H.Y., Houbraken, M., Wumbei, A., Djeugap, F.J., Fotio, D., Yung Yung Gong., & Spanoghe, P. (2020). Monitoring and dietary risk assessment of 81 pesticide residues in 11 local agricultural products from the 3 largest cities of Cameroon. *Food control* 118.
  21. Galani, J.H.Y., Houbraken, M., Wumbei, A., Djeugap, F.J., Fotio, D., & Spanoghe, P. (2018). Evaluation of 99 pesticides residues in major agricultural products from the western highlands zone of Cameroon using QuEChERS method extraction and LC-MS/MS and GC-ECD analyses. *Foods*, 7 (11), 184–201.
  22. Gimou, M.M., Charrondiere, U. R., Leblanc, J.-C., & Pouillot, R. (2008). Dietary exposure to pesticide residues in Yaoundé: The Cameroonian total diet study. *Food Additives & Contaminants: Part A*, 25(4), 458–471. <https://doi.org/10.1080/02652030701567475>.
  23. Gnakine, O., Mouton, L., Avadogo, A., Martin, T., Sanon, A., Dabire, R.K et al. (2013). Biotype status and resistance to neonicotinoids and carbosulfan in *Bermicia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae) in Burkina Faso, west africa. *International of pest management* 59(2): 95-102. DOI 10 1080/09670874.2013.771806
  24. Gomgnimbou, A.P.K., Savadogo, P.W., Nianogo, A.J., Millogo-Rasolo-dimby, J. (2009). Use of chemical inputs in a tropical agrosystem: diagnosis of the risk of environmental pollution in the

- cotton region of eastern Burkina Faso. *Biotechnology, Agronomy, Society and Environment* 13 (4): 499-507
25. Gouda, A.I., Toko II., Salami, S.-D., Richert, M., Scippo, M.-L., Kestemont, P., Schiffers, B. (2018). Phytosanitary practices and level of exposure to pesticides of cotton producers in northern Benin. *Cahier Agriculture* 27: 65002
26. Ingenbleek, L., Jazet, E., Dzossa, A.D., Adebayo, S.B., Ogungbangbe, J., Dansou, S., Leblanc, J.C. (2017). Methodology design of the regional sub-saharan Africa total diet study in Benin, Cameroon, Mali and Nigeria. *Food and Chemical Toxicology*, 109, 155–169.
27. Kanda, M., Djaneye-Boundjou, G., Wala, K., Gnandi, K., Batawila, K., Sanni, A., et al. (2013). Application of pesticides in market gardening in Togo. *Vertigo - The Electronic Journal for Environmental Sciences* 13 (1): 1–17. DOI: 10.4000 / vertigo.13456.
28. Kenko, N.D.B., Asanga, B.F.P., Tchamadeu, N.N., & Mpoame, M. (2017). Environmental and human health assessment in relation to pesticide use by local farmers and the Cameroon development corporation (CDC), Fako division, South- West Cameroon. *European Scientific Journal*, 13(21), 454–473. <https://doi.org/10.19044/esj.2017.v13n21p454>
29. Kpan Kpan et al. (2019). Phytosanitary practices in peri-urban agriculture and contamination of foodstuffs by pesticides: the case of market gardeners in Port-Bouët (Abidjan). *Journal of Animal & Plant Sciences*. 41 (1): 6847-6863. <https://doi.org/10.35759/JAnmPISci.v41-1.11>
30. Lehmann, E., Morgan Fargues, M., Congo, N., Konaté, Y., De Alencastro, L.F. (2016b). Pesticide application in gardening: assessment of resulting impact on water resources quality using grab samples and pocis, case study of Loumbila lake, Burkina Faso. In: 9th European Conference on Pesticides and Related organic Micropollutants in the Environment (Santiago de Compostela). Accessed on October 2, 2020. Available at: [https://www.researchgate.net/publication/317647132\\_PESTICIDE\\_APPLICATION\\_IN\\_GARDENING\\_ASSESSMENT\\_OF\\_RESULTING\\_IMPACT\\_ON\\_WATER\\_RESOURCES\\_QUALITY\\_USING\\_GRAB\\_SAMPLES\\_AND\\_POICIS\\_CASE\\_STUDY\\_OF\\_LOUMBILA\\_LAKE\\_BURKINA\\_FASO](https://www.researchgate.net/publication/317647132_PESTICIDE_APPLICATION_IN_GARDENING_ASSESSMENT_OF_RESULTING_IMPACT_ON_WATER_RESOURCES_QUALITY_USING_GRAB_SAMPLES_AND_POICIS_CASE_STUDY_OF_LOUMBILA_LAKE_BURKINA_FASO)
31. Lehmann, E., Oltramare, C., Nfon, D.J.J., Konaté, Y., De Alencastro, L.F., (2016a). Assessment of occupational exposure to pesticides with multi-class pesticide residues analysis in human hairs using a modified QuEChERS extraction method, case study of gardening areas in Burkina Faso. In: Annual Meeting of the International Association of



- Forensic Toxicologists (TIAFT), Brisbane, Australia. Accessed on September 12, 2020. Available at: <https://infoscience.epfl.ch/record/221328?ln=en>
32. Mahugija, J.A.M., Khamis, F.A., Lugwisha, E.H.J. (2017). Determination of levels of organochlorine, organophosphorus, and pyrethroid pesticide residues in vegetables from markets in Dar es Salaam by GC-MS. *Int J Anal Chem* [Internet]. 2017; 2017:1-9. Available: <file:///C:/Users/Admin/Downloads/4676724.pdf>
  33. Manfo, F.P., harthe, C., Akono, E., Dechaud, H., Nkouatchoua, A.T., Zobot, M.T., Pugeat, M & Fewou, P.M. (2019). biphenol a differentially affect male reproduction function biomarker in a reference population and agropesticide ue in djuitita, Cameroun., *Toxicology and Industrial Health* 35(4), 324-335,2019 <http://doi.org/10.1177/0748233719838437>
  34. Manu, P., Ankrah, N., Proverbs, D., and Suresh, S. (2014). The health and safety impact of construction project features. *Engineering, Construction and Architectural Management*, 21 (1). pp. 65-93. <http://dx.doi.org/10.1108/ECAM-07-2012-0070>
  35. MINADER / DESA / AGRI-STAT. (2012). *Agricultural sector statistics yearbook: Campaign 2009 & 2010 Yaoundé. Cameroon. Surveys and Statistics Unit* 123pp.
  36. MINADER. (2016). *Décision N°01326/16/D/MINADER/SG/DRCQ/SDRP/SRP portant interdiction de l'importation et de l'homologation des formulations de pesticide à base de métalaxyl au Cameroun. Ministère de l'Agriculture et du Développement Rural (MINADER)*
  37. Multigner, L. (2005). Retarded effects of pesticides on human health. *Environments., Risks and Health* 4 (3): 187-194
  38. Payne, J.R & Phillips, C.R. (1985). Photochemistry of petroleum in water. *Environ. Sci. Technol.* 19 : 569-579.
  39. Petrigh, C. (2019). *Le conflit Anglophone au Cameroun un dialogue partenaire. Note de ifri, ifri octobre 2019.* Accessed on October 15, 2020. Available at: <https://www.ifri.org/fr/publications/notes-de-lifri/conflit-anglophone-cameroun-un-dialogue-partenaires>
  40. Römbke, J., Waichman, A.V., Gracias, V.B.M. (2007). Risk assessment of pesticides for soil of the central amazon, Brazil: comparing outcomes with temperate and tropical data. *Integrated Environmental Assessment Management*, 4 (1): 94-104
  41. Son, D., Somda, I., Legreve, A., Schiffers, B. (2017). Phytosanitary practices of tomato growers in Burkina Faso and risks to health and the environment. *Cahiers Agricultures* 26 : 25005. DOI : 10.1051 / cagri / 2017010.

42. Sonchieu, J., Benoit, N, M., Bosco, T. J., Srivastava, A.K., & Srivastava, L.P. (2010). Survey of pesticide residues in maize, cowpea and millet from northern Cameroon: Part I. Food <https://doi.org/10.4236/as.2019.108079>.
43. Sonchieu, J., Ngassoum, M.B., Tchatchueng, J.B., Srivastava, A.K., & Srivastava, L.P. (2013). Contamination of cowpea and by-products by organophosphorous pesticide residues in Ngaoundere markets: Dietary risk estimation and degradation study. *African Journal of Food Science*,7(5),92–102. <https://doi.org/10.5897/AJFS2013.1013>.
44. Sonchieu, J., Fointama, E., Akono, N.E., Serri, B. (2019). Farmers' Knowledge, Attitude and Practices on Pesticide Safety: A Case Study of Vegetable Farmers in Mount-Bamboutos Agricultural Area, Cameroon. *Agricultural Sciences*, 10(08), 1039–1055. <https://doi.org/10.4236/as.2019.108079>
45. Stephens, R.D., Hatayama, H.K., Holden, A.M., Brown, B.A., & Raymond, G.E. (1981). A Study of the Fate of Selected Toxic Materials in Waste Oils Used for Dust Palliation on Logging Roads in the Plumas National Forest, submitted in Partial Fulfillment of US Department of Agriculture (Forest Service), Contract No. 53-91S8-86132 for the Hazardous Materials Laboratory Section, California Department of Health Services, Berkeley, CA.
46. Steven, J. (2007). Determination of pesticide residues in foods by acetonitrile extraction and partitioning with magnesium sulfate: collaborative sulfate: collaborative study.in *journal of AOAC international* 90(2):485
47. Tandi, TE., Wook, C.J., Shendeh, T.T., ko, A.E., Afoh, C.O. (2014). Small-Scale Tomato Cultivators' Perception on Pesticides Usage and Practices in Buea Cameroon, *Health*, 2014, (6), 2945-2958 2014, <http://dx.doi.org/10.4236/health.2014.621333>
48. Tarla, D.N., Meutchieye, F., Assako, V.A., Fontem, D.A., Kome, J.J.A. (2013). Exposure of market gardeners during pesticide application in the western highlands of Cameroon. *Scholarly Journal of Agricultural Science* 3 (5): 172-177
49. Tarla, D.N., Tchamba, N.M., Baleguel, N.P., Fontem, D.A., Baleguel, P.D., & Hans, D. (2014). Inventory of obsolete pesticide stock piles in Cameroon. *Scholarly Journal of Agricultural Science*, 4 (1), 43–50.
50. Tarla, D.N. (2015). Plight of Pesticide Applicators in Cameroon: Case of Tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) Farmers in Foubot. *Journal of Agriculture and Environmental Sciences* 4 (2) 87-98
51. Tayoh, L.N., Kiyoy, M.L.I., & Nkemnyi, M.F. (2016). Chemical fertilizer application and farmer's perception on food safety in Buea, Cameroon. *Agricultural Science Research Journal*, 6 (12), 287–295.

52. Waichman, A.V., Eve, E., Nina da Celso N. (2006). Do farmers understand the information displayed on pesticide product labels? a key question to reduce pesticides exposure and risk of poisoning in the Brazilian Amazon. *Crop protection* 26: 576-583
53. Wognin, A.S., Ouffoue, S.K., Assemand, E.F., Tano, K., Koffi-Nevry, R. (2013). Perception of health risks in market gardening in Abidjan, Côte d'Ivoire. *International Journal of Biological and Chemical Sciences* 7 (5): 1829–1827. DOI: 10.4314 / ijbc. v7i5.4.



ESJ Natural/Life/Medical Sciences

## Place De La Médecine Alternative Et Complémentaire Chez Les Patients Gonarthrosiques, À Propos De 105 Cas Au Congo Brazzaville

*Angalla Affleck Romaric Ledier*

*Lamini Norbert*

*Ntsiba Honoré*

Faculté des Sciences de la Santé, Université Marien Ngouabi, Brazzaville, Congo

Service de Rhumatologie, Centre Hospitalier Universitaire de Brazzaville, Congo

*Akoli Ekoya*

*Nkouala Kidédé Chabel*

*Omboumahou Bakale Francina*

*Salémo Anah Précieu*

Service de Rhumatologie, Centre Hospitalier Universitaire de Brazzaville, Congo

[Doi:10.19044/esj.2021.v17n3p51](https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n3p51)

Submitted: 20 August 2020

Accepted: 25 December 2020

Published: 31 January 2020

Copyright 2021 Author(s)

Under Creative Commons BY-NC-ND

4.0 OPEN ACCESS

*Cite As:*

Romaric Ledier A.A., Norbert L., Honoré N., Ekoya A., Kidédé Chabel N., Bakale Francina O. & Précieu S.A. (2021). *Place de la Médecine Alternative et Complémentaire Chez les Patients Gonarthrosiques, à Propos de 105 Cas au Congo Brazzaville*. European Scientific Journal, ESJ, 17(3), 51.

<https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n3p51>

### Résumé

**Objectif** : Rapporter les caractères de la médecine complémentaire et alternative (CAM) chez les patients gonarthrosiques. **Matériels et Méthodes** : Etude transversale, descriptive et analytique portant sur les patients présentant une gonarthrose et suivis en consultation de Rhumatologie au CHU de Brazzaville de 2017 à 2018, soit 1 an. Le diagnostic de gonarthrose était retenu sur la base des critères ACR 1986. Les éléments de la CAM ont été obtenus par l'interrogatoire des patients. **Résultats** : Nous avons inclus cent cinq cas, dont 101 de sexe féminin (96,2%) et 4 cas de sexe masculin (3,8%). Le sexe ratio était de 0,03. L'âge moyen était de 56 ,44+/-10 ,29 ans (extrêmes

30-80 ans). Le siège de la gonarthrose était bilatéral (86,7%), unilatéral droit (9,5%) et gauche (3,8%). 68 patients (64,8%) ont fait recours à la CAM dont 97,1% des femmes et 2,9% d'hommes. 77,5% des patients ont utilisé la CAM au cours de l'annonce du diagnostic, 15,5% avant le diagnostic et 7% après. Le type de la CAM était : les massages d'huiles essentielles (72%) des cas, les scarifications (61%), les cures thermales (51,5%), la phytothérapie (22%), la cupithérapie (17,6%) et l'acupuncture dans 10,3% des cas. 58,2% des patients utilisaient la CAM pour soulager la douleur, 18,4% pour guérir, 15,3% pour améliorer la fonction et 7,1% des cas pour atténuer les effets secondaires des traitements. **Conclusion** : Notre étude rapporte la grande diversité des types de CAM utilisés dans la gonarthrose, dominés par les huiles essentielles en application topique.

---

**Mots-clés:** Médecine Alternative Et Complémentaire, Arthrose, Genou, Gonarthrose, Congo Brazzaville

## **Place Of Alternative And Complementary Medicine In Gonarthrosic Patients: 105 Cases In Congo Brazzaville**

*Angalla Affleck Romaric Ledier*

*Lamini Norbert*

*Ntsiba Honoré*

Faculté des Sciences de la Santé, Université Marien Ngouabi, Brazzaville,  
Congo

Service de Rhumatologie, Centre Hospitalier Universitaire de Brazzaville,  
Congo

*Akoli Ekoya*

*Nkouala Kidédé Chabel*

*Omboumahou Bakale Francina*

*Salémo Anah Précieu*

Service de Rhumatologie, Centre Hospitalier Universitaire de Brazzaville,  
Congo

---

### **Abstract**

**Objective:** To describe characteristics of complementary and alternative medicine (CAM) in patients with knee osteoarthritis. **Materials and Methods:** A cross-sectional, descriptive, and analytical study was carried out on patients with knee osteoarthritis. This was followed by Rheumatology consultation at the University Hospital of Brazzaville from 2017 to 2018 within a period of one (1) year. The diagnosis of knee osteoarthritis was made

on the basis of ACR 1986 criteria. The elements of the CAM were obtained by questioning the patients. **Results:** Out of the one hundred and five cases, 101 were female (96.2%) and 4 were male (3.8%). The sex ratio was 0.03. The mean age was 56, 44 +/- 10, 29 years (range 30-80 years). Knee osteoarthritis was bilateral (86.7%), unilateral right (9.5%) and left (3.8%). 68 patients (64.8%) used CAM, 97.1% women and 2.9% men. 77.5% of patients used CAM during the diagnosis, 15.5% before diagnosis, and 7% after. The type of CAM are: massages of essential oils (72%), scarifications (61%), thermal cures (51.5%), phytotherapy (22%), cupitherapy (17.6 %), and acupuncture in 10.3% of cases. 58.2% of patients used CAM to relieve pain, 18.4% to cure, 15.3% to improve function, and 7.1% of cases to reduce the side effects of treatment. **Conclusion:** Our study reports a great diversity of CAM types used in knee osteoarthritis, which is dominated by essential oils in topical application.

---

**Keywords:** Alternative And Complementary Medicine, Osteoarthritis, Knee, Gonarthrosis, Congo Brazzaville

## Introduction

Les médecines complémentaires et alternatives (regroupées sous le terme de CAM en anglais) ont été définies par le National Center for Complementary and Alternative Medicine (NCCAM) comme « étant un groupe de systèmes médicaux, de santé, de pratiques et de produits divers qui ne sont actuellement pas considérés comme faisant partie de la médecine conventionnelle » (NCCAM. What Is Complementary and Alternative Medicine [CAM]?, 2002). Pendant ces dernières années, le recours à la médecine traditionnelle s'est répandu partout dans le monde et a gagné en popularité. Non seulement on continue à l'utiliser pour les soins de santé primaires dans les pays en développement, mais on y a aussi recours dans les pays où la médecine conventionnelle ou biomédecine occupe une place prépondérante dans leur système de soins de santé national. La fréquence d'utilisation de la médecine traditionnelle varie d'un pays à un autre (75 % en France, 71% au Chili, 28,36% en Afrique du nord, 80% en Afrique de l'ouest (Bussmann, 2013 ; Hmamouchi et al., 2012 ; World Health Organization Programme on Traditional Medicine, 2002). La gonarthrose qui définit l'arthrose du genou est une pathologie dégénérative très fréquente. Elle affecte le cartilage articulaire et l'os sous chondral (De Silva et al., 2011). La nature chronique de l'arthrose, son caractère douloureux, son retentissement sur la fonction, la qualité de vie et l'absence jusqu'à ce jour de traitement curable et la non accessibilité au traitement prothétique dans notre pays, expliquent le recours à l'utilisation de la médecine alternative et complémentaire. Au Congo, aucune donnée n'existe à ce sujet. L'hypothèse de notre étude était :

la CAM est une pratique courante au cours de la gonarthrose au Congo Brazzaville. L'objectif général de notre étude était de rapporter les caractères de la CAM, et spécifiquement de déterminer les aspects sociodémographiques, la fréquence de CAM, le profil et le type d'utilisation de la CAM, ainsi que les raisons de l'utilisation et de la non utilisation à la CAM et l'efficacité cette médecine chez les patients gonarthrosiques suivis en consultation de Rhumatologie au CHU de Brazzaville-Congo.

## **Matériel et Méthodes**

### **Site de l'étude**

Il s'agissait d'une étude transversale, descriptive, menée dans le Service de Rhumatologie du Centre Hospitalier Universitaire de Brazzaville-Congo de janvier 2017 à janvier 2018, soit 1an.

### **Collecte et analyse des données**

Dans un premier temps, la collecte des données s'est faite sur les dossiers colligés des patients suivis pour une gonarthrose. Ceux dont le diagnostic de gonarthrose répondait aux critères de l'ACR 1986 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, niveau d'instruction), d'apprécier l'évolution clinique notamment le retentissement fonctionnel selon le score algofonctionnel de Lequesne, paraclinique (stade radiologique selon la classification de Kellgren -Lawrence) et de rechercher les éléments de la CAM. Les données sur la CAM ont été recueillies au moyen du questionnaire inscrit sur une fiche d'enquête. Les utilisateurs de la CAM ont répondu par un oui à une question directe : « Avez-vous fait recours à la CAM », les patients devaient par la suite préciser les raisons et le moment d'utilisation de la CAM. Les non utilisateurs, devaient éclaircir la raison de cette non utilisation (question ouverte). La liste des CAM a été élaborée à partir des données de la littérature, les réponses sont de type oui ou non avec la possibilité pour les patients d'ajouter un autre type de CAM non cité. Le type de phytothérapie et d'huiles essentielles appliqués a été détaillé si le patient rapportait leurs utilisations. Les utilisateurs de la CAM devaient rapporter aussi, s'ils avaient informé ou non leurs rhumatologues de leur utilisation et expliquer les raisons pour lesquelles ils ne l'avaient pas fait. Les perceptions des patients à propos des effets secondaires de la CAM et des interactions avec le traitement conventionnel étaient évaluées. Enfin, Il leur était demandé de coter l'efficacité de la CAM seule, globalement, puis coter son efficacité sur la douleur et la fonction sur une échelle de 0 (inefficace) à

10 (très efficace). 105 cas documentés font l'objet de cette étude. Ont été exclus de notre étude les patients ayant une gonarthrose secondaire à un rhumatisme inflammatoire chronique, microcristallin ou métabolique et infectieuse. Le logiciel SPSS 22 a permis l'analyse des données cliniques.

## Résultats

### Données sociodémographiques

Il s'agissait de 105 cas, dont 101 de sexe féminin (96,2%) et 4 cas de sexe masculin (3,8%), dont la moyenne d'âge est de 56,44±10,29 ans avec des extrêmes de 30 et 80 ans. Le sexe ratio (H/F de 0,03). 63% de nos patients avait un niveau d'instruction bas (analphabète et niveau primaire), 21% moyen (secondaire) et 14,3% des cas supérieur (universitaires). 73,3% des femmes étaient au foyer, les cadres supérieurs (13%), les retraités (7,6%), les commerçants et les employés respectivement dans 1,9% des cas, les inactifs et la profession libérale dans 1 % des cas respectivement. La majorité de nos patients (92%) provenaient du milieu urbain. 44,2% des patients étaient en surpoids, en obésité sévère (15,4%), en obésité modéré (2,8%) et en obésité morbide dans 1% des cas.

Au plan clinique, La gonarthrose était bilatérale (86,7%), unilatérale droite (9,5%) et unilatérale gauche dans 3,8% des cas. La durée d'évolution de la gonarthrose était inférieure à 5 ans (78,1%), entre 5 et 10 ans (13,3%), entre 10 et 15 ans (2,9%), entre 15 et 20 ans (3,8%) et supérieure à 20 ans dans 1,9% des cas. L'intensité de la douleur a été évaluée par l'échelle visuelle analogique (EVA), elle était légère dans 70,9%, modérée dans 22,3%, modérée à sévère dans 5,8% et sévère dans 1% des cas. Le périmètre de marche évalué par l'indice algofonctionnel de Lequesne était illimité dans 72%, entre 500 et 1000 mètres dans 12,4%, entre 100 et 500 mètres et inférieur à 100 mètres dans 13,3% des cas respectivement.

Au plan radiologique les stades évolutifs radiologiques de la gonarthrose selon la classification de Kellgren et Lawrence les plus retrouvés ont été : le stade 3 (Figure 1) dans 36,2%, le stade 2 dans 42,2% et stade 1 dans 21% des cas. La gonarthrose touchait plus le compartiment fémorotibiale interne dans 71,2% des cas (Figure 1).

**La fréquence de la CAM**, parmi les 105 patients inclus dans notre étude, 68 patients (64,8%) ont répondu par oui à la question qui leur a été posée, et ont fait recours à la CAM dont 97,1% des femmes et 2,9% d'hommes. 77,5% des patients ont utilisé la CAM au cours de l'annonce du diagnostic, 15,5% avant le diagnostic et après avoir commencé le traitement de la gonarthrose dans 7% des cas.

**Le profil et le type de la CAM**, utilisés étaient : les massages d'huiles essentielles dans 72% des cas, parmi lesquels : l'huile d'olive, l'huile d'argan et le beurre ronce, avec respectivement des proportions de 64,4%, 20,3% et



5,1% des cas. Les scarifications dans 61% (Figure 2), les cures thermales dans 51,5%, la phytothérapie dans 22%, la cupithérapie dans 17,6% et l'acupuncture dans 10,3% des cas.

### **Les raisons d'utilisation et la non utilisation de la CAM**

58,2% des patients utilisaient la CAM pour soulager la douleur, 18,4% pour guérir la gonarthrose, 15,3% pour améliorer la fonction et 8,1% des cas pour atténuer les effets secondaires des traitements. Les patients non utilisateurs de la médecine alternative ont cité plusieurs raisons pour leur abstinence ainsi, 40,5% n'ont pas confiance en ces thérapies, 27% ne croyaient pas en leur efficacité, 18,9% ont déclaré avoir peur des effets secondaires, et 13,5% des cas avaient peur des interactions avec les médicaments. Par ailleurs, 63% des patients ont été traités par antalgiques, les anti-inflammatoires non stéroïdiens dans 58%, les infiltrations de corticoïdes retardés dans 25,7%, les anti arthrosiques d'action lente dans 14,3% et la viscosupplémentation dans 6,7% pour cas.

### **L'efficacité de la CAM**

L'efficacité de la CAM a été évaluée sur les paramètres suivants : la douleur, la fonction et gonarthrose. Les différents résultats ont été représentés sur des graphiques sous forme de Courbes. Ainsi la note maximale donnée par tous les patients était inférieure à 9 (Figure 3, 4, 5).

### **Discussion**

Dans cette étude, 64,8% des patients gonarthrosiques ont utilisé la CAM. Cette proportion rejoint la moyenne d'utilisation de la CAM dans la littérature, celle-ci étant comprise entre 33% et 66% (Dilixat et al., 2001). Une étude canadienne de (Marsh et al., 2009) trouve parmi 1373 patients atteints d'arthrose (majoritairement des gonarthrosiques : 84,7%), 42,9% utilisent un ou plusieurs types de la CAM. L'étude américaine objective une proportion d'utilisateurs de 89,4% parmi les patients arthrosiques (Herman et al., 2006). Des prévalences comparables à cette dernière ont été rapportées dans d'autres études de pays différents: Australie, Grande et la Bretagne (Jordan et al., 2004; Zochling et al., 2004). Ceci peut être expliqué par l'inclusion de pratiques comme la prière ou encore des anti arthrosiques d'action lente par exemple dans le groupe des CAM, chose qui dans notre contexte augmenterait considérablement la fréquence. En effet, on n'a pas inclus les anti arthrosiques d'action lente dans le groupe des CAM dans notre étude puisqu'ils sont considérés dans notre pays comme des médicaments délivrés sur prescription médicale. On note aussi à travers ces résultats qu'il n'y a pas de différence entre les pays développés et pays en voie de développement en ce qui concerne

la prévalence d'utilisation de la CAM. Dans cette étude, les utilisateurs et les non utilisateurs de la CAM, ne diffèrent pas par l'âge, avec respectivement, des moyennes d'âge de 56,09 ans et 57,08 ans. Dans une série canadienne la moyenne d'âge était de 63ans (Marsh et al., 2009). L'étude de (Lapane et al., 2012) a trouvé une moyenne d'âge similaire ( $> 65$  ans) sans qu'il y ait de différence dans les deux groupes utilisateurs et non utilisateurs. D'autres études n'avaient pas trouvé de différence significative concernant l'âge (Jordan et al., 2004). En ce qui concerne le sexe, la gonarthrose est une pathologie féminine, ainsi cette étude a retrouvé une proportion de 97% de femmes parmi les utilisateurs de CAM. Ce résultat rejoint les résultats d'autres études qui rapportaient qu'il y avait plus de femmes respectivement 61% et 52,5% que d'hommes parmi les utilisateurs (Herman et al., 2004 ; Kamissoko et al., 2019). L'étude de (Zochling et al., 2004) montre que les femmes utilisent deux fois plus la CAM que les hommes. Des différences significatives entre utilisateurs et non utilisateurs ont été rapportées concernant le niveau d'instruction dans la littérature. On a trouvé que les patients ayant un moyen et haut niveau d'instruction avaient plus recours à la CAM que les patients de bas niveau d'instruction. En effet, Jordan et al a objectivé une relation significative entre ces deux paramètres avec un  $p < 0,05$  (Jordan et al., 2004). Ces résultats par contre ne concordent pas avec ceux de notre étude : Il y a pas eu de relation significative concernant l'utilisation de la CAM et le niveau d'instruction ou encore la profession. Ces constats peuvent être expliqués par la non inclusion des anti arthrosiques d'action lente, comme la chondroïtine sulfate et la glucosamine en tant que type de CAM dans notre étude, et c'est justement la prise de ces derniers qui est associée à un haut niveau d'instruction dans les pays développés comme le montre (Jordan et al., 2004 ; Lapane et al., 2012). L'étude de (Lapane et al., 2012) a montré que les patients ayant une obésité modérée à sévère rapportaient plus l'utilisation de traitement conventionnel que de ceux ayant un  $IMC < 25 \text{ kg/m}^2$ . Une autre étude faite sur l'utilisation de la CAM chez les patients obèses a noté que ces derniers n'avaient pas plus de recours à l'utilisation de la CAM que les patients ayant un poids normal. Dans notre étude, nous n'avons pu avoir de résultats significatifs vu probablement le faible nombre de malades inclus. Jordan et al n'ont pas objectivé de lien entre la durée d'évolution de la gonarthrose et l'utilisation de la CAM. Ce qui va en harmonie avec nos résultats. Une seule étude avait montré que l'utilisation de plus de 3 types de CAM était associée à une longue évolution de la maladie (Herman et al., 2004 ; Rao et al., 1999). L'étude de (Zochling et al., 2004) rapporte que les patients qui prenaient de la CAM avaient plus de douleur et de raideur et une fonction médiocre sur l'échelle de Womac par rapport aux non utilisateurs. L'étude de (Lapane et al., 2012) avaient constaté que dans le groupe des utilisateurs de la CAM, les indices de douleur et la fonction étaient moins élevés par rapport au groupe

utilisateurs du traitement conventionnel uniquement. Dans notre étude, les patients qui utilisaient la CAM avaient plus de douleur et de gêne fonctionnelle au niveau du genou par rapport aux non utilisateurs. Ce constat est en accord avec la première étude, quoique dans la notre on n'a pu établir un lien significatif entre les différents paramètres (douleur, gêne fonctionnelle) et l'utilisation de la CAM. Dans la deuxième étude, le groupe non utilisateurs de la CAM était subdivisé en deux bras : utilisateurs du traitement conventionnel et non utilisateurs. Ce qui ne permet pas une comparaison des résultats dans ce sens. La présence d'une arthrose radiologique était liée à l'utilisation de la CAM (Lapane et al., 2012). Dans notre travail, aucun lien n'a été objectivé statistiquement significatif entre le stade radiologique selon la classification de Kellgren et Lawrence et l'utilisation de la CAM. L'utilisation de la CAM dans notre travail était dominée par l'usage d'huiles essentielles en massage, des cures thermales et la phytothérapie. La littérature montre que la phytothérapie, l'application de topiques et les thérapies esprit-corps sont de loin les plus utilisées. A titre d'exemple, Lapane et al recensent sur les 1259 patients qu'ils ont étudié (Lapane et al., 2012): la phytothérapie (68%), les agents topiques (huiles, crèmes.) dans 28,4%, les thérapies corps-esprit (dominé par yoga et tai-chi) dans 22,6% et l'acupuncture dans 1,4%. La phytothérapie dans ces études était essentiellement basée sur la chondroïtine et la glucosamine ; deux thérapies qui sont à cheval entre la médecine conventionnelle et complémentaire ; entre les différentes études qui ont prouvé à ces molécules un bénéfice réel versus placebo et le manque à l'heure actuelle de preuves expérimentales (Evidence based médecine) en leur faveur. Dans notre pays, il s'agit de médicaments donnés sur prescription médicale ce qui explique leur exclusion dans notre travail. Notre étude a objectivé que 58,2% des patients utilisaient la CAM pour soulager la douleur, 18,4% pour guérir leur maladie et 15.3% pour améliorer la fonction. Herman et al, avaient montré que les patients utilisaient la CAM pour améliorer la fonction, soulager la douleur et prévenir la progression de la maladie (Herman et al., 2006). Une deuxième étude faite par la même équipe a trouvé les proportions suivantes (Herman et al., 2004): 36% : pour soulager la douleur, 14,3% pour prévenir la progression de la maladie ; 13,7% pour améliorer l'état général, 13,5% voir si la CAM va m'aider et 9,2% la CAM m'a aidé. A noter que la phrase « prévenir la progression de la maladie » suggère, vu que la question était ouverte, que ces patients dans ces études sont au courant des bienfaits de certaines thérapies élucidés par plusieurs études dans ce sens (Herman et al., 2004).

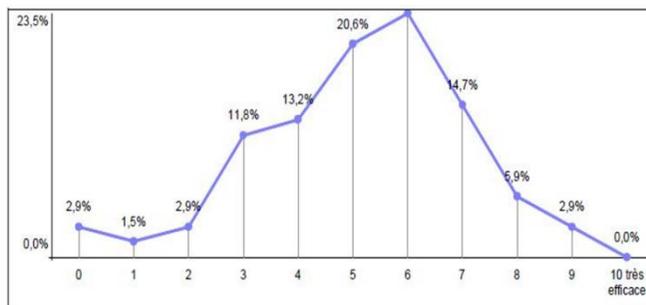


**Figure 1.** Radiographie des deux genoux de face en charge montrant un pincement fémorotibial interne bilatéral stade III de Kellgren et Lawrence avec ostéophytose et condensation de l'os sous chondral au cours d'une gonarthrose bilatérale.

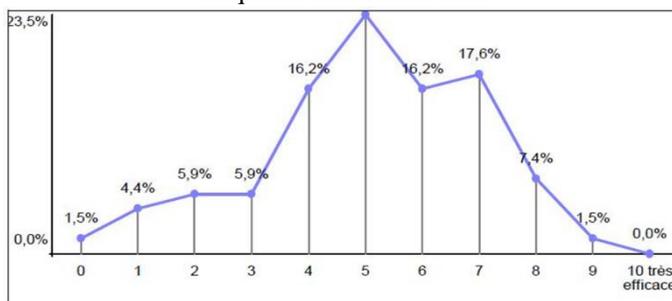


**Figure 2.** Iconographie du Genou gauche montrant les lésions de scarification au cours d'une gonarthrose.

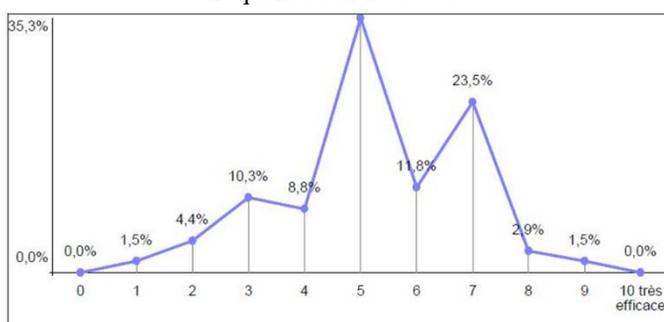
**Figure 3.** Graphique montrant l'efficacité de la CAM sur la gonarthrose, la courbe montre que la note maximale donnée par les patients est inférieure à 9 avec deux pics de fréquence aux notes 5 et 7.



**Figure 4.** Graphique montrant l'efficacité de la CAM sur la composante douleur, la courbe montre que la note maximale donnée par les patients est inférieure à 9 avec deux pics de fréquence aux notes 5 et 6.



**Figure 5.** Graphique montrant l'efficacité de la CAM sur la fonction du genou, la courbe montre que la note maximale donnée par les patients est inférieure à 9 avec deux pics de fréquence aux notes 5 et 7.



## Conclusion

Notre étude, la première de son genre dans notre pays, montre une proportion importante des patients utilisant la CAM dans le traitement de la gonarthrose, avec une grande diversité des types de CAM utilisés dominés par les huiles topiques. Même s'ils croient qu'elle a des effets négatifs, cette pratique de la CAM va entraîner un retard à la consultation et au diagnostic chez le rhumatologue. Les rhumatologues devraient s'habituer à discuter de cet aspect dans leur consultation pour une meilleure prise en charge globale de leurs patients et un changement de comportement entre les différents acteurs.

## Conflits d'intérêts

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

## References:

1. Bussmann, RW. (2013). The globalization of traditional medicine in northern peru: from shamanism to molecules. Evid Based Complement Alternat Med. 291903. doi: 10.1155/2013/291903.

2. De Silva, V, El Metwally, A., Ernst, E., Lewith, G., & Macfarlane, GJ. (2011). Evidence for the efficacy of complementary and alternative medicines in the management of osteoarthritis: a systematic review. *Arthritis Research UK Working Group on Complementary and Alternative Medicines. Rheumatology (Oxford)*; 50 (5): 911-20.
3. Dilixat, Y., Aytulun, S., Mayiram, S., Arkin, S., Ibadet, R., Sekine, M., & Kagamimori, S. (2001). Use of sand bathing for the treatment of arthritis and other conditions. *Alternative Therapies in Health and Medicine*; 7(6): 24.
4. Herman, CJ., Allen, P., Hunt, WC., Prasad, A., & Brady, TJ. (2004). Use of complementary therapies among primary care clinic patients with arthritis. *Prev Chronic Dis*;1(4): A12
5. Herman, CJ., Dente, JM., Allen, P., & Hunt, WC. (2006). Ethnic differences in the use of complementary and alternative therapies among adults with osteoarthritis. *Prev Chronic Dis*; 3 (3): A80.
6. Hmamouchi, I., Rachidi, M., Abourazzak, FE., Khazzani, H., Bennani, L., Bzami, F. et al. (2012). Pratique traditionnelle d'utilisation des plantes médicinales marocaines en rhumatologie. *Rev Mar Rhum* ; 22 : 52-6.
7. Jordan, KM., Sawyer, S., Coakley, P., Smith, HE., Cooper, C., & Arden, NK. (2004). The use of conventional and complementary treatments for knee osteoarthritis in the community. *Rheumatology (Oxford)*; 43 (3):381-4.
8. Kamissoko, AB., Traoré, M., Wann, TA., Baldé, MD., Diallo, M L., Oniankitan S et al. (2019). Recours à la Médecine Traditionnelle chez les Rhumatisants en Guinée. *European Scientific Journal*; 15 (24): 32-41.
9. Lapane, KL., Sands, MR., Yang, S., Mc Alindon, TE., & Eaton, CB. (2012). Use of complementary and alternative medicine among patients with radiographic-confirmed knee osteoarthritis. *Osteoarthritis Cartilage*; 20 (1):22-8.
10. Marsh, J., Hager, C., Havey, T., Sprague, S., Bhandari, M., & Bryant, D. (2009). Use of alternative medicines by patients with OA that adversely interact with commonly prescribed medications. *Clin Orthop Relat Res* ; 467(10):2705–2722.
11. NCCAM. What Is Complementary and Alternative Medicine (CAM)? (2002). [June 10, 2004]. [Online]. Available: <http://nccam.nih.gov/health/whatiscam/index.htm>.
12. Rao, JK., Mihaliak, K., Kroenke, K., Bradley, J., Tierney, WM., & Weinberger, M. (1999). Use of complementary therapies for arthritis among patients of rheumatologists. *Ann Intern Med*; 131: 409-16.

13. World Health Organization Programme on Traditional Medicine (2002). Stratégie de l'OMS pour la médecine traditionnelle pour 2002-2005. Genève: Organisation mondiale de la Santé. <https://apps.who.int/iris/handle/10665/67313>.
14. Zochling, J., March, L., Lapsley, H., Cross, M., Tribe, K., & Brooks, P. (2004). Use of complementary medicines for osteoarthritis--a prospective study. *Ann Rheum Dis*; 63 (5): 549-54.



## **Effet De Quatre Traitements De Substrat Sur L'apparition Des Maladies De La Tomate [*Solanum Lycopersicum L.* (*Solanaceae*)] En Culture Hors Sol, Côte d'Ivoire**

*Koffi Ahébé Marie Hélène*

*Yah N'guéttia Marie*

*Koffi N'dodo Bony Clovis*

*Amon Michel Wilfried*

Université Jean Lorougnon Guédé, UFR Agroforesterie, Laboratoire d'Amélioration de la Production Agricole, Côte d'Ivoire

*Atta Taky Hortense Diallo*

Université Nangui Abrogoua, UFR Science de la Nature, Laboratoire d'Amélioration de la Production Végétale, Côte d'Ivoire

[Doi:10.19044/esj.2021.v17n3p63](https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n3p63)

Submitted: 31 October 2020  
Accepted: 25 December 2020  
Published: 31 January 2021

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

*Cite As:*

Koffi Ahébé M.H., Yah N'G. M., Koffi N'dodo B.C., Amon M.W. & Atta Taky H.D. (2021). *Effet De Quatre Traitements De Substrat Sur L'apparition Des Maladies De La Tomate [*Solanum lycopersicum L. (Solanaceae)*] En Culture Hors Sol, Côte d'Ivoire*. European Scientific Journal, ESJ, 17(3), 63.

<https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n3p63>

### **Résumé**

La Tomate est un légume-fruit riche en éléments nutritifs et très prisée en Côte d'Ivoire. Malgré ses nombreux bienfaits, sa production reste encore faible dans notre pays. Cette faible production est entre autre due à la forte pression parasitaire, à l'influence des facteurs abiotiques et aux pratiques agricoles rudimentaires. Dans nos travaux, l'objectif recherché était d'améliorer la production de la tomate. Pour atteindre cet objectif, une expérience portant sur la culture de la tomate en hors sol a été effectuée. A cet effet, quatre traitements de la sciure de bois ont été testés sur une culture de tomate (variété F1 cobra 26) dans le domaine expérimentale champ école de l'Université Jean Lorougnon Guédé de Daloa. Il s'agit de la sciure de bois simple constituant le témoin, de la sciure de bois mélangée avec les pesticides CALLOMIL super 66 WP, MANCOZAN 80 WP, VYTAL 3G, PYRICAL 5G, de la sciure de bois chauffée et de la sciure de bois chauffée plus ajout de



pesticides. Deux semaines après repiquage 84 ml de NPK 15-9-20 par sachets ont été utilisés pour l'arrosage des plants de chaque traitement. Les performances de ces traitements ont été appréciées à travers l'incidence de la maladie, le taux de mortalité des plants et le taux de fruit présentant des symptômes. L'incidence de la maladie est faible (5,88 %) dans le sous bloc sciure de bois chauffé additionnée de pesticides comparativement aux autres traitements. La mortalité la plus élevée est celle du témoin (56,52 %) suivie de la sciure de bois chauffé (34,78 %), ensuite celle traité avec des pesticides (13,05%) et enfin le taux le plus bas (4,34 %) avec la sciure de bois chauffée additionnée de pesticides. Le témoin a présenté le taux de fruit infecté le plus élevé (72 %), suivie de la sciure chauffée avec un taux de symptômes de (47,61 %). La sciure traitée avec des pesticides et substrat chauffé plus pesticides ont eu de faible taux de fruit présentant des symptômes de 4,99 et 1,96 % respectivement. La sciure de bois chauffé plus ajout des pesticides est la meilleure des quatre traitements pour la protection des plants contre les agents pathogènes.

---

**Mots-clés:** Tomate, Sciure De Bois, Maladie, Pesticides, Incidence

## **Effect Of Four Substrate Treatments On Tomato Diseases Occurrence [*Solanum Lycopersicum L. (Solanaceae)*] Off-Ground Culture, Côte d'Ivoire**

*Koffi Ahébé Marie Hélène*

*Yah N'guéttia Marie*

*Koffi N'dodo Bony Clovis*

*Amon Michel Wilfried*

Université Jean Lorougnon Guédé, UFR Agroforesterie, Laboratoire  
d'Amélioration de la Production Agricole, Côte d'Ivoire

*Atta Taky Hortense Diallo*

Université Nangui Abrogoua, UFR Science de la Nature, Laboratoire  
d'Amélioration de la Production Végétale, Côte d'Ivoire

---

### **Abstract**

Tomato is a nutritious fruit vegetable that is very popular in Côte d'Ivoire. Despite its many benefits, its production is still low in our country. This low production is due to high parasite pressure, the influence of abiotic factors and rudimentary agricultural practices. In our work, the aim was to improve tomato production. To reach this aim, an experiment was carried out on the cultivation of tomatoes above ground. To this end, Four wood sawdust

treatments were tested on tomato crop (variety F1 cobra 26) in the experimental field school field of University Jean Lorougnon Guede of Daloa. These are control sawdust, sawdust mixed with pesticides CALLOMIL super 66 WP, MANCOZAN 80 WP, VYTAL 3G, PYRICAL 5G, heated sawdust and heated sawdust added pesticide. Two weeks after transplanting 84 ml of NPK 15-9-20 per sachets were used for watering plants of each treatment. The performance of these treatments was assessed through disease incidence, mortality rate, and rate of fruit showing symptoms. Incidence of the disease is low (5.88%) in heated sawdust added pesticides sub-block compared to other treatments. The highest mortality is that of the control (56.52%) followed by heated sawdust (34.78%), then that treated with pesticides (13.05%) and finally the lowest (4.34%) with heated sawdust with added pesticides. Control showed the highest rate of infected fruit (72%), followed by heated sawdust with symptom rate of (47.61%). Sawdust treated with pesticides and heated substrate plus pesticides had low fruit rates with symptoms of 4.99 and 1.96% respectively. Heated sawdust added pesticides is the best of the four treatments for plants protection against pathogens.

---

**Keywords:** Tomato, Sawdust, Disease, Pesticides, Incidence

## **Introduction**

La tomate (*Solanum lycopersicum*, L., Solanacée) compte parmi les cultures légumières les plus importantes du monde (Naika *et al.*, 2005). Elle constitue le deuxième légume, le plus consommé dans le monde après la pomme de terre (INRA, 2010). Dans le secteur vivrier, les légumes jouent un rôle prépondérant dans l'alimentation quotidienne des populations. Ainsi, la tomate est l'une des espèces légumières la plus cultivée en Afrique car elle entre dans la composition de nombreux plats traditionnels (Boa, 2016). En Côte d'Ivoire, en dépit des atouts naturels qui offrent une production vivrière brute de près de 8 millions de tonnes par an, la demande en produits légumiers est croissante (Anonyme, 2005). Ainsi, la tomate occupe une place de choix tant au niveau nutritionnel et qu'économique. La production annuelle de tomate fluctue entre 22 000 et 35 000 tonnes (Sangaré *et al.*, 2009). En effet, les besoins en tomates estimés à plus de 100 000 tonnes ne sont couverts qu'aux deux tiers par la production locale. De même, ces besoins étaient estimés à plus de 200 000 tonnes en 2002 (N'zi *et al.*, 2010) alors que la production nationale qui est de 52 000 tonnes par an reste largement inférieure pour couvrir cette demande (Soro, 2009 ; N'zi *et al.*, 2010).

En Côte d'Ivoire, la pratique agricole de la tomate se fait selon deux modalités : plein champ et hors sol. Le mode de culture plein champ occasionne la dégradation des ressources naturelles due à une exploitation anarchique et incontrôlée des sols. En effet, 80 % de la population tirent leurs

revenus dans l'agriculture par l'exploitation continue des sols. Face à ces contraintes, une solution à long terme est possible à travers l'application du système de production hors-sol (Djaha, 2015). La tomate cultivée hors sol permet de maîtriser l'alimentation hydrique et minérale des plants. Cette méthode représente actuellement une technique importante sur les exploitations permettant de mieux s'adapter aux données économiques du marché en optimisant des facteurs de production agricole tout en améliorant les rendements (Bernier, 2015). En effet parmi les principales raisons d'introduction de la culture hors sol figurent l'élimination des problèmes liés aux sols, la rationalisation de l'utilisation de l'eau, des engrais et l'amélioration qualitative et quantitative du rendement (Sedki *et al.*, 1995).

Cependant, le développement de la culture de tomate dans nos régions tropicales est confronté à d'énormes difficultés. Au cours de son cycle végétatif, la tomate est continuellement attaquée par de nombreux ravageurs et maladies occasionnant des dégâts sur les divers organes des plantes et à diverses étapes de leur croissance et développement (Bennett *et al.*, 2003). Aussi, la forte pression parasitaire, l'influence des facteurs abiotiques et les pratiques agricoles rudimentaires réduisent fortement la productions (Nechadi *et al.*, 2002).

La culture hydroponique a été introduite en Côte d'Ivoire en 2008 pour faciliter l'accès des populations urbaines aux produits maraîchers de qualité, réduire les difficultés d'accès à la terre, contribuer à la création d'emplois pour les jeunes et les femmes et occuper les personnes âgées. Cependant, la diffusion de cette technologie a rencontré de nombreuses difficultés (Djaha, 2015). Les producteurs font faces à de récurrents problèmes de maladies pour un système de culture qui devrait aider à surmonter la plupart des problèmes de maladies (Boa, 2016). Face à cette situation, des recherches sont effectuées pour aider à la maîtrise des maladies de la tomate hors sol. C'est dans ce cadre que s'inscrit cette étude dont l'objectif est de contribuer à l'amélioration de la culture de la tomate hors sol. Il a consisté à l'évaluation de l'incidence de différents traitements sur l'apparition des symptômes des maladies de la tomate.

## **Matériel et Méthodes**

### **Site d'étude**

La parcelle expérimentale est située à l'Université Jean Lorougnon Guédé de Daloa. La ville de Daloa est localisée dans la région du Haut-Sassandra, au Centre-Ouest de la Côte d'Ivoire entre le 6° et 7° de latitude Nord et le 7° et 8° de longitude Ouest (Figure 1). Le substrat pédologique de Daloa appartient au vieux socle précambrien composé de granites, migmatites. Ces sols, lessivés et profonds de 20 m sont la conséquence des précipitations abondantes et à l'altération rapide des roches. Les sols de la région sont

majoritairement ferrallitiques. Ils sont généralement très profonds avec un taux élevé de matière organique.

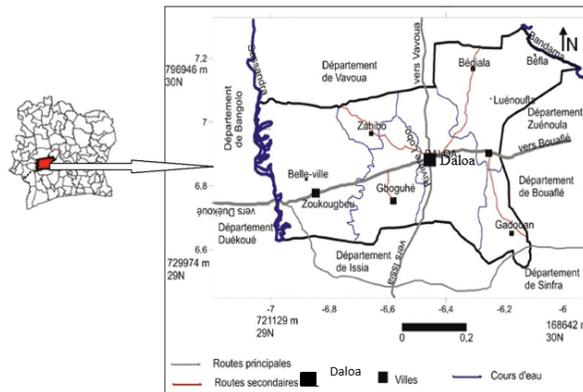


Figure 1: Zone d'étude (Source : Adjiri *et al.*, 2019)

## Matériel

### Matériel végétal

Le matériel végétal a été composé de semences de tomate hybride de la variété F1 COBRA 26 et la sciure de bois décomposé âgée d'un mois (Figure 2).



a : Semence de la variété F1 COBRA 26 ; b : Sciure de bois décomposée âgée d'un mois

Figure 2. Matériel végétal utilisé

### Matériel chimique

Le matériel chimique a été composé de quatre pesticides que sont la Callomil super 66 WP, le Mancozan 80 WP, le Vytal 3G, le Pyrical 5G et de l'engrais minéral NPK 15-9-20.

## Méthodes

### Dispositif expérimental

Le dispositif expérimental a été constitué d'un bloc de Fischer de 9 m x 7 m constitué de 4 sous blocs. Chaque sous bloc de 3 m x 1,5 m correspondait à un traitement de culture et a été constitué de 15 sachets de culture. L'écartement entre les sous blocs a été de 0,5 m et de 0,3 m d'un sachet à l'autre (Figure 3).

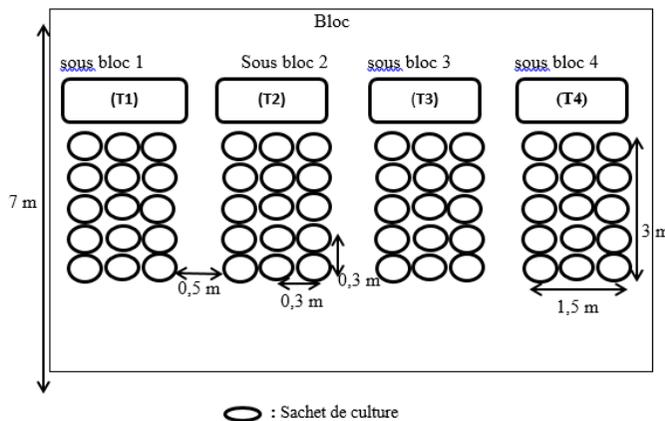


Figure 3. Dispositif expérimental

### Echantillonnage et choix du matériel végétal et chimique

Les semences de tomate hybride de la variété F1 COBRA 26 ont été achetées à SEMIVOIRE. Cette variété a été choisie d'une part, pour sa tolérance au TYLCV et au flétrissement bactérien et d'autre part, pour sa productivité

La sciure de bois décomposée a été collectée auprès d'une scierie du quartier Kennedy II de Daloa. Elle a été exposée à l'air libre sur le sol nu, sans ombrage au gré des pluies et autres intempéries pendant un mois. Son choix est basé sur sa facilité d'usage et son coût moins élevé. Le substrat décomposé a été mis dans les sachets destinés à la pépinière de coco.

Les différents pesticides et l'engrais NPK 15-9-20 ont été achetés à CALLIVOIRE sise à Daloa. En effet, la Callomil super 66 WP et le Mancozan 80 WP sont tous deux des fongicides. Cependant, la Callomil super 66 WP est systémique de contact à action préventive et curative, utilisé contre la pourriture des fruits de tomate alors que le Mancozan 80 WP est préventif de contact à large spectre d'action utilisé contre plusieurs maladies fongiques. Le Vytal 3G et le Pyrical 5g sont utilisés comme insecticide pour lutter contre les insectes du sol. Aussi, le Vytal 3G a un effet nematicide contre les nématodes à galles. Le NPK renforce la tolérance de la plante au stress et aux maladies.

## **Traitements des différents substrats de culture**

Quatre types de traitements ont été effectués

-Le traitement (T1) a été utilisé comme témoin. A cet effet, la sciure de bois décomposée, sans apport de pesticide ni chauffée a été mise dans 15 sachets de culture à raison de 1 Kg de sciure par sachet.

-Le traitement (T2) a été constitué de sciure de bois chauffée pendant 45 minutes dans un seau de peinture métallique afin de réduire la population d'éventuels parasites. Après le chauffage, le contenu a été renversé sur du sachet plastique en polyéthylène pour refroidissement. Un Kg de cette sciure a été renversé dans chacune des 15 sachets de culture.

-Le traitement (T3) a été constitué de sciure de bois non chauffée additionnée de pesticides. Ainsi, un mélange constitué de 1,62 g de Callomil super 66 WP, 101,35 g de Mancozan 80 WP, 0,94 g de VytaL 3G et 0,54 g de Pyrical 5G a été ajouté à chaque sachet de culture rempli au préalable de 1 Kg de sciure de bois.

-Le traitement (T4) associe avec le traitement thermique et chimique. La sciure de bois a été d'abord portée au feu et refroidit sur des sacs de riz. Ensuite, 1 Kg de cette sciure a été mis dans chaque sachet de culture et enfin, un mélange constitué de 1,62 g de Callomil super 66 WP, 101,35 g de Mancozan 80 WP, 0,94 g de Vytal 3G et 0,54 g de Pyrical 5G a été ajouté à chaque sachet de culture rempli au préalable.

## **Mise en place et entretien de la pépinière**

Un Kilogramme de sciure de bois décomposé a d'abord été mélangé à 144 g d'engrais NPK 15-9-20 et 39 g Pyrical. Le mélange a été mis dans une plaque de 72 alvéoles à raison de deux grammes par alvéole. Ensuite, le semis a été effectué à raison de deux semences de F1 COBRA 26 par alvéole.

La plaque alvéolée a été posée sur une planche à 5 cm du sol et une ombrière constituée de feuilles de palme a été construite à 80 cm au-dessus du sol pour protéger les plants contre l'ensoleillement.

Les plants ont été régulièrement arrosés et des désherbages manuels si nécessaire ont été réalisés. Les feuilles de palme ont été retirées progressivement à 3 jours avant le repiquage pour permettre aux plants de s'adapter aux rayons lumineux avant d'être repiqués.

## **Repiquage et suivi des plants**

Après trois semaines en pépinière, les plants apparemment sains et vigoureux ont été repiqués dans les sachets contenant les différents traitements. Deux plants ont été repiqués dans chaque sachet. Soit un total de 30 plants par traitement. Deux semaines après repiquage, 144 g d'engrais NPK 15-9-20 dilué dans 5 litres d'eau a été utilisé pour l'arrosage des plants de chaque traitement soit 83,33 ml par sachet. Un désherbage manuel si

nécessaire a été effectué. Les plants ont été tuteurés afin d'éviter le contact des fruits avec le sol.

### **Descriptions des symptômes observés**

Les symptômes sur les feuilles, tiges, fruits, collets et racines ont été observés, dès leur apparition trois semaines après le repiquage. A cet effet, chaque semaine, l'aspect, la forme et la coloration des symptômes ont été décrits par observation visuelle et au touché. Le nombre de pied présentant des symptômes a également été noté à chaque observation par sous bloc et cela pour chaque traitement.

### **Calcul des paramètres**

#### **Incidence des symptômes**

L'incidence des symptômes a été évaluée pour chaque traitement de la troisième à la douzième semaine après repiquage. Pour ce faire, le nombre d'organe (pied ou feuille) malade a été compté et l'incidence de chaque symptôme a été déterminée par le rapport du nombre d'organe présentant un symptôme sur le nombre total d'organe pour chaque traitement selon la formule de Boa, 2016 :

$$I (\%) = \frac{\sum n}{N} \times 100$$

**I (%)**: Incidence moyenne du symptôme

**n** : Nombre d'organe présentant un symptôme

**N** : Nombre totale d'organe par traitement avec N= 30

#### **Taux de mortalité des plants**

Après repiquage les plants ont été observés chaque semaine pendant un mois et demi, le taux de mortalité a été évalué à partir du nombre de plants morts suite aux infections par rapport aux plants infectés mais ayant survécu aux infections. Ce taux a été calculé pour chaque traitement selon la formule de Vakalounakis et Fragkiadakis (1999).

$$TM (\%) = \frac{\sum n}{N} \times 100$$

**TM** : Taux de mortalité ;

**n** : Nombre de plants mort

**N** : Nombre de plants présentant les symptômes par traitement avec N= 30

#### **Taux de fruit présentant des symptômes**

Lors de la production, le taux de fruits présentant des symptômes a été observé et le nombre de fruits atteint sur le nombre total de fruits pour chaque traitement a été compté. Le taux de fruit avarié a été calculé selon la formule ci-dessous (Biekre, 2013).

$$\text{TFA}(\%) = \frac{\sum n}{N} \times 100$$

**TFA(%)**: Taux de fruits présentant des symptômes  
**n** : Nombre total de fruits présentant des symptômes  
**N** : Nombre totale des fruits avec N=42

### **Analyse statistique des données**

Une analyse de la variance à un critère de classification (ANOVA 1) a été effectuée au seuil  $\alpha = 0,05$ . Le logiciel Statistica 7.1 a été utilisé pour tester l'effet du traitement sur l'incidence de la maladie, le taux de mortalité des plants et le taux de fruits avariés. En cas de différence significative, les moyennes ont été classées à l'aide du test de Duncan.

### **Résultats et discussion**

#### **Résultats**

##### **Description des symptômes**

Huit types de symptômes ont été observés sur les plants des différents traitements (Tableau 1).

Le premier symptôme a été uniquement observé au niveau du traitement témoin. Il se présente sous forme de dépérissement de la tige secondaire (Figure 4a).

Trois types de symptômes ont été à la fois observés sur les plants au niveau de deux traitements à savoir le traitement témoin et le traitement sciure de bois chauffé. Ces symptômes se manifestent respectivement sous forme de nécroses sur la feuille (Figure 4b), de chancre sur le collet (Figure 4c) et de galles sur la racine (Figure 4d).

Le cinquième symptôme a été présent au niveau des plants de trois traitements que sont le témoin, la sciure de bois chauffé et le traitement sciure de bois non chauffée additionnée de pesticide. Il se présente comme une nécrose sur la tige (Figure 4e).

Les trois derniers symptômes ont été présents sur les plants au niveau de tous les quatre traitements. C'est à dire le témoin, la sciure de bois chauffé, la sciure de bois non chauffée additionnée de pesticide et la sciure de bois chauffée additionnée de pesticide. Ces symptômes se manifestent sous forme de jaunissement suivi de flétrissement de la plante (Figure 4f), de pourriture molle sur les fruits (Figure 4g) et également de pourriture sèche du fruit (Figure 4h).



**Tableau 1** : Les différents symptômes observés sur les traitements

Types de traitement	Témoin	Sciure de bois chauffé	Sciure de bois non chauffée additionnée de pesticide	Sciure de bois chauffée additionnée de pesticide
Symptômes				
Dépérissement de la tige secondaire	+	-	-	-
Nécroses sur la feuille	+	+	-	-
Chancre sur le collet	+	+	-	-
Galles sur la racine	+	+	-	-
Nécrose sur la tige	+	+	+	-
Jaunissement suivi de flétrissement de la plante	+	+	+	+
Pourriture molle sur les fruits	+	+	+	+
Pourriture sèche du fruit	+	+	+	+

+ : Présence d'un symptôme au niveau d'un traitement - : Absence d'un symptôme au niveau d'un traitement





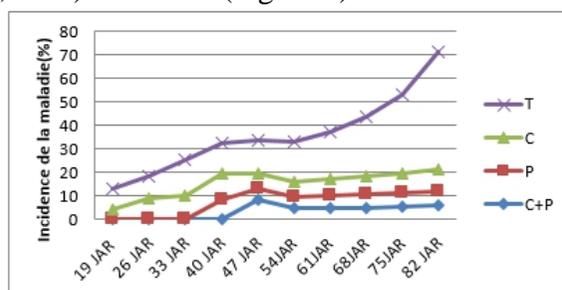
**a)**dépérissement de la tige secondaire, **b)** Nécrose sur la feuille, **c)** Chancre du collet, **d)**galle sur la racine, **e)** Zone morte sur la tige, **f)** Jaunissement du plant, **g)** pourriture molle du fruit, **h)** pourriture sèche du fruit.

**Figure 5.** Symptômes observés sur les plants de tomate

### **Incidence de la maladie**

Les résultats de l'analyse statistique ont montré que l'incidence de la maladie diffère d'un traitement à l'autre ( $P = 0,004$ ). Elle augmente dans le même sens pour tous les traitements, à partir de la deuxième semaine jusqu'à la neuvième semaine après repiquage. Cependant, l'incidence est plus élevée (70 %) dans le traitement témoin comparé aux autres traitements avec des incidences moyennes de 20,01 % et 10,02 % respectivement aux traitements sciure de bois chauffé et sciure de bois non chauffé additionnée de pesticide.

Le traitement avec la sciure de bois chauffé additionnée de pesticides a montré la plus faible (5,88 %) incidence (Figure 5).



**T** : Traitement témoin. **C** : Sciure de bois chauffé. **P**: Sciure de bois non chauffé additionné de pesticides

**C+P** : Sciure de bois chauffé additionné de pesticides. **JAR** : jour après repiquage

**Figure 5.** Effet des différents traitements sur l'incidence de la maladie

### Taux de mortalité des plants de tomate

Le test de mortalité a mis en évidence un taux moyen de mortalité des plants de tomate. En effet, les taux de mortalité ont varié de 4,34 à 56,52 % (Tableau 2). Cependant, l'analyse statistique a montré une différence significative ( $P = 0,003$ ) entre les moyennes des différents traitements avec quatre groupes d'homogénéité. Le premier groupe comprend le traitement témoin avec la moyenne la plus élevée (56,52 %) suivie du traitement avec la sciure de bois chauffée (34,78 %). Le troisième et quatrième groupe est constitué de la sciure de bois non chauffée additionnée de pesticides et de la sciure de bois chauffée additionnée de pesticides avec des taux de mortalités respectifs de respectivement 13,05 % et 4,34 %.

**Tableau 2 :** Effet des traitements sur le taux de mortalité des plants

Traitements	Taux de mortalité $\pm$ Ecart-type	P	F
Témoin	56,52 $\pm$ 4,60 <sup>a</sup>		
Sciure de bois non chauffée additionnée de pesticide	13,05 $\pm$ 2,10 <sup>b<sup>c</sup></sup>	0,003	5,57
Sciure de bois chauffée	34,78 $\pm$ 3,43 <sup>ab</sup>		
Sciure de bois chauffée additionnée de pesticide	4,34 $\pm$ 1,37 <sup>c</sup>		

**P** : probabilité, **F**: valeur de Fisher. Les moyennes affectées de la même lettre dans une colonne sont statistiquement égales au seuil de 5 % selon le test de Duncan.

### Taux de fruits présentant des symptômes

L'analyse statistique a montré une différence significative entre les taux moyens de fruits avariés. Trois groupes homogènes de moyennes ont été

observés et varient de 1,96 à 72,10 %. Le témoin a présenté le plus (72,10 %) de fruits présentant des symptômes, suivie de la sciure de bois chauffée avec un taux de 47,61 %. La sciure de bois non chauffée additionnée de pesticide et la sciure de bois chauffée plus ajout de pesticide ont eu respectivement un taux moyen de fruits présentant des symptômes de 4,99 et 1,96 % (Tableau 3).

**Tableau 3** : Effet des traitements sur la moyenne des fruits avariés

Traitements	Taux de fruits $\pm$ Ecart-type	P		F
Témoin	72,10 $\pm$ 4,8 <sup>a</sup>			
Sciure de bois non chauffée additionnée de pesticide	4,99 $\pm$ 4,41 <sup>c</sup>	0,000		40,04
Sciure de bois chauffée	47,61 $\pm$ 17,16 <sup>b</sup>			
Sciure de bois chauffée additionnée de pesticide	1,96 $\pm$ 3,40 <sup>c</sup>			

**P** : probabilité, **F** : valeur de Fisher. Les moyennes affectées de la même lettre dans une colonne sont statistiquement égales au seuil de 5 % selon le test de Duncan.

## Discussion

Plusieurs symptômes ont été observés sur les plants de tomate. Ce sont le dépérissement de la tige secondaire, le jaunissement et le flétrissement de la plante, les nécroses sur les feuilles et tiges, les chancres sur les collets, les galles racinaires et les pourritures molles et sèches sur les fruits. Tous les types de symptôme ont été observés sur les plants du traitement témoin. Ceux-ci pourrait être dus au fait que la sciure de bois ne soit pas chauffée, de ce fait tous les microorganismes et les insectes présents dans la sciure ont contribué à l'apparition des symptômes sur les plants. Aussi, les plants issus de tous les traitements ont présenté les symptômes. Cela pourrait être dû à la période choisie pour mener notre expérience. En effet, les températures moyennes ont varié de 28 à 29 °C de février à mai et les précipitations de 60 à 110 mm. Ces variations pourraient avoir un impact sur l'apparition de ces symptômes. Nos résultats confirment ceux de Torres (2010) dans ces travaux sur les systèmes alternatifs de contrôle des pathogènes telluriques en maraîchage. En effet il affirme que la prolifération de ces pathogènes seraient induite par les facteurs environnementaux tels que la pluie ou le vent qui pourraient transporter des spores de champignon sur de longues distances. L'incidence de la maladie au niveau du traitement témoin a été plus élevée comparativement à l'incidence au niveau des autres traitements. Ceci pourrait être justifié par la pression parasitaire qui serait plus forte sur les plants du traitement témoin.

Aussi, la sciure de bois chauffée additionnée de pesticides a montré la plus faible incidence. Cette faible incidence pourrait être due à l'effet du chauffage. En effet, la forte température de chauffage aurait réduit la

population de pathogène dans la sciure. De plus, l'ajout de pesticides aurait contribué à réduire de plus l'action des pathogènes qui auraient survécu à la température de chauffage. Ces résultats corroborent ceux de Leroux (2002) qui a montré que l'utilisation des pesticides sert à détruire ou réduire les différents agents phytopathogènes. Aussi Hausbeck et al. (1996) rapportent que l'incidence de la pourriture grise et la sporulation de *Botrytis cinerea* sur les tiges et les feuilles du géranium dans des serres commerciales a été significativement réduite par rapport au témoin non chauffé.

Tout comme la variation de l'incidence, le taux de mortalité des plants de tomate et le taux de fruits avariés ont été plus élevés avec le traitement témoin que celui avec la sciure de bois chauffée additionnée de pesticides. Ce constat pourrait également être dû à l'action de la température de chauffage de la sciure de bois couplée avec l'apport des pesticides. En effet, les pesticides auraient contribué à réduire l'action des pathogènes ayant survécu à la température.

En effet, selon Boa (2016), les fruits avariés pourraient résulter d'une part, des indicateurs de sensibilité des fruits aux maladies et d'autre part à l'attaque des insectes. Ces résultats coïncident avec ceux de Zuang *et al.* (1996) et Miller *et al.* (1997) qui ont révélé que le compost peut améliorer l'aptitude des plantes à résister aux maladies causées par les agents pathogènes foliaires en induisant une résistance systémique.

## Conclusion

L'efficacité des traitements de la sciure de bois ont été observé sur la variété F1 COBRA 26. Le traitement avec la sciure de bois chauffée additionnée de pesticides a montré une faible incidence, un faible taux de mortalité et un faible taux de fruits avariés comparativement aux traitements témoin, sciure de bois chauffé et sciure de bois non chauffée additionnée de pesticides. Ce résultat nous permet de suggérer que l'utilisation de la sciure de bois chauffé plus ajout des pesticides a un effet important sur le contrôle de la pathologie comparé aux autres traitements. Ainsi l'utilisation de la sciure de bois chauffé avec des pesticides a été efficace pour la lutte contre les pathogènes de la tomate.

## References:

1. Adjiri O.A., Kone B., Aka N., Djabakate I. & Dibi B. (2019). Caractérisation physico-chimique et source de la minéralisation des eaux souterraines des départements de Daloa et Zoukougbeu, Côte d'Ivoire. *Revue Internationale des sciences biologiques et chimiques*, 13(4): 2392-2393
2. Anonyme. (2005). Appui à la mise en œuvre du NEP AD-PDDAA Profil de projet d'investissement bancable en Côte d'Ivoire,

- production de la banane plantain et aux productions maraîchères en zone de forêt. Rapport de l'organisation des nations unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO), 7 p.
3. Bennett A.J. & Whipps J.M. (2003). Survival of the biocontrol agents *Coniothyrium minitans* and *Bacillus subtilis* MBI 600 introduced into pasteurised, sterilised and non-sterile soils. *Soil Biology & Biochemistry*, 15(3): 1565-1573.
  4. Bernier P. (2015). Vers la construction d'un discours critique de l'agriculture urbaine commerciale en serres sur les toits. Mémoire de la maîtrise en sociologie, UFR de Sociologie, Université du Québec (Montréal, Canada), 183 p.
  5. Biekre A.H.T. (2013). Evaluation de quelques paramètres agronomiques de variétés de tomate [*Solanum lycopersicum* L. (Solanaceae)] introduites en Côte d'Ivoire. Mémoire de Master, Option : Biologie et Protection des Végétaux, UFR Science de la Nature, Université Nangui Abrogoua, (Abobo, Côte d'Ivoire), 59 p.
  6. Boa B.B.Y. (2016). Effet de trois substrats à base de sous-produits locaux sur deux variétés de tomate en culture hydroponique au centre de la Côte d'Ivoire. Mémoire de master en Environnement, Laboratoire : Géosciences et Environnement, Université Nangui Abrogoua (Abobo, Côte d'Ivoire), 48 p.
  7. Djaha K.F. (2015). Contribution de nouveaux modes de production a une agriculture durable : cas de l'agriculture hors sol en Côte d'Ivoire. Mémoire de licence Professionnelle en Science et Gestion de l'Environnement, Option: Ecologie et Environnement en milieux rural, UFR Science et Gestion de l'Environnement, Université Nangui Abrogoua (Abobo, Côte d'Ivoire), 41p.
  8. Hausbeck M.K., Pennypacker S.P. & Stevenson R.E. (1996). The effect of plastic mulch and forced heated air on *Botrytis cinerea* on geranium stock plants in a research greenhouse. *Plant Disease*, 80: 170-173.
  9. INRA. (2010). Importance économique de la tomate. Rapport d'étude de l'Institut National Agronomique, 14 p.
  10. Leroux P., Delorme R., Gaillardon P. (2002). Évolutions des produits phytosanitaires à usage agricoles, les fongicides. Edition Gestion Location Intervention, Paris (France), pp 8-15.
  11. Miller S.A., Sabin F., Krause M., Al-Dahmani J., Stone A. & Hoitink H. (1997). Control of bacterial leaf spot of radish in compost-amended planting mixes. *Journal of Phytopathology*, 3: 66-87.

12. Naïka S., Jeude J.V.L., Goffau M., Hilmi M. & Dam B.V. (2005). La culture de la tomate production, transformation et commercialisation. Ed. Prota, France, 105 p.
13. Nechadi S., Benddine F., Moumen A. & Kheddami M. (2002). Etat des maladies virales de la tomate et stratégie de lutte en Algérie, 21 p.
14. N'zi J.C., Kouame C., Assanvo S.P.N., Fondio L., Djidji A.H. & Sangaré A. (2010). Evolution des populations de *Bemisia tabaci* Genn. Selon les variétés de tomates (*Solanum lycopersicum* L.) au centre de la Côte d'Ivoire, Sciences et Nature, 7(1) : 31-40.
15. Sangaré A., Koffi E., Akamou F. & Fall C.A. (2009). L'état des ressources phylogénétiques pour l'alimentation et l'agriculture, Rapport national, Côte d'Ivoire, 65 p.
16. Sedki M., Mimouni A. (1995). Effets de substrats locaux sur tomate en culture hors sol, INRA, Al Awamia, Souss-sahara (Maroc), 15 p.
17. Soro S. (2009). Caractérisation agronomique et culture sous voile de variétés améliorées de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) en Côte d'Ivoire. Thèse de Doctorat d'Etat, UFR Science Naturel Université d'Abobo-Adjamé, (Abidjan, Côte d'Ivoire), 156 p.
18. Torres M. (2010). Les systèmes alternatifs de contrôle des pathogènes telluriques en maraîchage, Analyse des modalités techniques et évaluation des risques d'infestations en exploration agricole. Mémoire de fin d'études, filière Agriculture, Ecole d'ingénieur ISRA-Lyon, France, 116 p.
19. Vakalounakis D.J. & Fragkiadakis G.A. (1999). Genetic diversity of *Fusarium oxysporum* isolates from cucumber, differentiation by pathogenicity, vegetative compatibility and RAPD fingerprinting. *Phytopathology*, 89(2): 161- 168.
20. Zuang H. & Musard M. (1986). Cultures légumières sur substrats : Installation et conduite. Paris (France), 276 p.



ESJ Natural/Life/Medical Sciences

## **Caractérisation De L'aquifère Superficiel Du Bassin Sédimentaire De Kandi (Nord-Est Bénin, Afrique Ouest): Nature Et Structure Du Reservoir, Hydrodynamique**

*Gaya Salifou Orou Pete Alou  
Houégnon Géraud Vinel Gbewezoun  
Aoulatou Alassane Zakari*

Laboratoire d'Hydrologie Appliquée, Institut National de l'Eau, Université d'Abomey-Calavi, Bénin

Chaire Internationale en Physique Mathématique et Applications (CIPMA-Chaire UNESCO), Faculté des Sciences et Techniques / Université d'Abomey-Calavi, Bénin

*Abdoukarim Alassane  
Agnidé Emmanuel Lawin*

*Daouda Mama*

*Moussa Boukari*

Laboratoire d'Hydrologie Appliquée, Institut National de l'Eau, Université d'Abomey-Calavi, Bénin

[Doi:10.19044/esj.2021.v17n3p79](https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n3p79)

Submitted: 28 September 2020

Accepted: 23 December 2020

Published: 31 January 2021

Copyright 2021 Author(s)

Under Creative Commons BY-NC-ND

4.0 OPEN ACCESS

*Cite As:*

Orou Pete Alou, G. S., Gbewezoun, H. G. V., Alassane Zakari, A., Alassane, A., Lawin, A. E., Mama, D., & Boukari, M. (2021). *Caractérisation De L'aquifère Superficiel Du Bassin Sédimentaire De Kandi (Nord-Est Bénin, Afrique Ouest): Nature Et Structure Du Reservoir, Hydrodynamique*. European Scientific Journal, ESJ, 17(3), 79.

<https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n3p79>

### **Résumé**

Cet article aborde la caractérisation du bassin sédimentaire de Kandi, notamment sa structure hydrogéologique et son fonctionnement hydrodynamique qui sont encore mal connus, précisément dans sa portion superficielle captée par des forages d'exploitation et directement concernée par l'impact de la variabilité et des changements climatiques. L'analyse de la structure du système aquifère du bassin a été menée par corrélation géologique et hydrogéologique de logs de forages existants. L'étude hydrodynamique a été conduite en considérant les données de pompage d'essai existantes et sur



deux campagnes de mesures piézométriques (août 2016 pour les hautes eaux, puis avril 2017 pour les basses eaux). Les résultats confirment la nature essentiellement gréseuse et conglomératique de la lithologie des deux couches captées par les forages hydrauliques, à savoir, selon les secteurs, la formation continentale de Wèrè (Cambro-Ordovicien) et la formation marine de Kandi (Ordovicien supérieur à Silurien inférieur). Les nappes phréatiques de ces deux formations plus ou moins perméables et directement superposées l'une sur l'autre, sont en interconnexion hydraulique pour former une seule et même nappe d'eau souterraine. Les valeurs des paramètres hydrodynamiques calculées montrent que la transmissivité du système aquifère est de l'ordre de  $3,08E-02$  à  $2,99E-04$  m<sup>2</sup>/s, et la perméabilité de l'ordre de  $1,30E-04$  et  $3,37E-05$  m/s. L'écoulement de l'eau souterraine s'effectue globalement du Sud vers le Nord, conformément au pendage régional des couches et à la tectonique.

---

**Mots-clés:** Bassin Sédimentaire De Kandi, Stratigraphie, Nappe Phréatique, Profondeur De La Nappe, Piézométrie

## **Characterisation Of The Shallow Aquifer Of The Sedimentary Kandi Basin (North-East Benin, West Africa): Nature And Structure Of The Reservoir, Hydrodynamic**

*Gaya Salifou Orou Pete Alou*

*Houégnon Géraud Vinel Gbewezoun*

*Aoulatou Alassane Zakari*

Laboratoire d'Hydrologie Appliquée, Institut National de l'Eau, Université d'Abomey-Calavi, Bénin

Chaire Internationale en Physique Mathématique et Applications (CIPMA-Chaire UNESCO), Faculté des Sciences et Techniques / Université d'Abomey-Calavi, Bénin

*Abdoukarim Alassane*

*Agnidé Emmanuel Lawin*

*Daouda Mama*

*Moussa Boukari*

Laboratoire d'Hydrologie Appliquée, Institut National de l'Eau, Université d'Abomey-Calavi, Bénin

---

### **Abstract**

This article deals with the characterisation of sedimentary Kandi basin, in particular its hydrogeological structure and hydrodynamic functioning, which are still poorly known, precisely in its superficial part captured by

exploitation boreholes and directly concerned by the impact of climate variability and change. The analysis of the structure of the basin's aquifer system was carried out by geological and hydrogeological correlation of existing borehole logs. The hydrodynamic study was carried out by considering existing test pumping data and two piezometric measurement campaigns (August 2016 for high waters, then April 2017 for low waters). The results confirm the essentially sandstone and conglomeratic nature of the lithology of the two layers captured by the hydraulic boreholes, namely, depending on the sector, the continental Wèrè formation (Cambro-Ordovician) and the marine Kandi formation (Upper Ordovician to Lower Silurian). The water tables of these two more or less permeable formations, which are directly superimposed on each other, are hydraulically interconnected to form a single groundwater table. The values of hydrodynamic parameters calculated show that transmissivity of the aquifer system ranges from  $3.08E-02$  to  $2.99E-04$  m<sup>2</sup>/s, and permeability ranges from  $1.30E-04$  to  $3.37E-05$  m/s. Groundwater flow is generally from South to North, in accordance with the regional dip of the layers and tectonic.

---

**Keywords:** Kandi Sedimentary Basin, Stratigraphy, Water-Table Aquifer, Aquifer Depth, Piezometry

## Introduction

Le Bénin utilise essentiellement les eaux souterraines pour l'approvisionnement en eau potable (AEP) de sa population, car elles sont en général de meilleure qualité, comparativement aux eaux de surface. (Gbwezoun, 2013). Cependant, la faible connaissance des caractéristiques hydrogéologiques des terrains est de nature à hypothéquer lourdement la préservation de ces eaux pour les générations futures (Boukari, 2007).

Le bassin sédimentaire de Kandi (BSK) est l'une des quatre provinces hydrogéologiques identifiées au Bénin par CEFIGRE (1984) et Boukari (2007). Peu de travaux hydrogéologiques lui ont été consacrés, bien qu'il constitue la principale source d'approvisionnement en eau potable (AEP) des populations du Nord-Est du pays (environ 500 000 habitants, INSAE 2016), c'est-à-dire, entièrement ou partiellement, celles des Communes de Kandi, Malanville, Ségbana, Karimama, Gogounou et Kalalé (Boukari, 2012). Or, avec la croissance démographique dans ces Communes, le système aquifère à nappe phréatique du BSK est de plus en plus sollicité pour les besoins essentiellement domestiques, agricoles et d'élevage. D'où la nécessité d'approfondir sa connaissance, afin de contribuer à mettre en place une stratégie de gestion durable et rationnelle de ses ressources en eau et de garantir la protection de celles-ci (Gbwezoun, 2017). C'est dire que cette étude s'inscrit opportunément dans le cadre du sixième Objectif de

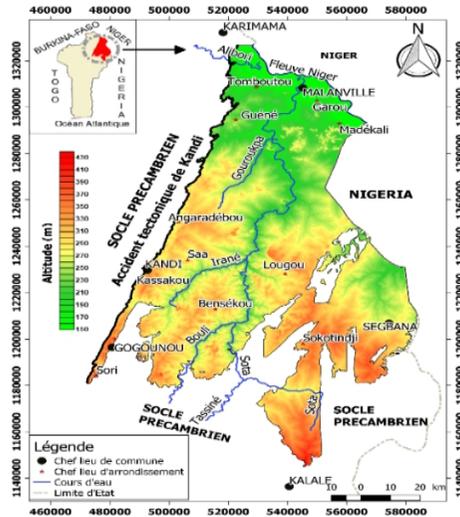
Développement Durable (ODD) de l'Organisation des Nations Unies, qui vise à terme à « Garantir l'accès de tous à des sources d'eau potable et à l'assainissement ». Son objectif est de caractériser le système aquifère sur le plan structurale et hydrodynamique, c'est-à-dire de préciser sa structure ses paramètres hydrodynamiques et sa piézométrie.

### **Présentation du milieu d'étude**

La carte de localisation du milieu d'étude (BSK) est présentée sur la figure 1. Il s'agit du Modèle Numérique de Terrain (MNT) issue de la source CGIAR-CSI v4.1 90m x 90m (Gbwezoun, 2017). Avec une superficie d'environ 8 700 Km<sup>2</sup> (Achidi *et al.*, 2012), le BSK est situé au Nord-Est du Bénin (Figure 1) et représente la partie béninoise du vaste bassin sahélien de l'Iullemeden, qui est connu au Nigeria, à l'Est de la zone d'étude, sous le nom de bassin de Sokoto. Il est baigné pour l'essentiel par le bassin versant du fleuve Sota, affluent du fleuve Niger (Alidou, 1983). Il s'étend sous un climat de transition entre le climat du type tropical et celui du type sahélien. Sur la période 1985-2015, la pluviométrie moyenne annuelle à la station synoptique de Kandi (Figure 1) est de 1002 mm, la température maximale moyenne annuelle, de 34,7°C et l'Evapotranspiration Potentielle annuelle moyenne de 1703 mm (Gbwezoun, 2017). La végétation dans le bassin est généralement composée, en conséquence, de formations caractéristiques de la zone climatique soudanienne, mais aussi de certaines espèces plus spécifiquement sahéliennes, qui ne se rencontrent qu'au Nord du bassin (Alidou, 1983).

Sur le plan géomorphologique, les dépôts du BSK épousent remarquablement la topographie molle du socle dans la région, en formant une vaste plaine légèrement inclinée vers le Nord (Boukari, 2007). Le BSK se présente comme une plaine drainée et plus ou moins vallonnée par la Sota et ses affluents. A l'opposé, cet aplanissement général est, par endroits, interrompu par des buttes-témoins de dépôts dits du Continental Terminal, plus ou moins protégées par des cuirasses ferrugineuses (SERHAU, 1992).

Le BSK est caractérisé principalement par des sols ferrugineux tropicaux plus ou moins sableux. Les vallées du fleuve Niger et de son affluent la Sota, sont couvertes par des sols alluviaux hydromorphes (Azontonde, 1991).



**Figure 1.** Carte de de localisation de la zone d'étude avec le réseau hydrographique et le MNT issu de la source CGIAR-CSI v4.1 90m x 90m)

### Contexte géologique et hydrogéologique

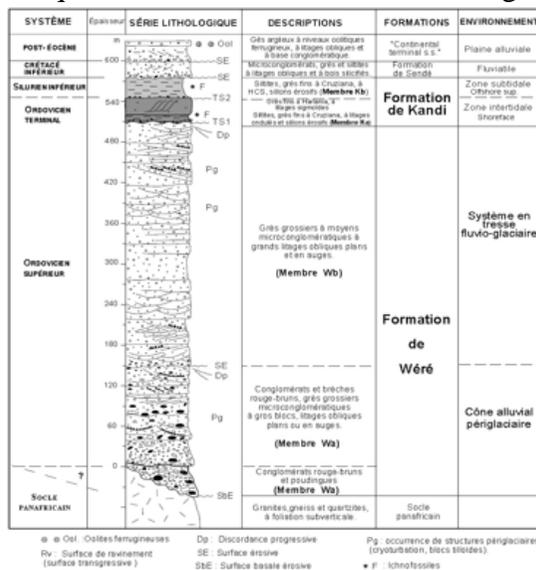
La stratigraphie du BSK a été décrite successivement par Alidou (1983), Alidou *et al.* (1983), Alidou (1987), Seilacher et Alidou (1988), IRB (1989), Alidou *et al.* (1991) et Konaté (1996), à partir de données découlant des observations de terrain et de synthèses cartographiques. Il s'agit pour l'essentiel de formations cambro-siluriennes. Chronologiquement, elles commencent par une formation sédimentaire du Cambrien et/ou Ordovicien supérieur selon les auteurs (Figures 2, 3 et 4), connue sous le nom de Formation de Wèrè (FW) (Alidou, 1991, Figure 3), d'origine continentale. Elle débute par un faciès conglomératique d'une épaisseur maximale d'environ 150 m à l'affleurement (faciès K1 de IRB, 1989, Figure 4), et se termine par un faciès gréseux grossier, dont l'épaisseur maximale est d'environ 350 m (faciès K2 de IRB, 1989, Figure 4).



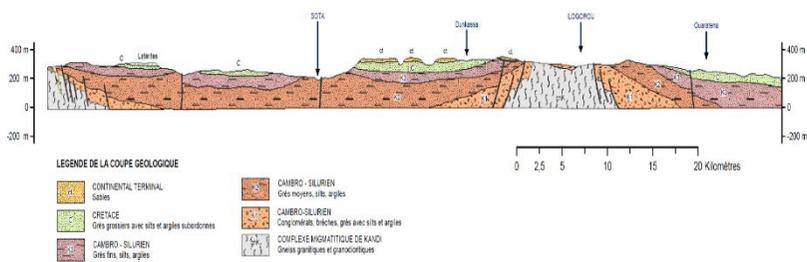
(Alidou, 1983). Elle est caractérisée par des épandages détritiques et des accumulations chimiques, surtout ferrugineuses. Des concrétions calcaires y sont toutefois présentes. Ce qui témoignerait d'un épisode climatique proche du type méditerranéen (Alidou, 1983). Cet auteur considère que les grands traits de la morphologie actuelle du bassin ont été imprimés au Quaternaire.

Sur le plan tectonique, Konaté *et al.* (1994) concluent que la structuration du BSK est contrôlée par l'accident de Kandi, associé à un ensemble d'accidents secondaires d'orientation N10° - 30°E à N90° - 110°E, et limitant des horsts de socle dans les secteurs de Poria, Gbéssé et Lété. Cet accident, principale structure cisailante de la sous-région, est le prolongement méridional de l'accident 4°50 du Hoggar (Sahara algérien) et possède un autre tronçon dans le Nord-Est du Brésil (Konaté, 1996). Selon (Konaté *et al.*, 2006), le contexte tectonique est relié à un demi-graben dissymétrique et le BSK peut être défini comme un bassin en demi-graben (Figure 4).

Enfin, le BSK n'étant pas encore entièrement traversé par des forages profonds, est mal connu sur le plan hydrogéologique, d'autant plus qu'il a été le siège d'importants épisodes tectoniques qui ont rendu sa structure complexe. L'entièreté de l'épaisseur du BSK, non encore mécaniquement reconnue pourrait, au maximum, atteindre, voire dépasser 600 m (IRB, 1989 et Konaté, 1996) (Figures 3 et 4). C'est pour contribuer à combler cette méconnaissance hydrogéologique du bassin que la présente étude de caractérisation structurale et hydrodynamique est menée. Elle ne concerne que la tranche superficielle exploitée du système aquifère du bassin dont il est admis qu'il présente dans son ensemble une épaisseur relativement importante. Dans ce qui suit, le matériel et la méthodologie sont décrits.



**Figure 3.** Colonne lithostratigraphique de la série paléozoïque de Kandi (Konaté et al., 2006)



**Figure 4.** Coupe géologique du bassin sédimentaire de Kandi (IRB 1989 in Achidi et al., 2012)

## Outils, données et méthodes

### Outils et données

Les outils utilisés sont constitués d'un GPS (Global Positioning System) de marque Garmin et Extrex pour la prise des coordonnées géographiques sur le terrain, d'une sonde piézométrique (de marque SEBA Hydrometria) pour la mesure des niveaux statiques, de logiciels Excel et Scilab 5.5.2 pour le traitement des données, QGIS 2.8.3 et Surfer 11 pour la réalisation des cartes, GMS 8.0 pour la visualisation des logs stratigraphiques et GIMP 2.8.16 pour l'agencement des images scannées des corrélations lithostratigraphiques et des coupes hydrogéologiques réalisées sur du papier millimétré.

Les données collectées sur la zone d'étude se composent de cartes de terrain (cartes topographiques feuilles Kandi, Gaya, Dunkassa et Bembèrèkè ; géologiques feuilles Malanville et Kandi (1989) puis Dunkassa et Bembèrèkè (1995) (1/200000), modèle numérique de terrain téléchargé en 2016 à partir du site <ftp://srtm.csi.cgiar.org>), quelques altitudes des bornes géodésiques de l'Institut Géographique du Bénin, de logs lithologiques et côtes des crépines des forages sélectionnés pour les coupes hydrogéologiques, de données de pompage d'essai de courtes (2009) et longues durées (2013).

En tout, 176 logs stratigraphiques (de forages et piézomètres) ont été collectés, parmi lesquels ont été sélectionnés ceux ayant servi à la réalisation des coupes hydrogéologiques (Figure 5). Les données de pompages d'essai collectées ont servi à l'estimation des paramètres hydrodynamiques du système aquifère étudié (transmissivité et perméabilité). Les niveaux statiques mesurés dans 404 et 408 puits (à grand diamètre et simple par endroit en absence de ceux à grand diamètre) (Figure 5) respectivement en période des hautes eaux (août 2016) et en période des basses eaux (avril 2017). Ces

niveaux statiques ont permis de réaliser des cartes piézométriques du système aquifère qui sont présentées et analysées plus loin.

## Méthodes

### Réalisation des coupes hydrogéologiques

Pour caractériser la structure et la géométrie du système aquifère capté par les forages d'exploitation nous avons, dans un premier temps, procédé à l'identification géologique de ce système, par la réalisation de trois (03) coupes, dont l'une (coupe AB) longitudinale à la direction d'écoulement générale de la nappe (direction SSW-NNE) et les deux autres (coupes CD et EF) transversales à cette direction (direction WNW-ESE) (Figure 5).

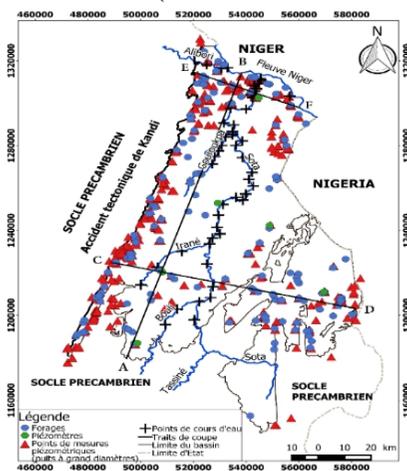


Figure 5. Localisation des traits de coupe et des ouvrages exploités pour l'étude

Pour réaliser ces coupes (Gbwezoun, 2017) les logs stratigraphiques des forages ont été projetés dans QGIS 2.8.3. Puis, les profils topographiques et les corrélations lithostratigraphiques entre les différents logs stratigraphiques des forages ont été réalisés sur du papier millimétré et à l'aide de cartes topographiques citées plus haut ; les crépines et les niveaux statiques (mesurés lors de la réalisation des forages) ont été ensuite reportés aux voisinages des forages et, enfin, ces niveaux ont été corrélés pour l'obtention de la ligne piézométrique de l'horizon capté ; les coupes obtenues sont scannées et agencées avec GIMP 2.8.16 et digitalisées dans QGIS 2.8.3 pour être exportées sous forme d'image.

### Estimation des paramètres hydrodynamiques

Quelques données issues des pompages d'essai de courtes durées comme de longues durées ont été utilisées pour évaluer, en divers points, les paramètres hydrodynamiques (T et K) du système aquifère étudié. Il s'agit d'avoir une idée des valeurs de ces paramètres, car trop peu de données



exploitables sont disponibles (08 essais de courte durée exécutés dans 8 localités de trois communes du bassin et 2 essais de longue durée dans deux localités d'une même commune).

Les données de pompages d'essai de longue durée ont servi à calculer les transmissivités (T) par la méthode de remontée de Theis (1935), selon la formule :

$$T = \frac{2,3Q}{4\pi\Delta s'} \quad (1)$$

**Avec :** T (m<sup>2</sup>/s) la transmissivité ; Q (m<sup>3</sup>/s) le débit de pompage constant ; Δs' (m) la variation de rabattement résiduelle s' ;

Les données de courte durée (pompages par paliers de débits constants) ont été utilisées pour le calcul des transmissivités, mais par la méthode de descente de Jacob (Kruseman *et al.*, 1974) selon la formule:

$$T = \frac{2,30}{4\pi d} = \frac{0,183}{d} \quad (2)$$

**Avec :** d = Δ(s/Q), la pente de la droite d'ajustement obtenue pour s/Q = f(t) ; Q (m<sup>3</sup>/s) le débit de pompage constant, s (m) le rabattement, t (min) le temps

Le coefficient de perméabilité (K) est déduit de la transmissivité par la formule utilisée par Alassane (2004):

$$K = \frac{T}{LC} \quad (3)$$

**Avec :** K (m/s) le coefficient de perméabilité ; T (m<sup>2</sup>/s) la transmissivité ; LC (m) la longueur de la crépine, c'est-à-dire l'épaisseur d'aquifère captée.

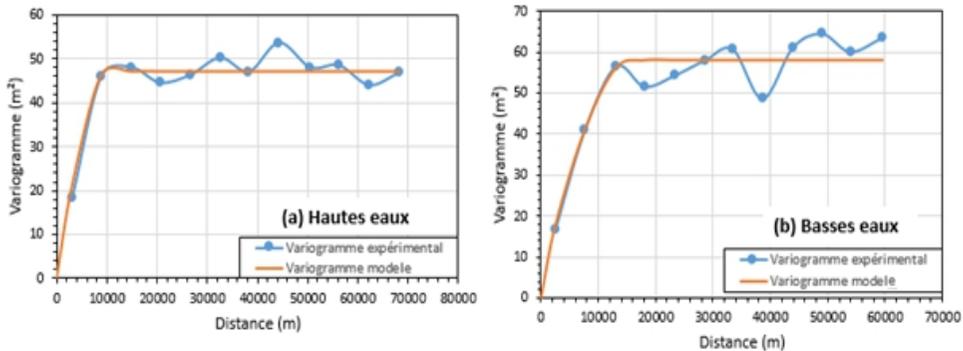
Les coefficients d'emménagement n'ont pas été calculés, car les données ne sont disponibles qu'au niveau des ouvrages en pompage.

## **Cartographie de la profondeur et de la piézométrie de la nappe** **Cartographie de la profondeur de la nappe**

Le processus de réalisation des cartes de niveaux statiques peut être décliné comme suit. Les niveaux statiques (NS) ont été mesurés dans 404 et 408 puits (à grand diamètre) respectivement en période des hautes eaux (août 2016) et en période des basses eaux (avril 2017), en prenant d'abord la profondeur de l'eau par rapport à la margelle du puits avec une sonde piézométrique, puis en soustrayant la hauteur de cette margelle. Les coordonnées géographiques (X et Y) de ces puits ont été également relevées avec un GPS.

Pour le tracé des courbes d'égal niveau statiques, la méthode d'interpolation choisie est le krigeage, car les résultats peuvent être contrôlés avec les variogrammes des distances. D'après Matheron (1965), le

variogramme théorique n'est représentatif du variogramme empirique qu'au voisinage de l'origine. Le modèle sphérique est celui qui s'ajuste le mieux à nos valeurs de niveaux statiques pour les deux saisons de mesures (Figure 6). Au niveau des variogrammes (Figure 6), la distance maximale de corrélation entre les points (portée) pour les basses eaux (15 500 m) est supérieure à celle de corrélation pour les hautes eaux (10 000 m). Cette différence s'expliquerait par le fait que les niveaux d'eau ne sont pas perturbés par les précipitations pendant les basses eaux.



**Figure 6.** Variogrammes des distances ajustés pour les niveaux statiques avec a: Hautes eaux et b: Basses eaux. Il est à noter que les variogrammes ne présentent pas de saut abrupt à l'origine (effet de pépite) perceptible, cela indique une bonne corrélation entre couples de valeurs prises en deux sites très proches. Autrement dit, il y a une grande ressemblance entre les valeurs de niveaux statiques régionalisées très voisins.

Les formules du modèle sphérique d'ajustement pour les deux périodes (hautes et basses eaux) sont les suivantes:

- pour les hautes eaux

$$\begin{cases} \gamma_{HE}(h) = 47 * \left[ 1,5 * \left( \frac{h}{10000} \right) - 0,5 * \left( \frac{h^3}{10000^3} \right) \right] & \text{si } 0 < h \leq 10000 \\ \gamma_{HE}(h) = 47 & \text{si } h > 10000 \end{cases} \quad (4)$$

- pour les basses eaux

$$\begin{cases} \gamma_{BE}(h) = 5 + 53 * \left[ 1,5 * \left( \frac{h}{15500} \right) - 0,5 * \left( \frac{h^3}{15500^3} \right) \right] & \text{si } 0 < h \leq 15500 \\ \gamma_{BE}(h) = 58 & \text{si } h > 15500 \end{cases} \quad (5)$$

avec  $h$  la distance entre deux points,  $\gamma_{HE}(h)$  le variogramme modèle des hautes eaux et  $\gamma_{BE}(h)$  celui des basses eaux, 10 000, la portée (en m) du variogramme des hautes eaux et 15 500 la portée (en m) du variogramme des basses eaux.

Etant donné que l'ajustement du variogramme est priorisé sur la première partie du graphique (portée du variogramme), les critères d'appréciation de l'ajustement peuvent être calculés en considérant les valeurs du variogramme des distances situées dans cette première partie. Le premier critère utilisé pour évaluer la pertinence de l'ajustement du variogramme est

le coefficient de Nash NSE (Nash-Sutcliffe Efficiency) (Nash et Sutcliffe, 1970) utilisé par Lawin (2007) et le RSR (RMSE observations Standard deviation Ratio) (Moriasi *et al.*, 2007) utilisé par Gbewezoun (2017), tels que ;

$$NSE = 1 - \left[ \frac{\sum_{i=1}^n (Y_i^{obs} - Y_i^{cal})^2}{\sum_{i=1}^n (Y_i^{obs} - \bar{Y}^{obs})^2} \right] \quad \text{et} \quad (6)$$

$$RSR = \frac{RMSE}{STDEV_{obs}} = \frac{\sqrt{\sum_{i=1}^n (Y_i^{obs} - Y_i^{cal})^2}}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (Y_i^{obs} - \bar{Y}^{obs})^2}} \quad \text{avec} \quad RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (Y_i^{obs} - Y_i^{cal})^2} \quad (7)$$

$Y_i^{obs}$  est la ième observation pour le constituant évalué,  $Y_i^{cal}$  est la ième valeur estimée pour le constituant évalué,  $\bar{Y}^{obs}$  est la moyenne des données d'observation pour le constituant évalué et  $n$  le nombre total d'observation. Il faut noter que dans le cas de cette étude le constituant évalué est soit le variogramme, l'altitude, le niveau statique de l'eau ou le niveau piézométrique de la nappe.

L'intérêt du RSR est qu'il normalise le RMSE (Root Mean Square Error (erreur quadratique moyenne) par l'écart type des constituants concernés (Moriasi *et al.*, 2007). Les valeurs des critères de comparaison des variogrammes expérimentaux avec ceux modélisés sont présentées dans le tableau 1.

**Tableau 1.** Paramètres de comparaison des valeurs des variogrammes brutes avec celles des modèles pour les niveaux statiques

Période	NSE	RSR
Hautes eaux (août 2016)	0,90	0,29
Basses eaux (avril 2017)	0,87	0,33

Pour comparer les valeurs des niveaux statiques mesurées avec celles estimées par krigeage, nous avons également utilisé le coefficient de Nash et le RSR comme présenté dans le tableau 2. Ces valeurs remplissant aussi les conditions de Moriasi *et al.* (2007) ( $0,75 < NSE \leq 1$  et  $0 \leq RSR \leq 0,50$ ), indiquent que les niveaux statiques sont très bien estimées aux points de mesure par la méthode d'interpolation choisie.

**Tableau 2,** Valeurs des paramètres de comparaison des valeurs de niveaux statiques mesurées avec celles estimées par krigeage

Période	NSE	RSR
Hautes eaux (août 2016)	0,92	0,28
Basses eaux (avril 2017)	0,90	0,31

Les cartes d'écarts types d'estimation ainsi que les droites de corrélation entre les niveaux statiques mesurés et ceux estimés sont présentés

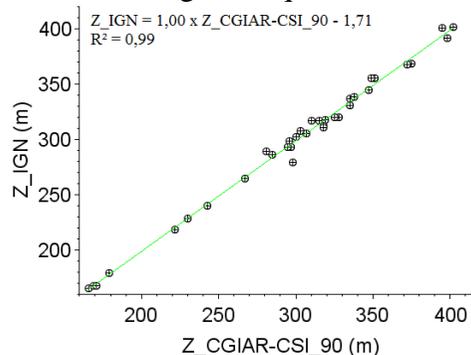
sous forme de cartouches sur les cartes des figures 10 et 11, avec leur coefficient de détermination  $R^2$  respectif.

### Cartographie de la piézométrie de la nappe

L'établissement des cartes piézométriques a été entrepris en trois étapes: la détermination des altitudes des points de mesure, le calcul des niveaux piézométriques et l'interpolation des niveaux piézométriques calculés.

#### Détermination des altitudes des points de mesure

Le niveau piézométrique est le niveau statique rapporté au niveau 0 moyen de la mer. Dans l'impossibilité de niveler tous nos points de mesure et étant donnée la faible précision des altitudes  $Z$  relevées par le GPS sur le terrain, il a été procédé à leur détermination en utilisant l'équation de Gbewezoun (2017). Cette équation a été établit à travers une corrélation effectuée entre des valeurs d'altitude des bornes géodésiques de l'IGN Bénin (Figure 7) se trouvant à l'intérieur et à proximité de la zone d'étude, et des valeurs d'altitudes de ces bornes géodésiques extraites d'un Modèle



**Figure 7.** Droite de corrélation entre les altitudes de l'IGN et celles de la source CGIAR-CSI v4.1 90m x 90m , <ftp://srtm.csi.cgiar.org> (Gbewezoun, 2017)

Numérique de Terrain (MNT) CGIAR-CSI v4.1 (MNT de résolution spatiale 90m x 90m, téléchargé sur le site <ftp://srtm.csi.cgiar.org> déjà rapporté plus haut). De plus, les résultats des travaux de Rexer et Hirt (2014), stipulent que le MNT issu de CGIAR-CSI à une meilleure précision comparativement aux MNT d'autres sources appliquées à des points de référence en Australie.

Gbewezoun (2017) a utilisé l'équation qu'il a établi pour réaliser le MNT de la zone d'étude présenté sur la figure 1. La figure 7 présente la droite de corrélation entre les altitudes  $Z$  (en m) de l'IGN et les altitudes  $Z_{CGIAR-CSI-90}$  (en m) du MNT choisi. L'équation de cette droite est (Gbewezoun, 2017):

$$Z = 1,00 \times Z_{CGIAR-CSI-90} - 1,71 \quad (8)$$

C'est cette équation qui a été utilisée pour estimer les altitudes de nos points de mesure dans notre zone d'étude.

En outre, seuls quelques points de cours d'eau ont pu être mesurés sur le terrain, essentiellement dans la portion aval de la Sota, l'accès à ce cours d'eau et ses affluents majeurs vers l'amont n'ayant pas été possible (zone de forêt ou inhabitée). Or, les coupes hydrogéologiques de la figure 9 montrent que les vallées de ces cours d'eau (Sota et ses affluents majeurs) interceptent la surface de la nappe phréatique étudiée, tendant à confirmer l'existence d'une interconnexion hydraulique entre la nappe et ces plans d'eau de surface, comme invoqué déjà par Kpegli *et al.* (2015). En conséquence, pour améliorer la précision des cartes à établir, les points d'eau de surface reconnus sur le terrain ont été complétés par quelques points récupérés le long de ces cours d'eau, à partir de la source d'altitude utilisée pour estimer les altitudes des points de mesures des niveaux statiques (Figure 6).

### Calcul des niveaux piézométriques

Pour le calcul des niveaux piézométriques  $NP$  (en m) des points de mesure de niveaux statiques, nous avons pris en compte les altitudes  $Z$  (en m) de ces points déterminées à partir de la formule suivante:

$$NP = Z - NS_{/sol} \quad (9)$$

En intégrant (8) dans (9) et en remplaçant  $Z$  par sa valeur, (9) devient :

$$NP = (1,00 \times Z_{CGIAR-CSI-90} - 1,71) - NS_{/sol} \quad (10)$$

Avec  $NP$  (m) le niveau piézométrique ;  $Z$  (m) l'altitude estimée du point de mesure;  $Z_{CGIAR-CSI-90}$  (m) est la valeur de l'altitude du point de mesure provenant du MNT de la source CGIAR-CSI v4.1 90m x 90m et  $NS_{/sol}$  (m) le niveau statique mesuré par rapport au sol.

### Interpolation des niveaux piézométriques

La procédure d'interpolation des niveaux piézométriques est la même que celle utilisée plus haut pour les niveaux statiques. Trois différentes interpolations ont été réalisées qui ont permis d'établir trois cartes piézométriques, à savoir celle des hautes eaux (août 2016), celle des basses eaux (avril 2017) et celle correspondant aux niveaux piézométriques moyens (entre les hautes eaux de 2016 et les basses eaux de 2017). Les variogrammes des trois interpolations sont présentées sur la figure 8.

Le modèle *Puissance* est celui qui s'ajuste le mieux à nos valeurs de niveaux piézométriques. Les formules d'interpolation correspondantes aux trois cas de figure dans le cas présent sont les suivantes :

- pour les hautes eaux

$$\gamma_{HE}(h) = 110 + 5,15 \times 10^{-04} \times h^{1,4} \quad (11)$$

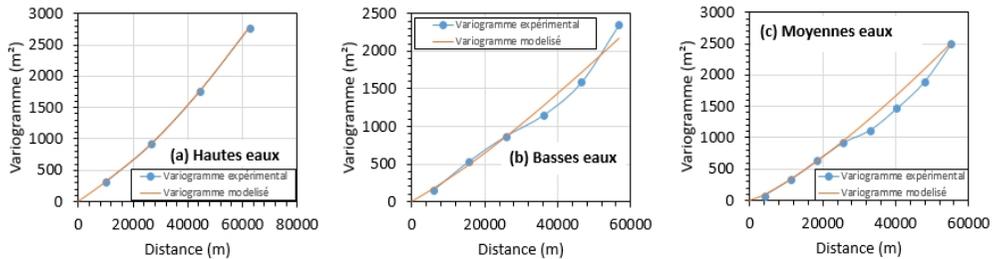
- pour les basses eaux

$$\gamma_{BE}(h) = 30 + 4,24 \times 10^{-03} \times h^{1,2} \quad (12)$$

- pour les moyennes eaux

$$\gamma_{ME}(h) = 2,39 \times 10^{-03} \times h^{1,27} \quad (13)$$

Avec  $h$  la distance entre deux points,  $\gamma_{HE}(h)$  le variogramme modèle pour les hautes eaux,  $\gamma_{BE}(h)$  celui pour les basses eaux et  $\gamma_{ME}(h)$  celui pour les moyennes eaux.



**Figure 8.** Variogrammes des distances ajustés pour les niveaux piézométriques de hautes eaux (a), basses eaux (b) et moyennes eaux (c)

Le tableau 3 présente les valeurs des paramètres de comparaison calculés pour les variogrammes relatifs aux niveaux piézométriques.

**Tableau 3.** Valeurs des paramètres de comparaison des variogrammes bruts et des modèles pour les niveaux piézométriques

Période	NSE	RSR
Hautes eaux (août 2016)	0,99	0,06
Basses eaux (avril 2017)	0,98	0,13
Moyennes eaux	0,97	0,15

Les paramètres de comparaison des valeurs de niveaux piézométriques mesurés avec celles estimées par krigeage et ceux d'analyse des incertitudes d'estimation sont reportés dans le tableau 4.

**Tableau 4.** Valeurs des paramètres de comparaison des valeurs de niveaux piézométriques mesurées et celles estimés par krigeage

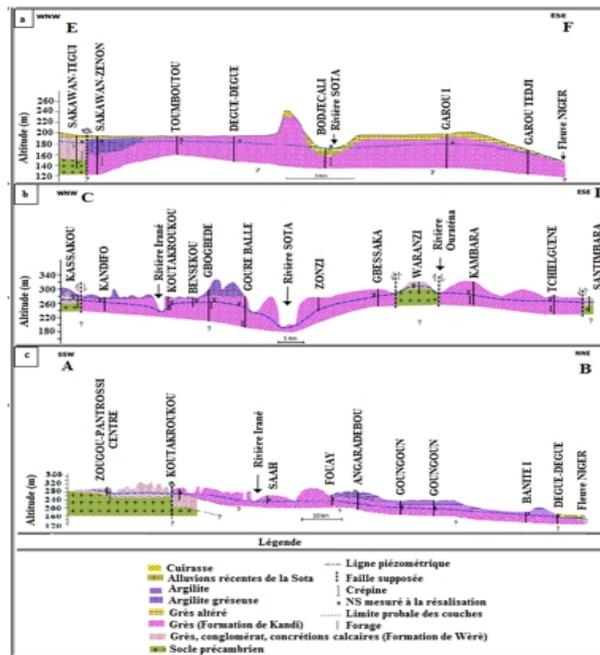
Période	NSE	RSR
Hautes eaux (août 2016)	0,99	0,10
Basses eaux (avril 2017)	0,99	0,06
Moyennes eaux	0,99	0,03

Les cartes d'écarts types d'estimation, ainsi que les droites de corrélation entre les niveaux piézométriques mesurés et ceux estimés, sont présentés sous forme de cartouches sur les cartes des figures 13, 14 et 15, avec leur coefficient de détermination  $R^2$  respectif.

## Résultats

### Identification lithostratigraphique de l'aquifère superficiel

A l'échelle du BSK, pour identifier l'aquifère phréatique, trois (03) corrélations lithostratigraphiques ont été effectuées sur, environ, les 80 premiers mètres d'épaisseur du bassin traversés par les ouvrages existants, dont deux suivant la direction WNW-ESE (coupe CD au Sud et coupe EF au Nord) et la troisième suivant la direction SSW-NNE (coupe AB). Les traits de coupe suivant lesquelles ces corrélations ont été faites sont indiqués sur la figure 5. Les coupes hydrogéologiques obtenues sont présentées sur la figure 9. Elles mettent en évidence les différentes couches traversées par les forages. La couche la plus ancienne est composée de conglomérats et grès. Elle correspondrait à la Formation de Wèrè décrite plus haut. Elle affleure au Sud du bassin à la faveur d'un horst et repose directement sur le socle précambrien. Cette première couche est surmontée dans la plus grande partie du bassin par une couche de grès plus ou moins argileux correspondant vraisemblablement au premier sous-ensemble de la Formation de Kandi. Elle est à son tour surmontée par endroits par une couche d'argilite gréseuse épaisse de 40 m maximum, qui correspondrait au second sous-ensemble de la Formation de Kandi. Vers le Sud, dans la vallée du Niger et du cours aval de la Sota, affleure une dernière couche correspondant aux alluvions des deux fleuves (Figure 12). Elle semble reposer directement sur la Formation de Kandi. Alors que l'épaisseur de ces différentes couches identifiées augmente du Sud du bassin vers le Nord, les couches correspondant à la Formation de Sendé et au CT sont d'extension négligeable et apparaissent très peu ou pas sur les coupes. Du point de vue hydrogéologique, il apparaît clairement que c'est la couche correspondant à la Formation de Kandi qui est la plus largement traversée par les forages d'exploitation. Elle constitue l'essentiel de l'aquifère phréatique exploité (Figure 12). Mais vers l'Ouest et le Sud du bassin, où la Formation de Wéré est affleurante (Figure 11 et 12), c'est cette dernière qui est reconnue par les forages et qui constitue l'aquifère phréatique. En raison de la faiblesse de son épaisseur (25 m environ en moyenne), la nappe phréatique de la couche des alluvions ne semble pas être captée par les forages (Figure 12). En effet, ils la traversent complètement pour aller capter la nappe de la Formation de Kandi sous-jacente. Dans tous les cas, on observe une interconnexion hydraulique latérale et verticale entre les différents aquifères du système étudié. Donc, tout se passerait dans l'ensemble, sur le plan hydrodynamique, comme si on avait à faire à un aquifère unique, à nappe libre.



**Figure 9.** Coupes hydrogéologiques du bassin sédimentaire de Kandi suivant la direction WNW-ESE (coupes CD et EF de la Figure 5) et la direction SSW-NNE (coupe AB de la figure 5)

### Paramètres hydrodynamiques de l'aquifère superficiel

Les paramètres hydrodynamiques calculés pour l'aquifère superficiel identifié ci-dessus sont la transmissivité et le coefficient de perméabilité ou conductivité hydraulique, à partir des données issues des pompages de courte durée et de longue durée. Pour les pompages d'essai de courte durée, les résultats obtenus sont reportés dans le tableau 5.

**Tableau 5.** Paramètres calculés à partir des données de courte durée

Ville	Localité	T (m <sup>2</sup> /s)	Longueur Crépine LC (m)	K (m/s)
Gogounou	Borodarou	2,99E-05	8,87	3,37E-06
Ségbana	Guenelaga	1,96E-04	11,9	1,64E-05
Ségbana	Owode II	2,99E-04	8,88	3,37E-05
Ségbana	Goure-Kie	3,51E-04	11,87	2,95E-05
Kandi	Angaradebou Gando	3,91E-04	11,9	3,29E-05
Ségbana	Labari II	4,71E-04	8,9	5,29E-05
Kandi	Zanloa	7,70E-04	26,55	2,90E-05
Ségbana	Goure-Kani	1,69E-03	5,95	2,85E-04

Les valeurs de transmissivité sont de l'ordre de 10<sup>-4</sup> dans l'ensemble sauf pour les essais de la localité de Borodarou (10<sup>-5</sup>) et de celle de Goure-Kani (10<sup>-3</sup>). Celles du coefficient de perméabilité sont de l'ordre de 10<sup>-5</sup> dans l'ensemble, à l'exception des essais des mêmes localités de Borodarou (10<sup>-6</sup>) et de Goure-Kani (10<sup>-4</sup>). Les valeurs de transmissivité obtenues sont



relativement faibles, ce qui n'est pas surprenant quand on sait que de faibles épaisseurs d'aquifère sont crépinées pour l'AEP d'hydraulique villageoise.

En ce qui concerne les pompages de longues durées, les résultats obtenus pour les deux paramètres sont consignés dans le tableau 6. Les valeurs de transmissivité sont de l'ordre de  $10^{-2}$  pour les deux forages concernés. Celles du coefficient de perméabilité sont respectivement de  $10^{-4}$  et de  $10^{-3}$ . Les valeurs de transmissivité sont de loin plus élevées car, contrairement au cas précédent, il s'agit ici de forages d'AEP d'hydraulique urbaine, qui sont crépinés sur une importante épaisseur d'aquifère. Les valeurs de conductivité hydraulique sont par contre relativement proches des précédentes, ce qui n'est pas surprenant, car elles ne sont pas dépendantes de l'épaisseur captée.

Au total, les valeurs de paramètres hydrauliques calculés avec les données d'essais de longues durées sont plus proches de la réalité, même si elles demandent à être densifiées et bien réparties pour être véritablement représentatives du système aquifère étudié.

**Tableau 6.** Transmissivité calculée à partir des données de longue durée

Ville	Forage	Q (m <sup>3</sup> /h)	T(m <sup>2</sup> /s)	Longueur Crépinée LC (m)	K (m/s)
Malanville	F1_A_SE1	23	3,08E-02	23,76	1,30E-03
Malanville	F3_B_SE5	23	1,17E-02	28,31	4,13E-04

## **Profondeur de la nappe phréatique et piézométrie**

### **Cartes de profondeur de la nappe phréatique**

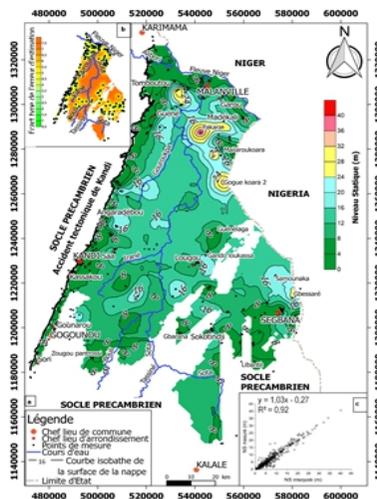
Les cartes en courbes d'égale profondeur de la surface de la nappe obtenues pour les deux saisons sont présentées sur les figures 10 et 11. Il ressort de ces cartes que les NS varient de 0 à environ 40 m, les deux saisons confondues. En période des hautes eaux (Figure 10), les niveaux statiques les plus faibles, inférieurs à 10 m notamment, se rencontrent fréquemment dans la moitié sud du bassin et, de façon systématique, sur ses bordures nord (dans les environs du fleuve Niger) et ouest. Les NS moyens, compris entre 10 et 20 m, se rencontrent dans la zone centrale du bassin. Les NS les plus élevés, supérieurs à 20 m, se trouvent essentiellement vers l'extrême nord-est du bassin, sur une petite bande de terrain orientée NNW-SSE, s'étendant du Sud de la localité de Tomboutou à celle de Gogué Koara 2.

En période des basses eaux (Figure 11), la même distribution spatiale des NS s'observe, mais à la différence que les zones de valeurs faibles, inférieures à 10 m, sont drastiquement réduites. Les NS, qui ont sensiblement augmenté, sont supérieurs à 10 m dans la quasi-totalité de la superficie du bassin. En outre, on note l'apparition d'un nouveau secteur de fortes valeurs de NS à l'Est de la localité d'Angaradébou, au niveau de certains points qui n'avaient pas été mesurés au cours de la campagne des hautes eaux d'août 2016.

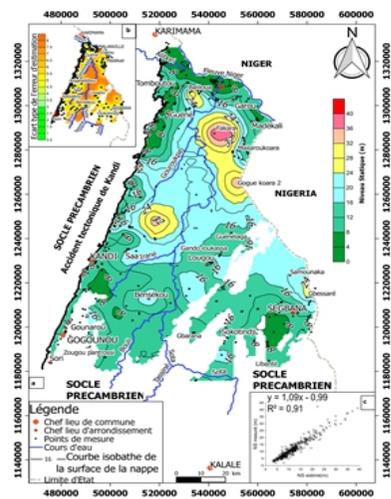
## Hauteurs de battement de la nappe phréatique

Les niveaux statiques (NS) ont été mesurés dans 404 et 408 puits respectivement en période des hautes eaux (août 2016) et en période des basses eaux (avril 2017). Mais, en tout 318 puits ont été concernés par les mesures durant les deux périodes. La figure 12 présente la carte de distribution spatiale de variation de niveau de la nappe superficielle dans ces puits entre les mois d'août 2016 et avril 2017. Il en ressort que les NS ont connu une diminution dans 291 puits (soit 91,51%), une augmentation dans 24 puits (soit 7,55%) et sont restés constants dans 3 puits (soit 0,94%) localisés dans les villes de Malanville (au Nord) et de Ségbana (au Sud-Est).

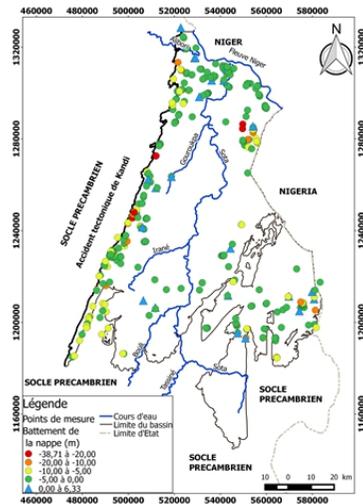
La diminution de niveau est majoritairement comprise entre 0 et 5 m, mais peut, dans certains puits, atteindre et dépasser 10 m voire, exceptionnellement, 20 et 30 m. Les diminutions de niveau supérieures à 5 m concernent les puits situés dans les zones bordières méridionales et occidentales du bassin, aux abords du socle cristallin et cristallophyllien, c'est-à-dire, comme on le verra plus loin dans la suite, au niveau des zones de recharge de la nappe. Les stagnations et les remontées de niveaux se sont produites dans un nombre limités de puits situés, essentiellement, dans les zones de décharge de la nappe, c'est-à-dire les secteurs extrêmes nord et sud-est du bassin.



**Figure 11.** Carte bathymétrique de la surface de la nappe phréatique du bassin sédimentaire de Kandi (août 2016, période des hautes eaux)



**Figure 10.** Carte bathymétrique de la surface de la nappe phréatique du bassin sédimentaire de Kandi (avril 2017, période des basses eaux)



**Figure 12.** Carte de battement de la nappe phréatique du bassin sédimentaire de Kandi (2016-2017)

### Cartes piézométriques

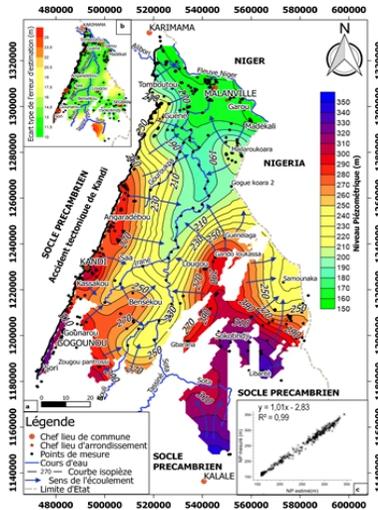
Bien que, pour l'essentiel, deux réservoirs d'eau souterraine (FW et FK) aient été identifiés dans le BSK, il est montré plus haut que ces deux réservoirs, en contact direct l'un et l'autre (Figure 4), formeraient un tout sur le plan hydrogéologique. Il existerait, par conséquent, une interconnexion hydraulique latérale et verticale entre les deux aquifères en présence et leurs surfaces piézométriques s'équilibrent pour former une seule et même surface (Figure 9). Tout se passe donc sur le plan hydrodynamique comme si l'on avait à faire à un aquifère unique, à nappe libre. C'est cette nappe qui a fait l'objet de la présente cartographie piézométrique.

Les cartes piézométriques dressées sont présentées sur les figures 13, 14 et 15. Elles montrent toutes que l'écoulement de la nappe phréatique étudiée tend à s'opérer de façon générale du Sud vers le Nord pour se décharger dans la vallée du Niger, et ceci, conformément au pendage régional des couches (Figures 4, 9b et 9c). Mais, les dépressions liées au réseau hydrographique de la Sota et ses affluents et à la structuration tectonique du bassin en demi-graben à géométrie synclinale, structuration ayant contrôlé étroitement les directions des apports sédimentaires (Konaté et al., 2006), font que cet écoulement échappe au contrôle strict par le pendage régional NNE (Figure 9c) des couches. Ainsi, on distingue des zones de recharge de la nappe localisées sur les bordures sud et ouest du bassin et des zones de drainage à forts gradients (4,3 ‰) d'une part, constituées par les vallées de la Sota et ses affluents à l'intérieur du bassin et, d'autre part, une zone de drainage à faibles gradients (2,8 ‰), constituée par le secteur de la vallée du Niger et du cours aval de la Sota, c'est-à-dire le secteur extrême-nord du bassin. On note

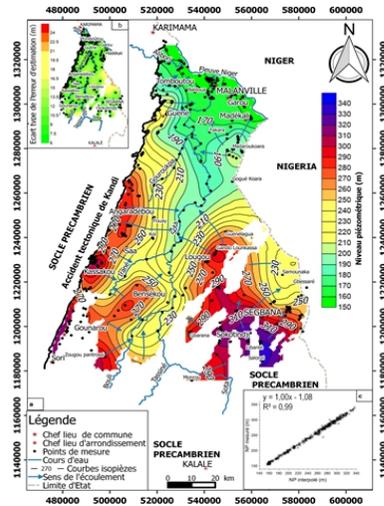
toutefois la présence d'un dôme piézométrique centré sur la localité de Mailaroukoara vers l'extrême nord-est, et une dépression piézométrique centrée sur la localité de Samounaka au Sud-Est, les deux débordant sur le territoire nigérian. Les NP varient d'environ 310 m au Sud à 150 m au Nord pour les hautes eaux et d'environ 300 m au Sud à 150 m au Nord pour les basses eaux. Comme déjà signalé plus haut, le battement de la nappe est donc remarquable au Sud où il peut atteindre une dizaine de mètres, mais n'est que de quelques mètres au Nord dans la zone de décharge.

Par ailleurs, les cartes produites révèlent, selon la classification de Castany (1982) utilisée par Gbewezoun (2017), trois types principaux d'écoulement souterrain dans le BSK: (i) le type à module d'espacement décroissant (resserrement des isopièzes), traduisant un profil piézométrique parabolique, si bien que l'écoulement est non uniforme et le débit unitaire décroissant: c'est le type observé dans les zones de recharge, à l'Ouest et au Sud du bassin; (ii) le type à module d'espacement croissant, traduisant un profil piézométrique hyperbolique, si bien que l'écoulement est non uniforme et le débit unitaire croissant: c'est le type observé dans les zones de décharge de la nappe, c'est-à-dire dans les vallées de la Sota et du Niger ; (iii) le type à module d'espacement constant, traduisant un profil piézométrique linéaire, si bien que l'écoulement est uniforme et le débit unitaire constant: c'est le type observé sur les flancs des dépressions localisées entre les deux zones précédentes, c'est-à-dire dans les zones d'écoulement entre les lieux de recharge et ceux de drainage de la nappe.

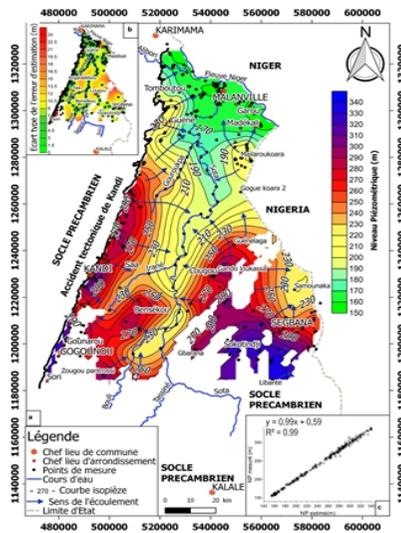
Enfin, il faut préciser que le grand écartement des isopièzes (faible gradient hydraulique) vers la vallée du Niger et le cours aval de la Sota, traduirait une augmentation locale de la perméabilité de l'aquifère et/ou un aplatissement géomorphologique du terrain (Alassane, 2004).



**Figure 13.** Carte piézométrique de la nappe du bassin sédimentaire de Kandi (août 2016, période des hautes eaux)



**Figure 14.** Carte piézométrique de la nappe phréatique du bassin sédimentaire de Kandi (avril 2017, période des basses eaux)



**Figure 15.** Carte d'isovaleurs des moyennes de niveaux piézométriques mesurés durant la période des hautes eaux (août 2016) et ceux mesurés durant la période des basses eaux (avril 2017) du bassin sédimentaire de Kandi (période des moyennes eaux)

## Synthèse et discussion

Plusieurs formations hydrogéologiques composent le BSK qui sont de bas en haut, la Formation de Wèrè, la Formation de Kandi, la Formation de Sendé, la Formation siderolithique dite du Continental Terminal et les alluvions du Quaternaire. Mais seules les deux premières couvrent l'entièreté, ou presque, du bassin. La FS et le CT sont peu épais, latéralement peu étendus et hydrogéologiquement dénoyés, donc stériles. Le Quaternaire est également

peu épais et ne semble être saturé que sur une faible épaisseur. Quant à la Formation de Wèrè, même si elle constitue l'essentiel du remplissage du BSK, elle n'est captée directement par les forages d'exploitation existants que sur ses bordures ouest et sud où elle affleure. C'est donc la nappe de la formation supérieure dite de Kandi qui semble être fréquemment exploitée. Toutefois, il n'est pas exclu que certains au moins de ces forages traversent entièrement cette formation, dont l'épaisseur n'est en moyenne que de 75 m, pour aller capter en fait le sommet de la Formation de Wèrè. Dans tous les cas, il est difficile de faire la part entre les nappes des deux formations, celles-ci étant, semble-t-il, en interconnexion, voire en continuité et en équilibre hydraulique, même si les réservoirs sont rendus hétérogènes aussi bien par des variations de faciès que par des discontinuités d'origine tectonique. Tout se passerait donc comme s'il s'agissait d'un seul et même aquifère. Dans ce contexte, seules des études chimiques et/ou isotopiques, qui sont en cours, pourraient contribuer à faire la part entre les deux eaux souterraines.

L'évaluation des paramètres hydrodynamiques de l'aquifère a été esquissée avec une quantité très limitée de données de pompages d'essai de courtes et longues durées. Les valeurs de transmissivité obtenues avec les données de pompage de courtes durées sont relativement faibles, ce qui n'est pas surprenant quand on sait que de faibles épaisseurs d'aquifère sont crépinées pour l'hydraulique villageoise. Les valeurs de paramètres hydrauliques calculés avec les données d'essais de longues durées devraient être plus proches de la réalité, même si elles demandent à être densifiées et spatialement bien réparties pour être véritablement représentatives du système aquifère étudié, système qui, du reste, ne peut pas être considéré comme homogène aussi bien verticalement que latéralement.

La fiabilité des cartes de profondeur de la nappe et piézométriques établies dépend de la précision des mesures de terrain, mais aussi de la validité des interpolations effectuées, les points de mesures n'ayant pas pu être tous nivelés directement sur le terrain. En outre, une vérification, par des mesures directes sur le terrain, dès que l'accès sera possible, des niveaux piézométriques estimés sur la portion amont du fleuve Sota et ses affluents avec la source d'altitude (CGIAR-CSI v4.1 90m x 90m) retenue pour les calculs des altitudes, est nécessaire. De ce point de vue, les résultats de l'étude des échanges entre la nappe phréatique et les cours d'eau du bassin par les méthodes chimiques et isotopiques en cours seront utiles. Malgré toutes les réserves émises ci-dessus, les cartes piézométriques élaborées dans le cadre de la présente étude devraient être plus fiables que celles, antérieures, de Turkpak International-SCET-Tunisie (1991) et de Kpegli *et al.* (2015), en raison de la densité, de loin plus élevée, des sites de mesures et de l'approche d'interpolation des données par krigeage adoptée, approche statistique qui offre en effet une possibilité de contrôle des résultats des calculs. Par ailleurs,

le drainage par le fleuve Niger de l'aquifère superficiel de la portion béninoise du grand bassin de l'Iullemeden mise en évidence par les cartes produites, avait été également ressorti par la carte piézométrique de la portion du bassin située sur la rive gauche du fleuve, établie par OSS en 2008. Ce drainage de l'aquifère par les eaux de surface s'observe aussi au niveau du bassin du lac Tchad où le lac et ses tributaires sont alimentés par l'aquifère sous-jacent comme le montre la carte piézométrique réalisée par BGR en 2009.

Aux fins d'implantation des forages d'exploitation à partir des cartes piézométriques établies, trois types hydrodynamiques peuvent être pris en considération selon la classification de Castany (1982), utilisée par Gbewezoun (2017): (i) le type favorable à l'implantation de forages d'exploitation, correspondant aux secteurs de décharge de la nappe (vallée du Niger et partie aval de la vallée de la Sota notamment) ; (ii) le type moyennement favorable, correspondant aux flancs des dépressions, donc les zones d'écoulement entre les zones de recharge et celles de drainage de la nappe ; (iii) le type peu favorable à défavorable à l'implantation des forages, correspondant aux secteurs de recharge de la nappe, c'est-à-dire les extrémités ouest et sud du bassin ; en effet, ces zones de recharge peuvent se vider partiellement, voire s'assécher durant la période d'étiage.

### **Perspectives**

Les paramètres hydrodynamiques du BSK évalués, qui restent à être densifiés et bien distribués spatialement, joints aux cartes de profondeur de la nappe et piézométriques établies, peuvent orienter l'implantation des ouvrages d'approvisionnement en eau potable des populations du bassin. Associées à une future carte de la puissance de l'aquifère, ces informations peuvent servir de base à des projets ultérieurs de modélisation hydrodynamique du système hydrogéologique étudié. Au total, tous ces résultats constituent un puissant support d'aide à la décision pour les autorités du secteur de l'eau au Bénin et, de ce fait, contribuent notablement à l'atteinte des Objectifs de Développement Durable (ODD) de l'Organisation des Nations Unies dans le sous-secteur de l'approvisionnement en eau potable.

### **Conclusion**

La présente étude apporte un éclairage sur l'hydrogéologie de la partie superficielle du système aquifère du BSK, notamment sur la nappe phréatique exploitée par les forages d'hydraulique villageoise existants sur le terrain. Les résultats montrent que, des cinq formations géologiques constitutives de BSK, seules les deux de base (Formation de Wèrè et Formation de Kandi) servent de réservoirs aux eaux souterraines. Les trois formations les plus récentes (Formation de Sendé, Formation du Continental Terminal et Formation

alluviale du Quaternaire) sont pour l'essentiel dénoyées ou presque, donc stériles ou quasi-stériles.

Les valeurs de transmissivité de cet aquifère superficiel obtenues sont, dans l'ensemble, de l'ordre de  $10^{-4}$  s'agissant des pompages d'essai de courte durée, et de l'ordre de  $10^{-2}$  s'agissant des pompages de longues durées. Quant aux valeurs de coefficients de perméabilité, elles sont de l'ordre de  $10^{-5}$  dans l'ensemble s'agissant des pompages d'essai de courtes durées, et de  $10^{-4}$  à  $10^{-3}$  s'agissant des pompages de longues durées. Les valeurs des paramètres hydrauliques calculés avec les données d'essais de longues durées sont susceptibles d'être plus proches de la réalité, mais elles nécessitent d'être densifiées et spatialement bien réparties pour être véritablement représentatives du système aquifère étudié, système qui présente, en effet, une certaine hétérogénéité liée aux variations de faciès et aux discontinuités tectoniques.

Les cartes de profondeur de la nappe dressées pour la nappe phréatique objet de la présente étude, montrent que les NS varient de 0 à environ 40 m, les deux saisons confondues. En période des hautes eaux, les niveaux statiques les plus faibles, inférieurs à 10 m notamment, se rencontrent fréquemment dans la moitié sud du bassin et, de façon systématique, sur ses bordures ouest d'une part, nord (dans les environs du fleuve Niger) d'autre part. Les NS moyens, compris entre 10 et 20 m, se retrouvent dans la zone centrale du bassin. Les NS les plus élevés, supérieurs à 20 m, caractérisent, essentiellement, une petite bande de terrain orientée NNW-SSE à l'extrême nord-est du bassin, qui s'étend du Sud de la localité de Tomboutou à celle de Gogué Koara 2. En période des basses eaux, la même distribution spatiale des NS s'observe, à la différence que les zones des faibles valeurs, inférieures à 10 m, sont drastiquement réduites, si bien que les NS, qui ont sensiblement augmenté, sont supérieurs à 10 m dans la quasi-totalité de l'étendue du bassin.

Les cartes piézométriques établies montrent que l'écoulement de la nappe phréatique étudiée tend à s'opérer, de façon générale, du Sud vers le Nord, conformément au pendage régional des couches. Mais, les dépressions liées au réseau hydrographique de la Sota et ses affluents et la structuration tectonique du bassin ayant contrôlé étroitement les directions des apports sédimentaires, font que cet écoulement échappe au contrôle strict par le pendage régional nord à NNE des couches géologiques. Ainsi, on distingue des zones de recharge de la nappe, localisées sur les bordures sud et ouest du bassin, et deux zones de drainage, l'une, à fort gradient hydraulique (4,3 ‰) et interne au bassin, correspond aux vallées de la Sota et de ses affluents et l'autre, à faible gradient hydraulique (2,8 ‰), correspond à la bordure nord du bassin, c'est-à-dire à la vallée du fleuve Niger (rive sud) et du cours aval de la Sota. Les NP varient d'environ 310 m au Sud à 150 m au Nord pour les hautes eaux et d'environ 300 m au Sud à 150 m au Nord pour les basses et moyennes



eaux. Le battement de la nappe est donc remarquable au Sud, où il peut atteindre et dépasser une dizaine de mètres, mais il n'est plus que de quelques mètres au Nord dans la zone de décharge de la nappe.

### **Remerciements**

Ce travail a été réalisé grâce aux données, aux travaux de terrain et aux appuis financiers de sources diverses. Les auteurs remercient la Direction Générale de l'Eau (DG-Eau) et les Services Eau des départements de l'Alibori et du Borgou, la Société Nationale des Eaux du Bénin (SONEB), l'Institut Géographique National du Bénin (IGN Bénin), l'Agence International pour l'Energie Atomique (AIEA), l'Observatoire du Sahara et du Sahel (OSS) et la Banque Islamique de Développement (BID). Ils remercient également les évaluateurs pour leurs disponibilités et leurs contributions.

### **References:**

1. Achidi, J., Bourguet, L., Elsaesser, R., Legier, A., Paulvé, E. & Tribouillard, N. (2012). Notice explicative de la carte hydrogéologique du Bénin : carte du bassin sédimentaire de Kandi à l'échelle 1/200 000. Rapport Technique, DG-Eau, Cotonou, Bénin, 45p.
2. Alidou, S. (1983). Etude géologique du bassin paléo-mésozoïque de Kandi (Nord-Est du Bénin. Afrique de l'ouest). Thèse Doct. d'Etat, Univ. Nat. du Bénin et Univ. de l'Université de Dijon, France. 328p.
3. Alidou, S. & Lang, J. (1983). Etude sédimentologique, paléogéographique et stratigraphique du bassin intracratonique paléozoïque-mésozoïque de Kandi (Nord-Est Bénin- Afrique de l'Ouest). Geol. Rundsh, Vol. 72 No. 1, pp. 191-205.
4. Alidou, S. (1987). Etude géologique du bassin paléo-mésozoïque de Kandi Nord-Est du Bénin (Afrique de l'Ouest). Pub. Occas. CIFEG, Paris, No. 13, 119p.
5. Alidou, S., Lang, J., Bonvalot, J., Roman, E. & Seilacher, A. (1991). Marine influences in the so-called continental sediments of the Paleozoic-Mesozoic Kandi Basin (Northern Benin – West Africa). J. Afr. Earth Sci., Vol. 12, No. 1/2, pp. 55-65.
6. Azontonde, H. A. (1991). Propriétés physiques et hydrauliques des sols au Bénin. Soil Water Balance in the Sudano-Sahelian Zone (proceedings of the Niamey Workshop). IAHS Publ. No. 199, pp. 249-258.
7. BGR (2009) : A review of the groundwater situation in the Lake Chad Basin. Report, 18 p.
8. Bois, Ph., Obled, Ch. & Zin, I. (2007). Introduction au traitement de données en hydrologie Institut National Polytechnique de Grenoble,

- ENSHMG. 7ème édition revue et complétée, L'Édition du Millénaire, 265p.
9. Boukari, M., (2007). Hydrogéologie de la République du Bénin (Afrique de l'Ouest). *Africa Geoscience Review* Vol. 14 No. 3, pp. 303-328.
  10. Boukari M. (2012). Projet régional AIEA RAF7011 - Gestion intégrée et durable des systèmes aquifères et bassins partagés des Etats membres de la région du sahel. Document Power-Point, 28p.
  11. Castany, G., (1982). Principes et méthodes de l'hydrogéologie. Paris: Dunod, 236p.
  12. CEFIGRE ou Centre de Formation Internationale à la Gestion des Ressources en Eau (1984). Synthèse des connaissances sur l'hydrogéologie du socle cristallin et cristallophyllien, et du sédimentaire ancien de l'Afrique de l'Ouest. Rapport Ministère des Relations Extérieures, Valbonne, France. 121p.
  13. Gbewezoun, H. G. V. (2013). Caractérisation hydrogéologique de l'aquifère du plateau d'Allada dans la zone de Kpanroun (commune d'Abomey-Calavi). Mémoire de Licence, UAC / FAST / Formation en Hydrologie, 47p + annexes.
  14. Gbewezoun, H. G. V. (2017). Caractérisation structurale et hydrodynamique de l'aquifère superficiel du Bassin Sédimentaire de Kandi (Nord-Est du Bénin). Mémoire de Master, UAC/INE/HGRE, 62p + annexes.
  15. INSAE ou Institut National de la Statistique et de l'Analyse Economique (2016). Effectifs de la population des villages et quartiers de ville du Bénin (RGPH-4, 2013). 83p.
  16. IRB ou Institut de Recherche BREDA (1989). Notice explicative de la carte géologique à 1/200 000 : Feuilles de Kandi et Malanville (1ère édition 1989). Mémoire n°2, Rapport Office Béninois des Mines, 75p.
  17. Konaté, M., Guiraud, M., Alidou, S., Clermonté, J., Drouet J.J. & Lang J. (1994). Structuration et dynamique sédimentaire du bassin paléozoïque en demi-graben de Kandi (Bénin, Niger). *Comptes Rendus Académie Sciences, Paris* Vol. 318, pp. 535-542.
  18. Konaté, M. (1996). Evolution tectono-sédimentaire du bassin paléozoïque de Kandi (Nord Bénin, Sud Niger). Thèse de Doctorat, Université Nancy I, Université Bourgogne, 302p.
  19. Konaté, M., Lang J., Guiraud M., Yahaya M., Denis, M., & Alidou S. (2006). Un bassin extensif formé pendant la fonte de la calotte glaciaire hirnantienne : le bassin ordovicosilurien de Kandi (Nord Bénin, Sud Niger). *Africa Geoscience Review*, Vol. 13 No. 2, pp. 157-183.
  20. Kpegli, K. A. R., Alassane, A., Trabelsi, R., Zouari, K., Boukari, M., Mama, D., Dovonon, F. L., Yoxi, Y. V., Toro-Espitia, L. E. (2015).

- Geochemical processes in Kandi Basin, Benin, West Africa: A combined hydrochemistry and stable isotopes approach. *Quaternary International*, Vol. 369, pp. 99-109.
21. Kruseman, G. P., De Ridder N. A. & Meilhac, A. (1974). *Interprétation et discussion des pompages d'essai*. International Institute for Land Reclamation and Improvement, Wageningen, The Netherlands 1974 [Traduction du Bulletin 11 : Analysis and Evaluation of Pumping Test Data ; ILRI Wageningen, 1973, 2nd edition] 196p+annexes.
  22. Lang, J., Kogbe, C., Alidou, S., Alzouma K. & AL. (1986) *Le sidérolithique du Tertiaire ouest-africain et le concept de Continental Terminal*. Bull. Soc. Géol Fr., Vol. 8 No. 2, pp. 605-622.
  23. Lang, J., Kogbe, C., Alidou, S., Alzouma, K. A., Bellion, G., Dubois, D., Durant, A., Guiraud, R., Houessou, A., De Klasz, I., Roman, E., Salardachebodaef, M. & Trichet, J. (1990). *The continental Terminal in West Africa*. *J. Afr. Earth Sci*, Vol. 10 No. 1/2, pp. 79-99.
  24. Lawin, A. E. (2007). *Analyse climatologique et statistique du régime pluviométrique de la haute vallée de l'Ouémé à partir des données pluviographiques AMMA-CATCH Bénin*. Thèse de Doctorat, Institut National polytechnique de Grenoble, Université d'Abomey-Calavi, 166 p.+annexes.
  25. Matheron, G. (1965). *Les variables régionalisées et leur estimation*. Paris: Masson et Cie, 305p.
  26. Moriasi, D., Arnold, J. G., Van Liew, M. W., Bingner, R. L., Harmel, R. D. & Veith T. L. (2007). *Model evaluation guidelines for systematic quantification of accuracy in watershed simulations*. *Trans. ASABE* Vol. 50, pp. 885-900.
  27. Nash, J. & Sutcliffe, J. (1970). *River flow forecasting through conceptual models. part i : A discussion of principles*. *Journal of Hydrology* 10, pp.282-290.
  28. OSS (Observatoire du Sahara et du Sahel) (2008). *The Iullemeden Aquifer System (Mali, Niger, Nigeria). Concerted management of the shared water resources of a Sahelian Transboundary aquifer*, Technical Report, Tunis.
  29. Rexer, M. & Hirt, C. (2014). *Comparison of free high-resolution digital elevation data sets (ASTER GDEM2, SRTM v2.1/v4.1) and validation against accurate heights from the Australian National Gravity Database*. *Australian Journal of Earth Sciences*, pp. 1-15, <http://dx.doi.org/10.1080/08120099.2014.884983>.
  30. Seilacher, A. & Alidou, S. (1988). *Ordovician and Silurian trace fossils from Northern Benin (WAfrica)*. *N. Jb. Geol. Paläont. Mh.*, Stuttgart No. 7, pp. 431-439.

31. SERHAU ou Service d'Etude et de Recherche pour l'Habitat et l'Urbanisme. (1992). Atlas cartographique de la région nord du Bénin. Rapport, MEHU, Cotonou, Bénin, 54p.
32. THEIS C.V. (1935) The relation between the lowering of the piezometric surface and the rate and duration of discharge of a well using groundwater storage. Am. geoph. union Trans, 16th ann. meeting, p. 519-524, Washington.
33. Turkpak International-SCET-Tunisie (1991). Inventaire des ressources en eaux souterraines au Bénin. Rapport final, Direction de l'Hydraulique, Cotonou, Bénin. (1). 284p



ESJ Natural/Life/Medical Sciences

**Etude Comparative De La Croissance Et De La Productivité  
Chez Le Taro (*Colocassia Esculenta L.*) Et Le Macabo  
(*Xanthosoma Sagittifolium*, Et *X Anthosoma Sp*) Cultivés  
Dans Les Conditions Pédoclimatiques De La Ville De Mbaïki  
(Lobaye) En République Centrafricaine**

***Gorgon Igor Touckia***

Institut Supérieur de Développement Rural (ISDR), Université de Bangui,  
Centrafrique

Laboratoire de Biodiversité Végétale et Fongique, Faculté des Sciences,  
Bangui, Centrafrique

***Olga Diane Yongo***

***Ephrem Kosh Komba***

Laboratoire de Biodiversité Végétale et Fongique, Faculté des Sciences,  
Bangui, Centrafrique

***Raba Alato***

Institut Supérieur de Développement Rural (ISDR), Université de Bangui,  
Centrafrique

***Kouami Kokou***

Laboratoire de Recherche Forestière, Faculté des Sciences, Université de  
Lomé, Togo

[Doi:10.19044/esj.2021.v17n3p107](https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n3p107)

Submitted: 03 April 2020  
Accepted: 04 January 2021  
Published: 31 January 2021

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

Cite As:

Touckia G.I., Yongo O.D., Komba E.K., Alato R. & Kokou K. (2021). *Etude Comparative De La Croissance Et De La Productivité Chez Le Taro (Colocassia Esculenta L.) Et Le Macabo (Xanthosoma Sagittifolium, Et X Anthosoma Sp) Cultivés Dans Les Conditions Pédoclimatiques De La Ville De Mbaïki (Lobaye) En République Centrafricaine*. European Scientific Journal, ESJ, 17(3), 107.

<https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n3p107>

## Résumé

**Méthodes.-** Dans l'objectif d'évaluer la croissance et la production des variétés de taro, *Colocassia esculenta*, de macabo, *Xanthosoma sp.* et

Xanthosoma sagittifolium, un dispositif expérimental en blocs de Fischer randomisé a été mise en place. Les essais ont été installés dans les localités de Mbaïki dans la partie sud de la République Centrafricaine. Les effets de variétés sur les paramètres de croissance et de production ont été appréciés grâce à l'analyse de variance (ANOVA) à un critère de classification avec le Logiciel R version 3.1.3. **Résultats.**-Les paramètres de croissance végétative et de production évalués ont mis en évidence une variabilité entre les différentes variétés mises en culture. Une bonne croissance végétative a été observée chez les variétés de macabo, tandis que chez le taro, la production a été meilleure, avec le nombre de tubercules par pied (16,83) et un rendement de 13,260 t/ha contre 11.42 t/ha et 5,30t/ha pour les variétés de macabo (V2 et V3). **Conclusion.**-Les variétés mises en culture ont présenté des rendements élevés excepté la variété de macabo V3 qui a rendement inférieur par rapport à la moyenne de la sous-région.

---

**Mots-clés:** Croissance, Production, Taro, Macabo, République Centrafricaine

## **Comparative Study Of Growth And Production Of Taro (Colocassia Esculenta L.) And Makabo (Xanthosoma Sagittifolium) Grown Under Soil And Climate Conditions In The Town Of Mbaiki (Lobaye) In Central African Republic**

***Gorgon Igor Touckia***

Institut Supérieur de Développement Rural (ISDR), Université de Bangui,  
Centrafrique

Laboratoire de Biodiversité Végétale et Fongique, Faculté des Sciences,  
Bangui, Centrafrique

***Olga Diane Yongo***

***Ephrem Kosh Komba***

Laboratoire de Biodiversité Végétale et Fongique, Faculté des Sciences,  
Bangui, Centrafrique

***Raba Alato***

Institut Supérieur de Développement Rural (ISDR), Université de Bangui,  
Centrafrique

***Kouami Kokou***

Laboratoire de Recherche Forestière, Faculté des Sciences, Université de  
Lomé, Togo

---

### **Abstract**

**Methods:** In order to evaluate the growth and production of taro, *Colocassia esculenta*, macabo, *Xanthosoma* sp and *Xanthosoma sagittifolium* varieties, a randomized Fischer block experimental design was set up. The trials were set up in the localities of Mbaïki in the southern part of the Central African Republic. The effects of varieties on growth and production parameters were assessed using analysis of variance (ANOVA) at a classification criterion with Software R version 3.1.3. **Results:** The vegetative growth and production parameters evaluated showed variability between the different varieties grown. Good vegetative growth was observed in macabo varieties, while in Taro, production was better, with the number of tubers per plant (16.83) and a yield of 13,260 t/ha against 11.42 t/ha and 5.30 t/ha for macabo varieties (V2 and V3). **Conclusion:** The varieties grown showed high yields except for the macabo variety V3 which had a lower yield than the average for the sub-region.

---

**Keywords:** Growth, Production, Taro, Macabo, Central African Republic

## Introduction

En République Centrafricaine (RCA), l'agriculture occupe 66% de la population et le potentiel des sols cultivables est estimé à 15 millions d'hectares, sur une superficie totale de 623 000 Km<sup>2</sup> (FAO, 2017). En dépit des opportunités que regorge le pays, seul un petit nombre de cultures sont pratiquées sur de grandes superficies. En RCA comme dans l'ensemble des états africains, les cultures de rentes telles que le café, le cacao, le palmier à huile font l'objet d'une attention particulière et sont significativement plus cultivées que les cultures vivrières. Parmi les cultures vivrières, seul le manioc fait l'exception. Il constitue la base de l'alimentation centrafricaine, et de ce fait, occupe la place la plus importante en termes de surface cultivée et de production (MDRA, 2011 ; Ballot et *al.*, 2016). Les autres cultures vivrières telles que le taro; la patate douce, l'igname, etc. sont reléguées au second rang. Et pourtant, il est de notoriété publique que la diversification des cultures vivrières qui sont principalement destinées à la consommation locale, contribue à l'atteinte de la sécurité alimentaire (Dede, 2016). Pour amener le pays à l'atteinte de la sécurité alimentaire, il serait opportun de proposer aux producteurs, des variétés vivrières à haute valeur nutritionnelle et productive. Cette étude se propose donc d'évaluer certaines cultures vivrières; notamment le taro et le macabo afin d'en déterminer leurs potentialités agronomiques.

Le taro et le macabo sont des plantes à tubercules cultivées dans les pays tropicaux et subtropicaux et sont consommées par plus de 400 millions de personnes dans le monde (Bown, 2000). Ceci à cause de la valeur énergétique de leurs cormes (le bulbe) et de la valeur nutritionnelle de leurs feuilles (Onwuem, 1999). Le taro est classé en cinquième position parmi les

cultures de racines et tubercules féculents après le manioc, la pomme de terre, la patate douce et l'igname. (Bamidele et *al.*, 2014; Igbabul et *al.*, 2014). Ils sont également riches en vitamines (A, B, C, etc.) et en sels minéraux dont le calcium et le fer., apportant tout ce dont l'organisme a besoin pour se maintenir en bonne santé (Amagloh and Nyarko, 2012; Traoré, 2016).

En République centrafricaine, plusieurs variétés de taro et macabo sont cultivées et la plus prisée pour le taro est *Colocasia esculenta* connu sous l'appellation de « Langa ». En ce qui concerne le macabo ce sont *Xantosoma sp.* connu sous l'appellation de « Vourou langa » et *Xantosoma sagitifolium* ou « Bémba langa » en langue locale. Le taro et le macabo utilisés pour la consommation locale, sont beaucoup plus cultivés en zone forestière de la République Centrafricaine, notamment, dans les localités de Lobaye, de Mbomou et de Sangha-Mbaéré (Vennetier, 1988) du fait de leurs exigences culturelles. En dépit des vertus et l'importance socio-économique du taro et du macabo, peu d'études scientifiques ont été menées sur ces ressources en République Centrafricaine. Quelques études ont été réalisées dans d'autres pays d'Afrique et ont porté sur la caractérisation agro-morphologique (Acquaah, 2012; Bambara, 2009 et Dede, 2017), les pratiques agricoles en milieu paysan et la biotechnologie alimentaire. (Panyoo et *al.*, 2012).

Au regard des potentialités agronomiques que présentent le taro et le macabo (Birame, 2016), la promotion de variétés améliorées, très productives et rustiques aux conditions biotiques et abioques contribuerait à la sécurité et à la diversification des ressources alimentaires en République Centrafricaine. Ainsi, l'Objectif général du présent travail est de contribuer à la valorisation des variétés locales de taro (*C. esculenta*) et de macabo (*Xanthosoma sagittifolium* et *Xanthosoma sp.*).

De manière spécifique, il s'agit de :

- mesurer les paramètres de la croissance et le développement végétatif des différents cultivars ;
- évaluer les paramètres du rendement de chaque cultivar.
- 

## **Materiel Et Methodes**

### **Site d'étude**

Les essais ont été réalisés sur le site de l'Institut Supérieur de Développement Rural (ISDR) de Mbaïki, dans la partie Sud-Ouest du pays située en zone forestière (Figure 1).



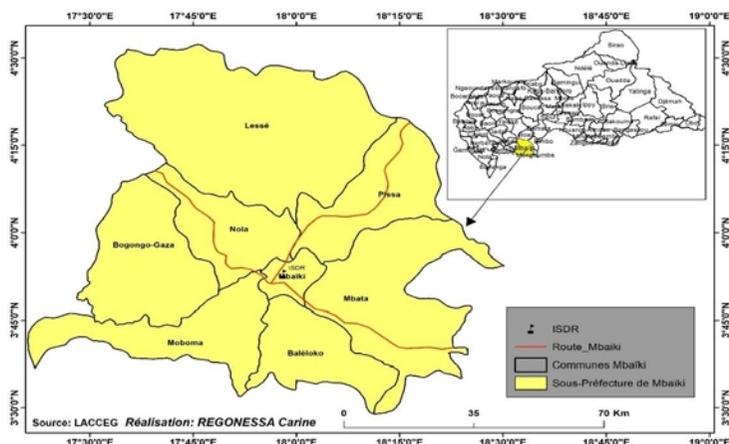


Figure 1. Carte de localisation de la zone d'étude (LACCEG, 2018)

## Climat et sol

Le climat est du type guinéen forestier avec l'alternance de deux saisons : une saison pluvieuse qui va de mars à mi-décembre et une saison sèche, de janvier à février. La température maximale moyenne annuelle est de 30,65 °C. Les écarts entre les minima et les maxima moyens sont modérés (11,44 °C). La moyenne pluviométrique annuelle se situe dans l'ordre de 1600 mm/an. Le sol a une texture argilo sableuse (Boulvert, 1986).

## Végétation

La végétation de la ville de Mbaïki présente les mêmes caractéristiques que celle du Sud-Ouest de la RCA. Ce massif forestier présente une très grande diversité forestière et toute une gamme de forêt allant de la forêt dense humide de basse altitude au sud du 4<sup>e</sup> parallèle à la forêt dense sèche au nord du 4<sup>e</sup> parallèle entrecoupée par des savanes. Cette végétation est constituée de forêt remaniée, secondarisée avec *Triplochiton scleroxylon* et *Terminalia superba* (Boulvert, 1986).

## Matériel biologique

Le matériel biologique est constitué de trois (3) cultivars dont 1 cultivar de taro (*C. esculenta*) et 2 cultivars de macabo (*Xantosoma sp.* et *X. sagitifolium*) collectés auprès des exploitants agricoles de la zone agro-écologique de la Lobaye précisément à Mbaïki. Ils ont été référencés par des codes et des noms vernaculaires suivants : V1 (variété Monmbe : *Colocasia esculenta*), V2 (variété Yaoundo : *Xantosoma sp.*) et V3 (variété Yaoundo : *Xantosoma sagitifolium*).

## **Dispositif, conduite de l'expérimentation et observations**

Un dispositif en blocs de Fischer randomisé à trois (3) répétitions a été mise en place sur une parcelle de 304 m<sup>2</sup>, (19 m × 16 m). Chaque répétition est constituée de trois (3) parcelles élémentaires de 20 m<sup>2</sup> (5 m × 4 m) et semés de 40 points de boutures en 4 lignes et 10 colonnes. Les points de boutures mesurent 1 m entre les lignes et 0,5 m sur les lignes. Les écartements entre les parcelles sont de 1,5 m et 2 m entre les blocs. Une bordure de 1 m a été aménagée au tour de la parcelle. Pendant l'expérimentation, aucun traitement phytosanitaire n'a été administré.

Pour les observations et les mesures des paramètres de croissance, 12 plants ont été échantillonnés par parcelle élémentaire en tenant compte de l'effet de bordure. Les mesures ont porté sur :

- la longueur et la largeur des feuilles, la hauteur des plants, mesurés à l'aide d'un mètre ruban chaque semaine ;
- le diamètre au collet, mesuré à l'aide d'un pied à coulisse chaque semaine
- le nombres de feuilles, estimé à l'aide de comptage chaque semaine
- la longueur des tubercules, estimée à l'aide d'un mètre ruban lors de la récolte.

L'estimation du rendement et ses composantes a pris en compte :

- le nombre de tubercules par pied, estimé par comptage lors de la récolte, le poids en tubercules de 10 pieds estimé à l'aide d'une balance à précision. Le rendement en t/ha a été estimé par extrapolation du poids des tubercules de 10 pieds. Le nombre de pieds à l'hectar étant connu, la règle de trois a été utilisée pour obtenir le poids total.

## **Analyse des données**

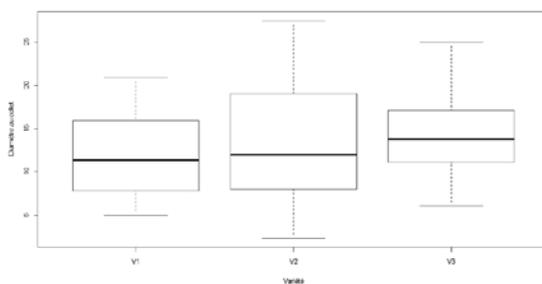
L'effet variété sur les différents paramètres de croissance et de production a été apprécié grâce à l'analyse de variance (ANOVA) à un critère de classification avec le logiciel R version 3.1.3. Le test de Shapiro-Wilk a permis de vérifier la normalité des données et les différents tests sont validés au seuil de 5%.

## **Resultats**

### **Paramètres de croissance**

#### **Diamètre au collet**

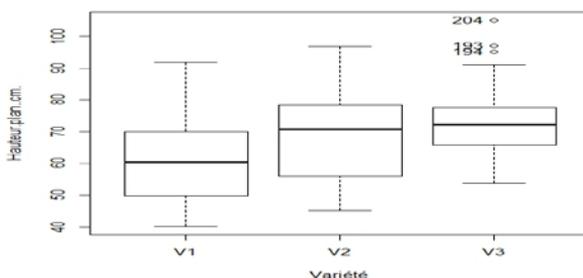
L'Analyse de variance (ANOVA) réalisée a révélé que la différence observée entre les différentes variétés a été significative (P-value= 0.0229). La variété macabo (V3) a obtenu les plants ayant les plus grands diamètres, tandis que taro V1 en a eu le plus petit (Figure 2).



**Figure 2.** Diamètres au collet des cultivars de taro et de macabo

### Hauteur des plants

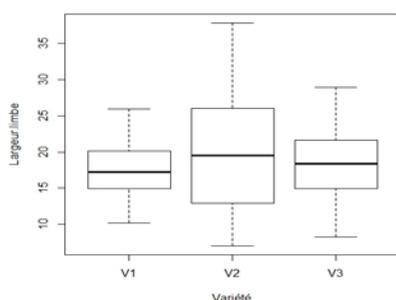
Une variabilité a été observée entre les différentes variétés en ce qui concerne la hauteur ( Figure 3). La différence observée du point de vue statistique est hautement significative (P-value = 0.0004967). La variété V1 a la hauteur la moins importante par rapport à V2 et V3 qui ont donné la même valeur.



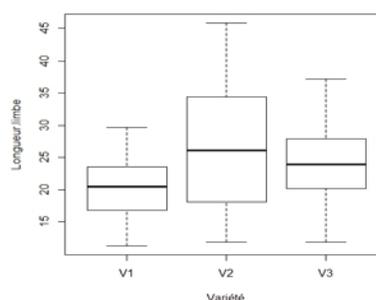
**Figure 3.** Hauteur des plants des cultivars de taro et macabo

### Dimensions des feuilles

Les figures 4 et 5 illustrent la longueur et la largeur de la feuille chez trois variétés de taro et de macabo mises en culture. Pour ces deux paramètres, une différence significative a été observée entre les variétés de Taro V1 (P-value longueur = 0.000001186; (P-value largeur = 0.02776). La variété macako V2 (variété Yaoundo ) a eu les plus grandes valeurs de la longueur et de la largeur (Figure 4 et 5).



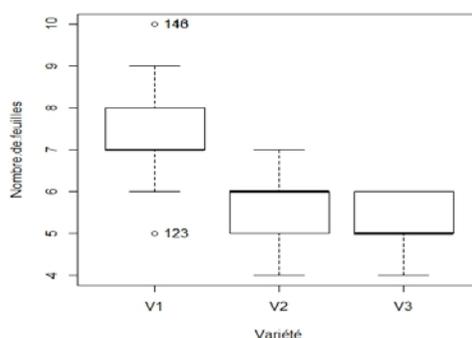
**Figure 4.** Largeur des feuilles des variétés de taro et de macabo



**Figure5.** Longueur des feuilles des variétés de taro et de macabo

### Nombre de feuilles

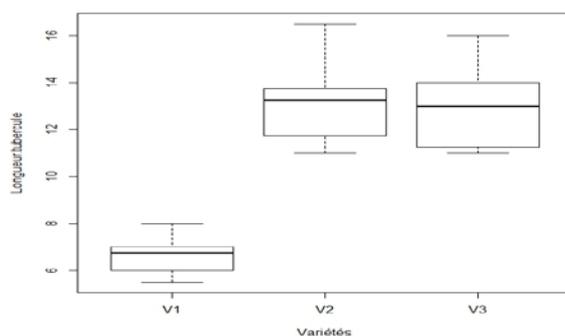
La variété V1 dispose d'un plus grand nombre de feuilles que les autres (figure 6). La différence observée du point de vue statistique est significative ( $P\text{-value} = 2.2e-16$ ). La variété V1 compte en moyenne 7 feuilles.



**Figure 6.** Nombre de feuilles de variété de taro et de macabo

### Longueur des tubercules

Les variétés V2 et V3 présentent des tubercules, avec des longueurs plus importantes (13,09 et 12,95 cm) par rapport à V1 (6,62 cm). La différence observée est significative ( $P\text{-value} = 4.142e-13$ ) d'après les résultats de l'analyse de variance. Cette différence ne concerne que la variété V1, tandis qu'entre V2 et V3 la différence observée n'est pas significative (Figure 7).

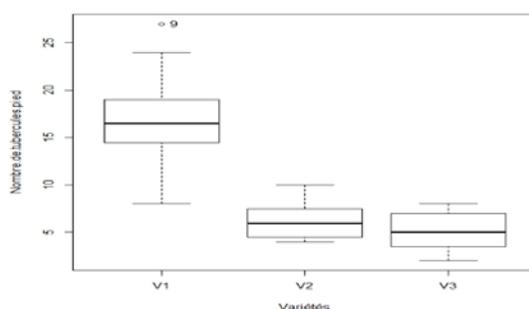


**Figure 7.** Longueur des tubercules de taro et de macabo

## Paramètres de rendement

### Nombre de tubercules

La variété taro V1 a présenté un nombre plus important de tubercules (16,83) que les variétés de macabo, V2 (6,16) et V3 avec 5,16 (Figure 8). La différence observée est significative (P-value=7.722e-10).

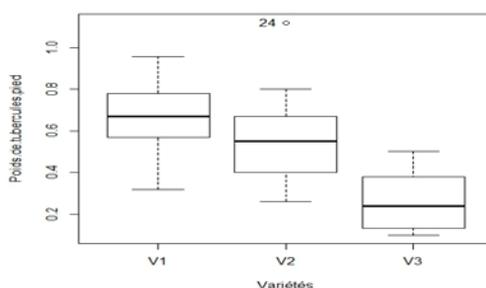


**Figure 8.** Nombre de tubercules de taro et de macako

### Poids des tubercules et le rendement

Une variabilité est observée entre les poids de 10 tubercules des différentes variétés (Figure 9). La variété V1(taro) avec 6,63 kg a des tubercules plus lourds que V2 (5.71 kg) et V3 (2.65 kg). La différence observée du point de vue statistique est significative (P-value= 0.000).

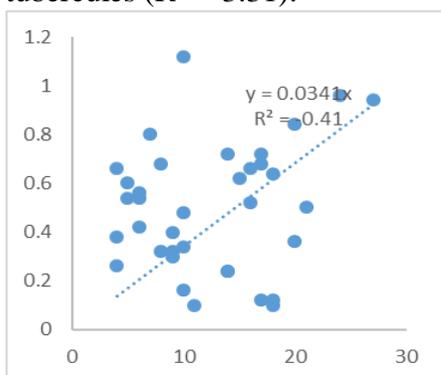
Le taro (V1) a un meilleur rendement (13, 26 t/ha), par rapport aux deux variétés de macabo, V2 avec 11, 42 t/ha et V3 avec 5, 30 t/ha.



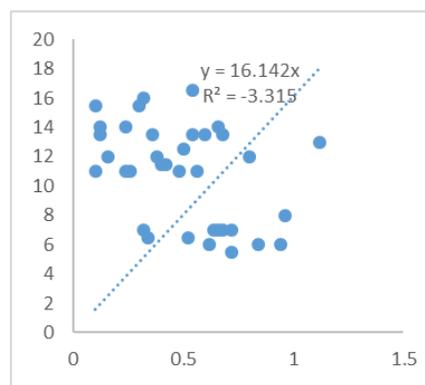
**Figure 9.** Poids des tubercules des trois variétés de taro et de macabo.

### Corrélations entre les différents paramètres de rendement

Les figures (10 et 11) ont montré une faible corrélation ( $R^2= 0.41$ ) entre le poids et le nombre de tubercules, et aussi entre le poids et la longueur des tubercules ( $R^2= -3.31$ ).



**Figure 10.** Corrélations entre le nombre et le poids des tubercules chez trois variétés de taro et macabo



**Figure 11.** Corrélations entre la longueur et le poids de tubercules chez trois variétés de taro et macabo

### Discussion

#### Evaluation des paramètres végétatifs des variétés de taro et de macabo mises en culture

L'évaluation des paramètres de croissance et de développement végétatif a permis de noter que les deux variétés de macabo et celle du taro ont eu des comportements différents. En effet, la mesure de la hauteur et du diamètre au collet des plantes a montré que le cultivar V3 a produit la plus grande valeur. Les feuilles les plus grandes ont été observées chez le cultivar V2; alors que le cultivar V1 a donné le plus important nombre de feuilles. Cette variabilité dans la morphologie dénoterait le caractère intrinsèque de chacune des cultivars de taro et de macabo étudiés. Les gènes qui contrôlent ces caractères morphologiques semblent être différents chez ces cultivars.

L'étude comparative des paramètres morphologiques des variétés a montré l'existence d'une variabilité permettant de distinguer le taro du macabo. Elle a également permis d'observer une distinction entre les deux cultivars de makabo. Ce constat a aussi été fait par Caburet et *al.* (2007) affirmant que la dimension des feuilles de taro peut faire l'objet d'une variabilité morphologique au sein des cultivars. Garnier (2004) affirme cependant que le macabo et le taro diffèrent par de nombreux caractères morphologiques. D'après Birame (2016), bien que le taro et le macabo soient assez semblables, il y a des caractéristiques nettement visibles qui permettent de les distinguer facilement.

Les trois variétés mises en culture ont présenté dans l'ensemble une bonne croissance végétative, ce qui atteste que le milieu d'étude est propice pour une production de ces spéculations.

### **Evaluation des paramètres de rendement des variétés de taro et de macabo mises en culture**

Une bonne croissance en longueur et largeur des feuilles avec le poids du bulbe principal, signifie que l'envergure de la plante au stade maximum de développement végétatif donne une idée sur le rendement attendu à la récolte. Une variabilité est observée entre les poids de 10 tubercules des différentes variétés, mais aussi entre les rendements évalués en t/ha. Le taro, avec 6,63 kg, a présenté des tubercules plus lourds que les deux variétés de macabo (5.71 kg et 2.65 kg). D'après Garnier (2004), les poids des tubercules de taro et de macabo sont influencés par la densité de culture.

Un nombre plus important de tubercules a été observé chez le taro, mais aussi un rendement plus élevé de 13,260 t/ha contre 11.42 t/ha et 5,30t/ha pour les variétés de macabo ( V2 et V3). Les valeurs de rendement observées sont proches de celles observées par Garnier (2004). Les variétés étudiées étant différentes d'un point de vue morphologique et agronomique, d'après Ouedraogo et *al.* (2018), cette variabilité serait due à une diversité génétique.

Les résultats de l'étude attestent que, bien que le macabo présente une meilleure croissance végétative par rapport au taro, les rendements du taro sont plus probants. Ces résultats sont contradictoires à ceux de Caburet et *al.* (2007) qui attestent que, le macabo fournit, en général, des rendements supérieurs à ceux du taro dans les mêmes conditions de culture. En Afrique centrale, le macabo est plus cultivé dans les autres pays, notamment au Cameroun (Garnier, 2004). Ces résultats, en plus de la préférence des centrafricains du point de vue organoleptique, serait aussi une des raisons qui soutiennent le choix des agriculteurs pour le taro.

Une faible corrélation ( $R^2= 0.41$ ) a été observée entre le poids et le nombre de tubercules, et aussi entre le poids et la longueur des tubercules ( $R^2=-3.31$ ). Ces résultats démontrent que le poids des tubercules des taro et macabo ne

dépend pas du nombre et de la longueur de tubercules. Caburet *et al.* (2007), affirment qu'il existe une corrélation positive directe entre le poids de la propagule et le rendement final.

## Conclusion

Les trois variétés de taro et de macabo mises en culture dans les conditions pédoclimatiques de la ville de Mbaïki ont présenté une variabilité au niveau des paramètres de croissance et de rendement. Une bonne croissance végétative a été observée chez les deux variétés de macabo (V2 et V3) qui ont obtenue des plants ayant les plus grands diamètres, une hauteur plus importante, avec les plus grandes dimensions de feuilles. Chez le taro, la production a été meilleure, en ce qui concerne le nombre de tubercules par pied (16,83) et un rendement de 13,260 t/ha contre 11.42 t/ha et 5,30t/ha pour les variétés de macabo (V2 et V3). Bien qu'une variabilité soit observée entre les différents paramètres de croissance et de production, les deux variétés de taro et macabo (V1 et V2), excepté la variété V3 présentent des rendements intéressants adaptés aux conditions pédoclimatiques du site d'étude.

## References:

1. Acquaaah G., 2012. Principles of plant genetics and breeding. Second (edi.), by John Wiley & Sons, Ltd. UK. 8 p.
2. Amagloh F.K., Nyarko ES., 2012. Mineral nutrient content of commonly consumed leafy vegetables in northern Ghana. African Journal Food Agriculture Nutrition Development. 12(5): 6397-6408.
3. Ballot C., Wango S., Atakpama W., Semballa S., Zinga I., Batawila K. Akpagana K., 2016. Amélioration des rendements de la culture du manioc (*Manihot esculenta* Crantz, Euphorbiales, Euphorbiaceae) par les terres de termitières dans la zone de savane de Damara en République Centrafricaine. Revue Marocaine des Sciences Agronomiques et Vétérinaires. 4 (2): 40-53.
4. Bown D., 2000. Aroids Plants of the Arum family. Timber Press, Portland, OR. 470 p.
5. Boulvert Y., 1986 Carte phytogéographique de la République centrafricaine. ORSTOM. Notice Explicative, 104, Paris, 131 p.
6. Bamidele O.P, Ogundele F.G, Ojubanire B.A., Fasogbon M.B., Bello O.W., 2014. Nutritional composition of "gari" analog produced from cassava (*Manihot esculenta*) and yautia (*Colocasia esculenta*) tuber. Food Science and Nutrition. 2(6): 706-711. DOI: 10.1002/fsn3.165.
7. Birame F., 2016. Le taro et le macabo : une production entre les mains des femmes. AGRIPADE .32, N°2.



8. Catherinet M., 1965. Note sur la culture du macabo et du taro au Cameroun. Institut de Recherches Agronomiques Tropicales et des Cultures Vivrières. 9 p.
9. Dede L.E., 2016. Caractérisation morphologique de sept cultivars de *Colocasia esculenta* (L.) Schott originaires de Côte d'Ivoire. Mémoire de master en Génétique et Amélioration des bioressources. Université Nangui Abrogoua. 66 p.
10. FAO, 2017. Rapport spécial Mission FAO/ PAM d'évaluation des récoltes et de la sécurité alimentaire en République Centrafricaine.48 p.
11. Garnier C.L., 2004. Fiche technique : la culture du taro. Ministère de la promotion des ressources naturelles, Service du Développement rural. 16 p.
12. Igbabul B.D, Amove J., Twadue I., 2014. Effect of fermentation on the proximate composition, antinutritional factors and functional properties of yautia (*Colocasia esculenta*) flour. Afr. J. Food Sci. Technol. 5:67-74.
13. MDRA, 2011. Stratégie de Développement Rural, de l'Agriculture et de la Sécurité Alimentaire. Ministère du Développement Rural et de l'Agriculture.117 p.
14. Ouedraogo N., Traore R.E., Bationo P., Sawadogo M., Zongo J.D., 2018. Agro-morphological diversity of exotic taro varieties (*Colocasia esculenta* L. schott) introduced in Burkina Faso. Journal of Experimental Biology and Agricultural Sciences, 6(2): 370 – 385.
15. Panyoo Akdowa E., 2014. Optimisation de l'utilisation du taro (*Colocasia esculenta*) variété lamba en panification par l'usage de la gomme *Grewia mollis*. Juss (Famille Tiliaceae). Thèse de Doctorat, Université de Lorraine. 191p.
16. Schafer J.L., 1999. Amélioration du système du makabo, *Xanthosoma sagittifolium* (L) Schott, en pays Bamileke (Ouest-Cameroun). Cahier d'Agriculture, 8 :9-20.
17. Traoré E.R., 2006. Etude de la variabilité agro morphologique d'une collection de taro (*Colocasia esculenta* (L.) Schott) originaire des domaines soudanien et soudano-guinéen du Burkina Faso. DEA, Université de Ouagadougou, Burkina Faso, 54 p.
18. Vennetier P., 1988. Urbanisation, Production agricole et autosuffisance alimentaire: réflexions sur le cas africain. Les cahiers d'Outre-Mer, 226 p.



ESJ Natural/Life/Medical Sciences

## **Caractérisation Physico-Chimique Et Minéralogique Des Argiles De La Carrière De Mirriah, Région De Zinder, Utilisées Dans La Poterie**

*Moussa Issaka Abdoukader*

*Issa Malam Salmanou Souleymane*

Faculté des Sciences et Techniques, Département des Sciences Géologiques en Environnementales (SGE), Université de Zinder

*Hassane Bouba*

*Abdourhamane Toure Amadou*

*Garba Zibo*

Faculté des Sciences et Techniques, Département de Géologie, Université Abdou Moumouni de Niamey

*Wagani Ibrahim*

Faculté des Sciences et Techniques, Département de Géologie, Université Dan Dicko Dankoulodo de Maradi

[Doi:10.19044/esj.2021.v17n3p120](https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n3p120)

Submitted: 22 November 2020

Accepted: 04 January 2021

Published: 31 January 2021

Copyright 2021 Author(s)

Under Creative Commons BY-NC-ND

4.0 OPEN ACCESS

*Cite As:*

Abdoukader M.I., Souleymane I.M.S., Bouba H., Amadou A.T., Zibo G. & Ibrahim W. (2021). *Caractérisation physico-chimique et minéralogique des argiles de la carrière de Mirriah, région de Zinder, utilisées dans la poterie*. European Scientific Journal, ESJ, 17(3),120.

<https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n3p120>

### **Résumé**

Dans le but de contribuer à la valorisation des matériaux argileux de la Région de Zinder, les argiles prélevées à la carrière et utilisées pour la poterie de Mirriah ont été caractérisées du point de vue physico-chimique et minéralogique. Ainsi les cinq échantillons ont été prélevés et l'échantillon composite représentatif de la carrière, ont été soumis à des analyses chimiques et minéralogiques. Il ressort de l'analyse chimique que les six échantillons sont tous constitués à plus de 60 % d'aluminosilicates avec un rapport silice/alumine élevé estimé à 2,5 en moyenne. Ce rapport montre que les échantillons de cette étude sont riches en minéraux argileux ceci est en accord avec l'estimation de la fraction fine ou argileuse qui est de 39,5 % de la masse initiale de l'échantillon brut. Cette analyse chimique a aussi permis de mettre

en évidence, au niveau de ces argiles de Mirriah, une teneur importante en oxyde de fer de 32% ceci leur induit une couleur rouge brique. Les phases minéralogiques principales détectées par diffraction des rayons X dans l'échantillon brut et sa fraction fine sont de la kaolinite, une structure de mica proche de l'illite et du quartz, tous des produits d'altération du granite.

Cette caractérisation indique que les argiles exploitées à la carrière de Mirriah sont des matériaux très favorables aux formulations des produits de poterie.

---

**Mots-clés:** Argiles, Poterie, Diffraction X, Analyse Chimique, Mirriah, Zinder

## **Physico-Chemical And Mineralogical Characterization Of Clays Used In Pottery From The Mirriah's Quarry, Zinder Region**

*Moussa Issaka Abdoukader*

*Issa Malam Salmanou Souleymane*

Faculté des Sciences et Techniques, Département des Sciences Géologiques en Environnementales (SGE), Université de Zinder

*Hassane Bouba*

*Abdourhamane Toure Amadou*

*Garba Zibo*

Faculté des Sciences et Techniques, Département de Géologie, Université Abdou Moumouni de Niamey

*Wagani Ibrahim*

Faculté des Sciences et Techniques, Département de Géologie, Université Dan Dicko Dankoulodo de Maradi

---

### **Abstract**

In order to contribute to the valuation of clay materials from the Zinder Region, the clays taken from the quarry and used for the pottery of Mirriah have been characterized from a physico-chemical and mineralogical point of view. So the five samples were taken and the composite sample representative of the quarry were subjected to chemical and mineralogical analyzes. The chemical analysis showed that the six samples all consisted of more than 60% aluminosilicates with a high silica/alumina ratio estimated at 2.5 on average. This report shows that the samples of this study are rich in clay minerals; this is in agreement with the estimate of the fine or clay fraction which is 39.5% of the initial mass of the raw sample. This chemical analysis also made it

possible to highlight, at the level of these Mirriah clays, a significant iron oxide content of 32%, which gives them a brick red color.

The main mineralogical phases detected by X-ray diffraction in the raw sample and its fine fraction are kaolinite, a mica structure close to illite and quartz, all weathering products of granite.

This characterization indicates that the clays mined at the Mirriah quarry are very favorable materials for formulations of pottery products.

---

**Keywords:** Clays, Pottery, X-Ray Diffraction, Chemical Analysis, Mirriah, Zinder

## **Introduction**

Les argiles, en raison de leurs propriétés physico-chimiques, possèdent une grande variété d'utilisation (Diawara, 2009 ; Sorgho, 2013 ; Keita, 2014).

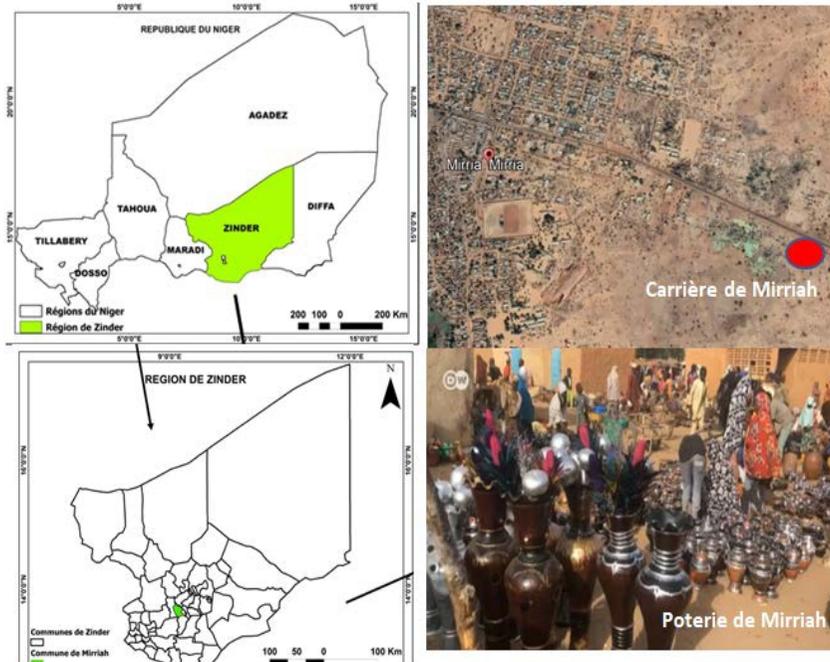
Au Niger, cependant, les domaines majoritaires d'utilisation d'argile sont la construction de maisons individuelles d'habitation et la poterie.

La commune de Mirriah est une zone potentiellement riche en argile, elle est connue pour sa poterie, dont la renommée a débordé nos frontières (Figure 1). Or pour mieux valoriser un produit la connaissance de sa matière première à travers sa caractérisation est importante. Le matériel argileux utilisé pour cette poterie de Mirriah demeure scientifiquement inconnu. Seules quelques publications, comme celle relative à l'étude des caractéristiques chimiques et minéralogiques d'une argile mixte de la région de Tahoua est disponibles dans la littérature (Satran V. et al., 2002 ; Wenmenga U. et al 2007, Gourouza M., et al., 2013). Cette présente étude a pour objectif de présenter les caractéristiques physico-chimiques et minéralogiques des argiles de la carrière de Mirriah, utilisées pour la poterie.

## **Materiel Et Methodes**

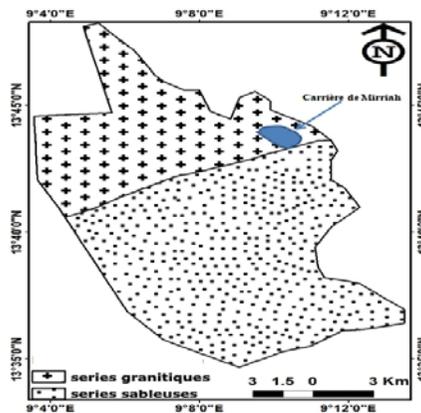
### **Matériel**

Les argiles qui font l'objet de l'étude ont été prélevés dans une carrière de Mirriah ; un Chef-lieu département dans la Région de Zinder. Cette carrière est situé à l'est de la ville de Mirriah aux coordonnées : 13 42' 32,22''N 9 10' 16,9''E. Le matériel exploité au niveau de cette carrière est utilisé pour la poterie bien connue de Mirriah. Ainsi, les matériaux prélevés ont été référencés MIR, MIR1, MIR 2, MIR 3, MIR 4 et MIR 5°(MIR pour Mirriah).



**Figure .** Situation géographique de la zone d'étude

Sur le plan géologique, le département de Mirriah se situe à cheval entre une série granitique occupant le Nord et une série sableuse au sud. La série granitique correspond aux formations granitiques du socle précambrien du Damagaram Mounio.



**Figure 2.** Carte géologique simplifiée de Mirriah (Gregert J., Pougnet R. 1965)

La série sableuse correspond quant à elle aux dépôts quaternaires de sable. La carrière exploitée à ciel ouvert à Mirriah pour la poterie se situe sur la série granitique (Figure 2).

## **Echantillonnage**

Dans le cadre de l'étude, une campagne de reconnaissance de la zone de prélèvement de la carrière de Mirriah a été réalisée les 28/09/18 et 29/09/18. L'objectif est de :

- identifier le niveau prélevé pour la poterie,
- prélever des échantillons pour la caractérisation des matériaux argileux de la carrière de Mirriah en laboratoire.

Ainsi, les observations ont permis :

- d'identifier et de réaliser qu'il s'agit d'un niveau argileux qui fait objet d'exploitation dans la carrière de Mirriah pour la poterie.
- Cinq (05) points de prélèvement ont été identifiés et prélevés (MIR1, MIR 2, MIR 3, MIR 4 et MIR 5) de part et d'autres de la carrière à l'est, à l'ouest, au sud, au nord à une profondeur de 30cm et au centre à une profondeur de 53cm.
- Un échantillon représentatif (MIR) de la carrière de Mirriah a été composé à partir d'un mélange à proportions égales (500g) des cinq (05) échantillons bruts

Les six (06) échantillons ainsi prélevés ont été envoyés au laboratoire pour les analyses.

## **Méthodes expérimentales**

Les méthodes de cette étude exigent une mise en poudre du matériel. Un broyage préliminaire, effectué avec un mortier et pilon agate de 20 ml de diamètre et 70 mm de hauteur, a permis d'avoir des poudres ou fragments millimétriques, sans contamination, de tous les échantillons (MIR1, MIR 2, MIR 3, MIR 4 et MIR 5). Cette opération a été exécutée au Laboratoire d'Hydrosciences de Montpellier (HSM) en France.

Les compositions chimiques des échantillons bruts ont été déterminées par spectrométrie X-Ray Fluorescence-Philips PW 2400 XRF. Ces analyses par spectrométrie X-Ray Fluorescence (XRF), effectuées au niveau de département de chimie, Faculté des sciences de l'Université de Montpellier 2 en France, ont permis de connaître la composition chimique des échantillons. Ainsi dans cette étude, les pourcentages massiques des composés (des oxydes) et de certains éléments chimiques simples, tel que le carbone, constituant les échantillons bruts ont été déterminés.

Les compositions minéralogiques ont été obtenues à partir de la diffraction des rayons X sur poudre et sur lame mince.

La diffraction des rayons X sur poudre a été réalisée sur 20g de poudre de l'échantillon composite brut (MIR), représentatif des matériaux de la carrière de Mirriah. Le diffractomètre utilisé, ici, est de marque Philips PW3710, équipé d'un système goniométrique X'PERT et muni d'un

monochromateur arrière permettant d'éliminer la raie  $K\beta$  de l'anticathode de cuivre. La radiation émise correspond à la raie  $K\alpha$  du cuivre ( $\lambda = 1.54184 \text{ \AA}$ ).

La diffraction des rayons X sur lame mince a été réalisée, quant à elle, pour la fraction argileuse (inférieure à 2mm) extraite des 20g du précédant échantillon composite (MIR). Le diffractomètre utilisé est un appareil de marque BRUKER Advance D8 dans une configuration  $\emptyset$ - $\emptyset$ , utilisant la radiation  $CuK\alpha$  ( $\lambda=1.54\text{\AA}$ ) avec une fente de divergence fixe de  $0.3^\circ$  et une rotation de l'échantillon. Les diffractogrammes ont été enregistrés entre  $2^\circ$  et  $70^\circ$  avec le détecteur Lynxeye. L'analyse qualitative a été effectuée avec le logiciel X'Pert HighScore plus (+) (version 2.2).

### **Extraction et estimation du pourcentage de la fraction argileuse**

L'extraction de la fraction argileuse a été effectuée selon le protocole suivant. Il s'agit d'un protocole connu qui s'exécute selon les étapes suivantes est basée sur le principe de la loi stock (Laibi BA. 2008).

Au départ, deux portions de 20g de l'échantillon brut sont prélevés. Chacune est mise en suspension dans une bouteille de 125 cl, remplies d'eau distillée jusqu'au col) (Figure ???). Ceci a permis aux particules argileuses de se sédimer. Après homogénéisation des suspensions par agitation des bouteilles à la main, ces dernières sont laissées au repos sur une table stable pendant 100 mn (1h40) ce qui correspond à la sédimentation des particules  $<2 \mu\text{m}$  sur 2 cm (Durand C., et al., 1995). Un dispositif est ainsi mis en place pour prélever les 2 cm supérieurs de la suspension (mesuré à partir de la surface du liquide) par pipetage (Figure3).

Cette suspension pipetée est recueillie dans des tubes de centrifugeuse de 50 cl (ce qui correspond au volume pipeté dans les bouteilles).

Et enfin cette suspension est centrifugée à 3000 tours/mn pendant 45-60 mn afin de faire "tomber" les particules en suspension et d'obtenir un culot de centrifugation de particules  $<2 \mu\text{m}$  bien compact pour chacune des deux portions de départ. L'un des culots obtenus a été homogénéisé et étalé sur deux lames de verre, laissées sécher pour obtenir les lames orientées pour la diffraction des rayons X (DRX) et l'autre après centrifugation a été laissé au repos pendant 2h, puis séché à l'étuve à  $105^\circ\text{C}$  avant d'être pesé (Moore and Reynolds. 1989).



**Figure 3.** Dispositif d'extraction de la fraction fine

L'estimation du pourcentage de cette fraction extraite a été ainsi effectuée à partir de l'opération d'extraction de cette fraction par une règle de trois aboutissant à la formule suivante :  $P\%_{(fa)} = (M_{(fa)} \times 100) / M_{(eb)}$

$P\%_{(fa)}$  : Pourcentage fraction argileuse

$M_{(fa)}$  : Masse fraction argileuse

$M_{(eb)}$  : Masse échantillon brut

## Résultats

### Analyse chimique

Le tableau 1 présente les résultats de l'analyse chimique des éléments majeurs des échantillons MIR 1, MIR 2, MIR 3, MIR 4 et MIR 5 et MIR.

Le pourcentage massique total, des éléments chimiques constitutifs de chaque échantillon présentés dans ce tableau, est supérieur à 99% (Tableau 1). Ceci révèle que ces éléments chimiques sont bien suffisants pour caractériser ces six échantillons.

**Tableau 1.** Analyses chimiques (% massique) des échantillons bruts de la carrière de Mirriah

ECHANTILLO NS	Al2O3	Fe2O3	SiO2	C	Ti	Total
MIR1	46,001	32,358	18,626	1,081	1,741	99,807
MIR2	45,998	32,348	18,555	1,109	1,798	99,808
MIR3	45,988	32,353	18,691	1,109	1,661	99,802
MIR4	45,971	32,354	18,696	1,098	1,824	99,943
MIR5	46,091	32,381	18,576	1,107	1,847	100,002
Ecart type	0,0469	0,0129	0,0645	0,0120	0,0746	
MIR	45,796	32,401	18,606	1,203	1,801	99,807



L'analyse de ces données, montre que l'alumine ( $Al_2O_3$ ), l'oxyde de fer ( $Fe_2O_3$ ) et la silice ( $SiO_2$ ) sont les oxydes majeurs dans les six (06) échantillons. Ceci traduit que tous les échantillons sont des aluminosilicates (Tableau 1, Figure 4) avec un rapport silice/alumine élevé en moyenne de 2,5 pour ces échantillons.

Un pourcentage important d'oxyde de fer dépassant 32%, est observé au niveau des six échantillons, cela fait de ces échantillons, des aluminosilicates très riches en fer (Tableau 1, Figure 4).

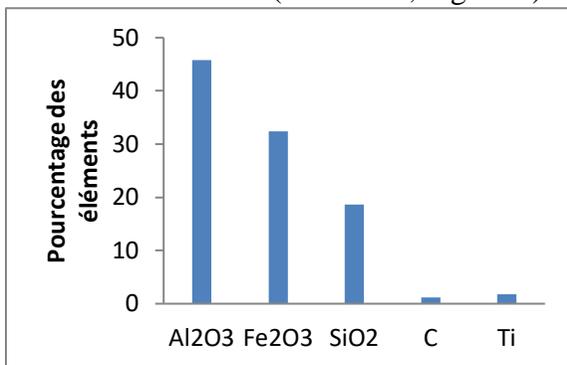


Figure 4. Pourcentage des éléments chimique dans l'échantillon MIR, représentatif de Mirriah

Les valeurs des écarts types des pourcentages massiques des éléments constitutifs majeurs est nettement négligeable (inférieur à 0,07). Cela prouve que les cinq échantillons ont des compositions très semblables, confirmant leur appartenance à la même formation géologique (Tableau1).

### Analyses minéralogiques

Les résultats de l'analyse des deux diffractogrammes de l'échantillon brut MIR (MIR raw), échantillon composite, représentatif de la carrière de Mirriah et sa fraction fine ou fraction argileuse (MIR fine fraction) extraite de l'échantillon brut sont affichés au niveau de la figure 5.

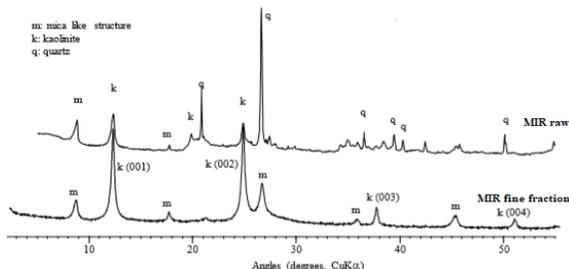


Figure 5. Diffractogrammes des échantillons MIR et de sa fraction fine

Le dépouillement du diffractogramme de l'échantillon brut de MIR (MIR raw) révèle qu'il est composé du quartz, de la kaolinite

( $2\text{SiO}_2, \text{Al}_2\text{O}_3, 2\text{H}_2\text{O}$ ) et une structure de type mica, proche de l'illite ( $\text{K}_2\text{O}, 2\text{H}_2\text{O}, 2\text{Al}_2(\text{Si}_3\text{Al})\text{O}_{10}(\text{OH})$ ).

L'opération d'extraction de la fraction argileuse (inférieure à  $2\mu\text{m}$ ) a concerné 20 g de l'échantillon brut. Ainsi 7,9 g de fraction argileuse (inférieure à  $2\mu\text{m}$ ) a été extraite, soit 39,5% de la masse initiale. Ceci révèle que l'échantillon MAG est riche en fraction argileuse.

La diffractométrie de rayons X appliquée sur cet échantillon de la fraction inférieure (MIR fine fraction) à 2 micromètre décèle la présence des minéraux suivants :

- kaolinite ( $2\text{SiO}_2, \text{Al}_2\text{O}_3, 2\text{H}_2\text{O}$ ) et,
- une structure de type mica plus proche de l'illite ( $\text{K}_2\text{O}, 2\text{H}_2\text{O}, 2\text{Al}_2(\text{Si}_3\text{Al})\text{O}_{10}(\text{OH})$ )

## Discussion

Les six échantillons de la carrière de Mirriah ont tous un taux très élevé d'alumine estimé à plus de 45%. Ainsi avec, leur pauvreté en éléments alcalins, ces échantillons de Mirriah peuvent être des potentielles matières premières pour la confection de produits réfractaires (Ledoussalh, 1985 ; Sagbo et al., 2015). Aussi leur pourcentage de plus 60% d'alumino-silicates, fait de ces échantillons des matériaux argileux pour lesquels, le rapport silice/alumine est un bon indicateur qui renseigne sur la proportion ou la teneur en minéraux argileux (Tableau 1). Ce rapport très élevé estimé à 2,5 en moyenne pour les six échantillons montre que les échantillons de cette étude sont riches en minéraux argileux (Juliano Alves de Senna. 2008). Cela est bien, en accord avec l'estimation de la fraction fine représente 39,5% de la masse de l'échantillon brut.

Aussi ce rapport estimé à 2,5 en moyenne pour les six échantillons, peut être comparé à celui des minéraux argileux de type 2:1, compris entre 2 et 4 (Jouennec, 1990 ; Konank, 2006). Ceci permet bien de rapprocher, la structure de mica mise en évidence par la diffraction x (Figure 5) de l'illite, une argile de type 2:1 (une couche octaédrique liée à deux couches tétraédriques).

Les compositions minéralogiques révèlent que l'échantillon brut MIR et sa fraction fine, représentatifs de la carrière de Mirriah sont constitués de la kaolinite ( $2\text{SiO}_2, \text{Al}_2\text{O}_3, 2\text{H}_2\text{O}$ ), du quartz, et une structure de type mica, proche de l'illite ( $\text{K}_2\text{O}, 2\text{H}_2\text{O}, 2\text{Al}_2(\text{Si}_3\text{Al})\text{O}_{10}(\text{OH})$ ). La kaolinite présente dans cette argile exploitée pour la poterie de Mirriah, est un minéral important dans sa composition puisqu'il ne favorise pas un phénomène de retrait/gonflement lors de séchage et de la réhumidification. C'est aussi une espèce minérale réfractaire qui limite le fluage à haute température (Bouhyyaoui F., 1996). Elle constitue le premier choix des potiers, à cause de

sa ténacité, sa dureté, son élasticité, sa supraconductivité et sa faible ductilité (Juliano Alves de Senna. 2008).

Le quartz, quant à lui, est une source de silice dégraissant de la kaolinite (Wetshondo OD. 2012). Le MIR avec cette proportion de quartz, serait donc comparable aux compositions favorables aux formulations des produits céramiques tels que les carreaux (Yurdakoc et al., 2008).

Les valeurs très négligeables des écarts types des pourcentages massiques des éléments constitutifs majeurs de ces cinq échantillons (MIR1, MIR 2, MIR 3, MIR 4 et MIR 5), montrent qu'il s'agit des matériaux identiques appartenant certainement à la même formation géologique. Et cette composition minéralogique (Kaolinite, quartz et mica/ illite) et la nature du matériel prouvent que MIR est un produit d'altération d'un granite à mica qu'on retrouve dans le Damagaram (Gregert J., Pougnet R. 1965).

Ainsi, c'est dans ces conditions d'altération de ce granite, que la kaolinite proviendrait de l'altération des feldspaths dans un milieu suffisamment drainé et les micas, minéraux ferro-magnésiens, quant à eux libèreront beaucoup du fer sous la forme d'oxyde ferrique (El Quandil M. 2007).

Ceci est en accord avec le pourcentage important de plus 32% observé d'oxyde de fer dans le matériel de poterie de Mirriah. Cette teneur particulièrement élevée en  $Fe_2O_3$  (plus de 32%) induit une couleur rouge brique au matériel. La coloration intense est un atout pour cet échantillon car il peut être utilisé comme colorant naturel pour les éléments de poterie (Amoha, 2006).

## **Conclusion**

L'utilisation d'un matériau exige la maîtrise de ses propriétés physiques, chimiques et minéralogiques. C'est pour cela que les matériaux utilisés pour la poterie de Mirriah ont été soumis à une série de caractérisation. Les résultats de la caractérisation chimique indiquent que les six échantillons (MIR1, MIR2, MIR 3, MIR 4, MIR 5 et MIR) de la carrière de Mirriah contiennent sensiblement les mêmes éléments chimiques avec des proportions presque identiques. Ils renferment majoritairement l'alumine ( $Al_2O_3$ ) et la silice ( $SiO_2$ ) et une proportion d'oxyde de fer ( $Fe_2O_3$ ) importante qui leurs confèrent une couleur rouge brique.

Les résultats de la caractérisation minéralogique ont permis d'identifier et de confirmer les minéraux contenus dans l'échantillon composite MIR et sa fraction fine. Ainsi, le quartz, la kaolinite et une structure de mica proche de l'illite sont les minéraux contenus dans l'échantillon MIR et sa fraction fine.

Toutes ces caractéristiques font de ces matériaux de la carrière de Mirriah, très favorables aux formulations des produits de la poterie voir de la céramique au sens large.

### References:

1. Alzouma K.1994. Fluctuations du niveau marin au cours du Mésozoïque et du Cénozoïque dans le bassin intracratonique du Iullemenden, Niger, Afrique de l'Ouest. Africa Geosciences Review. Vol 1, no 2. P 131-281.
2. Amoha BK. 2006. Coloration des blocs d'argile ciment (CIMARG). DEA Sciences de la terre, Université de Cocody, Abidjan, Côte d'Ivoire. p. 99.
3. Bouhyaoui F., 1996. Etude géologique, minéralogique et technologique des marnes Miocène Supérieur à Pliocène inférieur de la région de Fès-Meknes et de Rabat-Salé. Thèse de 3eme cycle, Université Mohamed V, Faculté des Sciences, Rabat, 233p.
4. Camille M. 2010. Contribution à la formulation et à la caractérisation d'un éco matériau de construction à base d'agroressources. Thèse de Doctorat de l'Université de Toulouse. p. 189.
5. Diawara SO. 2009. Caractéristiques géotechniques, chimiques et mécaniques des matériaux argileux utilisés dans la construction de l'actuelle cité de Djenné : essais de renforcement. Thèse de l'Université de l'université de Bamako, Mali. p. 187.
6. Durand C., Forsans T., Ruffet C., Onaisi A., Audibert A. 1995. Influence of clays on borehole stability: a literature survey, part one : occurrence of drilling problems, physico-chemical description of clays and of their interaction with fluids, Revue IFP, vol. 50, n°2.
7. El Quandil M. 2007. Recherche et valorisation des matériaux de constructions et des argiles industrielles dans les provinces nord centrales du Maroc ; possibilités d'exploitation et problèmes environnementaux. Thèse d'Etat. Université Mohamed V, Faculté des Sciences, Rabat, 340p.
8. Juliano Alves de Senna. 2008. Characterization of clay used in the ceramic manufacturing industry by reflectance spectroscopy ; An experiment in the Sao Simao ball-clay deposit, Brasil, Applied clay sciences 14(2008) 85-98.
9. Gourouza M.; Zanguina A., Natatou I., Boos A. 2013. Caractérisation d'une argile mixte du Niger. Rev. CAMES – Sciences Struct. Mat. Vol. 1, p 29-39.
10. Guerraoui F, Zamama M, Ibnoussina M. 2008. Caractérisation minéralogique et géotechnique des argiles utilisées dans la céramique

- de Safi (Maroc). *African Journal of Science and Technology, Science and Engineering*, 9(1): 1-11.
11. Guide du terrassement routier. 1992. Guide technique pour la réalisation des remblais et des couches de forme. . Fascicule I, principes généraux,.
  12. Gregert J., Pougnet R. 1965. Carte géologique de la République du Niger au 1/2 000 000, BRGM ed, Paris France.
  13. Keita I. 2014. Géomatériaux argileux du Mali pour la construction. Propriétés mécaniques, durabilité et rôle des tanins. Thèse de Doctorat, Université des Sciences Techniques et Technologiques de Bamako ; Université de Limoges. p. 209.
  14. Sagbo E, Laibi A, Senou M, Josse R, Mensah J, Borschneck D, Noack Y. 2015. Physico-Chemical and Mineralogical Characterization of some Clays from
  15. Coastal Sedimentary Basin of Benin used in Ceramic. *Res.J.chem.sci.*, 5(12): 1-19
  16. Soi S. 2003. Influence des ions fer sur les transformations thermiques de la kaolinite. Thèse de Doctorat Unique, Université de Limoges, France. p. 199.
  17. Sorgho B. 2013. Caractérisation et valorisation de quelques argiles du Burkina Faso : application au traitement des eaux et aux géomatériaux de construction. Thèse de Doctorat, Université de Ouagadougou. p. 177.
  18. Laibi BA. 2008. Caractérisation physicochimique et minéralogique de quelques échantillons d'argile du bassin sédimentaire côtier du Bénin. Mémoire de DEA, Université d'Abomey Calavi. p. 99.
  19. Ledoussalh. 1985. Les produits réfractaires. Paris: Société française de céramique.
  20. Sattran V., Wenmenga U., Czech Geological Survey, Geology of Burkina Faso, 2002. p 66-82
  21. Moore and Reynolds. 1989. X-Ray diffraction and the identification and analysis of clay minerals. Oxford University Press.
  22. Wenmenga U., Journal- Geological Society of India. 2007. Geology Mineralogy and Geochemistry of the Kaolin Deposits of Ouahigouya Area Burkina Faso, (2007) 70, (6), 1015-1020.
  23. Wetshondo OD. 2012. Caractérisation et valorisation des matériaux argileux de la province de Kinshasa (RD Congo). Thèse de Doctorat Unique de l'Université de Liège (Belgique). p. 199.
  24. Wolters, F., Emmerich, K, .2007. Thermal reactions of smectites — relation of dehydroxylation temperature to octahedral structure. *Thermochimica Acta* 462; 80–88.

25. Yah OH, Fripiat JJ. 1979. Data handbook for clay minerals and other non-metallic minerals. Pergamon Press.
26. Yurdakoc., M., Akçay, M., Tonbul, Y., Ok, F., Yurdakoc., K.,2008. Preparation and characterization of Cr- and Fe-pillared bentonites by using CrCl<sub>3</sub>, FeCl<sub>3</sub>, Cr(acac)<sub>3</sub> and Fe(acac)<sub>3</sub> as precursors. Microporous and mesoporous materials (ISSN: 1387- 1811) vol. 111; 211–218.

## **Étude Ethnobotanique Des Plantes Utilisées Dans L'artisanat Chez Les Agni Du Centre-Est Et Nord-Est De La Côte d'Ivoire**

*Amani Léopold Litta*

*Amadou Lamine Diop*

*Yao Bertin Kouakou*

U.F.R. des Sciences de la Nature, Abidjan, Côte d'Ivoire

*Djah François Malan*

Université Nangui Abrogoua,

U.F.R. des Sciences de la Nature, Abidjan, Côte d'Ivoire

Institut Botanique Aké-Assi d'Andokoi, Abidjan, Côte d'Ivoire

[Doi:10.19044/esj.2021.v17n3p133](https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n3p133)

---

Submitted: 18 December 2020

Accepted: 27 October 2020

Published: 31 October 2020

Copyright 2021 Author(s)

Under Creative Commons BY-NC-ND

4.0 OPEN ACCESS

*Cite As:*

Léopold Litta A., Lamine Diop A., Bertin Kouakou Y. & François Malan D. (2021). *Étude Ethnobotanique Des Plantes Utilisées Dans L'artisanat Chez Les Agni Du Centre-Est Et Nord-Est De La Côte d'Ivoire*. European Scientific Journal, ESJ, 17(3),133.

<https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n3p133>

---

### **Résumé**

Dans le but de valoriser le savoir traditionnel des plantes utilisées dans l'artisanat, une enquête ethnobotanique a été conduite chez quatre tribus Agni du Centre-est et du Nord-est de la Côte d'Ivoire. Les entretiens semi-structurés à travers l'approche du « porte-à-porte » suivis de randonnées dans le milieu environnant ont permis d'obtenir les informations sur l'usage des plantes. Cette étude a montré que 104 espèces réparties en 95 genres et 35 familles sont utilisées dans l'artisanat. Pour ces quatre tribus, seulement 14,42% des plantes ont un indice d'importance culturelle élevé. Il s'agit entre autres de *Baissea multiflora*, *Holarrhena floribunda*, *Mansonia altissima*, *Nauclea diderrichii*, *Nesogordonia papaverifera*, *Pseudocedrela kotschy*, etc. L'analyse du coefficient de Jaccard a montré des différences majeures au niveau de l'usage des plantes entre ces quatre communautés, avec seulement 13,46% d'usage commun. Il a été également observé que les savoirs liés aux plantes à usage artisanal s'érodent progressivement, à cause notamment de l'abondance des

matériaux modernes et surtout de la raréfaction des plantes utilisées due à la dégradation de l'environnement.

---

**Mots-clés:** Plantes Artisanales, Tribus Agni, Agni-Abè, Agni-Barabo, Agni-Bini, Agni-Bona, Côte d'Ivoire

## **Ethnobotanical Study Of Plants Used In Handicrafts, And Comparison Of Traditional Knowledge: The Case Of The Agni Communities Of Central-Eastern And North-Eastern Côte d'Ivoire**

*Amani Léopold Litta*

*Amadou Lamine Diop*

*Yao Bertin Kouakou*

U.F.R. des Sciences de la Nature, Abidjan, Côte d'Ivoire

*Djah François Malan*

Université Nangui Abrogoua,

U.F.R. des Sciences de la Nature, Abidjan, Côte d'Ivoire

Institut Botanique Aké-Assi d'Andokoi, Abidjan, Côte d'Ivoire

---

### **Abstract**

An ethnobotanical survey was conducted among four Agni tribes in the central-eastern and north-eastern parts of Côte d'Ivoire. This study aimed to valorize the traditional knowledge of plants used in handicrafts. Semi-structured interviews through the "door-to-door" approach followed by walks in the adjacent vegetation provided information on the use of plants. This study showed that 104 species divided into 95 genera and 35 families are used in local handicrafts. For these four tribes, only 14.42% of the plants have a high index of cultural importance. These include *Baissea multiflora*, *Holarrhena floribunda*, *Mansonia altissima*, *Nauclea diderrichii*, *Nesogordonia papaverifera*, *Pseudocedrela kotschyi* etc. The analysis of Jaccard's coefficient showed differences in the use of plants between these four communities, with only 13.46% of these plants in common use. The knowledge related to plants for artisanal use is gradually deteriorating, for several reasons: obsolescence of uses, the unavailability of plants due to environmental degradation and competition with modern materials.

---

**Keywords:** Artisanal Plants, Agni Tribes, Agni-Abè, Agni-Barabo, Agni-Bini, Agni-Bona, Côte d'Ivoire

### **Introduction**



En milieu rural, les populations ont des connaissances traditionnelles des plantes, du fait de leur utilisation ancestrale (Ndiaye *et al.*, 2017). De nombreuses plantes sont utilisées par différents peuples pour construire des habitats traditionnels et pour fabriquer différents outils ou articles utilisés au quotidien (Kouakou *et al.*, 2020). Ces plantes utilisées dans l'artisanat d'art ou utilitaire occupent une place importante dans le bien-être social des populations rurales. En effet, Elles permettent d'avoir des habitats à moindre coût pour s'abriter, des ustensiles et outils nécessaires pour la vie quotidienne des populations attachées à leur tradition et/ou par manque de ressources financières (Tiébré *et al.*, 2016). L'artisanat contribue également au rayonnement culturel d'un peuple. Ce domaine informel met en action des acteurs faisant preuve d'une créativité remarquable reposant sur des savoirs locaux détenus essentiellement par certains groupes dans la population (PNUD, 2006). Elle est une source de revenus notable pour ces populations (Tiébré *et al.*, 2016). Par conséquent, la surexploitation et la déforestation due à la pression anthropique sont un risque de bouleversement du bien-être social des populations rurales (Haddonou-Yovo *et al.*, 2019). Ainsi, documenter le savoir traditionnel concernant les plantes à usage artisanal en vue de leur préservation serait une solution au problème. Au Centre-est et au Nord-est de la Côte d'Ivoire à cheval entre la forêt semi-caducifoliée et le secteur préforestier du domaine guinéen se trouvent quatre tribus Agni, formant une limite linguistique intermédiaire entre les peuples Djimini, Koulango au Nord et les grands Royaumes Djuablin et Indenié, plus au Sud. A notre connaissance, les savoirs et savoir-faire en matière d'utilisation des plantes de ces peuples ont été très peu documentés. Tout usage d'une plante est lié au comportement socioculturel des communautés (Yetein *et al.*, 2013). Cette étude vise à valoriser le savoir traditionnel sur les plantes à usage artisanal chez ces sous-groupes Agni. De façon spécifique, il s'agit de recenser et évaluer l'importance interculturelle des plantes à usage artisanal au sein de ces tribus ; déterminer le niveau de partage des connaissances sur les plantes à usage artisanal entre ces quatre tribus.

## **Materiel Et Methodes**

### **Présentation du milieu d'étude**

L'étude a été conduite dans trois Départements (Daoukro, Koun-fao et Sandégué) du Centre-est et Nord-est de la Côte d'Ivoire (Figure 1) de mars 2016 à septembre 2019. Elle a concerné quatre sous-préfectures et 12 villages, que sont : les villages d'Ettrokro, Katimansou et Zanzansou pour les Agni-Abè (Sous-préfecture d'Ettrokro), les villages de Sanguéhi, Kamélé et Kouakoukankro pour les Agni-Barabo (Sous-préfecture de Sandégué), les villages de Senandé, Yakassé-Bini et Missoumihian 1 pour les Agni-Bini (Sous-préfecture de Kouassi-Datédro,) et les villages de Kokomian,

## Bossignanienkro et Sogoyaokro pour les Agni-Bona (Sous-préfecture de Kokomian).

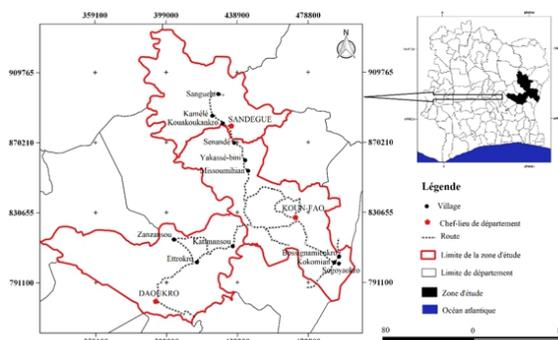


Figure 1. Carte de la zone d'étude (Département de Daoukro ; Koun-fao et Sandegué)

### Matériel d'étude

Le matériel d'étude pour cette investigation est constitué de matériels standard d'enquête ethnobotanique (une fiche d'enquête, un appareil photo, le matériel classique de récolte et de conservation d'échantillons) et l'ensemble des plantes utilisées par les différentes populations locales dans l'artisanat.

### Méthode de collecte des données

L'enquête ethnobotanique a été réalisée en deux étapes à l'aide d'un guide d'entretien. La première étape a consisté en un entretien semi-structuré à l'aide d'un questionnaire au cours d'un « porte-à-porte » aléatoire dans des foyers de chaque village. Les entretiens se sont focalisés sur les plantes spontanées utilisées pour construire des habitats traditionnels et pour fabriquer différents outils ou articles utilisés au quotidien par les informateurs. Les informations recherchées sont : le nom local des plantes, les parties utilisées et l'objet fabriqué. Cette première partie a concerné 571 informateurs répartis comme suit : 174 Agni-Abè (71 femmes et 103 hommes), 182 Agni-Barabo (92 femmes et 90 hommes), 118 Agni-Bini (68 femmes et 50 hommes) et 96 Agni-Bona (61 femmes et 35 Hommes). Pour la seconde étape, des randonnées dans les « brousses » environnantes avec des informateurs ont été effectuées. Cette étape a permis de compléter la liste des plantes recueillies lors de la première étape et de constituer un herbier. L'identification des plantes a été faite au Laboratoire de Botanique à l'Université Nangui Abrogoua. Les noms scientifiques ont été mis à jour à l'aide de la base de données African Plants Database (version 3.4.0), consultée le 20/10/2020.

### Catégorisation des usages des plantes artisanales

Selon l'objet fabriqué et son utilité (artistique, mobilière ou ludique), l'usage des plantes a été subdivisé en quatre catégories :

- La construction des habitats traditionnels (pilier, charpente, toiture).
- La confection des meubles (chaises, table, lits, etc.).
- La confection des ustensiles de cuisine (écuelles, paniers, mortiers, pilons, spatules).
- La fabrication des objets d'art et de jeux (sculptures, instruments de musique, etc.).

### Analyse des données

Différents indices et traitements statistiques ont servi à évaluer l'importance culturelle et le partage des connaissances sur l'usage artisanal des plantes. Ainsi :

Le diagramme de Venn a été utilisé pour montrer la distribution des plantes à usage artisanal entre les différentes tribus.

L'indice d'importance culturelle ou *Cultural importance index* (IC) a été utilisé pour évaluer le niveau d'importance de chaque espèce dans une culture donnée (Tardio & Pardo-de-Santayana, 2008). Il est calculé selon la formule suivante :

$$IC = \sum_{U=U_1}^{U_{NC}} \sum_{I=1}^{I_N} \frac{UR_{UI}}{N}$$

Où,  $UR$  : Nombre de personnes ayant mentionné un usage donné,  $NC$  : Nombre total de catégories d'usages,  $N$  : Nombre total d'informateurs. Une valeur élevée d'IC indique une importance culturelle élevée pour la plante donnée.

Le test de  $\chi^2$  a été utilisé pour comparer l'homogénéité des richesses spécifiques aux fins d'évaluer la significativité des différences entre les tribus. Le seuil de significativité est  $\alpha=0,05$ .

Les valeurs de l'IC ont servi à faire l'analyse factorielle des correspondants pour évaluer le niveau du partage de connaissances entre les différents peuples Agni visités.

Puis les données de présence absence ont été utilisées pour évaluer la concordance des usages artisanaux, entre les quatre communautés, le coefficient de similarité de Jaccard (Jaccard, 1908) a été utilisé pour comparer les connaissances sur les plantes utilisées, dans l'artisanat par ces différentes tribus. Ce coefficient a été calculé selon la formule suivante :

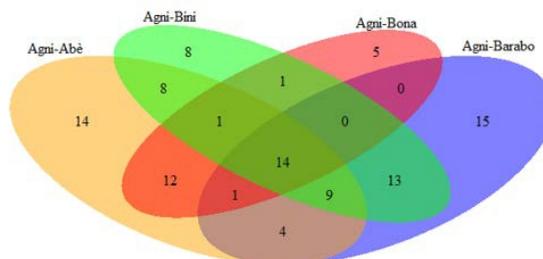
$$S_{ij} = \frac{a}{a + b + c}$$

Où  $S_{ij}$  est le coefficient de Jaccard,  $a$  le nombre d'espèces communes aux groupes  $i$  et  $j$  ;  $b$  le nombre d'espèces présentes uniquement dans le groupe  $i$ ,  $c$  le nombre d'espèces uniquement dans le groupe  $j$ . Les analyses de données ont été réalisées avec le logiciel R (version 3.6.1).

## Resultats

### Diversité et distribution des espèces végétales à usage artisanal

Pour l'ensemble des quatre tribus Agni, 104 espèces utilisées dans l'artisanat ont été recensées. Elles se répartissent en 95 genres et 35 familles dont les plus importantes numériquement, sont les Leguminosae (17 espèces), les Malvaceae (13 espèces) et les Apocynaceae (sept espèces). Cette richesse spécifique varie d'une tribu à une autre, avec cependant 14 plantes (soit 13,46%) communes aux quatre tribus (Figure 2). Il s'agit de *Azelia africana* Sm. ex Pers. (Leguminosae), *Alstonia boonei* De Wild. (Apocynaceae), *Antiaris africana* Engl. (Moraceae), *Ceiba pentandra* (L.) Gaertn. (Malvaceae), *Elaeis guineensis* Jacq. (Arecaceae), *Funtumia elastica* (P. Preuss) Stapf (Apocynaceae), *Holarrhena floribunda* (G. Don) T. Durand & Schinz (Apocynaceae), *Mansonia altissima* (A.Chev.) A. Chev. (Malvaceae), *Margaritaria discoidea* (Baill.) G. L. Webster (Phyllanthaceae), *Milicia excelsa* (Welw.) C. C. Berg, (Moraceae), *Morus mesozygia* Stapf (Moraceae), *Picralima nitida* (Stapf) T. Durand & H. Durand (Apocynaceae), *Ricinodendron heudelotii* (Baill.) Pierre ex Heckel (Euphorbiaceae), *Trema orientalis* (L.) Blume (Cannabaceae). Les plantes sont recherchées essentiellement pour trois parties : le tronc (93%), les feuilles (5%) et les fruits (2%).



**Figure 2.** Diagramme de Venn représentant la distribution des plantes à usage artisanal entre les tribus Agni étudiées

### Usage artisanal des plantes

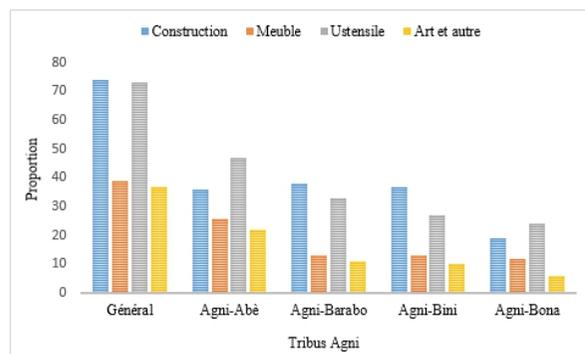
Parmi les 104 espèces à usage artisanal recensées, 74 espèces sont utilisées pour bâtir des huttes, 39 espèces pour la confection de meubles traditionnels, 73 espèces pour la confection des articles de ménage et 37 pour la confection des objets arts et culturels. Ces nombres varient selon les tribus (Figure 3). Selon le type d'usage (construction, meuble traditionnel, articles de ménage, objets arts et culturels) et le rôle du matériel végétal, les plantes utilisées sont différentes d'une tribu à l'autre. Ainsi, *Anogeissus leiocarpa* (DC.) Guill. & Perr. (Combretaceae), *Crossopteryx febrifuga* (Afzel. ex G. Don) Benth. (Rubiaceae), *Terminalia schimperiana* Hochst. (Combretaceae) avec les feuilles de *Andropogon gayanus* Kunth (Poaceae)

chez les Agni-Barabo et les Agni-Bini (Figure 4A) puis, *Terminalia superba* Engl. & Diels (Combretaceae), *Mansonia altissima* (A.Chev.) A. Chev. (Malvaceae), avec les feuilles tissées de *Raphia hookeri* G.Mann & H. Wendl (Arecaceae) chez les Agni-Abè et les Agni-Bona sont utilisées pour bâtir des habitats traditionnels.

Les plantes les plus sollicitées dans la sous-catégorie meuble traditionnel sont : *Holarrhena floribunda* (G.Don) T. Durand & Schinz (Apocynaceae), *Ricinodendron heudelotii* (Baill.) Pierre ex Heckel (Euphorbiaceae), *Baissea multiflora*, *Elaeis guineensis* et *Raphia hookeri*.

Les plantes les plus sollicitées dans la sous-catégorie des articles de ménage sont : *Afzelia africana* Sim.ex Pers. (Leguminosae), *Nauclea diderrichii* (De Wild. & T. Durand) Merr. (Rubiaceae), *Khaya senegalensis* (Desr.) A. Juss. (Meliaceae), *Nesogordonia papaverifera* (A.Chev.) Capuron ex N. Hallé (Malvaceae), *Vitellaria paradoxa* C. F. Gaertn. (Sapotaceae), *Pseudocedrela kotschyi* (Schweinf.) Harms, (Meliaceae), *Zanthoxylum zanthoxyloides* (Lam.) Zepern. & Timler (Rutaceae), etc. enfin le panier avec *Baissea multiflora* et *Elaeis guineensis* (Figure 4 B).

Les plantes les plus sollicitées dans la sous-catégorie d'objets d'art et culturelles sont : *Anthocleista nobilis* G.Don (Meliaceae), *Cussonia arborea* Hockst. ex A. Rich (Araliaceae), *Cordia millenii* Baker (Boraginaceae) sont utilisées pour la confection des Tam-tam. *Holarrhena floribunda*, *Ricinodendron heudelotii*, *Alstonia boonei* pour les manches de fusil et les statuettes.



**Figure 3.** Catégories d'usages des plantes à usage artisanal en fonction des tribus



**Figure 4.** Quelques plantes à usage artisanal : **A.** Toiture de hutte confectionnée avec *Andropogon gayanus* à Senandé (Agni-Bini) ; **B.** Artisan confectionnant un mortier avec *Nauclea diderrichii* à Kokomian (Agni-Bona)

### Importance culturelle et variation interculturelle

De cette investigation il ressort que, 15 espèces (14,42%) ont un indice d'importance culturelle élevé ( $IC \geq 0,5$ ). Les valeurs et les plantes importantes culturellement varient selon les communautés (Tableau 1). Par exemple, chez les Agni-Abè *Azelia africana* ( $IC = 0,5$ ), *Baissea multiflora* ( $IC = 0,5$ ), *Mansonia altissima* ( $IC = 0,56$ ), *Picalima nitida* ( $IC = 0,58$ ), *Milicia excelsa* ( $IC = 0,59$ ), *Holarrhena floribunda* ( $IC = 0,76$ ), *Cordia millenii* ( $IC = 0,77$ ) et *Nesogordonia papaverifera* ( $IC = 1,04$ ) sont plus important, tandis que chez les Agni-Barabo c'est *Holarrhena floribunda* ( $IC = 0,57$ ), *Zanthoxylum zanthoxyloides* ( $IC = 0,5$ ), *Khaya senegalensis* ( $IC = 0,69$ ), *Pseudocedrela kotschy* ( $IC = 0,67$ ) et *Vitellaria paradoxa* ( $IC = 1,05$ ) qui sont plus important. Chez les Agni-Bini c'est *Holarrhena floribunda* ( $IC = 1,52$ ), *Pseudocedrela kotschy* ( $IC = 0,71$ ), *Vepris heterophylla* ( $IC = 0,58$ ) et *Zanthoxylum zanthoxyloides* ( $IC = 0,51$ ) sont les plus importants. Tandis que les plus importantes chez les Agni-Bona sont *Celtis zenkeri* ( $IC = 0,51$ ) et *Nauclea diderrichii* ( $IC = 0,71$ ). Ces plantes sont utilisées dans plusieurs types d'usages.

**Tableau 1.** Importance culturelle des plantes à usage artisanal

Espèces végétales	Familles	IC			
		Agni-Abè	Agni-Barabo	Agni-Bini	Agni-Bona
<i>Azelia africana</i> Sm. ex Pers.	Leguminosae	0,50	0,07	0,25	0,16
<i>Alchornea cordifolia</i> (Schumach. & Thonn.) Müll. Arg.	Euphorbiaceae	-	-	-	0,15
<i>Alstonia boonei</i> De Wild.	Apocynaceae	0,35	0,07	0,31	0,19
<i>Andropogon gayanus</i> Kunth	Poaceae	-	0,75	0,88	-
<i>Anogeissus leiocarpa</i> (DC.) Guill. & Perr.	Combretaceae	-	0,12	0,22	-
<i>Anthocleista nobilis</i> G.Don	Meliaceae	-	0,02	0,10	-
<i>Antiaris africana</i> Engl.	Moraceae	0,12	0,01	0,02	0,08

<i>Azadirachta indica</i> A. Juss.	Meliaceae	0,17	0,06	-	-
<i>Baissea multiflora</i> A. DC.	Apocynaceae	0,50	-	0,04	0,26
<i>Bambusa vulgaris</i> Schrad. ex J. C. Wendl.	Poaceae	0,13	0,12	0,02	-
<i>Baphia nitida</i> Lodd.	Apocynaceae	-	-	-	0,35
<i>Baphia pubescens</i> Hook. f.	Leguminosae	-	-	0,05	-
<i>Blighia sapida</i> K. D. Koenig	Leguminosae	-	0,09	0,02	-
<i>Blighia welwitschii</i> (Hiern) Radlk.	Leguminosae	-	0,01	-	-
<i>Bombax buonopozense</i> P. Beauv.	Malvaceae	0,06	0,02	0,08	-
<i>Borassus aethiopum</i> Mart.	Arecaceae	0,03	-	0,06	-
<i>Bridelia ferruginea</i> Benth.	Phyllanthaceae	-	-	0,21	-
<i>Campylostemon laurentii</i> De Wild.	Celastraceae	0,43	0,02	-	-
<i>Cassia sieberiana</i> DC.	Leguminosae	-	0,03	-	-
<i>Ceiba pentandra</i> (L.) Gaertn.	Malvaceae	0,32	0,14	0,16	0,06
<i>Celtis zenkeri</i> Engl.	Cannabaceae	0,01	-	0,02	0,51
<i>Chionanthus africanus</i> (Welw.ex Knobl.) Steam	Olacaceae	0,04	-	-	-
<i>Cnestis ferruginea</i> DC.	Connaraceae	-	0,14	0,19	-
<i>Cola gigantea</i> var. <i>glabrescens</i> Brenan & Keay	Malvaceae	0,02	-	-	0,05
<i>Cola millenii</i> K. Schum.	Malvaceae	0,16	-	-	-
<i>Combretum nigricans</i> Lepr. ex Guill. & Perr.	Combretaceae	0,34	-	0,07	-
<i>Cordia millenii</i> Baker	Boraginaceae	0,85	-	0,41	0,29
<i>Crescentia cujete</i> L.	Bignoniaceae	0,07	-	-	-
<i>Crossopteryx febrifuga</i> (Afzel. ex G.Don) Benth.	Rubiaceae	-	0,09	-	-
<i>Cussonia arborea</i> Hockst. ex A.Rich	Araliaceae	-	0,17	-	-
<i>Cuviera acutiflora</i> DC.	Rubiaceae	0,01	-	-	-
<i>Cynometra megalophylla</i> Harms	Leguminosae	0,06	-	0,03	-
<i>Daniellia oliveri</i> (Rolfe) Hutch. & Dalziel	Rubiaceae	-	0,04	-	-
<i>Detarium microcarpum</i> Guill. & Perr.	Leguminosae	-	0,02	0,26	-
<i>Detarium senegalense</i> J. F. Gmel.	Leguminosae	-	0,01	-	-
<i>Dialium guineense</i> Willd.	Leguminosae	0,37	0,27	0,14	-
<i>Diospyros mespiliformis</i> Hochst. ex A.DC.	Ebenaceae	-	0,14	0,35	-
<i>Elaeis guineensis</i> Jacq.	Arecaceae	0,35	0,01	0,05	0,38
<i>Entandrophragma utile</i> (Dawe & Sprague) Sprague	Meliaceae	-	-	-	0,05
<i>Eremospatha dransfieldii</i> Sunderl.	Arecaceae	0,15	-	-	0,08
<i>Erythrophleum suaveolens</i> (Guill. & Perr.) Brenan	Leguminosae	0,30	0,14	-	-
<i>Ficus sur</i> Forssk.	Moraceae	-	-	0,24	-
<i>Funtumia elastica</i> (P. Preuss) Stapf	Apocynaceae	0,06	0,15	0,08	0,25
<i>Garcinia afzelii</i> Engl.	Clusiaceae	0,12	0,01	0,01	-
<i>Grewia megalocarpa</i> Juss.	Malvaceae	-	0,02	-	-
<i>Griffonia simplicifolia</i> (Vahl ex DC.) Baill.	Leguminosae	0,02	-	-	-
<i>Hildegardia barteri</i> (Mast.) Kosterm.	Malvaceae	0,01	-	-	-

<i>Holarrhena floribunda</i> (G.Don) T. Durand & Schinz	Apocynaceae	0,77	0,57	1,51	0,96
<i>Hymenocardia acida</i> Tul.	Phyllanthaceae	-	-	0,02	-
<i>Hypselodelphys triangularis</i> Jongkind	Maranthaceae	0,17	-	-	-
<i>Khaya ivorensis</i> A.Chev.	Meliaceae	0,24	-	-	0,06
<i>Khaya senegalensis</i> (Desr.) A. Juss.	Meliaceae	-	0,69	0,22	-
<i>Lagenaria siceraria</i> (Molina) Standl.	Curcubitaceae	0,06	0,01	0,03	-
<i>Lasiodiscus chevalieri</i> Hutch.	Rhamnaceae	0,05	-	-	-
<i>Lasiodiscus mannii</i> Hook. f.	Rhamnaceae	-	-	0,06	-
<i>Lecaniodiscus cupanioides</i> Planch.	Sapindaceae	0,02	0,03	0,07	-
<i>Leptonychia pubescens</i> Keay	Malvaceae	-	-	0,37	0,03
<i>Mangifera indica</i> L.	Anacardiaceae	0,01	-	0,01	-
<i>Mansonia altissima</i> (A.Chev.) A.Chev.	Malvaceae	0,59	0,19	0,01	0,11
<i>Marantochloa congestis</i> (K. Schum.) J. Léonard & Mullend.	Marantaceae	0,28	-	-	-
<i>Margaritaria discoidea</i> (Baill.) G.L. Webster	Phyllanthaceae	0,04	0,04	0,03	0,13
<i>Milicia excelsa</i> (Welw.) C. C. Berg	Moraceae	0,59	0,18	0,52	0,51
<i>Morus mesozygia</i> Stapf	Moraceae	0,19	0,01	0,01	0,31
<i>Musanga cecropioides</i> R. Br.	Urticaceae	0,30	-	0,02	-
<i>Nauclea diderrichii</i> (De Wild. & T. Durand) Merr.	Rubiaceae	0,13	-	-	0,71
<i>Nesogordonia papaverifera</i> (A.Chev.) Capuron ex N. Hallé	Malvaceae	1,05	0,16	-	0,36
<i>Newbouldia laevis</i> (P. Beauv.) Seem. ex Bureau	Bignoniaceae	0,06	-	-	-
<i>Olax subscorpioides</i> Oliv.	Olaceae	-	0,02	0,03	-
<i>Parkia biglobosa</i> (Jacq.) R. Br. ex G.Don	Leguminosae	0,01	-	-	-
<i>Picralima nitida</i> (Stapf) T. Durand & H. Durand	Apocynaceae	0,58	0,10	0,44	0,16
<i>Piliostigma reticulatum</i> (DC.) Hochst.	Leguminosae	-	0,05	-	-
<i>Pouteria alnifolia</i> (Baker) Roberty	Sapotaceae	-	0,05	-	-
<i>Pseudocedrela kotschyi</i> (Schweinf.) Harms	Meliaceae	-	0,67	0,78	-
<i>Psydrax subcordata</i> (DC.) Bridson	Rubiaceae	-	0,12	-	-
<i>Pterocarpus erinaceus</i> Poir.	Leguminosae	-	0,02	-	-
<i>Pterygota macrocarpa</i> K. Schum.	Malvaceae	0,35	-	-	-
<i>Pycnanthus angolensis</i> (Welw.) Warb.	Myristicaceae	0,27	-	-	0,06
<i>Raphia hookeri</i> G.Mann & H. Wendl.	Arecaeae	0,01	0,01	-	-
<i>Rauvolfia vomitoria</i> Afzel.	Apocynaceae	0,01	-	-	0,05
<i>Ricinodendron heudelotii</i> (Baill.) Pierre ex Heckel	Euphorbiaceae	0,40	0,28	0,14	0,30
<i>Samanea dinklagei</i> (Harms) Keay	Leguminosae	0,04	-	-	-
<i>Scytopetalum tieghemii</i> (A.Chev.) Hutch. & Dalziel	Lecythidaceae	-	-	0,13	-
<i>Sericanthe toupetou</i> (Aubrév. & Pellegr.) Robbr.	Rubiaceae	-	-	0,01	0,13
<i>Spathodea campanulata</i> P. Beauv.	Bignoniaceae	-	0,06	-	-
<i>Spondias mombin</i> L.	Anacardiaceae	0,04	0,05	0,04	-



<i>Sterculia rhinopetala</i> K. Schum.	Malvaceae	0,02	-	-	0,13
<i>Sterculia tragacantha</i> Lindl.	Malvaceae	0,02	-	-	-
<i>Talbotiella gentii</i> Hutch. & Greenway	Leguminosae	0,22	-	-	-
<i>Tapura ivorensis</i> Breteler	Dichapetalaceae	0,08	-	-	-
<i>Tectona grandis</i> L. F.	Lamiaceae	-	-	0,02	-
<i>Terminalia ivorensis</i> A.Chev.	Combretaceae	0,23	-	-	0,05
<i>Terminalia schimperiana</i> Hochst.	Combretaceae	-	0,31	0,19	-
<i>Terminalia superba</i> Engl. & Diels	Combretaceae	0,08	-	-	0,23
<i>Tetrapleura tetraptera</i> (Schumach. & Thonn.) Taub.	Leguminosae	-	-	-	0,09
<i>Thaumatococcus daniellii</i> (Benn.) Benth.	Marantaceae	0,06	-	-	-
<i>Treculia africana</i> Decne.	Moraceae	-	0,02	-	-
<i>Trema orientalis</i> (L.) Blume	Cannabaceae	0,16	0,02	0,06	0,11
<i>Triplochiton scleroxylon</i> K. Schum.	Malvaceae	0,30	-	0,04	0,01
<i>Vepris heterophylla</i> (Engl.) Letouzey	Rutaceae	0,02	0,48	0,63	-
<i>Vitellaria paradoxa</i> C. F. Gaertn.	Sapotaceae	0,01	1,05	0,46	-
<i>Vitex doniana</i> Sweet	Lamiaceae	-	0,01	-	-
<i>Xylopia quintasii</i> Engl. & Diels	Annonaceae	-	0,16	0,06	-
<i>Zanthoxylum leprieurii</i> Guill. & Perr.	Rutaceae	-	0,01	-	-
<i>Zanthoxylum zanthoxyloides</i> (Lam.) Zepern. & Timler	Rutaceae	-	0,52	0,64	-

### Concordance des usages artisanaux entre les quatre tribus

Le nombre de plantes citées dans l'artisanat par les quatre tribus est 63 plantes (les Agni-Abè), 56 plantes (les Agni-Barabo), 54 plantes (les Agni-Bini) et 34 plantes (les Agni-Bona) a été comparé à l'aide d'un test de Khi<sup>2</sup>. Cette analyse révèle des similitudes et des différences significatives entre certaines tribus comme l'illustre le Tableau 2. La différence la plus forte est obtenue entre les Agni-Abè et les Agni-Bona (p=0,002), ainsi qu'entre Agni-Barabo et Agni-Bona (p=0,0105). Par contre, le nombre de plantes citées par les Agni-Abè, les Agni-Barabo et les Agni-Bini est quasi identique (p > 0,05).

**Tableau 2.** Comparaison des richesses spécifiques par communautés

	p-value		
	Agni-Abè	Agni-Barabo	Agni-Bini
Agni-Abè	-	-	-
Agni-Barabo	0,521	-	-
Agni-Bini	0,357	0,849	-
Agni-Bona	0,002	0,0105	0,033

Concernant les usages, l'analyse du coefficient de Jaccard (Tableau 3) montre également de fortes différences entre les quatre tribus de façon générale ( $S \leq 0,5$ ) et de façon plus prononcée entre Agni-Barabo et Agni-Bona ( $S = 0,195$ ).

**Tableau 3.** Niveau de partage des connaissances

	S		
	Agni-Abè	Agni-Barabo	Agni-Bini



anthropiques (l'exploitation forestière anarchique, agriculture itinérante sur abattis-brûlis, etc.) à l'absence d'autorité de surveillances a entraîné la raréfaction des ressources utiles et avec elle la perte de savoir et savoir-faire. La variation de la diversité au niveau de la richesse spécifique a été aussi observée en Côte d'Ivoire et ailleurs en Afrique de l'Ouest. En effet, les peuples Koulango et Lobi ont mentionné un nombre de plantes à usage artisanal différent malgré le partage de la même végétation savanicole (Kouakou, 2019). En outre, au Sénégal la diversité est plus importante au Sud (Kahi) comparé au Nord (Mérima Dakhar) du bassin arachidier et cela à cause de la différence de végétation, mais aussi de la dégradation de l'environnement (Ndiaye *et al.*, 2017).

Comme en zone sahélienne, les tribus Agni ont adopté des types d'habitats adaptés à leur mode de vie. Ces modèles d'habitation sont la traduction concrète du savoir-faire des populations locales dans la maîtrise des ressources de leur milieu naturel (Kouakou *et al.*, 2020). La sélection du matériel végétal utilisée se fait en fonction de certains critères (Kimpouni & Nguembo, 2018). Les plantes sont sélectionnées en fonction de la perception de la solidité et la durabilité du bois, sa résistance à la pourriture aux termites et aux insectes xylophages, la qualité de droiture et de facilité à travailler du bois, l'abondance de la plante dans le milieu (Kimpouni & Nguembo, 2018). La perception de ces différents caractères est fonction des tribus comme l'a mentionné Kouakou (2019). Par conséquent, les plantes utilisées ou leurs usages varient en fonction de la communauté. Des observations semblables ont été faites par Soro *et al.* (2014) en Côte d'Ivoire et Lougbegnon *et al.* (2011) au Bénin. Ces auteurs révèlent que les peuples ruraux du Sud-ouest de la Côte d'Ivoire ainsi que, ceux de la vallée de Sitatunga au Bénin utilisent de ressources végétales à leur disposition pour construire des habitats traditionnels (cuisine, hutte, etc.).

De ces investigations, il ressort que les quatre tribus Agni visitées ont une faible diversité en mobilier traditionnel. Toutefois, ces tribus font une sélection de plantes en fonction de l'objet confectionné. Les plantes les plus recherchées sont *Holarrhena floribunda*, *Ricinodendron heudelotii* et *Alstonia boonei* pour la confection de mobiliers. Ces mobiliers sont constitués pour l'essentiel de tabouret et de table. Les chaises et les hamacs sont fabriqués avec *Baissea multiflora*, *Elaeis guineensis* et *Raphia hookeri*. Des observations semblables ont été faites par Malan (2008) chez les Ehotilé un peuple culturellement proche des Agni de notre zone d'étude.

Au niveau de la fabrication des objets et ustensiles, les critères comme la maniabilité, la résistance aux intempéries ainsi que la qualité physique sont recherchés chez les végétaux utilisés (Kouakou, 2019). En effet, les principaux ustensiles de cuisine sont : le panier, l'assiette, le pilon et le mortier. Ces ustensiles sont le reflet du régime alimentaire de ces tribus Agni ainsi que du

peuple Akan en général. En fonction du type d'ustensile fabriqué, l'artisan est soumis à un choix. Ainsi, *Baisea multiflora*, *Elaeis guineensis* et *Raphia hookeri* sont utilisées pour confectionner diverses sortes de paniers, avec pour rôle le transport et le stockage des vivres (Zeh, 2018). Par ailleurs, *Celtis zenkeri*, *Picralima nitida*, et *Nesogordonia papaverifera* sont les plus utilisées pour le pilon. Alors que, *Khaya senegalensis*, *Milicia excelsa*, *Nauclea diderrichii* et *Vitellaria paradoxa* sont les plus recherchés pour la fabrication des mortiers. Ce résultat s'expliquerait par le fait que ces arbres sont solides et donnent des articles ayant une longue durée comme souligné par Vroh bi *et al.* (2014), Ouattara *et al.* (2016) et Kouakou (2019).

Les instruments de musique, les articles d'arts et utilitaire chez les tribus Agni du Nord-est au Centre-est ne diffèrent pas des autres groupes Akan (Malan, 2008). Par contre, les plantes utilisées pour confectionner ces articles varient d'une tribu à autre. Le tam-tam, principal instrument de musique Akan est taillé dans le bois de *Cussonia arborea* et *Anthocleista nobilis* chez les Agni-Barabo et Agni-Bini. Cependant, chez les Agni-Abè et les Agni-Bona cet instrument ludique est taillé dans le bois de *Cordia millenii*. De plus, *Holarrhena floribunda*, *Ricinodendron heudelotii*, *Alstonia boonei* sont utilisées par toutes ces tribus pour confectionner les manches de fusil traditionnel, ainsi que des statuette. Les rites et rituels sont toujours d'actualité avec les statuette, les tam-tams parleurs et autres.

Les plantes à usage artisanal ont dans l'ensemble une importance culturelle pour les différentes communautés. Cependant, certaines plantes sont plus importantes que d'autres au sein de chaque communauté. Ces plantes avec  $IC \geq 0,5$  représentent 14,42% du total des plantes citées. Ce faible nombre de plantes ayant un indice d'importance culturelle élevé peut se justifier en premier lieu, par le fait que ces plantes doivent respecter un ensemble de caractéristiques recherchées par les artisans. En deuxième lieu, par la non-disponibilité des ressources naturelles utiles pour l'artisanat. Enfin, par la concurrence des outils et matériaux modernes disponibles de plus en plus sur les marchés locaux. Ces observations ont été faites par Kouakou *et al.* (2020) qui révèlent que seulement 9 % des plantes citées par les Koulango et Lobi ont une fréquence de citation supérieure à 50%. En général, les espèces de plantes culturellement importantes pour ces communautés sont celles à usage multiple qui interviennent dans presque tous les types d'usage (Gning *et al.*, 2013). Seule *Holarrhena floribunda* avec un IC élevé, est utilisée intensivement par ces différentes tribus Agni dans tous les types usages artisanaux. Ayant la tendresse et la légèreté des bois d'Apocynaceae, *Holarrhena floribunda* est taillée pour des usages multiples dans la vie quotidienne (Malan, 2008).

La détermination du niveau de concordance des connaissances sur les plantes à usage artisanal entre tribus a montré de fortes différences entre les quatre tribus de façon générale. Ces différences peuvent s'expliquer par le

faite que la végétation est différente du Nord au Sud de la zone d'étude. Ensuite, les réalités socioculturelles et la promiscuité entre les tribus peuvent avoir un impact sur la connaissance et l'usage des plantes (Hodonou-Yovo *et al.*, 2019 ; Malan *et al.*, 2020). De plus, la disponibilité et l'accessibilité des ressources végétales influent sur leur exploitation (Kouakou *et al.*, 2017). Des observations semblables ont été faites en Côte d'Ivoire par Kouakou *et al.* (2020) et au Bénin par Hodonou-Yovo *et al.* (2019). En effet, au Nord-est de la Côte d'Ivoire des différences ont été observées au niveau de l'usage artisanal des plantes entre les peuples Koulango et Lobi, et selon Hodonou-Yovo *et al.* (2019) les différences communales de la périphérie de la Réserve de biosphère du Mono au Bénin s'accordent moyennement sur les plantes utilisées dans l'artisanat. En somme, la connaissance et l'utilisation des plantes au sein des tribus ethniques sont liées entre autres aux savoirs anciens et au brassage dû aux relations interethniques (Malan *et al.*, 2020).

## Conclusion

Cette étude ethnobotanique a évalué l'importance culturelle des plantes à usage artisanal au sein des tribus Agni du Centre-est et Nord-est de la Côte d'Ivoire. Elle a montré qu'un nombre conséquent de plantes sont utilisées dans l'artisanat. Mais, seuls 14,42% des plantes ont un indice d'importance culturelle élevé avec 13,46% d'usage commun des plantes entre ces quatre communautés. De plus, l'évaluation de la concordance des connaissances a montré de fortes différences au niveau des connaissances sur les plantes à usage artisanal entre les quatre tribus. Les savoirs liés aux plantes à usage artisanal s'érodent progressivement, à cause notamment de la désuétude des usages, la non-disponibilité des plantes due à la dégradation de l'environnement et la concurrence avec les matériaux modernes. La valorisation des connaissances et pratiques ethnobotaniques liées à ces plantes, la sensibilisation des populations sur leurs utilisations rationnelles et leurs prises en compte dans la politique des conservations seraient bénéfiques aux populations.

## References:

1. Gning, O., Sarr, O., Gueye, M., Akpo, L. E. & Ndiaye, P. M. (2013). Valeur socio-économique de l'arbre en milieu malinké (Khossanto, Sénégal). *Journal of Applied Biosciences*, 70 : 5617-5631.
2. Hodonou-Yovo, A. G., Houessou, L. G., Lougbegnon, T. O., Adebisi, Y., Sinasson, G. K. S., Semevo, D. F., Lange, U. & Boko, M. (2019). Diversité et formes d'utilisation des espèces ligneuses de la Réserve de biosphère du Mono (Bénin). *VertigO*, 19 (2) :1-21.
3. Jaccard, P. (1908). Nouvelles recherches sur la distribution florale. *Bulletin de la Société Vaudoise des Sciences Naturelles*, 44 : 223-270.

4. Kimpouni, V. & Nguembo, J. (2018). Diversité floristique et identité culturelle des populations à la périphérie du sanctuaire de Lossi Congo (Brazzaville). *Annales de l'Université Marien NGOUABI*, 18 (1) : 17-34
5. Kouakou, K. A., Barima, Y. S. S., Zanh, G.G., Traoré, K. & Bogaert, J. (2017). Inventaire et disponibilité des produits forestiers non-ligneux utilisés par les populations riveraines de la Forêt Classée du Haut-Sassandra après la période de conflits armés en Côte d'Ivoire. *Tropicultura*, 35 (2): 121-136.
6. Kouakou, Y. B., Kougbo, M. D., Konan, A. S., Malan, D. F. & Bakayoko, A. (2020). Usages traditionnels et disponibilité des plantes exploitées dans l'artisanat chez les populations Koulango et Lobi de la périphérie Est du Parc national de la Comoé. *European Scientific Journal*, 16 (9) : 295-320.
7. Kouakou, Y. B. (2019). Usages traditionnels des plantes et disponibilité des ressources végétales chez les peuples Koulango et Lobi de la périphérie Est du Parc national de la Comoé. Thèse de Doctorat, Université Nangui Abrogoua (Côte d'Ivoire), p55.
8. Lougbegnon, T. O., Tente, B. A. H., Amontcha, M. & Codjia, J. T. C. (2011). Importance culturelle et valeur d'usage des ressources végétales de la réserve forestière marécageuse de la vallée de Sitatunga et zones connexes. *Bulletin de la Recherche Agronomique du Bénin*, 70 : 35-46.
9. Malan, D. F. (2008). Utilisations traditionnelles des plantes et perspective de cogestion des aires protégées de Côte d'Ivoire : Cas du parc national des Iles Ehotile (littoral Est de la Côte d'Ivoire). Thèse de Doctorat, Université Abobo-Adjamé Abidjan, (Côte d'Ivoire), 31 : p57.
10. Malan, D. F., Litta, A. L., Kougbo, M. D., Diop, A. L. & Kouassi, K. G. (2020). Wild edible plants in four Agni tries of Central-est and Northeast of Côte d'Ivoire : a comparative study. *Biodiversitas*, 21 (10) : 4896-4902.
11. Ndiaye, I., Camara, B., Ngom, D. & Sarr, O. (2017). Diversité spécifique et usages ethnobotaniques des ligneux suivant un gradient pluviométrique Nord-Sud dans le bassin arachidier sénégalais. *Journal of Applied Biosciences*, 113: 11123 – 11137.
12. Ouattara, D., Kouamé, D., Tiébré, M. S., Cisse, A. & N'guessan, K. E. (2016). Diversité floristique et usages des plantes dans la zone soudanienne du Nord-ouest de la Côte d'Ivoire. *Journal of Animal & Plant Sciences*, 31 (1): 4815-4830.
13. Pardo-de-Santayana, M., Tardío, J., Blanco, E., Carvalho, A. M., Lastra, J. J., Miguel, E. S. & Ramón, M. (2007). Traditional knowledge

- of wild edible plants used in the northwest of the Iberian Peninsula (Spain and Portugal): a comparative study. *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine*, 3 (27): 1-11.
14. PNUD. (2006). Étude NAMA sur le charbon de bois durable en Côte d'Ivoire. Georgina Wilde, p22.
  15. Soro, S., Ouattara, D., Egnankou, W. M. & Traoré, D. (2014). Usages traditionnels de quelques espèces végétales de la forêt marécageuse classe de Port Gauthier, zone côtière au Sud-ouest de la Cote d'Ivoire. *European Scientific Journal*, 10 (3): 1857-7881.
  16. Tardio, J. & Pardo-De-Santayana, M. (2008). Cultural importance indices: a comparative analysis based on the useful wild plants of Southern Cantabria (Northern Spain). *Economic Botany*, 62 : 24 - 39.
  17. Tiébré, M. S., Ouattara, D., Vroh Bi, T. A., Gnagbo, A. & N'Guessan, K. E. (2016). Diversité floristique et disponibilité des plantes utilitaires en zone soudanienne de la Côte d'Ivoire. *Journal of Applied Biosciences*, 102 : 9699 - 9707.
  18. Vroh Bi, T. A., Ouattara, D. & Kpangui, K. B. (2014). Disponibilité des espèces végétales spontanées à usage traditionnel dans la localité d'Agbaou, Centre-ouest de la Côte d'Ivoire. *Journal of Applied Biosciences*, 79 : 6386-6396.
  19. Yetein, M. H., Tenté, B. H. A. & Houessou, L. G. (2013). Ethnobotanical study of medicinal plants used for the treatment of malaria in plateau of Allada, Benin (West Africa). *Journal of Ethnopharmacology*, 146 (1): 154-163.
  20. Zeh, C. (2018). « Techniques, formes, Signes et fonctions de la vannerie au Cameroun ». *ePhaïstos*, 6 (2) :1-31.



ESJ Natural/Life/Medical Sciences

## **Ethnozologie De Balearica Pavonina (Grue Couronnée) Dans La Vallée Du Fleuve Niger: Cas Du Barrage De Kandadji**

*Soumaïla Hassane Hamani*

*Abdourahamane Illiassou*

Université de Diffa, Faculté des Sciences Agronomiques, Département de production Animale, Diffa

*Youssoufa Issiaka*

Université Dan Dicko Dankoulodo de Maradi, Faculté d'Agronomie et des Sciences de l'Environnement, Département Génie Rural et Eaux et Forêts, Maradi, Niger

*Ali Mahamane*

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

[Doi:10.19044/esj.2021.v17n3p150](https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n3p150)

Submitted: 14 August 2020

Accepted: 16 March 2020

Published: 31 January 2021

Copyright 2021 Author(s)

Under Creative Commons BY-NC-ND

4.0 OPEN ACCESS

*Cite As:*

Hassane Hamani S., Illiassou A., Issiaka Y. & Mahamane A. (2021). *Ethnozologie De Balearica Pavonina (Grue Couronnée) Dans La Vallée Du Fleuve Niger: Cas Du Barrage De Kandadji*. European Scientific Journal, ESJ, 17(3), 150.

<https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n3p150>

### **Résumé**

La présente étude menée dans la zone du barrage de Kandadji a pour but principal de caractériser les différents aspects biologiques et écologiques de l'espèce *Balearica pavonina* dans la zone. La méthode de collecte des données s'est basée sur la recherche documentaire et aux enquêtes ethnozologiques auprès de 311 personnes par des entretiens individuels, du 15 Septembre au 31 Octobre 2018. Les données collectées ont été analysées par le logiciel Excel. Quelques éléments ethnozologiques ont été caractérisés. La Grue couronnée est un oiseau échassier dont le plumage du corps et du cou sont gris foncés ou noirs. Elle fréquente principalement les zones humides et herbeuses. Cette espèce est aperçue le matin par 54,34% de la population et le soir par 33,11%. La Grue couronnée est aperçue il y a un jour par 30,54% de la population et une semaine par 34,72%. Elle est rencontrée toutes les saisons de l'année à des colonies d'environ 10 individus. L'étude a



montré que la sècheresse est la principale menace naturelle avec 87,13% des sondages. Ensuite, la destruction de l'habitat et la chasse constituent des menaces anthropiques respectivement avec 38,26% et 36,01% des sondages. Sa nourriture est constituée des insectes (33,11%) et graines (51,76%). Les œufs de *B. pavonina* sont blancs (87,13) et de grande de taille (81,99%). Cette espèce pond plus de deux œufs (65,91%) dans les herbes (64,95%). Le temps d'éclosion des œufs est de un mois (83,92%) selon les sondages. La Grue couronnée figure parmi les espèces en voie de disparition. Cette étude vise à contribuer à la préservation de cette ressource animale.

---

**Mots-clés:** Ethnozoologie, *Balearica Pavonina*, Barrage De Kandadji, Régime Alimentaire

## **Ethnozoology Of *Balearica Pavonina* (Crowned Crane) In The Valley Of The Niger River: Case Of The Kandadji Dam**

*Soumaila Hassane Hamani*  
*Abdourahamane Illiassou*

Université de Diffa, Faculté des Sciences Agronomiques, Département de production Animale, Diffa

*Yousoufa Issiaka*

Université Dan Dicko Dankoulodo de Maradi, Faculté d'Agronomie et des Sciences de l'Environnement, Département Génie Rural et Eaux et Forêts, Maradi, Niger

*Ali Mahamane*

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

---

### **Abstract**

This study, undertaken in the zone of the Kandadji dam aimed to characterize the various biological and ecological aspects of the *Balearica pavanina* (crowned crane) in the zone. The data collection was based on the information retrieval and the ethnozoologic investigations based on questionnaires administrated to 311 people from September, 15<sup>th</sup> to October 31<sup>st</sup> 2018. After an analysis of the data with the Excel software, some of the ethnozoologic elements were characterized. Hence, the crowned crane is a wader whose body plumage and neck are dark gray or black. It is mainly found in wetlands and grassland. This species is seen in the morning by 54,34% of the population and the evening by 33,11%. The sighting frequency of the crowned Crane varies from a day ago by 30,54% of the population to a week by 34,72%. It is found in every season of the year in colonies of approximately

10 individuals. The study also showed that the drought is the principal natural threat with 87,13% of the surveys, followed by habitat destruction and hunting as anthropic threats with 38,26% and 36,01% of the survey, respectively. The crowned crane feeds on insects (33,11%) and seeds (51,76%). The eggs of *B. pavonina* are white (87,13) and of large size (81,99%). This species lays more than two eggs 65,91%) in the grasses (64,95%). The duration of blossoming of eggs is one month (83,92%) according to the survey. The crowned crane figures among endangered species and this study will contribute to the safeguard this animal resource.

---

**Key words:** Ethnozoology, *Balearica pavonina*, Kandadji dam, food mode, Ecology.

### **Introduction**

Classées parmi les écosystèmes les plus productifs de la terre, les zones humides offrent d'immenses possibilités de développement durable (Issiaka, 2004). Cette importance se mesure par rapport à leurs fonctions, leurs valeurs et leurs attributs déterminants aussi bien pour l'équilibre de l'environnement que pour la production agricole (Fousseni, 2000 et Issiaka 2011). Nonobstant cela, ces écosystèmes constituent un habitat par excellence des oiseaux, des véritables indicateurs biologiques qui peuvent renseigner sur l'état et le bon fonctionnement de ces derniers (Soumaila, 2014). En effet, les oiseaux constituent un groupe zoologique aisément utilisable en matière de diagnostic écologique capable de déboucher sur des stratégies de conservation favorable à d'autres espèces de la flore et de la faune (Sinsin et Kampman, 2010). Si les oiseaux d'eau disparaissent d'une zone humide, cela peut signifier dans certains cas que les ressources végétales ou animales se font rares y compris pour les populations humaines. Malgré leurs importances, les zones humides et oiseaux d'eau continuent à subir des menaces dans le monde. Parmi les effets de cette tendance dont pâtissent déjà les habitants, figurent le déclin des pêcheries, la pollution, la prolifération des algues toxiques et surtout l'érosion de la biodiversité (Issiaka, 2004). Au Niger, à l'instar des autres pays en développement, la sécheresse combinée à l'exploitation abusive par l'homme des ressources naturelles des zones humides est à la base de la détérioration des écosystèmes humides. Cette dernière rend vulnérable près de 90% de la population nigérienne qui dépend directement des ressources naturelles pour sa subsistance. La détérioration des zones humides du Niger a également considérablement contribué à la perte en leur biodiversité notamment l'avifaune. C'est le cas de la Grue Couronnée (*Balearica pavonina*), une espèce vulnérable selon la liste rouge de l'IUCN. Elle appartient à la famille de *Gruidae*, l'une des familles d'oiseaux les plus menacées au monde. La population de l'espèce diminue par la dégradation de son habitat (Boere et al,

2006; Beilfuss et al, 2007; Harris et Mirande, 2013). La Grue couronnée fréquente principalement les zones humides et herbeuses, les grands marais, et on la voit également au bord des lacs ou des fleuves dans les eaux peu profondes. Afin de contrer la problématique hydrique, favoriser le développement du pays, renforcer la sécurité alimentaire et réduire la pauvreté sévère auquel le pays fait face, le gouvernement nigérien a adopté en 2002 le Programme "Kandadji" de Régénération des Écosystèmes et de Mise en valeur de la vallée du Niger (P-KRESMIN). Ce projet vise principalement à créer un ouvrage de régulation d'eau combinée à une production d'hydroélectricité sur le fleuve Niger, à côté du village de Kandadji. Pour compenser les effets potentiellement néfastes du barrage, une aire protégée intégrant les milieux humides, forêts rivulaires, milieux terrestres et milieux aquatiques est envisagée par le P-KRESMIN à travers son plan de gestion de la vie sauvage et des habitats naturels (Georges, 2015). C'est dans ce contexte que cette étude a été réalisée pour comprendre l'ethnobiologie et l'ethnoécologie de la Grue couronnée (*Balearica pavonina*) dans la zone du barrage de Kandadji en vue d'une gestion écologique durable de cette espèce et de son habitat. Il s'agit de faire la typologie de son habitat et de sa distribution spatio-temporelle; de déterminer son comportement alimentaire et son mode de reproduction.

## Matériel et méthodes

### Milieu d'étude

L'étude a été réalisée dans trois communes de la région de Tillabéry qui sont Ayerou (00°92'01''E et 14°71'38''N), Dessa (Kandadji) (00°99'10''E et 14°61'34''N) et Kokorou (00°90'44''E et 14°18'45''N).

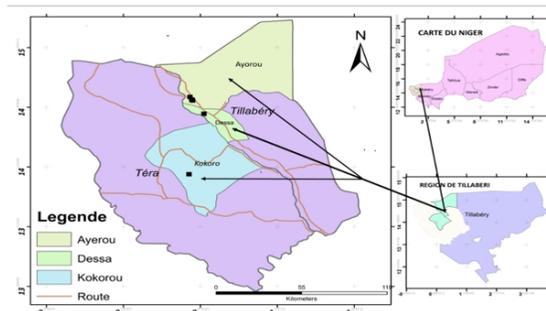


Figure 1. Carte de la zone d'étude

Les températures de la zone sont très élevées le jour, pouvant atteindre jusqu'à 45°C à l'ombre, puis basses la nuit; elles descendent parfois en dessous de 10°C. La pluviométrie y est faible (en moyenne 240 mm/an) et est répartie très inégalement dans le temps et dans l'espace (Cissé, 2013). Les principales espèces floristiques observées au niveau du fleuve et des plaines inondables sont : *Aeschynomene afraspera*, *Brachiaria mutica*, *Cyperus maculatus*,

*Echinochloa colona*, *Echinochloa stagnina*, *Eragrostis pilosa*, *Ipomaea asarifolia*, *Nymphaea lotus*, *Oryza longistaminata*, *Panicum laetum*, *Polygonum senegalense* et *Vetiveria nigriflora* (Geesing et Djibo, 2006; Tecsalt, 2006b).

La zone d'étude a une population estimée à 195288 habitants dont 38957 habitants pour la commune rurale de Dessa, 115934 habitants pour Kokorou et 40397 habitants pour Ayerou. Ces trois communes ont une superficie totale de 2629 km<sup>2</sup>. L'agriculture de subsistance, l'élevage, la pêche, le commerce et l'exploitation forestière représentent les activités de la zone (Cissé, 2013). L'agriculture se caractérise par la prédominance des céréales à double fonction (grain et sous-produits agricoles pour le cheptel) et par des cultures irriguées dominées par la riziculture et le maraîchage (Geesing et Djibo, 2006). La région est caractérisée par une couverture de matériaux meubles qui est relativement mince, de sorte que le substratum rocheux, situé près de la surface, y affleure sur de grandes étendues. Les ressources hydriques de la zone sont constituées du fleuve Niger et ces affluents dont la Sirba, le Dargol et le Goroual mais aussi par des mares comme Kokorou-Namga.

### **Méthode de collecte des données**

Les recherches documentaires ont permis d'élaborer une fiche d'enquête. Les enquêtes ethno-biologiques et ethnoécologiques ont été effectuées du 15 Septembre au 31 Octobre 2018, auprès des populations qui ont une connaissance et susceptibles de fournir des informations utiles sur la Grue couronnée. Au total 311 personnes ont été questionnées. Ces enquêtes ont été faites oralement par des entretiens individuels. Les personnes enquêtées ont été identifiées par des choix raisonnés et aléatoires, en tenant compte des critères ci-après :

- l'âge de l'enquêté permettant de tenir compte des différentes catégories d'âge pour un bon regroupement des connaissances liées à l'espèce.
- le sexe de l'enquêté pour une prise en compte effective des femmes et des hommes dans l'échantillon car les informations varient en fonction du sexe.
- l'ethnie de l'enquêté car les connaissances varient en fonction des ethnies.

En outre, des observations directes participatives sont également effectuées.

Les principales données collectées ont portées sur :

- La connaissance du nom de l'espèce dans les différentes langues de la population de ces sites ;
- La fréquence d'observation des Grues ;

- La connaissance sur la typologie de l'habitat de l'espèce et leurs dynamiques spatio-temporelles;

La connaissance sur le régime alimentaire et le mode de reproduction de l'espèce

### Traitement des données

Les informations collectées ont subi un traitement manuel et ont été codifiées avant leur intégration dans l'ordinateur pour être traitées par le logiciel Excel.

Minitab 14 est utilisé pour analyser la relation entre certains paramètres à travers le coefficient de corrélation de Pearson. Le seuil de signification de ces différents tests est  $\alpha = 0,05$ .

### Résultats et discussion

#### Résultats

#### Profil des personnes enquêtées

L'analyse du tableau 1 révèle que 243 hommes et 68 femmes ont été interrogés. Parmi les personnes interrogées 70,41% sont âgées de moins de 50 ans et 29,58% ont un âge supérieur ou égal à 50 ans. 97,42% des enquêtés sont musulmans et 2,57% sont chrétiens. L'ethnie la plus représentée est le zarma (80,38%) (Tableau 1).

**Tableau 1.** Caractéristiques des personnes enquêtées

Enquêtés	Valeurs	Pourcentage
Sexe		
Homme	243	78,13%
Femme	68	21,86%
âge		
< 50 ans	219	70,41%
≥ 50 ans	92	29,58%
Religion		
Musulman	303	97,42%
Chrétienne	8	2,57%
Ethnie		
Zarma	250	80,38%
Haoussa	10	3,21%
Touareg	38	12,21%
Peulh	13	4,18%

### Typologie de l'habitat et dynamique spatio-temporelle de l'espèce

#### Entretien avec la population

Les enquêtes ont révélé que 34,72% des personnes ont rencontrées l'espèce il y'a seulement une semaine avant l'enquête, alors que seulement 1,61% plus d'un an avant l'enquête. Selon 54,34% des personnes enquêtées la

Grue est plus fréquemment observable le matin que le soir ou à midi (Tableau 2).

**Tableau 2.** Fréquence de rencontre de la population avec l'espèce par période

	Dernière rencontre					Moment de rencontre		
	01 jour	01 semaine	01 mois	01 an	02 ans	matin	Midi	Soir
Pourcentage	30,54 %	34,72%	24,11 %	9,00 %	1,61 %	54,34 %	12,54 %	33,11 %

C'est particulièrement en saison de pluies (39,54%) que la Grue est la plus observée comparativement à la saison sèche froide (32,79%) et la saison chaude sèche (27,65%). 82,31% des personnes ont rencontrées une colonie de 1 à 10 individus et seulement 1,92% ont rencontrés de plus de 20 individus (Tableau 3).

**Tableau 3.** Proportion d'individus rencontrés par saison

Saison de rencontre			Nombres rencontrés		
Pluies	Sèches	Chaudes	1 à 10	10 à 20	Plus
39,54%	32,79%	27,65%	82,31%	15,75%	1,92%

### Menaces sur l'espèce

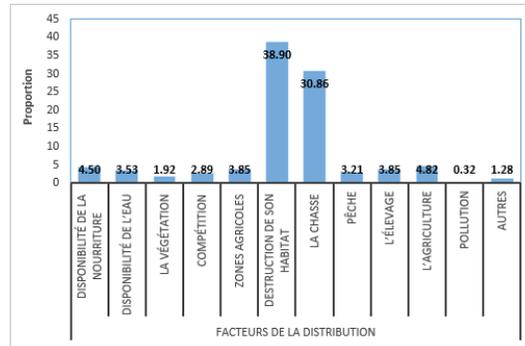
Les menaces qui pèsent sur cette espèce sont d'ordre naturel et/ou anthropique. La sécheresse (87,13%) est la principale cause naturelle de la disparition de l'espèce tandis que les causes anthropiques les plus fréquemment citées sont la destruction de l'habitat (38,26%) et la chasse (36,01%) (Tableau 4)

**Tableau 4.** Proportion des menaces sur l'espèce

Causes	Valeurs	Pourcentage
Causes naturelles		
Sécheresse	271	87,13%
Changement climatique	25	8,03%
Autres causes naturelles	5	1,60%
Causes anthropiques		
Destruction de l'habitat	119	38,26%
Feu de brousse	40	12,86%
Chasse	112	36,01%
Pêche	9	2,89%
Agriculture	11	3,53%
Elevage	13	4,18%
Autres causes anthropiques	7	2,25%

### Facteurs déterminants dans la distribution de l'espèce selon les enquêtés

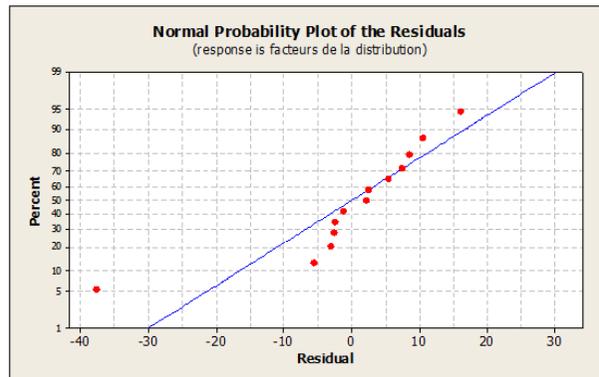
La distribution de l'espèce est déterminée par la destruction de son habitat selon 38,90% des personnes enquêtées, alors que la végétation occupe seulement 1,92% (Figure 2).



**Figure 2.** Facteurs déterminants dans la distribution de l'espèce

### Corrélation entre les causes anthropiques et les facteurs déterminants

La corrélation entre les causes anthropiques et les facteurs déterminants dans la distribution de la Grue couronnée est forte ( $r = 0,941$  et  $p < 0,05$ ) (figure 3).



**Figure 3.** Droite de régression entre les causes anthropiques et les facteurs déterminants

### Régime alimentaire et mode d'alimentation de l'espèce

Le tableau 5 montre que sur 51,76% des personnes enquêtées, la Grue couronnée se nourrit des graines et 1,92% par les autres types de nourriture. Selon les sondages, 55,30% des populations sont favorables pour une abondance de nourriture contre 10,93% pour une insuffisance en vivre.

**Tableau 5.** Sondage sur la nature et de la disponibilité de la nourriture

Aliments				Disponibilité des aliments		
Insectes	Graines	Poissons	Autres	abondante	peu abondante	pas abondante
33,11%	51,76%	13,18%	1,92%	55,30%	33,76%	10,93%

### Mode d'alimentation

L'analyse de la figure 4 révèle que la Grue couronnée cherche sa nourriture en marchant selon 85% des personnes enquêtées. Elle cherche sa nourriture en pêchant (12%) et en volant (3%) selon les personnes enquêtées.

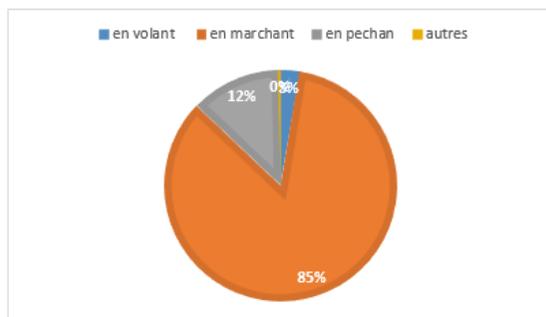


Figure 4. Mode d'alimentation de l'espèce

## Mode de reproduction de l'espèce

### Caractérisation des œufs

Le sondage des populations a montré que la Grue couronnée pond plus de deux œufs (65,91%) et un œuf (1,60%) (Tableau 6). Les œufs de *B. pavonina* sont blancs (87,13%) selon les personnes enquêtées et les autres (12,87%) ont mentionné une autre couleur (jaunâtre, bleue, verte). Les œufs de la Grue couronnée sont de grande taille selon 81,99% des personnes enquêtées et de petite taille selon seulement 0,64% des personnes enquêtées (Tableau 6).

Tableau 6. Caractéristiques des œufs de la Grue couronnée

Nombre des œufs			Couleur des œufs		Taille des œufs		
Un	Deux	Plus	Blanche	Autres	Petite	Moyenne	Grande
1,60%	32,47%	65,91%	87,13%	12,86%	0,64%	17,36%	81,99%

### Lieu de ponte et incubation des œufs

L'analyse du tableau 7 montre que la Grue couronnée pond ses œufs dans les jachères et au bord des eaux dans les proportions respectives de 64,95% et 5,46% de la population. Les nids sont construits au sol avec des débris de bois et d'herbe. La couvaison des œufs dure un mois (83,92%) et une semaine (0,32%) selon les propos recueillis.

Tableau 7. Lieu de ponte des œufs et durée d'incubation

Lieu de ponte			Durée de la couvaison			
Au bord de l'eau	Dans les champs	Dans les Jachères	Une semaine	Un mois	Deux mois	Trois mois
5,46%	29,58%	64,95%	0,32%	83,92%	13,50%	2,25%

### Eclosion des œufs et devenir des naissains

L'analyse du tableau 8 montre que trois œufs de la Grue couronnée s'éclosent avec 71,06% contre un seul œuf (1,60%) selon l'opinion des personnes enquêtées. Les sondages montrent que deux de ces oisillons



arriveront à l'âge adulte (53,37%) et rarement au-dessus de trois individus (2,89%).

**Tableau 8.** Nombre d'œufs à l'incubation et devenir des naissains

Taux d'éclosion					Des naissains à l'âge adulte			
Zéro	Un	Deux	Trois	Plus	Un	Deux	Trois	Plus
0	1,60%	18,00%	71,06%	9,32%	17,68%	53,37%	26,04%	2,89%

## Discussion

La Grue couronnée comme la plupart des espèces aviaires a un moment d'activité le matin et le soir. Les colonies de l'espèce dans la zone ne dépassent pas plus de 10 individus et que l'espèce est présente dans la zone pendant toutes les saisons de l'année. Le faible nombre de l'espèce *Balearica pavonina* est dû à plusieurs menaces dont la chasse et la destruction de son habitat. Ces menaces ont une corrélation significative avec la distribution de la Grue couronnée. Selon Toudjani (2012), la chasse a un impact négatif sur les espèces d'oiseaux fréquentant la zone, conduisant ainsi à une réduction considérable du nombre d'espèces et d'individus d'oiseaux ces dernières années. Plusieurs études sur les espèces aviaires ont eu à évoquer ces menaces. Selon Hinda (2014), les agressions les plus dommageables subites par la Grue cendrée en Algérie sont celles qui interviennent sur les lieux même où doit se perpétuer l'espèce. L'importance de l'hivernage de la Grue cendrée s'est réduite ces dernières années, suite d'une part, à la sécheresse et d'autre part, à la construction de petits barrages et de petites retenues collinaires (Hinda, 2014). Dans l'Oranie, la plus occidentale des écorégions d'Algérie, les zones humides sont très polluées et constituent des déversoirs d'eaux usées en provenance des villes limitrophes telles qu'Oran. Aussi, la nature salée des sols ne permet pas la mise en cultures céréalières, altérant sérieusement l'installation hivernale de ces Grues (Isenmann et Moali, 2000). Dans cette même écorégion, dayet El-Ferd, entourée par de nombreuses surfaces céréalières, constitue toutefois un site privilégié de gagnage pour ce grand échassier granivore (Moulay, 2011). A Sétif en Algérie, la Grue cendrée est sujette, à une forte pression de braconnage bien que protégée (Baaziz et al., 2006 ; Houhamdi et al., 2010). Ce facteur est une source permanente de dérangement qui occasionne un effet immédiat de fuite et d'abandon des sites d'hivernage. Les effets conjugués de la pression anthropique et de la variabilité climatique (sécheresse accentuée) ne favorisent donc plus l'installation des Grues (Hinda, 2014). La diminution enregistrée des effectifs de Grues dans les hauts plateaux algériens (Houhamdi et al., 2010) coïncident avec l'augmentation démographique observée sur les sites habituels d'hivernage en Europe (Leito et al., 2006 ; Prange, 2010 et Nowald, 2010).

Cette étude montre que la Grue couronnée est une espèce omnivore qui

se nourrit essentiellement des graines et des insectes. Plusieurs études sur les oiseaux ont eu à évoquer le régime alimentaire. Les oiseaux d'eau occupent au niveau des réseaux trophiques diverses positions (herbivores, zooplanctonophages, insectivores, piscivores) généralement situés au sommet des chaînes alimentaires et leur diversité nous renseigne sur le fonctionnement des divers milieux qu'ils occupent (Samraoui, 2009). De nombreuses études montrent l'importance des graines dans l'alimentation des canards (Brochet et *al.*, 2009). Des espèces herbivores se nourrissent des tiges et des feuilles des plantes aquatiques (Amin, 2012). Il y a des espèces qui se nourrissent de proies animales. Toutes ingèrent des particules (sable, petits cailloux ou débris de coquilles de mollusques) pour faciliter le broyage mécanique de leur nourriture (Tamisier et Dehorter, 1999). Les oiseaux, de façon générale, sont capables de distinguer la nourriture parmi les autres particules par la vue et l'odorat (Martin, 2007 ; Steiger et *al.*, 2008).

L'étude montre que la Grue couronnée est une espèce qui pond 2 ou 3 œufs de grande taille et de couleur blanche. Cette pondaison se fait dans les jachères où la végétation constitue une protection pour les nids. La couvaison dure un mois. Aux moins 2 œufs de la Grue couronnée s'éclosent et 2 oisillons sont susceptibles d'arriver à l'âge adulte. Plusieurs études sur les espèces aviaires (Grues et Canards) ont eu à mentionner ces aspects. La reproduction des oiseaux d'eau comprend de manière générale les phases de cantonnement et de formation des couples, de construction du nid, de ponte, d'incubation, d'éclosion, d'élevage, et d'envol des jeunes (Mohammed, 2016). Pour certaines espèces, il faut aussi ajouter après l'envol une période plus ou moins longue de dépendance des jeunes envers leurs parents (Tamisier et Dehorter, 1999). Plusieurs facteurs peuvent influencer la reproduction chez les oiseaux. La diminution du volume des œufs chez le grèbe castagneux (en Algérie) en fonction de la saison peut refléter une baisse des ressources alimentaires, mais la taille des œufs peut être influencée par une série de facteurs, y compris l'âge maternel, la qualité de la femelle et la taille de la grandeur de ponte (Fjeldsa, 2004). Selon Mohammed (2016), les différences dans la taille des œufs grèbe castagneux peuvent se rapporter à un gradient latitudinal ou des variations géographiques entre les populations distinctes. L'éclosion chez le grèbe castagneux est asynchrone, une éventuelle stratégie d'adaptation pour ajuster la taille des couvées à un environnement imprévisible (Amundsen et Slagvold, 1996) à travers les décès sélectifs des oisillons les plus jeunes, peut-être par la famine, bien que le mécanisme exact est inconnu chez cette espèce. La prédation est connue pour constituer une cause majeure de l'échec des nids des oiseaux (Martin, 1993), alors que l'inondation peut également avoir un fort impact sur l'issue de l'élevage où le niveau d'eau fluctue (Mudge et Talbot, 1993). L'accès à de bons sites d'alimentation est essentiel pour maintenir l'état du corps pendant la saison d'élevage et de minimiser la prédation des nids en

raison de l'absence momentanée des parents (Shoji *et al.*, 2011). La reproduction du Grèbe huppé au lac Tonga (Algérie) peut être contrainte par la croissance de la végétation qui fournit la couverture de nidification et les ressources trophiques (Sarrazin, 2016).

## Conclusion

La Grue couronnée figure parmi les espèces en voie de disparition. La Grue couronnée est grégaire et ne migre pas. Elle se rassemble en groupes plus ou moins importants selon les possibilités de nourrissage. La Grue couronnée est sédentaire et ne fait que quelques déplacements journaliers ou saisonniers. La Grue couronnée cherche sa nourriture tout en marchant. La saison de reproduction a lieu entre juillet et octobre. La femelle dépose 2 à 3 œufs dans un nid construit au sol. Les deux parents incubent pendant environ 28 à 31 jours.

En Afrique, les principaux facteurs causant le déclin des populations sont la perte d'habitat, la domestication et le commerce illégal des sujets en vie. On peut citer également la sécheresse, le changement climatique, la chasse et le feu de brousse. Cette étude vise à contribuer à la préservation de cette ressource animale. Ces résultats serviront de base de données pour une gestion rationnelle de cette espèce.

## References:

1. Amin K. 2012. Etude du régime alimentaire hivernal des oiseaux d'eau en Numidie. Mémoire de Magister. Université du 08 Mai 1945, Guelma Algérie. 84p
2. Amundsen T. et Slagsvold T. 1996. Lack's brood reduction hypothesis and avian hatching asynchrony: what's next? *Oikos*, 76: 613-620
3. Baaziz N, Mayache B, Saheb M, Bensaci E, Ounissi M, Metallaoui S, Baldassarre G. et Bolen E. 2006. *Waterfowl ecology and management*, 2nd ed. Krieger Publ
4. Beilfuss R. D, Dodman T. et Urban E. K. 2007. The Status of Cranes in Africa in 2005. *Ostrich: J. Afr. Ornithol.* 78 (2):175-184.
5. Boere G. C, Galbraith C. A. et Stroud D. A. 2006. *Water birds around the World*. The Stationary office, Edinburgh, UK. P 960.
6. Brochet A, Guillemain M, Fritz H, Gauthier C. M. et Green A. 2009. The role of migratory ducks in the long-distance dispersal of native plants and the spread of exotic plants in Europe. *Ecography* 32: 919\_928.
7. Cissé H. D. 2013. Intégration de la biodiversité dans l'évaluation environnementale stratégique des aménagements dans le bassin

- fluvial du programme Kandadji au Niger. Thèse de doctorat, Université du Québec à Montréal, Montréal, Québec, 331 p
8. Fjeldsa J. 2004. The grebes. Oxford University Press, Oxford
  9. Fousseni H. 2000. Indicateurs d'existence des avantages potentiels d'une zone humide de type « M » : cas de la rivière Sara dans la préfecture d'Assoli au Togo. Mémoire de DESS, CRESA-Niamey, (Niger), 58 pages.
  10. Geesing D. et Djibo H. 2006. Country Pasture/Forage Resource Profiles: Niger. In Food and Agriculture Organisation of the United Nations (FAO).
  11. Georges K. 2015. Impacts des barrages sur les populations d'hippopotames et gestion du conflit avec l'homme : le cas du barrage de Kandadji sur le fleuve Niger. Mémoire de Maitre en Biologie, Université de SHERBROOKE. 81p.
  12. Harris J. et Mirande C. 2013. A global overview of Cranes: Status, threats and conservation priorities, International Crane Foundation, Baraboo, USA. Les oiseaux de la Chine. 4(3):189-209.
  13. Hinda H. 2014. Ecologie des Grues cendrées hivernants dans l'éco-complexe des zones humides des hautes plaines de l'Est algérien. Thèse de doctorat. Université du 08 Mai 1945, Guelma Algérie. 119p
  14. Houhamdi M. 2011. Statut phénologique et reproduction des peuplements d'oiseaux d'eau dans l'éco-complexe de zones humides de Sétif (Hauts plateaux, Est de l'Algérie). Bulletin de l'Institut Scientifique de Rabat. 32(2): 77-87.
  15. Houhamdi M, Baaziz N, Hafid H, Maazi M. C, Seddik S, Mayache B, Chefrou A. et Saheb M. 2010. Ecology of wintering Commons Cranes *Grus grus* in Algeria. 7<sup>th</sup> European Crane Conference, (14-17/10/2010). Stralsund. Allemagne.
  16. Issiaka Y. 2004. Importance des zones humides du parc national du W du Niger pour les oiseaux d'eau migrants d'Afrique-Eurasie. 108p.
  17. Issiaka Y. 2011. Importance des zones humides du parc national du W du Niger pour les oiseaux d'eau afrotropicaux et migrants du paléarctique occidental. Thèse, Université Abdou Moumouni de Niamey. 228p
  18. Leito A, Keskaik J, Ojaste I. et Truu J. 2006. The Eurasian Crane in Estonia.-Eesti Loodusfoto, Tartu.184p
  19. Martin G. 2007. Visual fields and their functions in birds. *J Ornithol* 148:547-562.
  20. Martin T. E. 1993 Nest predation and nest sites. *BioScience*, 43: 523-532

21. Mohammed A. 2016. Ecologie de la reproduction du Grèbe castagneux *Tachybaptus ruficollis* en Algérie. Thèse de doctorat. Université du 08 Mai 1945, Guelma Algérie. 152p
22. Moulay M. K. 2011. Analyse de la chronologie d'occupation de la zone humide Dayet El-Ferd par les oiseaux d'eau. Mémoire de magister. Université Aboubekr Belkaïd, Tlemcen, Algérie. 148p.
23. Mudge G. p. et Talbot T. R. 1993. The breeding biology and causes of nest failure of Scottish black-throated diver *Gavia arctica*. *Ibis*, 135: 113-120
24. Nowald G. 2010. Colour marking and radio tracking of Common crane *Grus grus* in Germany and Europe an overview. *Vogelwelt* 131: 113-116.
25. Prange H. 2010. Migration and resting of the Common crane *Grus grus* and changes in four decades. *Vogelwelt* 131: 155-169.
26. Samraoui C. F. 2009. Contribution à l'étude de l'écologie de la reproduction des ardéidés (Héron Garde-bœufs *Ardea ibis*, Héron Crabier *Ardeola ralloides*, aigrette garzette *Egretta garzetta* et Héron bihoreau *Nycticorax nycticorax*) en Numidie Nord-Est algérien. Thèse. Université des sciences et de la technologie Houari Boumediene. 201p
27. Sarra C. 2016. Ecologie de la reproduction du Grèbe huppé *Pdiceps cristatus* au lac Tonga. Thèse de doctorat. Université du 08 Mai 1945, Guelma Algérie. 147p
28. Shoji A, Elliott K. H, Aris B. S, Crump D. et Gaston A. J. 2011. Incubation patterns in a central-place forager affect lifetime reproductive success: scaling of patterns from a foraging bout to a lifetime. *PLoS ONE*, 6: e17760.
29. Sinsin B. et Kampman D. 2010. Atlas de la biodiversité de l'Afrique de l'ouest. Tome 1 : Benin. Cotonou et Frankfurt/Main. 726p
30. Soumaïla H. 2014. Impact de l'urbanisation sur la distribution et la diversité aviaire de la ville de Niamey. Mémoire Master2 BGESSS, Université de Maradi. 64p
31. Steiger S, Fidler A, Valcu M. et Kempenaers B. 2008. Avian olfactory receptor gene repertoires: evidence for a well-developed sense of smell in birds? *Proc R Soc B Biol Sci* 275:2309–2317.
32. Tamisier A. et Dehorter O. 1999. Camargue, canards et foulques. Fonctionnement d'un prestigieux quartier d'hiver. Centre Ornithologique du Gard, Nîmes.
33. Tecsalt (Tecsult International Limitée). 2006a. Programme Kandadji de Régénération des Écosystèmes et de Mise en valeur de la vallée du Niger : Étude d'impact environnemental et social détaillée. In Worldbank.

34. Tecsalt (Tecsult International Limitée). 2006b. Chapitre 5 : Description du milieu biophysique. Rapports définitifs de la Phase I : Description du Milieu (Volume 1). Montréal, Tecsalt International Limitée, 92 p.
35. Toudjani A. 2012. Contribution à la typologie de la faune aviaire des zones humides de la région de Maradi, Niger : cas des mares de Madarounfa. Mémoire Master 2 BGESSS, Université de Maradi. 90p



## **Evaluation Of The Effect Of Pre-Treatment Of Moringa Oleifera Lamarck (Moringaceae) Seeds At The Early Stage Of Germination For Massive Production In South Benin**

***Pascal Gbenou***

Research Unit in Plant Biotechnology, Crop Protection and Seed Sciences;  
Plant, Horticultural and Forest Sciences Laboratory; School of Plant and  
Seed Management and Production (EGPVS);  
National University of Agriculture (UNA), Bénin,  
Farm-School SAIN, Laboratory of Rural Geography and Agricultural  
Expertise (LaGREA) / University of Abomey-Calavi / Benin

***David Hombada***

Research Unit in Plant Biotechnology, Crop Protection and Seed Sciences;  
Plant, Horticultural and Forest Sciences Laboratory; School of Plant and  
Seed Management and Production (EGPVS);  
National University of Agriculture (UNA), Bénin

***David Romaric Nevis***

2Farm-School SAIN, Laboratory of Rural Geography and Agricultural  
Expertise (LaGREA), University of Abomey-Calavi, Benin

[Doi:10.19044/esj.2021.v17n3p165](https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n3p165)

Submitted: 16 June 2020  
Accepted: 26 October 2020  
Published: 31 January 2021

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

*Cite As:*

Gbenou P., Hombada D. & Romaric Nevis D. (2021). *Evaluation Of The Effect Of Pre-Treatment Of Moringa Oleifera Lamarck (Moringaceae) Seeds At The Early Stage Of Germination For Massive Production In South Benin*. European Scientific Journal, ESJ, 17(3), 165.

<https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n3p165>

### **Abstract**

Moringa Oleifera Lam., a tropical tree with multiple uses, used as a vegetable, is part of the eating habits of rural and urban communities. This study, which took place in the city of Cotonou, aims to contribute to a massive production of Moringa plants with a view to its promotion. In this line, an experimental protocol has been set down. Thus, four types of seed pretreatments were tested on a nursery whose plants are randomly arranged in four blocks of 30 plants with four repetitions. The treatments consisted of a

control (seeds not pretreated) of seeds pre-heated to 50°C, seeds soaked for 48 hours in water and scarified seeds. The variables measured are the speed of germination, the height of the plants, the length of the stems and the number of leaves.. The results obtained show that the germination time is significantly better already from the 5th day after sowing for the heated seeds with a germination rate of 74.16%. As for scarified and soaked seeds, the germination rate is low 42.5%. However, at the development stage, the scarified seeds have a better stem height from the 50th day after sowing, a significant difference is observed between the controls (44,52); scarified (48.66) and seeds heated to 45 ° C (41.38) and a similar difference between controls (44.52) and soaked 48h (43.28). the same result is obtained for the length of the leaves from the 20th day after sowing or there is a significant difference ( $P = 0.0228$ ) between the plants of the batches of scarified seeds and the seeds soaked for 48 hours and a similar difference between the soaked for 48 hours and the seedlings heated (6,17). On the other hand, the number of sheets parameter does not vary considerably depending on the pre-treatments. At the start of the experiment, a significant difference ( $P = 0.0011$ ) was observed between the plants whose seeds were heated (3.43) and the soaked 48h (3.00) and the controls (2.57) and scarified (2.97). Decision makers must take steps to make *Moringa Oleifera* accessible to all populations through the creation of plantations for exploitation.

---

**Keywords:** *Moringa Oleifera*, Nursery, Seed Treatment, Mass Production, Cotonou

## Introduction

*Moringa Oléifera* is a plant species native to northern India and is now acclimatized in almost all tropical regions. It is a shrub up to 10 meters tall and belongs to the Moringaceae family (Makker *et al.*; 1997 et Arbonnier, 2000). *Moringa Oléifera* is described as a "tree of life", a "miracle tree" or a "divine plant" because of its many nutritional, medicinal and industrial potentials (Fulgie, 2001 et Olson, 2001).

*Moringa Oléifera* can be found in very arid areas like the Sahara, but it prefers humid semi-tropical climates (FAO, 2008 et Broin, 2010) and can adapt to any type of soil but adapts better to the hills and the borders of rivers (Palou *et al.*; 2011). It reproduces easily by seeds and by cuttings. It can be cultivated intensively irrigated for optimal production of leaves in order to harvest them every six weeks (Palada *et al.*; 2009). It can also be grown in house culture or in an intercropping system (Palou *et al.*; 2011)

However, the interest given to this tree by many researchers in tropical countries where malnutrition is legion is due to these many qualities and virtues. Indeed, it has been proved by [9] that practically all the parts of





## Plant material

The plant material consists of *Moringa Oléifera* plants obtained in the nursery. *Moringa Oléifera* seeds obtained from the NGO "wake up" were subjected to three different types of pretreatment. The first was heating the seeds to 50°C, then comes the scarification and the third soaking in cold water for 48 hours. A fourth group of seeds did not undergo any pretreatment and was considered as a control (Photo 1).



**Photo 1.** *Moringa Oléifera* plants

## Experimental protocol

A nursery measuring 5m out of five has been set up to shelter plots of 20 pots repeated four times for each treatment according to the experimental plan. The sieved potting soil was brought to the site few days before sowing; then the bag of potting soil was made in the shade of a tree during the day. A straw shade house has been built on the site. One seed from each group of pretreated seeds was sown on each plot (consisting of 30 sachets) separately. *Moringa Oléifera* seeds were put in the nursery after scarification, heating to 50°C and soaking for 48 hours; some of the seeds were also put in the nursery without pretreatment and considered as a control. The first two treatments were carried out during the day, however the soaked seeds remained in the shade for 48 hours. Every morning the beds were abundantly watered to capacity in the field. A total of 480 seeds of *M. Oléifera* were used for the experiment. Every morning, the boards were abundantly watered to capacity in the field. Data on seed germination was collected every ten days. They relate to the time of trick (date of the seed trick after sowing), the number of seeds lifted per treatment, the average height of the plants, the length of the leaves, and the number of leaves. The data were collected over 2 months using a measuring tape and a graduated measuring ruler (Photo 2).



**Photo 2.** Experimental device

### Data processing and analysis

Data collection took place on the germination of *Moringa Oleifera* seeds in the nursery under the effect of some treatments. The variables are: the height of the stems; the number of sheets; the length of the leaves and the speed of germination. Here, the Excel spreadsheet was used for entering and recording the collected data. This spreadsheet made it possible to transform the data in a histogram form or in tabular matter. The data relating to the average height of the plants, the length of the leaves, the number of leaves and the speed of germination as a function of time were subject of the analysis of a variance (ANOVA) with the STATITIX 8 software. The test LDS made it possible to compare the average and structure them into different classes. The results of the analysis were presented in tabular matter.

### Results

#### Average seed germination rate

The experiment results reveal a very high germination rate in seeds heated to 50°C (74.16%) followed by controls (51.66%). As for the scarified and soaked seeds, the germination rate is low with (42.5%). The germination time is 3 days for pre-treated seeds and 4 days for controls. It can therefore be said that the pretreatment of the seeds has a positive effect on the percentage of germinated heating seeds in particular, and also on the germination time (Table 1).

**Table 1.** Average germination rate per treatment

Treatment	Average germination rate
witness	51,66 %
scarified	42,5 %
soaked 48h	42,5 %
heated	74,16 %

**Source:** Experimental results, 2019

### Evaluation of the growth parameters of *Moringa Oléifera* plants

The results of the analysis of variance (ANOVA) for the stem height parameters, leaf length and number of leaves are summarized in tables 2, 3 and 4. It appears from table 2 that there is a significant difference from the 10th day after sowing between the soaked 48 hours (8.74) controls (11.59) and scarified seeds (9.98). There are no significant differences between scarified (9,98) and seeds heated to 50°C (10,25). There is no significant difference from the 20th JAS to the 40th JAS. On the other hand, a significant difference is observed between the controls (44.52), the scarified ones (48.66) and the seeds heated to 45 ° C (41.38) from the 50th JAS. A similar difference is observed between the controls (44.52) and the 48-hour soaks (43.28). This means that from the pretreatment effect of the seeds, the scarification is favorable to the stems parameter from the 50th JAS. Table 3 shows that for the leaf length parameter, a significant difference (P = 0.0021) at the 10th JAS between the 48h soaking and the controls; no significant difference between the scarified (4.05), and the heated seeds (4.22) and the controls (4.34). On the other hand, there is a significant difference (P = 0.0228) between the plants of the batches of scarified seeds and the seeds soaked for 48 hours from the 20th JAS. However, a similar difference is observed between 48h soaking and heated seedlings (6,17). At the 30th JAS, there is a similar difference between the 48-hour soaking and the controls and a significant difference between the seedlings of the scarified seeds and the controls. At the 40th JAS, a significant difference is observed between the seedlings of the scarified seeds (7.56) and those soaked for 48 hours (7.00) and the seedlings of the heated seeds (6.79) and the controls (7.33). We observe in the 50th JAS the same trends observed in the 30th JAS. It therefore follows that the pretreatment of the seeds, in particular scarification has a positive effect on the parameter length of the leaves during our experiment compared to the batches of controls. Table 8 presents the results of the variation in the number of leaves per plant. A significant difference is observed at the beginning of the experiment (P = 0.0011) between the plants whose seeds have been heated (3.43), the soaked for 48 hours (3.00), the controls (2.57), the scarified ones (2,97). However, no significant difference was observed in the rest of the experiment. We therefore conclude that the seed pretreatment effect has no significant impact on the number of leaves parameter.

**Table 2.** The results analysis of the height (cm) parameter of the *Moringa Oleifera* stems depending on the treatments

JAS	TREATMENTS				P
	Witness	Scarified	Soaked 48h	Heated 45°C	
10	11,59A	9,98AB	8,74B	10,25AB	0,1131
20	20,36A	19,65A	18,99A	17,04A	0,5492
30	26,61A	26,65A	26,56A	26,06A	0,9899

40	35,54A	47,41A	35,33A	33,16A	0,2553
50	44,52AB	48,66A	43,28AB	41,38B	0,1303

**Source:** Experimental results, 2019

**JAS** = number of days after sowing, the averages in the rows bearing the same letters are not significantly different at the 5% threshold

**Table 3.** The results analysis of the length (cm) parameter of the Moringa Oleifera leaves according to the treatments

JAS	TRAITEMENTS				LSD	p
	Witness	Scarified	Soaked 48h	Heated 45°C		
10	4,34A	4,05A	2,96B	4,22A	0,2982	0,0021
20	6,58AB	6,86A	6,32B	6,17B	0,1986	0,0228
30	6,98AB	7,27A	6,84AB	6,55B	0,243	0,0739
40	7,33AB	7,56A	7,00BC	6,79C	0,1967	0,0093
50	7,58AB	7,78A	7,65AB	7,24B	0,1925	0,0827

**Source:** Experimental results, 2019

**JAS** = number of days after sowing, the averages in the rows bearing the same letters are not significantly different at the 5% threshold

**Table 4.** The results analysis for the number of leaves parameter of Moringa Oleifera according to the treatments

JAS	TREATMENTS				P
	Witness	Scarified	Soaked 48h	Heated 45°C	
10	2,97B	2,97B	3,00A	3,43A	0,0011
20	6,04A	6,04A	6,00B	6,00B	0,1678
30	7,26B	7,62A	7,58B	7,64A	0,1814
40	9,28A	9,41A	9,37A	9,37A	0,9549
50	11,31A	11,37A	11,28A	11,08A	0,7464

**Source:** Experimental results, 2019

**JAS** = number of days after sowing, the averages in the rows bearing the same letters are not significantly different at the 5% threshold

## Discussion

The current study has shown that the germination rate is quite high for Moringa Oleifera seeds preheated to 45°C (74.16%.) according to (Pamo, *et al.*; 2004). Heating the seeds significantly accelerates the speed of germination. It is also an effective way to soften the seed coat and therefore reduce its impermeability to water. In addition, according to (Robertson *et al.*; 1997, Moussa *et al.*; 1998), the heating of seeds allows the revival of the metabolic activity of the seed and therefore the development of the embryo. On the other hand, the low percentage of germination observed in pre-soaked and scarified seeds would be due to the exposure of the embryos to rots and to attacks by parasites. Indeed after soaking the seeds for 48 hours, the solution containing the seeds is very heavy and thick. This phenomenon can be explained by a probable diffusion of the sugars and proteins contained in the

seed in the water. The results on the germination rates are different from those obtained by the work of (Njehoya *et al.*; 2014) in the Sudano-Guinean zone of Cameroon. Indeed, the latter obtain a rate of 96% for scarified seeds. This variation in rates could be related to the differences observed between the origins of the seeds. These authors in their works have proven a correlation between the origin of the seeds and their germination rates. As part of our experiment, the pre-treated seeds germinated faster than the control seeds (1 day less than the controls). This result is therefore supported by the assertion of Sohdi and Harris cited by (Bourou, 2004) in Senegal on two local varieties of cowpea (*Vigna unguiculata*). According to these authors, the difference in germination time of the pre-soaked seeds and the control seeds is 1 to 3 days. The germination time of *Moringa Oléifera* seeds is 12 days (Gamate, 2006). But during our experimentation, the germination time was 4 days for untreated seeds. The time for germination of *Moringa Oléifera* seeds is therefore between 3-12 days. However, the trend changes during the plant development phase so that the growth of plants from heated seeds slows down compared to control batches. This trend can be explained by the fact that the heating of the seeds does not allow the growth hormone to quickly activate. On the other hand, the scarification allows better development of stems and leaves (Fakeye, 2008). The development of seedlings from scarified seeds could be due to the rapid use of seed reserves and which favored growth. These results are consistent with those obtained by (Abdellaoui, 2014) who showed that scarification has activated the development and growth of young seedlings for two species of *Hédysarum*. The latter claims that scarification did not harm the development of seedlings. For rapid germination, pre-treatment of seeds is therefore essential. We obtained plants of 70 cm height in 50 days. thanks to the pre-treatment.

### **Conclusion and suggestions**

It results from this study that the scarified seeds have a low germination rate (42.5%) but develop faster. Seeds heated to 45°C have a high germination rate (74.16%) and slow growth. Witnesses behave better than seeds soaked for 48 hours. On the one hand, these results will allow nurserymen to reduce the duration of germination and at the same time obtain very high germination rates and therefore a significant biomass.

Thus, the following suggestions have been made in order to have a deeper and broader knowledge of the potential of *Moringa Oléifera*:

- Consider studies to better understand the impact of seed storage conditions on the germination of *Moringa Oléifera*;
- Develop efficient intensive and semi-intensive cultivation systems and cultural practices that respect the environment in Benin;
- Repeat the same tests in the agro-ecological conditions of North Benin;

- Repeat the tests and this with other pre-treatment methods.

### References:

1. Makkar, H.P.S. et Becker, K., 1997. Nutrients and antiquality factors in différent morphological parts of the Moringa Oléiferatree. *Journal of Agricultural Science, Cambridge* 128,311-322.
2. Arbonnier M, 2000. Arbres, Arbustes et lianes des zones sèches d'Afrique de l'Ouest. CIRAD-MNHN-UICN, p. 417
3. Fuglie, Lowell J., 2001. Combattre la malnutrition avec le Moringa in l'arbre de la vie, les multiples usages du Moringa. CTA et CWS Dakar, pp. 119 à 139
4. Olson M.E., 2001. Introduction to Moringa family (11-28) in Fuglie L.D (editor). *The miracle tree : the multiple attributes of Moringa*, wageningen CTA ; Dakar ; cws- p 177.
5. Broin M., 2010. Diagnostic préalable à la sensibilisation. CTA-ACP-UE. <http://www.moringanews.org>
6. FAO, 2008. Perspectives agricoles de l'OCDE et de la FAO 2008-2017, OCDE/FAO, p.83
7. Palou Madi O., Bourou S., Woin N., 2011. Utilisations et importance socio-économiques du Moringa Oleifera ??? au Maroua, Cameroun, *Journal of Applied Biosciences* 60: 4421–4432
8. Palada M. C. and Chang L. C., 2009. Suggested culture practices for moringa. *International Cooperations'Guide. AVRDCP N° 03-545. :1-5.*
9. Foidl N, Makkar H.P.S. et Becker K., 2001, potentiel de Moringa Oléifera en Agriculture et dans l'industrie, 20pp Acte de conférence Dar Es Salam, Tanzanie
10. Basra SMA, Zahar M, Rehman H, Yasmin A, Munir H, 2009a. Evaluating the response of sorghum and Moringa leaf water extracts on seedling growth in hybrid maize. In : *Proceedings of the International conference on Sustainable Food Grain Production : challenges and Opportunities. University of Agriculture, Faisalabad, Pakistan, pp.22.*
11. Basra SMA, Zahoor R, Rehman H, Afzal I, Farooq M., 2009b. Response of root applied brassica and Moringa leaf water extracts on seedling growth in sunflower. In : *Proceedings of the International conference on Sustainable Food Grain Production : challenges and Opportunities. University of Agriculture, Faisalabad, Pakistan, pp.23.*

12. Ogoudadja D., Saint Sauveur A., 2006. Fiche économique sur la production de poudre de feuilles de Moringa. Cas du Bénin : Production en culture associée par des groupements de femmes (Moringanews).
13. Hedji C. C., Kpogue Gangbazo D.N.S., Houinato M.R., Fiogbe E.D., 2014. Valorisation d'Azollasp, Moringa Oléifera, son de riz, et de Co produits de volaille et de poisson en alimentation animale J Appl. Bioxi, pp. 13
14. Adjatin A., 2006. contribution à l'étude de la diversité de légumes feuille traditionnel consommés dans le département de l'Atakora au Togo.
15. Agbenoko L., 1991. Moringa Oléifera. L'arbre purificateur. Sylva, Réseau arbres tropicaux. Le flamboyant, 34-35.
16. Adam et Boko, 1994. Géographie du Bénin, EDICEF, p. 96
17. Pamo Tedonkeng E., et al. 2004. Potentiel de germination de Moringa Oléifera LAM sous différents traitements à Dschang dans les hautes terres de l'ouest-Cameroun, journal of Cameroun Academy of science, vol N°3 pp 199-2003
18. Robertson BL, Small JGG, 1997. Germination of Jubaeopsiscaffra seeds. Principes 21 : 114-122
19. Moussa H, Margolis HA, Dube PA, Odongo J., 1998. Factors affecting the germination of doum palm (*Hyphaenethebaica* ; Mart.) seeds from the semi-arid of Niger, West Africa. Forest Ecology and Management 104:27-41.
20. Njehoya C.A., Bourou S., Bouba H., 2014. Evaluation du potentiel de germination de Moringa Oléifera dans la zone soudano-guinéenne du Cameroun. Journal of Applied Biosciences 74 : 6141-61.8, pp8.
21. Bourou S., Braconnier S., 2004. Effet du pré-trempage des graines sur l'évolution de quelques paramètres agro-physiologies de deux variétés locales de NIEBE (*Vignaunguiculata*) en condition d'alimentation hydrique variées Mémoire présenté pour l'obtention du diplôme d'études Approfondies de biologie végétales 50 pages.
22. Gamate M., 2006. Feuilles de Moringa : stratégie, normes et marchés pour un meilleur impact sur la nutrition en Afrique Atelier international Accra
23. Fakeye H.M., 2008. Etude de faisabilité du développement de la filière Moringa Oléifera, p. 64
24. Ahoton L.E., Adjakpa J.B. ET Akpo E.L., 2009. Effet des prétraitements des semences sur la germination de *prosopis africana*, p. 6



25. Abdellaoui Z., 2014. Contribution à l'étude de la germination et des premiers stades de développement de Hedysarumsp. Mémoire pour l'obtention du diplôme universitaire de Magister, p.95

## **Covid-19 Pandemic Situation In The Arab World Till June 11, 2020: Spatial Panorama Obtained Following The Response Plan Implemented**

*Fatine Hadrya (Professor)*

University Hassan First of Settat, Higher Institute of Health Sciences, Settat,  
Morocco

Ibn Tofail University, Faculty of Sciences, Kenitra, Morocco

*Faiçal El Hattimy (PhD)*

*Hind Hami (Professor)*

*Abdelrhani Mokhtari (Professor)*

*Abdelmajid Soulaymani (Professor)*

Ibn Tofail University, Faculty of Sciences, Kenitra, Morocco

[Doi:10.19044/esj.2021.v17n3p176](https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n3p176)

---

Submitted: 12 October 2020

Accepted: 30 December 2020

Published: 31 January 2021

Copyright 2021 Author(s)

Under Creative Commons BY-NC-ND

4.0 OPEN ACCESS

*Cite As:*

Hadrya F., El Hattimy F., Hami H., Mokhtari A. & Soulaymani A.. (2021). *Covid-19 Pandemic Situation In The Arab World Till June 11, 2020: Spatial Panorama Obtained Following The Response Plan Implemented*. European Scientific Journal, ESJ, 17(3), 176.

<https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n3p176>

---

### **Abstract**

**Background:** The COVID-19 pandemic is a global health emergency of this century. The Arab region is not spared from this scourge. This paper focuses on describing the current epidemiological situation of Coronavirus Disease 2019 (COVID-19) in the Arab world, as of June 11, 2020.

**Methods:** An observational study of all laboratory-confirmed cases of COVID-19, reported in each Arab country since the appearance of the first case until June 11, 2020, was carried out.

**Results:** Twenty-two Arab countries have reported a total of 398,954 confirmed cases of COVID-19 and 5,241 deaths, with a cumulative incidence of 950 cases per 1,000,000 population and a cumulative mortality rate of 13 deaths per 1,000,000 population. Of all recorded cases, 240,137 (60.19%) have recovered from COVID-19. The highest incidence rate of COVID-19 was observed in Qatar (26,988 cases per 1,000,000 population) and the lowest

incidence was recorded in Libya (59 cases), Yemen (21 cases), and Syria (10 cases). Kuwait had the highest mortality rate for COVID-19 (67 deaths per 1,000,000 population). Eight countries had a case fatality rate (CFR) less than 1% (e.g., Bahrain, Oman and Qatar). The highest CFR was observed in Yemen (23.01%). Only three countries were ranked first in terms of remission (Morocco, Palestine and Tunisia). The rate of remission did not exceed 20% in Libya, Mauritania, and Yemen.

**Conclusion:** Some countries were more affected than others in terms of morbidity and mortality. The success of a national response plan against COVID-19 is closely linked to the devotion of health professionals and community engagement.

---

**Keywords:** COVID-19, Current Health Situation, Arab Region

## **Introduction**

### **Background**

The novel coronavirus (2019-nCoV) that emerged in the central Chinese city of Wuhan (Chan et al., 2020; WHO, 2020a) spread swiftly around the world in late 2019. The novel virus was identified on January 07, 2020 (WHO, 2020b), and the disease was named COVID-19 by the World Health Organization (WHO) (WHO, 2020c).

The transmission of virus causing COVID-19 from asymptomatic or oligosymptomatic cases makes COVID-19 much more difficult to control and manage. In front of this crisis, the WHO declared COVID-19 a public health emergency of international concern on January 30, 2020 (WHO, 2020d). The WHO urged countries to track and trace every COVID-19 case (suspect case and close contacts of confirmed case) and implement strict quarantine and other containment measures. Many countries and territories around the world implement strategic preparedness and response plan for COVID-19 (e.g., travel restrictions, quarantine measures and public education and awareness).

The coronavirus pandemic represents a great hazard in several Arab countries. Budget deficits and difficulties in securing essential resources can make it difficult to control the COVID-19 (Sawaya et al., 2020). Several Arab countries respond to the need to strengthen surveillance, provide effective rapid response to public health threats, and implement communication strategies for communities and individual's self-protection (Al Nsour et al., 2020).

The strategies that have been adopted for confronting the COVID-19 pandemic varied widely from one country to another. Some Arab countries have implemented diametrically opposed strategies. Consequently, the spread of the coronavirus is disparate in the Arab world. This paper focuses on

describing the current epidemiological situation of COVID-19 pandemic in the Arab world.

## **Methods**

An observational study of all confirmed cases of COVID-19 reported in the Arab region since the appearance of the first case until June 11, 2020, was performed.

### ***Study Region***

The Arab region includes 22 countries: Algeria, Bahrain, Comoros, Djibouti, Egypt, Iraq, Jordan, Kuwait, Lebanon, Libya, Mauritania, Morocco, Oman, Palestine, Qatar, Kingdom of Saudi Arabia (KSA), Somalia, Sudan, Syria, Tunisia, United Arab Emirates (UAE), and Yemen. The Arab region is characterized by enormous demographic, geographic, political, and socio-economic diversity (Mirkin, 2010). Its total population accounts for 5.57% of the world's population. Geographically, the region stretches from the Mediterranean Sea in the north to the Horn of Africa and Indian Ocean in the southeast and from the Atlantic Ocean in the west to the Arabian Sea in the east, covering 10.2% of the planet's surface (Elbanna et al., 2020). The Arab countries are characterized by large numbers of young people (UNESCO, 2006; Ben Abdennaji & Chkoundali, 2012).

### ***Data Collection***

COVID-19 is a mandatory notifiable disease with requirements for immediate reporting. COVID-19 is followed by an epidemiological monitoring unit in each country. New cases of COVID-19 should be identified, reported, and data included in epidemiological analysis within 24 hours.

In this study, the COVID-19 data shared with the World Health Organization by countries (WHO, 2020e) was used.

### ***Case Definitions***

*-Suspect Case:* A person with acute respiratory infection and a history of travel to or residence in a location reporting community transmission of COVID-19 disease during the 14 days prior to symptom onset; or A person with any acute respiratory infection and having been in contact with a confirmed or probable COVID-19 case in the last 14 days prior to symptom onset; or A person with severe acute respiratory infection and in the absence of an alternative diagnosis that fully explains the clinical presentation.

*-Probable Case:* A suspect case for whom testing for the COVID-19 virus is inconclusive; or A suspect case for whom testing could not be performed for any reason.

*-Confirmed Case:* A person with laboratory confirmation of COVID-19 infection, irrespective of clinical signs and symptoms.

-*Contact*: A person who experienced any one of the following exposures during the 2 days before and the 14 days after the onset of symptoms of a probable or confirmed case:

- Face-to-face contact with a probable or confirmed case within 1 meter and for more than 15 minutes;
- Direct physical contact with a probable or confirmed case;
- Direct care for a patient with probable or confirmed COVID-19 disease without using proper personal protective equipment; or
- Other situations as indicated by local risk assessments (WHO, 2020f).

### **Data Analysis**

The collected data were coded into Excel and analyzed using IBM SPSS Statistics (V25). Frequencies and rates for each parameter studied were calculated and then the correlation between cumulative infected cases and cumulative deceased cases was determined with significance set at 5%. The incidence and mortality rates for COVID-19 infections were calculated, using data from the 2018 population census of the countries concerned (WBG, 2020). ArcGIS 10.1 software was used to create maps illustrating incidence, mortality, case fatality rates (CFR), and recovery rates for COVID-19 pandemic calculated for each Arab country from January 29 to June 11, 2020.

### **Results**

Since the first appearance of a confirmed case of COVID-19 in the Arab region at the end of January, the region recorded a total of 398,954 confirmed cases of COVID-19 and 5,241 deaths (CFR=1.31%), with a cumulative incidence of 950 cases per one million population and a cumulative mortality rate of 13 deaths per one million population. Of all reported cases, 240,137 (60.19%) recovered from COVID-19. The total number of active COVID-19 cases was 153,576 (38.50%).

Table 1 presents the total number of confirmed COVID-19 cases, active cases, recovered cases, and deaths reported in each Arab country until June 11, 2020, as well as the number of COVID-19 realized tests.

**Table 1.** COVID-19 situation updates in the Arab world as of June 11, 2020

Country	First confirmed case	Number of cases (%)	Deaths (%)	Recovered cases (%)	Active cases (%)	Number of tests
KSA	03/02/20	116,021 (29.08)	857 (16.35)	80,019 (33.32)	35,145 (22.88)	1,042,312
Qatar	02/29/20	75,071 (18.82)	69 (1.32)	51,331 (21.38)	23,671 (15.41)	274,793
UAE	01/29/20	40,986 (10.27)	286 (5.46)	25,234 (10.51)	15,466 (10.07)	2,582,000

Egypt	02/14/20	39,726 (9.96)	1,377 (26.27)	10,691 (4.45)	27,658 (18.01)	135,000
Kuwait	02/24/20	34,432 (8.63)	279 (5.32)	24,137 (10.05)	10,016 (6.52)	327,144
Oman	02/24/20	19,954 (5.00)	89 (1.70)	6,623 (2.76)	13,242 (8.62)	129,527
Iraq	02/24/20	16,675 (4.18)	457 (8.72)	6,568 (2.74)	9,650 (6.28)	339,868
Bahrain	02/24/20	16,667 (4.18)	34 (0.65)	11,487 (4.78)	5,146 (3.35)	393,910
Algeria	02/25/20	10,589 (2.65)	741 (14.14)	7,254 (3.02)	2,594 (1.69)	-
Morocco	03/03/20	8,546 (2.14)	212 (4.05)	7,589 (3.16)	745 (0.49)	372,591
Sudan	03/13/20	6,582 (1.65)	401 (7.65)	2,556 (1.06)	3,625 (2.36)	-
Djibouti	03/18/20	4,398 (1.10)	37 (0.71)	2,519 (1.05)	1,842 (1.20)	39,299
Somalia	03/16/20	2,513 (0.63)	85 (1.62)	532 (0.22)	1,896 (1.23)	-
Mauritania	03/13/20	1,439 (0.36)	74 (1.41)	250 (0.10)	1,115 (0.73)	7,654
Lebanon	02/21/20	1,402 (0.35)	31 (0.59)	845 (0.35)	526 (0.34)	101,676
Tunisia	03/02/20	1,087 (0.27)	49 (0.93)	995 (0.41)	43 (0.03)	56,210
Jordan	03/02/20	890 (0.22)	9 (0.17)	670 (0.28)	211 (0.14)	249,431
Palestine	03/05/20	665 (0.17)	5 (0.10)	570 (0.24)	90 (0.06)	44,876
Yemen	04/10/20	591 (0.15)	136 (2.59)	23 (0.01)	432 (0.28)	-
Libya	03/25/20	393 (0.10)	5 (0.10)	62 (0.03)	326 (0.21)	11,765
Syria	03/22/20	164 (0.04)	6 (0.11)	68 (0.03)	90 (0.06)	-
Comoros	04/30/20	163 (0.04)	2 (0.04)	114 (0.05)	47 (0.03)	-
<b>Total</b>		<b>398,954</b>	<b>5,241</b>	<b>240,137</b>	<b>153,576</b>	-

**KSA:** Kingdom of Saudi Arabia; **UAE:** United Arab Emirates; **-:** No available data

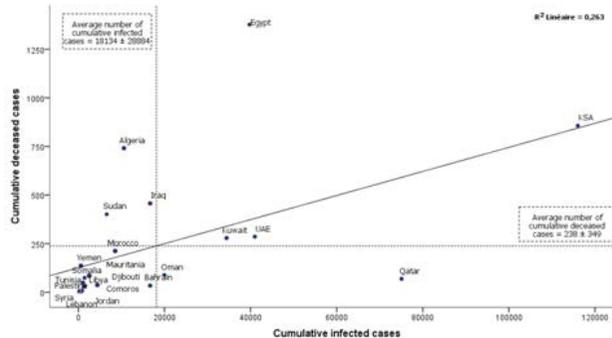
Until June 11, 2020, KSA and UAE performed more than one million diagnostic tests for COVID-19. Many Arab countries, such as Bahrain, Egypt, Iraq, Jordan, Kuwait, Lebanon, Morocco, Oman and Qatar, conducted between 100,000 and 500,000 tests and less than 100,000 tests in some countries. For others (six of them), no data were available.

The cumulative number of cases by country indicated that the Gulf countries were the most affected countries by COVID-19 at the time of data collection. The maximum number of cases was registered in KSA (116,021 out of the 398,954 infections). In Africa, Egypt recorded the most cases of COVID-19 infection, with 39,726 cases. Less than 1,000 confirmed cases of COVID-19 were reported in Comoros, Jordan, Libya, Palestine, Syria, and Yemen. It should be noted that Comoros was the last country to report its first case of COVID-19 on April 30, 2020. More than half of coronavirus-related deaths were reported in Egypt (1,377 deaths), KSA (867 deaths), and Algeria (741 deaths). Several countries recorded less than 10 deaths from COVID-19 during the study period, like Jordan (9 deaths), Syria (6 deaths), Palestine (5 deaths), Libya (5 deaths), and Comoros (2 deaths).

On the 240,137 cases in remission, 33.32% were recorded in KSA (80,019 cases), followed by Qatar (21.38%, with 51,331 cases) and UAE (10.51%, with 25,234 cases). These numbers were proportional to the numbers

of confirmed COVID-19 infections in these countries. The fewest number of COVID-19 cases in remission was recorded in Yemen, with only 23 cases out of the total. Four countries, namely KSA, Qatar, Egypt and UAE, had the highest number of active cases exceeding 10,000 patients for each country in a descending order. Furthermore, less than 100 active cases were reported in Comoros, Palestine, and Tunisia.

Figure 1 displays the geographic distribution of confirmed COVID-19 cases and deaths by country.



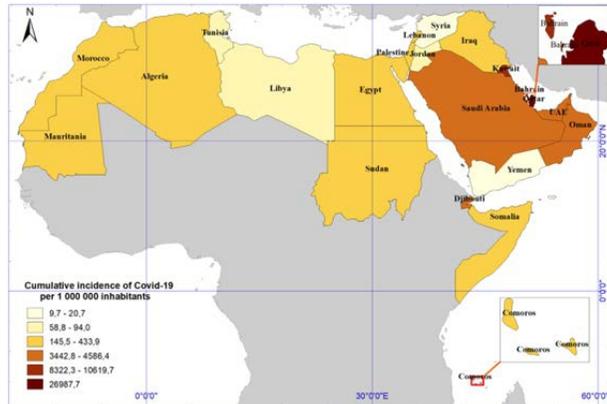
**Figure 1.** Distribution of COVID-19 cases and deaths in the Arab world till June 11, 2020

Figure 1 shows the positioning of each Arab country in relation to the average number of reported COVID-19 cases and deaths in the Arab region. Egypt, KSA, Kuwait, and UAE were the most affected countries by the coronavirus pandemic that were positioned above the average number of confirmed infections and deaths. Algeria, Iraq, and Sudan were also affected by COVID-19, with a high number of deaths. However, Oman and Qatar had a high number of COVID-19 infections. Therefore, it is quite visual that four groups can be distinguished:

- Group 1 with high cumulative infected cases and high deceased cases,
- Group 2 with high cumulative infected cases and low deceased cases,
- Group 3 with low cumulative infected cases and high deceased cases,
- Group 4 with low cumulative infected cases and low deceased cases.

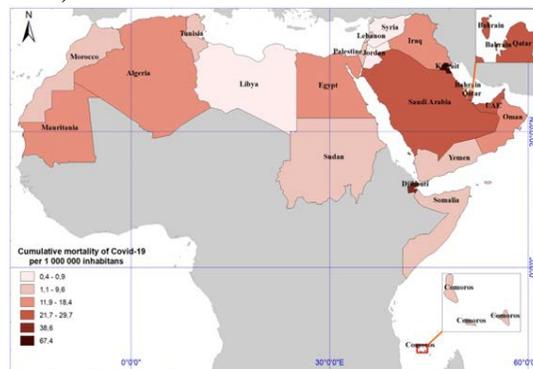
The correlation between the number of confirmed cases of COVID-19 and deaths was significantly positive ( $r = 0.51$ ;  $p < 0.05$ ).

As confirmed cases of people infected with the novel coronavirus are reported in Arab countries, maps illustrating incidence (Figure 2), mortality (Figure 3), case fatality rates (Figure 4), and recovery rates (Figure 5) for COVID-19 pandemic, calculated for each Arab country, as of June 11, 2020, were created.



**Figure 2.** Cumulative incidence of COVID-19 pandemic in the Arab world till June 11, 2020

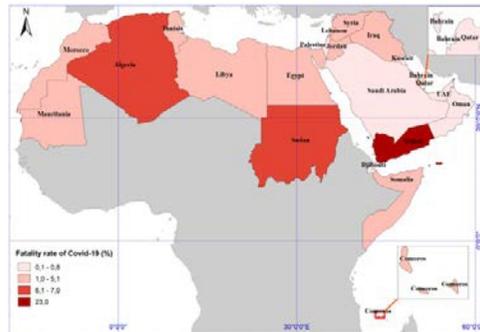
In the Arab region, Qatar had the highest incidence rate of COVID-19 (26,988 cases per 1,000,000 population), followed by Bahrain (10,620 cases per 1,000,000 population) and Kuwait (8,322 cases per 1,000,000 population). Arab African countries have shown an incidence of less than 500 cases per one million population, except Djibouti (4,586 cases). Low incidence rates were observed in fragile and conflict-affected countries where COVID-19 statistics were underestimated (Libya (59 cases), Yemen (21 cases) and Syria (10 cases)) (Figure 2).



**Figure 3.** Cumulative mortality for COVID-19 pandemic in the Arab world till June 11, 2020

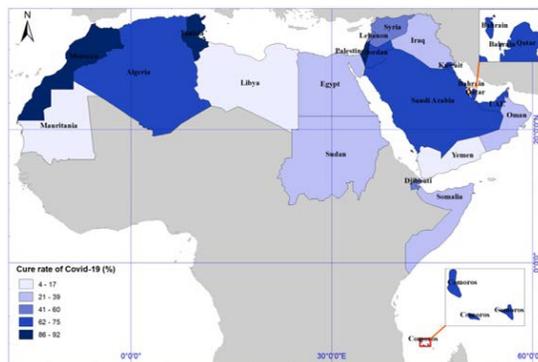
Kuwait, Djibouti, and UAE had the highest mortality rates for COVID-19, i.e., 67, 39 and 30 deaths per one million population, respectively. Mortality rate of less than 10 deaths per one million population was recorded in 10 countries, namely Lebanon, Morocco, Somalia, Tunisia, Yemen and others (Figure 3).





**Figure 4.** Case fatality rates for COVID-19 pandemic in the Arab world till June 11, 2020

Eight countries had a CFR less than 1% (e.g., Qatar (0.09%), Bahrain (0,20%) and Oman (0,45%)). Other countries had a CFR not exceeding 5% (e.g., Jordan (1,01%), Morocco (2.48%), Egypt (3.47%) and Tunisia (4.51%)). During the study period, the highest CFR was observed in Yemen (23.01%) (Figure 4).



**Figure 5.** Recovery rates for COVID-19 pandemic in the Arab world till June 11, 2020

Only three countries were ranked first (around 90%) in terms of remission (Morocco, Palestine and Tunisia). The remission rates in the Gulf countries were between 60% and 70%, except Oman (33.19%). Unfortunately, these rates did not exceed 20% in Mauritania (17.37%), Libya (15.78%), and Yemen (3.89%) (Figure 5).

## Discussion

The COVID-19 pandemic exerts significant pressure on healthcare systems across the Arab countries and around the world.

From the analysis of the results, the Arab region showed variable response capacities to COVID-19. It is evident that the region is extremely heterogeneous. Societies of Arab region are characterized by enormous demographic, geographic, political, and socio-economic diversity (Sawaya et al., 2020; Elbanna et al., 2020). Each country has prepared, according to its

means (infrastructure, material, economy ...), depending on what is deemed necessary or "prudent" to do by the health situation of the country in the face of COVID-19. The procedure taken by each country, the debates on the treatment to be recommended, among many other reasons, have resulted to different rates of incidence, mortality, and case-fatality. Carelessness and mismanagement have led to new infections and deceased cases.

The low-income countries, like Comoros, Djibouti, Mauritania, Somalia and Sudan, were not prepared to deal with this crisis. However, resource-rich countries, such as Algeria, Egypt, Jordan, Morocco and Tunisia, were affected no less than others countries (UNESCO, 2006; Ben Abdennaji & Chkoundali, 2012). The governments of these countries have taken specific measures to reduce the spread of COVID-19, from simple hygiene measures to confinement and curfew measures. The Gulf countries (Bahrain, Kuwait, Oman, Qatar, KSA and UAE), ranked among the top 50 countries in the world in terms of average income for their citizens, launched a massive COVID-19 screening based on positive experience of South Korea and Germany (UNESCO, 2006; Benaderette, 2020).

In Kuwait, the state had taken quarantine measures 75 days after the first case of COVID-19 appeared. The wearing of face masks in public was mandatory. The U.S. Food and Drug Administration-approved tests allowing rapid (in about 45 minutes) detection of novel coronavirus have been used. The other measures taken were partially respected or insufficient to control the pandemic (Gasana & Shehab, 2020).

In KSA, 30 day before the first appearance of a confirmed COVID-19 case, the first proactive decision was to suspend all flights between the Kingdom and China, then halt entry for Umrah pilgrims and tourists. Precautionary measures have been introduced. At the end of March, the Saudi government offered free healthcare to all citizens and residents, and started mass COVID-19 testing (Algaissi *et al.*, 2020; Yezli & Khan, 2020). Despite all the actions taken, the KSA had recorded significant incidence and mortality rates. The Kingdom is confronted with MERS-CoV infection, nosocomial infections and SARS-CoV-2, which create a great challenge for healthcare workers to combat both coronaviruses (Barry *et al.*, 2020).

Egypt imposed quasi-confinement measures in mid-March 2020. The wearing of face masks became mandatory in late May. Despite limited capacity of the health sector in Egypt, the Supreme Council of University Hospitals has ordered their health facilities to reduce non-emergency admissions by 70% for COVID-19 patients (Al-Monitor, 2020). A healthcare startup offers free phone consultation and conducts awareness campaigns on COVID-19 (OECD, 2020). Egypt had witnessed a rapid surge in the number of COVID-19 infections and deaths. The health system was ill-prepared to

deal with this novel coronavirus (Lynch, 2020; El-Khishin, 2020). Social distancing measures were less stringent (Abdelhafiz et al., 2020; Ozili, 2020).

Morocco followed closely the COVID-19 evolution in the first affected countries by implementing national SARS-CoV-2 preparedness and response plan. The government focused on early case detection, communications and transparency, case management, and contact tracing for COVID-19. It has implemented a number of measures, including international flight suspension and closure of all borders, social distancing, national COVID-19 fund, health emergency status, and mandatory face mask. In addition, Morocco was one of the four countries that had used chloroquine/hydroxychloroquine for the treatment of COVID-19 (Hadrya et al., 2020). The health situation in Morocco was better compared to other countries.

As of June 11, 2020, the world registered a total of 7,273,938 laboratory-confirmed cases of COVID-19 and 413,359 deaths (WHO, 2020g). The Arab world reported 398,954 confirmed COVID-19 cases (5.48% of the total) and 5,241 deaths (1.27% of the total). The first confirmed cases of COVID-19 in the Arab world were imported from the world's COVID-19 pandemic epicenter; France, Iran, and Italy (Sawaya et al., 2020; Lau et al., 2020). In some countries, such as Algeria and Egypt, the health emergency status has been tardily declared, which caused a large increase in the COVID-19 death rate (Sawaya et al., 2020; Lounis, 2020).

Official statistics showed that the pandemic was progressing, but the spread of the new coronavirus seemed to be contained and is not following the trajectory of Europe. African countries were less affected than the others, however, the member states needed to manage the pandemic because of precarity of their systems. Asian countries are facing major political and socio-economic problems but tried to get by on the basis of previous experiences with past epidemics (1985-1990) (Lew et al., 2003; Swar, 2020) in 2002-2003 and since 2012 (Zaki et al., 2012; Algaissi et al., 2020). Currently, restrictions are gradually lifted despite critical conditions linked to COVID-19 in some countries.

The second wave could completely change the picture described in the present study, and therefore a dizzying increase in infected cases, incidence, and mortality is to be expected in the Arab world.

## **Conclusion**

Most Arab countries were strongly mobilized in the response to the COVID-19 immediately after the notification of the first confirmed case of COVID-19 in each state (from January 29 to April 30, 2020). Nonetheless, some countries were more affected than others. The success of a national response plan against COVID-19 is closely related to the devotion of health professionals and community engagement. A national response plan will be

better with improving the quality of data collected on the disease and patients, as well as with the adoption and application of clear and structured procedures in the management of the health crisis caused by COVID -19.

### **Competing interests**

The authors declare that they have no competing interests.

### **Acknowledgements**

This work is part of the PPR-B-FS-MOKHTARI UIT-Kenitra project.

### **References:**

1. Abdelhafiz, A.S., Mohammed, Z., Ibrahim, M.E., Ziady, H.H., Alorabi, M., Ayyad, M. & Sultan, E.A. (2020). Knowledge, Perceptions, and Attitude of Egyptians Towards the Novel Coronavirus Disease (COVID-19). *Journal of Community Health*, 1-10.
2. Al-Monitor (2020). Egypt releases political prisoners amid coronavirus outbreak. [https://www.al-monitor.com/pulse/originals/2020/03/egypt-release-opposition-activists-coronavirus.html?utm\\_campaign=20200330&utm\\_source=sailthru&utm\\_medium=email&utm\\_term=Daily%20Newsletter](https://www.al-monitor.com/pulse/originals/2020/03/egypt-release-opposition-activists-coronavirus.html?utm_campaign=20200330&utm_source=sailthru&utm_medium=email&utm_term=Daily%20Newsletter). Accessed 17 June 2020.
3. Al Nsour, M., Bashier, H., Al Serouri, A., Malik, E., Khader, Y., Saeed, K., Ikram, A., Abdalla, A.M., Belalia, A., Assarag, B., Baig, M.A., Almudarra, S., Argoub, K., Osman, S., Abu-Khader, I., Shalabi, D. & Majeed, Y. (2020). The Role of the Global Health Development/Eastern Mediterranean Public Health Network and the Eastern Mediterranean Field Epidemiology Training Programs in Preparedness for COVID-19. *JMIR Public Health and Surveillance*, 6(1), e18503.
4. Algaissi, A.A., Alharbi, N.K., Hassanain, M. & Hashem, A.M. (2020). Preparedness and response to COVID-19 in Saudi Arabia: Building on MERS experience. *Journal of Infection and Public Health*, 13(6), 834-838.
5. Barry, M., Al Amri, M. & Memish, Z.A. (2020). COVID-19 in the Shadows of MERS-CoV in the Kingdom of Saudi Arabia. *Journal of Epidemiology and Global Health*, 10(1), 1-3.
6. Ben Abdennaji, H. & Chkoundali, R. (2012). Human development and governance: the Arab world at a glance. *New Medit*, 11(2), 29-38.
7. Benaderette, S. (2020). Virus COVID-19 : les biologistes s'arment pour le dépistage de masse. *Option Bio*, 31(613), 1-3

8. Chan, J.F.-W., Yuan, S., Kok, K.-H., To, K.K.-W., Chu, H., Yang, J., Xing, F., Liu, J., Yip, C.C.-Y., Poon, R.W.-S., Tsoi H.-W, Lo, S.K.-F., Chan, K.-H., Poon, V.K.-M., Chan, W.-M., Ip J.D., Cai, J.-P., Cheng, V.C.-C., Chen, H., Hui, C.K.-M. & Yuen, K.-Y. (2020). A familial cluster of pneumonia associated with the 2019 novel coronavirus indicating person-to-person transmission: a study of a family cluster. *The Lancet*, 395(10223), 514-523.
9. El-Khishin, S. (2020). Countermeasures for the COVID-19 Outbreak in Egypt: this time is really different. *ERF Policy Brief*, 51, 1-5.
10. Elbanna, S., Abdelzaher, D.M. & Ramadan, N. (2020). Management research in the Arab World: What is now and what is next? *Journal of International Management*, 26(2), 100734.
11. Gasana, J. & Shehab, M. (2020). Coronavirus Disease (COVID 19): Handling Challenges in Kuwait (Version 1, Original). *Sci*, 2(2), 40.
12. Hadrya, F., Soulaymani, A. & El Hattimy, F. (2020). Space-time COVID-19 monitoring in Morocco. *Pan African Medical Journal*, 35(2), 41.
13. Lau, H., Khosrawipour, T., Kocbach, P., Ichii, H., Bania, J. & Khosrawipour, V. (2020). Evaluating the massive underreporting and undertesting of COVID-19 cases in multiple global epicenters. *Pulmonology*.
14. Lew, T.W.K., Kwek, T.-K., Tai, D., Earnest, A., Loo, S., Singh, K., Kwan, K.M., Chan, Y., Yim, C.F., Bek, S.L., Kor, A.C., Yap, W.S., Chelliah, Y.R., Lai, Y.C. & Goh, S.-K. (2003). Acute respiratory distress syndrome in critically ill patients with severe acute respiratory syndrome. *JAMA*, 290(3), 374-380.
15. Lounis, M. (2020). COVID-19 in Algeria: Chronology and Evaluation of Preventive Actions. *European Journal of Medical and Educational Technologies*, 13(1), em2001.
16. Lynch, M. (2020). The COVID-19 Pandemic in the Middle East and North Africa. In: *The COVID-19 Pandemic in the Middle East and North Africa*. Project on Middle East Political Science (POMEPS) Studies 39, p. 3-6.
17. Mirkin, B. (2010). Population Levels, Trends<sup>[1]</sup> and Policies in the Arab Region: Challenges and Opportunities. *Arab Human Development Report*.  
<https://www.undp.org/content/undp/en/home/search.html?q=Mirkin+arab+report>. Accessed 17 June 2020.
18. Organisation for Economic Cooperation and Development (OECD) (2020). COVID-19 crisis response in MENA countries. <http://www.oecd.org/coronavirus/policy-responses/covid-19-crisis-response-in-mena-countries-4b366396/>. Accessed 17 June 2020.

19. Ozili, P.K. (2020). COVID-19 in Africa: socioeconomic impact, policy response and opportunities. *International Journal of Sociology and Social Policy*, 1-34.
20. Sawaya, T., Ballouz, T., Zaraket, H. & Rizk, N. (2020). Coronavirus Disease (COVID-19) in the Middle East: A Call for a Unified Response. *Frontiers in Public Health*, 8(209), 1-3.
21. Swar, MO. (2020). COVID-19 and lessons learned from the pandemic wave of meningococcal meningitis (1985-1990). *Sudanese Journal of Paediatrics*, 20(1), 77-88.
22. UNESCO (2006). Rapport de l'UNESCO sur la science - ISBN 92-3-203967-2.  
[http://www.unesco.org/new/fileadmin/MULTIMEDIA/HQ/SC/pdf/sc\\_usr05\\_introduction\\_fr.pdf](http://www.unesco.org/new/fileadmin/MULTIMEDIA/HQ/SC/pdf/sc_usr05_introduction_fr.pdf). Accessed 17 June 2020.
23. World Bank Group (WBG) (2020). 2018 population census. <https://data.worldbank.org/indicator/SP.POP.TOTL>. Accessed 12 June 2020.
24. World Health Organization (WHO) (2020a). Pneumonia of unknown cause – China. Disease outbreak news. Emergencies preparedness, response. <http://www.who.int/csr/don/05-january-2020-pneumonia-of-unknown-cause-china/en/>. Accessed 18 April 2020.
25. World Health Organization (WHO) (2020b). Novel coronavirus (2019-nCoV). Situation report – 1. <https://www.who.int/docs/default-source/coronaviruse/situation-reports/20200121-sitrep-1-2019-ncov.pdf>. Accessed 17 June 2020.
26. World Health Organization (WHO) (2020c). Maladie à coronavirus 2019 (COVID-19): questions-réponses. <https://www.who.int/fr/emergencies/diseases/novel-coronavirus-2019/advice-for-public/q-a-coronaviruses#:~:text=symptomes>. Accessed 18 April 2020.
27. World Health Organization (WHO) (2020d). Statement on the second meeting of the International Health Regulations (2005) Emergency Committee regarding the outbreak of novel coronavirus (2019-nCoV). [https://www.who.int/news-room/detail/30-01-2020-statement-on-the-second-meeting-of-the-international-health-regulations-\(2005\)-emergency-committee-regarding-the-outbreak-of-novel-coronavirus-\(2019-ncov\)](https://www.who.int/news-room/detail/30-01-2020-statement-on-the-second-meeting-of-the-international-health-regulations-(2005)-emergency-committee-regarding-the-outbreak-of-novel-coronavirus-(2019-ncov)). Accessed 17 June 2020.
28. World Health Organization (WHO) (2020e). Regional office for Africa. Coronavirus (COVID-19). <https://www.afro.who.int/health-topics/coronavirus-covid-19>. Accessed 12 June 2020.
29. World Health Organization (WHO) (2020f). Coronavirus disease 2019 (COVID-19). Situation Report-61. <https://www.who.int/docs/default->

- source/coronaviruse/situation-reports/20200321-sitrep-61-covid-19.pdf?sfvrsn=ce5ca11c\_2. Accessed 12 June 2020.
30. World Health Organization (WHO) (2020g). Health Emergency Dashboard WHO (COVID-19). <https://covid19.who.int/>. Accessed 17 June 2020.
  31. Yezli, S. & Khan, A. (2020). COVID-19 social distancing in the Kingdom of Saudi Arabia: Bold measures in the face of political, economic, social and religious challenges. *Travel Medicine and Infectious Disease*, 101692.
  32. Zaki, A.M., van Boheemen, S., Bestebroer, T.M., Osterhaus, A.D., Fouchier, R.A. (2012). Isolation of a novel coronavirus from a man with pneumonia in Saudi Arabia. *The New England Journal of Medicine*, 367(19), 1814-1820.



ESJ Natural/Life/Medical Sciences

## **Financement De La Caisse De Solidarité Du District Sanitaire De Youwarou Au Mali : Une Revue Systématique De Littérature**

*Seydou Kanté*

Centre de Santé de Référence de Youwarou, Direction Régionale de la Santé de Mopti, Mali

*Ousmane Sylla*

Direction Générale de la Santé et de l'Hygiène Publique Bamako, Mali

*Valeria Campos Da Silveira*

Institut de Médecine Tropical (IMT) d'Anvers, Belgique

*Ousmane Touré*

Institut Nationale de Formation en Sciences de la Santé (INFSS) Bamako, Mali

*Zakaria Keita*

Consultant Indépendant en Santé – Association la Rage en Afrique de l'Ouest, Mali

[Doi:10.19044/esj.2021.v17n3p190](https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n3p190)

Submitted: 20 April 2020  
Accepted: 12 January 2021  
Published: 31 January 2021

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

*Cite As:*

Kanté S., Sylla O., Campos Da Silveira V., Touré O. & Keita Z. (2021). *Financement de la Caisse de Solidarité du District Sanitaire de Youwarou au Mali : une revue systématique de littérature*. European Scientific Journal, ESJ, 17(3), 190.

<https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n3p190>

### **Résumé**

**Objectif :** Evaluer le mécanisme de financement de la caisse de solidarité dans le cadre du système de référence-évacuation du district sanitaire de Youwarou. **Méthode :** Il s'agit d'une revue systématique de la littérature réalisée du 1er Mai au 30 Juin 2017 sur le district de Youwarou. Les données sont issues de la littérature accessible sur internet et de la littérature grise (plans d'actions, documents de politique, rapports) disponible au Mali. Les moteurs de recherche PUBMED et Google scholar ont été utilisés. Les informations ont été répertoriées dans les rubriques suivantes : i) contexte, ii) processus, iii) contenu et iv) acteurs selon le modèle proposé par Gilson et



Walt. **Résultat** : Le financement de la caisse de solidarité lancé en 2006 a connu d'énormes insuffisances de financement, ainsi le taux de paiement des quotes-parts de 2006 à 2009, était de 43% pour les mairies, 73% pour les ASACO et de 15% pour le conseil de cercle. Malgré la révision en 2013 ayant abouti au scénario de paiement par les ménages, le taux de paiement n'était que de 12%. **Conclusion** : Le déficit de financement de la caisse de solidarité du système de référence-évacuation est lié au faible engagement et de contribution des collectivités décentralisées et des associations de santé communautaire. Un plaidoyer auprès des acteurs communautaires pour plus d'engagement de mobilisation des ressources au niveau des collectivités rurales en vue d'assurer un système de référence évacuation fiable et réduire ainsi les décès maternels et néonataux.

---

**Mots-clés:** Référence-Évacuation, Financement , Promotion De La Santé , Femmes Enceintes, Communauté Rurale, Mali

## **Financing Of The Solidarity Fund Of The Health District Of Youwarou In Mali: A Systematic Review Of The Literature**

*Seydou Kanté*

Centre de Santé de Référence de Youwarou, Direction Régionale de la Santé de Mopti, Mali

*Ousmane Sylla*

Direction Générale de la Santé et de l'Hygiène Publique Bamako, Mali

*Valeria Campos Da Silveira*

Institut de Médecine Tropical (IMT) d'Anvers, Belgique

*Ousmane Touré*

Institut Nationale de Formation en Sciences de la Santé (INFSS) Bamako, Mali

*Zakaria Keita*

Consultant Indépendant en Santé – Association la Rage en Afrique de l'Ouest, Mali

---

### **Abstract**

**Objective:** Evaluate the financing mechanism of the solidarity fund within the framework of the referral-evacuation system of the Youwarou health district. **Method:** This is a systematic review of the literature carried out from May 1 to June 30, 2017 in the district of Youwarou. The data are resulted of the literature available on the internet and gray literature (action plans, policy documents, reports) available in Mali. The PUBMED and

Google scholar search engines were used. The information has been listed under the following headings: i) context, ii) process, iii) content and iv) actors according to the model proposed by Gilson and Walt. **Result:** The financing of the solidarity fund launched in 2006 experienced enormous funding shortfalls, so the rate of payment of quotas from 2006 to 2009 was 43% for municipalities, 73% for ASACOs and 15% for the circle council. Despite the revision in 2013 that resulted in the household payment scenario, the payment rate was only 12%. **Conclusion:** The financing deficit of the solidarity fund of the referral-evacuation system is linked to the weak commitment and contribution of decentralized communities and community health associations. Advocacy with community actors for more commitment to mobilize resources at the level of rural communities in order to ensure a reliable referral-evacuation system and thus reduce maternal and neonatal deaths.

---

**Keywords:** Reference-Evacuation; Financing; Health Promotion; Pregnant Women; Rural Community; Mali

## Introduction

Dans le monde, environ 830 femmes meurent chaque jour à cause des complications liées à la grossesse ou à l'accouchement. En 2015, 303 000 femmes sont décédées pendant la grossesse ou à la suite de l'accouchement (1). La majeure partie de ces décès se sont produits dans des pays à revenu faible et la plupart auraient pu être évités. Ces centaines de milliers de femmes qui meurent en donnant la vie au 21<sup>ème</sup> siècle est inacceptable. En Afrique subsaharienne, un certain nombre de pays ont réduit de moitié le taux de mortalité maternelle depuis 1990 (1).

Pour réduire le taux de mortalité maternelle, estimé à 577 pour 100 000 naissances vivantes (2), le gouvernement du Mali a mis en place un système de référence-évacuation (SRE) pour les-urgences obstétricales, qu'on définit comme étant un état grave lié à la grossesse ou à l'accouchement et qui requiert une intervention médicale d'urgence afin d'empêcher la mort probable de la femme (3). Ce système de référence vise à améliorer la qualité des soins obstétricaux d'urgence, mais aussi l'accès des femmes à ces soins, et cela dans le but de diminuer la mortalité liée aux complications obstétricales. Brièvement, il est articulé autour de trois composantes principales : un système de financement (des caisses de solidarité) ; un système d'alerte et d'évacuation sanitaire (des ambulances et des radios) ; la mise à jour des soins obstétricaux d'urgence dans les Centres de Santé Communautaire (CSCoM) et les Centres de Santé de Référence (CSRéf) (4,5).

Quant aux caisses de solidarité, elles ont été mises en place dans chaque district pour réduire les coûts assumés par les femmes lors d'une complication. Des partenaires locaux (ASACO, Mairies, Conseils de cercle, CSRéf) font des contributions financières à la caisse sur une base régulière ; la contribution de chaque partenaire étant définie annuellement par consensus. L'argent de la caisse collecté par un comité de gestion est utilisé en cas d'évacuation, pour payer le carburant de l'ambulance, le perdiem du chauffeur et de l'agent de santé qui accompagne l'ambulance, mais aussi de l'amortissement de l'ambulance et les soins fournis. Avant la mise en place des caisses de solidarité, la totalité de ces coûts devait être assumée par les patientes, ce qui constituait une barrière financière importante et pouvait retarder de façon considérable l'obtention de soins appropriés (4,5).

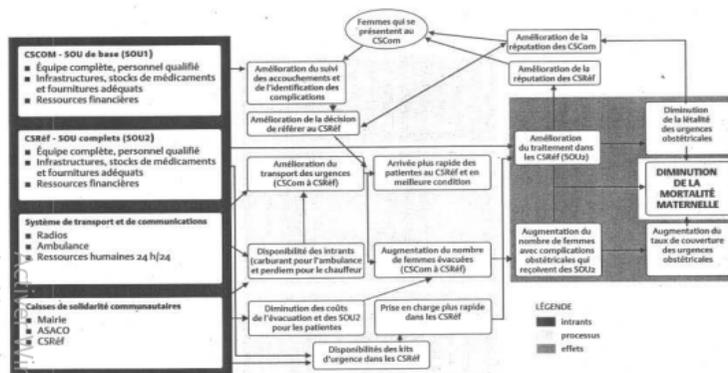


Figure 1. Cadre conceptuel du système de référence-évacuation au Mali

Dans le district sanitaire de Youwarou, les acteurs locaux, qui sont les Associations de Santé Communautaire (ASACO) et les Collectivités décentralisées (communes, conseil de cercle) sont responsables du transport des patientes des CSCOM vers le CSRéf (6,7). Rappelons à titre d'exemple que dans ce district sanitaire, le coût d'une seule évacuation d'un CSCOM vers le CSRéf peut parfois atteindre 102.000 FCFA (environ 160 €) en fonction de la période de crue ou de décrue. De ce fait, les parturientes en difficultés d'accouchement ou leurs parents supportent difficilement les frais de ces évacuations (6,7,8).

L'objectif de ce travail est d'évaluer le mécanisme de financement de la caisse de solidarité afin de dégager les forces et les faiblesses de ce système mais aussi d'analyser la contribution des ménages.

## Methodologie

### Type et site d'étude

Il s'agit d'une revue systématique de la littérature réalisée du 1<sup>er</sup> Mai au 30 Juin 2017 sur le district de Youwarou.

### **Sources de données**

Elles se composent de la littérature accessible sur internet et de la littérature grise (plans d'actions, documents de politique, rapports) disponible au Mali.

### **Technique de collecte des données**

En ce qui concerne la recherche sur internet, les moteurs de recherche PUBMED (pour l'anglais) et Google scholar (pour le français) ont été utilisés. Pour PUBMED, les mots clés introduits ont été : i) [transfer] and [pregnant women] and [fee] and [case management] and [Mali] and [youwarou] ; Pour Google scholar les mots clés ont été les suivants : i) [évacuation] and [référence] and [femme enceinte] and [caisse] and [solidarité] and [Mali] and [youwarou].

Les références d'autres articles ont été retenues à partir des résultats de la première recherche.

La littérature grise au Mali a été répertoriée dans les sites potentiels ministère de la santé, bureau de l'OMS au Mali, faculté de médecine et d'odontostomatologie, centres de recherche en santé, etc.) et exploitée.

### **Organisation des données**

Les informations ont été répertoriées dans les rubriques suivantes : i) contexte, ii) processus, iii) contenu et les iv) acteurs, proposé par Gilson et Walt (1994) (8,9,10).

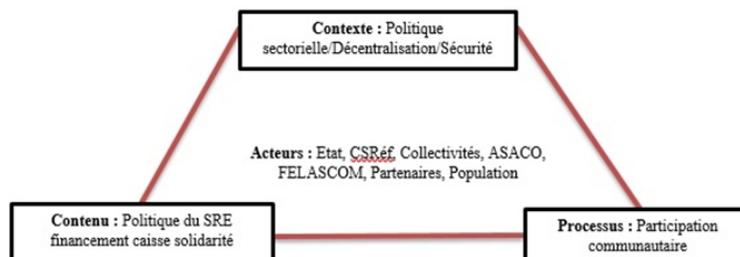
### **Traitement et analyse des données**

Les données ont fait l'objet d'une saisie sur le logiciel Word et d'une analyse afin de dégager les forces et les faiblesses du mécanisme de financement.

**Cadre de l'étude :** Le cercle de Youwarou est une collectivité territoriale du Mali dans la région de Mopti. Il compte 7 communes : Bembéré Tama, Déboye, Dirma, Dongo, Farimaké, N'Dodjiga et Youwarou.

Youwarou est un district instable sur le plan sécuritaire avec des attaques récurrentes des bandits suite aux nombreuses crises de la rébellion armée. Il arrive parfois que tous les prestataires qualifiés se retirent de la zone suite à la recrudescence des violences. Ce retrait intermittent des prestataires a un énorme impact sur les résultats de santé dans cette localité (12). Le district sanitaire a perdu beaucoup de biens (médicaments, véhicules, vandalisme des structures sanitaires) lors des rébellions de 1991 et de 2012. L'insécurité grandissante freine surtout tout élan du développement économique exposant

généralement la population à des multiples razzias conduisant parfois à des pertes en vie humaine.



**Figure 2.** Cadre analytique du système de référence-évacuation du district de Youwarou (Adapté de Gilson et Walt, 1994).

## Resultats

### Le contexte

Le système de référence-évacuation des femmes enceintes a été mise en place au milieu des années 1990. Pour harmoniser les interventions en mai 2000, le « cadre conceptuel de l'organisation du système de référence/évacuation au Mali » a été élaboré. Ce cadre, inspiré du document sur la périnatalité du Ministère de la Santé Malien (4,13,14,15), prenait en compte les aspects organisationnels, techniques, logistiques, financiers et de communication pour améliorer l'accès aux soins des populations démunies. Le système consistait à l'organisation des acteurs, à savoir, 1) l'Etat à travers les Centres de Santé de Référence (CSRéf), 2) les Associations de Santé Communautaire (ASACO), 3) les Collectivités décentralisées (communes, conseil de cercle) et 4) les parturientes et leurs parents, en vue d'assurer le transport de la parturiente référée ou évacuée depuis le CSCom jusqu'au CSRéf ainsi que sa prise en charge pour la césarienne.

Cette organisation passait par le bon fonctionnement d'une caisse de solidarité alimentée par les paiements des quotes-parts des différents acteurs ci-dessus cités. Les quotes-parts étaient reçues par le comité de recouvrement issu lui-même du comité de gestion du système de référence-évacuation. Les kits de césarienne et les actes de laboratoire pour les femmes à jour de leurs cotisations envers leur ASACO qui était elle-même à jour de ses cotisations envers la caisse de solidarité dans sa conception initiale (4,8,13).

Avec l'avènement de la césarienne gratuite en 2005, la parturiente et ses parents ont été en principe dispensés du paiement des quotes-parts mais aussi des kits de césarienne. La caisse de solidarité devrait désormais être alimentée par les quotes-parts des ASACO et des collectivités territoriales (communes, conseil de cercle) qui devraient financer le transport des femmes enceintes en difficultés dans les CSCom vers les CSRéf. Les kits de

césarienne, l'acte chirurgical et de laboratoire seraient financés par l'Etat, via un système de pré positionnement des kits et le remboursement des actes opératoires après justification des dotations antérieures (4,8,13). La Figure 2 retrace les principales réformes politiques clés en relation avec les soins de femmes enceintes.

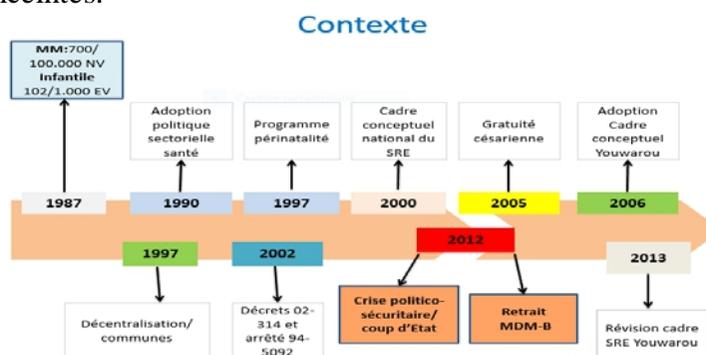


Figure 3. Evolution des réformes politiques en faveur des soins de la femme enceinte.

## Le contenu

En vue de respecter la politique nationale, le système de référence/évacuation du district sanitaire de Youwarou a été mis en route en Mai 2006. Le cadre conceptuel de ce système s'est donc inspiré des cadres des autres districts sanitaires de la région de Mopti mais surtout d'autres cadres à travers le pays, en essayant de les améliorer. Différentes étapes ont été réalisées pour la mise en marche de ce système, à savoir : l'explication du mécanisme dans tous les villages du district sanitaire ; deux ateliers de consensus avec les acteurs locaux et un atelier de validation finale du cadre conceptuel (5,6,14,15).

## Le processus

A partir de 2005, la caisse de solidarité devrait désormais être alimentée par les quotes-parts des ASACO et des collectivités territoriales (communes, conseil de cercle) afin de financer le transport des femmes enceintes en difficultés des CSCoM vers les CSRéf.

Ainsi, le seul problème qui entraverait la bonne mise en œuvre de cette politique de référence-évacuation au niveau district, pour la bonne prise en charge des femmes enceintes serait le faible taux de recouvrement des quotes-parts des communes et des ASACO (16). La situation en 2006 est présentée au Tableau 1.

Tableau 1 : Répartition de la contribution des quotes-parts des acteurs

Acteurs	Proportion %	Contribution totale par acteurs
Conseil de cercle (CC)	1	767 253
ASACO	5	383 626
Mairie	39	2 992 287

CSRéf	3	230 176
Etat	52	3 989 715
<b>Total</b>	<b>100</b>	<b>7 672 530</b>

Ce système a connu des difficultés de trésorerie à cause du non-paiement des quotes-parts des acteurs locaux (les ASACO et les collectivités locales) déjà deux ans après son lancement, mettant en mal le fonctionnement de la caisse de solidarité. La caisse, qui devait couvrir à cent pour cent les frais de transport des parturientes, ne répondait donc plus qu'au cas par cas en fonction de la provenance de la patiente, contribuant à un certain refroidissement de la notion de solidarité.

Cependant, l'engouement suscité auprès de la population pendant la 1<sup>ère</sup> année d'implantation ne cessait de croître. La population n'ayant pas connaissance que leurs responsables n'avaient pas contribué à la hauteur souhaitée continuait à solliciter l'ambulance ou la pinasse en cas de difficulté d'accouchement. Déjà aux premiers mois de l'année 2009, le CSRéf de Youwarou, émetteur des bons de carburant, s'est vu endetté auprès du fournisseur à hauteur de 900.000 FCFA (environ 1374 €) pour le transport des parturientes. Cette situation a d'ailleurs été rapportée dans le rapport final d'évaluation de la césarienne au Mali (15). Ce rapport met en exergue les conséquences néfastes sur le fonctionnement courant des structures sanitaires et l'exploration des familles des parturientes obligées à contribuer aux frais de transport, créant leur désarroi. Cette contribution est cependant indispensable afin de pouvoir régler les factures des fournisseurs. L'un des problèmes entravant cette politique serait dans cette zone du Mali le faible taux de recouvrement, voire le non-paiement intégral, des quotes-parts des communes et des ASACO pour la caisse de solidarité (11,16,17).

Le bon fonctionnement de la caisse de solidarité diminuerait les contraintes/barrières financières pour le transport, facilitant l'accès aux soins de santé de nombreuses femmes rurales. La situation devrait interpeller à plus d'un titre les élus locaux car les familles, malgré le paiement des impôts tels les taxes du développement régional et local (TDRL), n'ont toujours pas accès aux soins.

Les collectivités locales sont restées inactives face à cette situation qui devenait de plus en plus intenable pour l'équipe technique du CSRéf. Face à cette situation, un premier monitoring sur le système de référence/évacuation avec l'ensemble des acteurs fût planifié par le CSRéf (12). L'extrait suivant de l'étude révèle ceci : *« les systèmes de référence sont faciles à concevoir, mais extrêmement difficiles à mettre en pratique. L'efficacité d'un système de référence dépendra des patients, la confiance dans les différents niveaux du système de santé, la confiance qu'ils ont dans le personnel, l'efficacité du système d'information sur la facilité ou la difficulté*

*de transport et le temps passé à voyager, les coûts des soins à différents niveaux » (12).*

A l'issue de ce premier monitoring, le partenaire Médecins du Monde Belgique (Mdm-B) a appuyé la caisse de solidarité à hauteur de cinq millions de francs CFA (environ 7 634 €). Malgré cet appui très important, les acteurs locaux n'avaient toujours pas pris conscience de l'ampleur du problème. Alors, en 2013, le CSRéf a procédé avec l'ensemble des acteurs à la révision du mécanisme de paiement des quotes-parts pour lui donner un nouveau souffle, ce qui a abouti à la décision du partage de coûts par ménages, via l'ASACO. Ce scénario est présenté dans le Tableau 2 (17).

**Tableau 2 : Partage des coûts des quotes-parts entre les ménages**

Aires sanitaires	Population en 2013	Nombre de ménages	Quote-part par ménage	Montant /aire de santé
Ambiri	10 365	1 481	435	644 235
Dogo	9 182	1 312	435	570 720
Gathi	9 968	1 424	435	619 440
Guidio	14 574	2 082	435	905 670
Kormou	18 080	2 583	435	1 123 605
Faou	10 731	1 533	435	666 855
Sah	18 265	2 609	435	1 134 915
Central	32 303	4 615	435	2 007 525
<b>Total</b>	<b>123 468</b>	<b>17 639</b>	<b>435</b>	<b>7 672 530</b>

### **Evaluation de la contribution financière des différents les acteurs**

Le Tableau 3 montre la contribution des différents acteurs sur le financement de la caisse de solidarité du système de référence/évacuation de Youwarou.

**Tableau 3 : Situation de recouvrement des coûts par partenaire (2006-2009)**

Partenaires	Mairie	ASACO	Conseil de Cercle	CSRéf	État	Montant total
Prévu	6 264	954 029	1 537	1 012	10 304	20 072
	072		317	500	112	030
Recouvert	2 674	692 828	225 000	810 000	10 304	14 706
	667				112	607
<b>Taux recouvrement (%)</b>	<b>43</b>	<b>73</b>	<b>15</b>	<b>80</b>	<b>100</b>	<b>73%</b>

Il permet de constater que le financement de la caisse est resté insuffisant depuis son lancement jusqu'à nos jours avec environ 43% de taux de recouvrement.

### **Le remboursement par les Mairies**

Au démarrage du système, ce sont les élus locaux (Maires) et les ASACO qui devaient mobiliser 100% du transport des parturientes. Ces



montants n'ont jamais été recouverts à hauteur de 50% auprès des Mairies. Le Tableau 4 renseigne qu'en dehors des paiements (42%) de toutes les communes, réalisées pendant la période de lancement du système en Mai 2006, il n'y a plus eu de contribution de la part des communes durant les années suivantes. D'ailleurs, seule une commune a contribué à la caisse de solidarité en 2007, et les années suivantes les paiements réalisés étaient largement insuffisants. On remarque ainsi que le taux de recouvrement est resté inférieur à 50% du budget prévu. Nombreuses études démontrent le faible accompagnement et implication des élus locaux pour les problèmes de santé de leur population (17,18,19,20).

**Tableau 4 :** Situation de recouvrement par Mairie, District de Youwarou (2006-2009)

Années	Montants en FCFA							
	2006		2007		2008		2009	
Mairies	P	R	P	R	P	R	P	R
Bimbéré	540 000	100 000	540 000	0	540 000	12 000	540 000	0
Deboye	540 000	100 000	540 000	540 000	540 000	0	540 000	0
Dongo	540 000	100 000	540 000	0	540 000	0	540 000	5 000
Farimaké	540 000	100 000	540 000	0	540 000	135 000	540 000	100 000
N'dodjiga	540 000	100 000	540 000	0	540 000	0	540 000	250 000
Dirma	540 000	100 000	540 000	0	540 000	100 000	540 000	100 000
Youwarou	540 000	100 000	540 000	0	540 000	270 000	540 000	0
TOTAL	3 780 000	1 575 000	3 780 000	540 000	3 780 000	630 000	3 780 000	500 000
<b>Contribution (%)</b>	<b>42</b>		<b>14</b>		<b>17</b>		<b>13</b>	

P= Prévu R= Réalisé

### Le remboursement par les ASACO

Les ASACO mettaient en exergue l'insuffisance des ressources liée à la sous fréquentation des structures qui vivent du recouvrement des coûts. Le paiement des ASACO reflète presque la même tendance (43%) que celle des communes (voir Tableau 5), laissant percevoir le faible engagement de ces associations, premières responsables des CSCoM.

**Tableau 5 :** Situation du recouvrement par les ASACO, district de Youwarou (2006-2009)

Années	Montants en FCFA							
	2006		2007		2008		2009	
ASACO	P	R	P	R	P	R	P	R
Bimbéré	64 000	0	64 000	0	64 000	0	64 000	0
Deboye	64 000	64 000	64 000	0	64 000	0	64 000	0
Dongo	64 000	0	64 000	0	64 000	0	64 000	0
Farimaké	64 000	0	64 000	0	64 000	0	64 000	0
N'dodjiga	64 000	0	64 000	0	64 000	0	64 000	0
Dirma	64 000	64 000	64 000	0	64 000	0	64 000	0
Youwarou	64 000	64 000	64 000	0	64 000	0	64 000	64 276
TOTAL	450 000	192 000	450 000	0	450 000	0	450 000	64 276
<b>Contribution %</b>	<b>43</b>		<b>0</b>		<b>0</b>		<b>14</b>	

P= Prévu R= Réalisé

## Le remboursement par ménages

Malgré la révision du mécanisme de financement de la caisse de solidarité, le taux de recouvrement ne s'est pas amélioré. En effet, malgré l'adoption du scénario de financement de la caisse par les ménages (voir Tableau 6) via les ASACO, qui s'est montré comme une des pistes efficaces au financement de la caisse de solidarité (7). Les élus communaux, pour des fins électoralistes, ont menacé les ASACO de percevoir de l'argent sans leur intermédiation. De facto, les paiements n'ont pas atteint les seuils prévus dans aucune des aires sanitaires du district conformément au tableau 6.

**Tableau 6 :** Recouvrement à travers les ménages par commune, Youwarou, 2015

Aires de santé	Montants prévus (F CFA)	Montants recouverts (F CFA)	Taux de recouvrement (%)
Ambiri	2 576 940	360 000	14
Dogo	2 282 880	145 000	6
Gathi	2 477 760	490 000	20
Guidio	3 622 680	500 000	14
Faou	NA	NA	NA
Kormou	4 494 420	786 350	17
Sah	7 207 080	825 995	11
Y. Central	8 030 100	698 445	9
<b>Total</b>	<b>30 691 860</b>	<b>3 806 190</b>	<b>12</b>
<b>MdM/F</b>	<b>4 000 000</b>	<b>2 000 000</b>	<b>50</b>

## Les forces et les faiblesses du système de financement de la caisse de solidarité du district sanitaire de Youwarou

### Les forces

Le système de référence-évacuation élaboré est un complément pour renforcer le système des SSP. Il tire sa force et sa légitimité dans le processus de sa mise en œuvre : (i) par la réalisation des approches village afin d'expliquer de long en large les objectifs et le but de la politique à la population ; (ii) son adoption à l'unanimité en présence du représentant de l'Etat (Préfet) à l'issue de trois ateliers par l'ensemble des maires et les présidents des différents bureaux ASACO ; (iii) son mode de financement à travers les mairies, les partenaires financiers et les ASACO, épargnant ainsi aux ménages le paiement direct des coûts de transport des femmes enceintes (17).

### Les faiblesses

Le financement de la caisse a connu d'énormes insuffisances, ainsi le taux de paiement des quotes-parts de 2006 à 2009, est de 43% pour les mairies, 73% pour les ASACO et de 15% pour le conseil de cercle (18). Ce sous financement a conduit à la révision en 2013, aboutissant à un mécanisme de financement non avantageux pour les populations (paiement des quotes-parts

par les ménages qui n'a pu atteindre que 12%). Le financement de la caisse a manqué : (i) l'accompagnement des élus locaux par rapport aux engagements pris vis-à-vis de la caisse de solidarité ; (ii) une absence des réunions des comités de recouvrement et de celui de la surveillance de la caisse ; (iii) une sorte d'attentisme de l'apport de l'ONG MdM-Belgique. Cette attitude de la majeure partie des communes a découragé, en partie, les communes à jour de leur cotisation. A ceux-ci on pourrait ajouter le faible pouvoir économique de la population impactant sur le recouvrement des impôts au niveau des collectivités. Autres difficultés qui pourraient être citées comme faiblesses sont : (7,18)

- Le retard dans l'actualisation du partage des coûts des quotes-parts des années suivantes ;
- L'insuffisance d'information et de sensibilisation des communautés bénéficiaires ;
- La non-contribution des collectivités décentralisées au fonctionnement de la caisse, garant de la santé des communautés après la révision ;
- La perte progressive de « l'esprit de solidarité » autour de la référence par la non contribution de certains acteurs ;
- La contrainte géographique particulière de la zone ;
- L'absence de structure bancaire pour la sécurisation des fonds ;
- L'insuffisance dans la tenue des outils de collecte d'information ;
- L'absence d'accompagnement politique de la part des élus communaux et des ASACO.

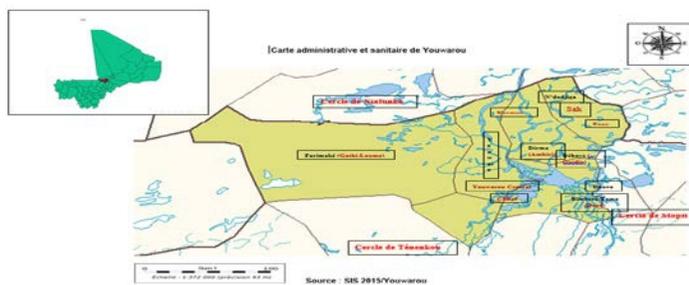
Le financement de la caisse de solidarité du système référence/évacuation des femmes en difficulté d'accouchement, soulève la problématique des taux insuffisants de recouvrement. Cette situation pose d'énormes difficultés pour le fonctionnement du système en général. Les CSRéf se trouvant dans cette situation de dysfonctionnement s'endettent généralement auprès des fournisseurs de carburant (12). En dehors des difficultés du fonctionnement de l'ambulance, il y a aussi celui des groupes électrogènes dans les districts ruraux n'ayant pas d'électricité.

Encore, ce dysfonctionnement oblige les CSRéf à l'envoi des ambulances sans infirmiers ou sages-femmes et le perdiem du chauffeur est, de surcroît, à la charge de la famille de la parturiente. Ces mêmes difficultés ont été ressorties par Berthé, dans son étude sur les facteurs associés à la faible contribution des communautés dans le système de référence/évacuation dans le district de Bourem au Mali (18) ; par Traoré, dans son étude sur l'impact de la gratuité césarienne dans le CSRéf de Barouéli (22) et par Traoré, dans l'évaluation du système de référence/évacuation des urgences obstétricales dans le district sanitaire de la commune V à Bamako (19). La plupart des études font ressortir une insuffisance de l'accompagnement par les élus

locaux. Dans l'étude de Traoré à Bamako, certains élus locaux ont décliné de répondre aux questionnaires (19).

## Conclusion

La lutte contre la mortalité maternelle à travers le transport des urgences obstétricales ne sera possible que si la caisse de solidarité du système de référence-évacuation joue pleinement son rôle. Son importance pour l'atteinte des objectifs de la réduction des décès maternels et périnataux est reconnue et très apprécié au niveau des communautés rurales par l'ensemble des acteurs mais avec un taux de recouvrement très faible. L'obstacle majeur aujourd'hui pour la pérennisation de ce système réside dans l'organisation et l'engagement des collectivités décentralisées et des associations de santé communautaire pour améliorer leur financement. Ainsi, en tenant compte de la faible mobilisation des ressources au niveau des collectivités rurales, il paraît indispensable de faire du plaidoyer pour promouvoir la santé par l'engagement communautaire.



**Figure 3.** Carte administrative et sanitaire de Youwarou en république du Mali

## References:

1. <https://www.who.int/fr/news-room/fact-sheets/detail/maternal-mortality> consulté le 3/12/2020
2. Coulibaly, Salif, Fatoumata Dicko, Seydou Moussa Traoré, Ousmane Sidibé, Michka Seroussi et Bernard Barrère. 1996. Enquête Démographique et de Santé, Mali 1995-1996. Calverton, Maryland, USA : Cellule de Planification et de Statistique du Ministère de la Santé, Direction Nationale de la Statistique et de l'Informatique et Macro International Inc.
3. Maine D, Akalin MZ, Ward VM, Kamara A (1997). The design and evaluation of maternal mortality programs. Centre for Population and Family Health, School of Public Health, Columbia University, New York.

4. De Brouwere V. Appui à la mise en œuvre et à l'évaluation du système de référence avec la périnatalité comme porte d'entrée dans le Cercle. UNICEF Mali. 1997 ;
5. Ministère de la santé et de l'hygiène publique Mali. Cadre conceptuel version finale. MSHP ; 2000.
6. Centre de Santé de Référence de Youwarou. Evaluation Référence Evacuation District Sanitaire de YouwarouCOR. Bamako ; 2016.
7. Ministère de la santé et de l'hygiène publique Mali. Evaluation externe du système de référence et évacuation Mali (005). Bamako : MSHP ; 2004.
8. Jahn A, De Brouwere V. La référence pendant la grossesse et l'accouchement : concepts et stratégies.
9. Walt G, Shiffman J, Schneider H, Murray S, Brugha R, Gilson L. "Doing" health policy analysis: Methodological and conceptual reflections and challenges.; In 2008. (Health Policy Plan; vol. 317).
10. Van Olmen J, Criel B, Van Damme W, Marchal B, Van Belle S, Van Dormael S. Analysing Health System Dynamics : A Framework. Stud Heal Serv Organ Policy. 2012 ;2 :1–117.
11. H L. A Comparative Approach to Policy Analysis. By H. M. Leichter. (Pp. 326; illustrated; £4.95.) Cambridge University Press: Cambridge. 1979. The Division in British Medicine. By F. Honigsbaum. (Pp. 445; illustrated; £6.95 pb.) Kogan Page: London. 1979. Psychol Med Cambridge University Press; 1981 Feb 9 ;11(1) :204.
12. Centre de Santé de Référence de Youwarou. Monitorage Réf-Eva ok. Bamako; 2010.
13. Ministère de la santé et de l'Hygiène publique du Mali. Guide pour la mise en œuvre de la gratuite de la césarienne. MSHP ; 2005.
14. Centre de Recherche en Reproduction Humaine et Démographie. Rapport de synthèse : l'évaluation de la politique de gratuité de la césarienne dans cinq zones sanitaires. Benin ; 2014.
15. ALLs BD et. Rapport final Césarienne. 2008.
16. Centre de Santé de Référence de Youwarou. Cadre Conceptuel de la Reference Evacuation de Youwarou. Bamako ; 2006.
17. Centre de Santé de Référence de Youwarou. Cadre Conceptuel Reference Evacuation Révisé Youwarou. Bamako ; 2013.
18. Berthé I. Facteurs associés à la faible contribution des communautés dans système de référence-évacuation dans le district sanitaire de Bourem (Mali) en 2010. [Ouidah] : IRESP ; 2011.
19. Traore A. Evaluation du système de Référence/Evacuation des urgences obstétricales dans le district Sanitaire de la Commune V en 2011. Bamako ; 2012.

20. Boidin B, Laidet E, Manier R. La santé communautaire et ses défaillances dans la région de Kayes au Mali. Facts Rep. 2012;(8).
21. Sidibé F. Problématique de la Référence/ Evacuation au Centre de Santé de Yanfolila. [Bamako] : FMPOS ; 2004.
- Traoré IS. Impact de la gratuite de la césarienne au Centre de Sante de Référence du cercle de Barouéli. [Bamako] : FMPOS ; 2007.

## Nursing And Midwifery Students' Lived Experiences Of Faculty Caring And Uncaring Behaviours On Their Learning: A Phenomenology Study

*Mep Chipeta (MSc, RN/RM)*

*Alice Konyani Msiska (MSc, RN/RM)*

*Gertrude Munthali Moyo (MSc, RN/RM)*

*Ellemes Phuma Ngaiyaye (PhD, RN/RM)*

*Atupele Malema Zimba (MSc, RN/RM)*

Mzuzu University, Nursing and Midwifery Department, Luwingu, Malawi

*Belinda Gombachika (Associate Professor, RN/RM)*

Kamuzu College of Nursing, Blantyre, Malawi

*Balwani Chingatchifwe Mbakaya (PhD, MPH)*

St Johns Institute for Health, Mzuzu Malawi

[Doi:10.19044/esj.2021.v17n3p205](https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n3p205)

Submitted: 04 November 2020

Accepted: 25 December 2020

Published: 31 January 2021

Copyright 2021 Author(s)

Under Creative Commons BY-NC-ND

4.0 OPEN ACCESS

*Cite As:*

Chipeta M., Gombachika B., Mbakaya B.C., Konyani M. A., Munthali G., Phuma-Ngaiyaye E. & Malema A.Z., (2021). *Nursing and Midwifery students' lived experiences of faculty caring and uncaring behaviours on their learning: A phenomenology study*. European Scientific Journal, ESJ, 17(3), 205.

<https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n3p205>

### Abstract

**Background:** A caring environment in nursing education is one of the most essential factors for empowering students, which is achieved through trust and open academic communication. **Aim:** To explore the experiences of faculty caring and uncaring behaviours on students learning from the perspective of university nursing and midwifery students. **Methods:** Descriptive phenomenology was used to collect data from 10 nursing and midwifery students who were purposively selected at a baccalaureate nursing and midwifery school at a public university in Malawi. Data were collected through semi-structured interviews from August 24<sup>th</sup>, 2015 to September 30<sup>th</sup>, 2015 and analysed using Colaizzi's (1978) method. Ethical considerations were followed.

**Results:** Two sub-themes which emerged under the main theme of experiences of faculty caring behaviours which were: (1) Increased motivation (2) Increased confidence and Competence, whilst three sub-themes which emerged under the main theme of experiences of faculty uncaring behaviours were: (1) Poor performance (2) A risk to patients (3) Feeling helpless and embarrassed. **Conclusion:** Experiences of students with caring and uncaring faculty had an influence on students learning, personal well-being and on their ability to effectively care for their patients. The study recommends that faculty members should critically analyse their actions and embrace those caring behaviours that facilitate the process of creating a conducive learning environment. In addition, there is need to develop a clear policy stipulating the role of student personal advisors and how students can engage them.

---

**Keywords:** Faculty, Caring, Uncaring, Experiences, Nursing Education, Nursing Students

### **Introduction and Background**

Faculty-student caring relationship in nursing education enhances students' learning experiences to care, desire to care for others and self-actualization (Salehian et al., 2017). One of the most identifiable determinants of academic outcomes of undergraduate nursing students in the current literature is student-faculty relationships (Ingraham et al., 2018). According to Hawks (1992), a caring environment in nursing education is one of the most essential factors for empowering students, which is achieved through trust and open academic communication (cited in Begum & Slavin, 2012). Therefore, nurse educators are encouraged to critically analyse their role in teaching nursing students and to consider whether their actions create barriers to or facilitate the process of relationship formation for student nurses (Jamshidi et al., 2016).

Over the last two decades there has been a movement in nursing education from a behaviorist base toward a process grounded in humanism (Gillespie, 2002). The philosophy of the humanistic paradigm is embodied in the constructs of caring, learning, participation and reflection (Paterson & Crawford, 2004). Review of the nursing and education literature reveals a paucity of research examining the conceptualized student-teacher relationship proposed within the humanistic paradigm. Furthermore, connection as part of the relationship has been reported in research literature exploring caring student-teacher interactions (Gillespie, 2002). It is through this interaction that the two show caring relationship where one cares and the other one receive the care. It sees the teacher in a relationship with students which acts as a complete circle of a caring interaction.



Faculty need to exhibit caring behaviours to their students in order to create an environment that is conducive for learning as well as instilling behaviours that will continue for the rest of their nurse's life (Beck, 2001) and develop the competence of caring (Labrague et al., 2015). Noddings (2005) argued that educators must provide a climate that enables students to internalize caring behaviours through the interactions that are experienced between the teacher as the one caring and the students as the recipient of caring.

The experiences of student with a caring faculty have been reported in literature. In 2015, Labrague et al. conducted a study on the impact of instructors caring on student's perceptions and their own caring behaviours. It was concluded that instructors caring behaviours influenced nursing students caring behaviours positively. Through positive faculty modelling and role modelling, nursing students can be professionally trained to develop the competence of caring. In her study on the impact of faculty caring on student retention and success at Kent State University in Ohio, United States, McEnroe – Petite (2011) found that faculty caring impact positively on student's retention and success. She concluded that development of a caring curriculum that provides a holistic approach, which calls for students to learn about care and caring is needed. Literature also supports that if nursing students are cared for, they also learn the ability to care for their patients and have a sense of growth and change (Begum & Slavin, 2012; Nodding, 2005). In addition, Brown (2011) asserted that a caring curriculum can purposefully integrate structures that support students' awareness of the self as caring beings while synthesizing a holistic approach to nursing practice.

Despite the valuable results demonstrated by earlier studies in this regard, only some parts of caring knowledge have been processed in education (Salehian et al., 2017); making it inadequate to draw a comprehensive picture of the impact of faculty caring concept in nursing education. In addition, the fact that the studies yielded different results on the impact of caring and uncaring faculty behaviours justifies the need to explore the situation in Malawian contexts.

### **Study Design**

The study employed qualitative approach, utilizing descriptive phenomenology based on Husserl's philosophical ideas as a philosophy and research method. Husserl's philosophical ideas are based on the assumption that experience as perceived by human consciousness has value and should be employed in research as a means of describing and interpreting human experiences of learning (Husserl, 1970). The phenomenology method was chosen to describe nursing midwifery students lived experiences of faculty's caring and uncaring behaviours on their learning. It is about the world as

experienced in a particular phenomenon that is at the core of that experiencing (Creely, 2016). It is believed that only those who live the experience can describe it (Mapp, 2013). Caring is a human experience and this justified the need for a phenomenological inquiry

Husserlian phenomenologists believe that the process of learning and constructing the essence of an experience is through intensive dialogue with persons who are living the experience; this is the reality of that experience (Mapp, 2013; Neubauer et al., 2019) In Phenomenological research, the researcher starts with choosing a phenomenon of interest which in this study was “faculty caring”. Interest in “faculty caring” developed as a result of professional experience in working with students. Although it was obvious that faculty were active participants in students’ welfare, limited research had been carried out on how their caring or uncaring behaviors may influence student learning.

### **Study Setting and Sample**

The study was conducted at a Public University located in the northern part of Malawi. A purposeful sampling technique was used to recruit 10 study participants subject to the theory of data saturation. The sample comprised of 6 females and 4 male nursing midwifery students from a total population of 66 students. The sample was drawn from third and fourth year students because they were regarded to have had adequate experience with faculty and could ably provide rich data.

### **Data Collection Instrument and Approach**

Each participant was regarded as an expert and the process of data collection was an intersubjective interaction which resulted into mutual construction of the meaning (Reuther, 2014). Data were collected through dialogue using a semi-structured interview guide which allowed the participants to express themselves fully regarding their experience. Ten (10) face to face dialogue sessions were conducted with each dialogue lasting about 45 minutes on average. Data collection took place from August 24<sup>th</sup>, 2015 to September 30<sup>th</sup>, 2015. The first author facilitated the dialogue sessions with all data tape recorded and transcribed verbatim for each participant. Collection of data was conducted in a quiet room within the university premise. Field notes were used to verify issues that arose during data collection and the interview environment. The researcher had an exclusive dialogue with the participants who had shared experiences of faculty caring and uncaring behaviours on their learning as it had been lived. Probes included: probe for examples of the effects or impact of a caring or uncaring behaviour; feelings during that incidence; feelings now and how the participants would have loved

to be treated. Also probed for thoughts, feelings and perceptions about the experience.

One of the concepts of Husserl's philosophy is transcendental subjectivity which means that the influence of the researcher on the inquiry is continuously assessed and biases and preconceptions neutralized, so that they do not affect the object of study (Creely, 2016). To achieve this, the researcher employed the concepts of bracketing, intuition and reflexivity throughout the study. Considering the relationship between the researcher and the participants (i.e. lecturer and students), the researcher adopted a self-critical stance to the study, the participants, their role, relationships and assumptions in order for the study to be more credible and dependable (Holloway & Wheeler, 2010) In the study, methodological rigor was achieved in the following way: Firstly, in order to ensure credibility, a member checking was done whereby the researcher returned to the participants to validate the findings. Secondly, dependability was achieved by maintaining consistency in the process of data collection specifically by using the same main questions in the interview guide to all participants in order to maintain consistency of the data findings. Thirdly, conformability was achieved by incorporating participant's expressive language, presented as direct quotes from the transcribed data to provide evidence of the research findings in the report. Finally, the researcher had provided a dense description of the research methodology and the research context so as to enable someone interested in making a transfer of data findings to reach a conclusion about whether transfer can be possible or not.

### **Data Analysis**

Data analysis was done manually and progressed following a step by step approach as guided by Colaizzi's process for phenomenological data analysis (Shosha, 2010). The first step was to transcribe verbatim the interviews that were done. All researchers were involved in the transcription to familiarise themselves with the data. The next step was to listen to the interview. The research team verified the transcription by re-reading the transcribed data while listening to the recorded data, in order to obtain a general sense about the whole context. It was important at this stage for the researcher to remain open and to stay as true as possible to the data generated in order to understand caring from the perspective of nursing and midwifery students. This step was followed by identifying significant statements that pertained to the phenomena under study whilst noting the number of participant, page number and line number. The other step was to formulate meanings from these significant statements through crystallization and condensation of what the participants had said but still using as much as possible the literal words of the participants. Then the significant statements were sorted into themes, subthemes and subcategories. This process required

a creative insight as advocated for Colaizzi's (1978) strategy. The findings were then integrated into an exhaustive description of the phenomena, caring. Later, the fundamental structure of the phenomena, caring was described. Finally, validation of findings was done by returning to the participants to compare the researchers' descriptive results with their experience.

### **Ethical Consideration**

Ethical approval to conduct the study was obtained from a University's Research and Ethics Committee with reference number P.04/15/1714. Permission was sought from the University administration. Participants provided a written informed consent to take part in the study. The researcher respected the participants' rights in reference to: privacy, confidentiality and anonymity to their identity, self-determination and fair treatment

### **Results**

The study findings depict Malawian students' experiences of faculty caring behaviours on their learning. The following themes emerged from the study: experiences of faculty's caring behaviours to students learning, and experiences of faculty's uncaring behaviours to students learning.

### **Experiences of Faculty's Caring Behaviours to Students Learning**

The following subthemes emerged as experiences of faculty caring behaviours to students: increased motivation, increased confidence and competence

#### **Increased motivation.**

When lecturers made themselves available to talk about students' personal problems, students felt relieved from the stress that affected them and were motivated to study more. They were able to concentrate in their studies because they felt that the caring encounter they had with faculty provided a solution to some personal issues that affected them academically. This is reflected in the following statement from some of the participants:

*"When this particular lecturer made himself available to talk, I felt relieved and then I was happy, the issue wasn't there anymore, I was able to attend classes and everything went on well, I was able to concentrate. (01-F-4)."*

While another student presented the caring experience in this manner:

*"Since I was counselled, I would say that my academic work improved because I had a situation which was pulling me back, but because of the counselling, and that the faculty was really there for me when I really needed them, that made me to push myself forward in my studies." (02-F-4).*

There were also increased levels of motivation in asking lecturers for help when the students were not shouted at in the clinical setting. The participants felt the need to utilize every opportunity to learn when the lecturers are available and they were not afraid because they knew that the faculty member would assist them effectively. One participant said:

*“...but the way she handled the situation and explained to ....It was just good. It also motivated me to be free to ask lecturers for help whenever they visit for clinical teaching....” (07-F-3).*

### **Increased confidence and competence.**

The participants expressed that in cases where the lecturer demonstrated a skill in the clinical area, the participants felt confident and had increased levels of competence. This had a positive experience on their patients' care as they were able to provide quality nursing care and were confident enough to teach fellow students. One participant said:

*“From the day I was demonstrated to on how to take vital signs, I got it right and I cannot ask anybody on how to do it..... And since our midwifery lecturer demonstrated on how to assess a woman in labour, I have found it easy to note a uterine contraction from where it begins and ends. Similarly listening to a fetal heart rate...am even able to teach others...”(04-F-4).*

Another participant shared the experience in this way:

*“I was so satisfied with the kind of care that he gave me, the kind of knowledge he provided me with and I was able to internalise it, I don't need to read about it anymore because whatever it is that he said really made sense to me ....”(08-M-3).*

The availability of the lecturers to talk to the students made other participants to do the same to colleagues who would be facing similar problems. Such experiences helped the participants to develop skills to counsel and support fellow students facing similar situations. In addition, the caring moments experienced increased the students' competence to care for patients. One of the participants expressed the following sentiments:

*“On the caring part, it had a good impact as I felt I can also help fellow students facing similar problems. In addition....I felt like it improved my competence in caring for patients....and even the relationship with that supervisor, it is good. If I encounter a problem, it's easy for me to go and ask for help.” (06-F-3).*

### **Experiences of Uncaring Faculty Behaviours to Students Learning**

Uncaring faculty behaviours had negative influences on students learning and professional career. The following subthemes emerged: poor performance, a risk to patients and feeling helpless and embarrassed.

### **Poor performance**

It was noted that lack of supervision and demonstrations of clinical skills was viewed as uncaring to students and this had a negative influence on students' performance. It increased fears on their performance as students and also when they qualify. Most participants felt it affected their performance when what was not demonstrated appeared during Objective Structured Clinical Examination (OSCE). The participants failed terribly because the skills were not demonstrated to them and this affected their grades. One participant made the following comment:

*“In second year, we learnt something to do with oxygen therapy, but on how to administer that oxygen therapy, we were not demonstrated and then, during an OSCE, that procedure came in an exam and seriously we failed miserably. And in midwifery, we were asked to demonstrate procedures that we were not demonstrated to us and we didn't know what to do.” (04-F-4)*

Another participant said:

*“And also another thing is that we finished our high risk midwifery classes without being demonstrated some of the procedures. And then when we went to the clinic, the procedures were scarce, we could not come across any....and then one of the procedures had to appear in our OSCE of which maybe eighty percent of the class did not do well ... So that was uncaring on my part”. (03-F-4).*

In addition to poor performance whilst in college, some participants felt that they were not adequately prepared to practice when they qualified and this increased their fears on how they will practice after qualification. This was expressed as follows:

*“Apart from the fact that members from other schools would be laughing at us, that we are not capable, it also creates fears on how I will perform when I graduate, especially when I encounter such situations.” (05-M-4).*

### **A risk to patients.**

As a result of lack of demonstrations of clinical skills before clinical placement, participants felt inadequately prepared to handle patients thereby posing a risk to patients' lives. They lacked confidence to handle patients on their own or with minimal supervision. This was evident when they encountered some cases and were alone in the ward. One participant in fear expressed this:

*“Lack of supervision and demonstration discouraged me and gave me a feeling that am not competent in doing procedures because whenever I encountered those procedures I panicked... I remember I encountered a breech delivery, seriously it was tough and that baby*

*would have been dead by now.... because of lack of skill and I had no idea on how to deliver a breech, I twisted everything.” (04-F-4).*

### **Feeling helpless and embarrassed.**

The finding also revealed that when lecturers shout at students in the presence of patients, it made them feel helpless, incompetent and ashamed and not wanting to continue caring for the same patients and sometimes made themselves busy for nothing when the lecturers came for supervision. One of the participants gave the following account:

*“The way he spoke to me, I felt like I looked stupid in front of the patients whom I spend much of my days with, working and doing things to them. I felt patients would lose trust in me to say I don’t know what am doing, they wouldn’t feel safe... it really reduced my self-esteem working in that ward.” (08-M-3).*

As a result of being shouted at or embarrassed in the presence of patients, some participants would run away from faculty members when they came for supervision or clinical teaching. This was because some lecturers focused on fault finding instead of teaching. This made students to absentee themselves and sometimes run away or made themselves busy to avoid attracting attention from the faculty member. This is what one participant said:

*“Some lecturers when they have come for clinical teaching they don't teach you, they observe mistakes and then from those mistakes they will shout at you. So when I see some lecturers I run...I just say let me take some blood samples and go to the laboratory, and then go for lunch without meeting them.” (10-M-3).*

### **Discussion and Recommendations**

The study revealed that faculty’s availability for clinical teaching was viewed as caring and had a positive learning experience to students. Labrague et al. (2015) showed that faculty’s availability and provision of a supportive learning environment were important components to caring interaction. This interaction relates to what Gillespie (2002) described as being connected or non-connected. Through this interaction, the students were guided, appraised, supported, advised and counselled on different issues regarding their personal and academic needs. As a result, the students were motivated and their learning improved (Begum & Slavin, 2012).

However, the majority of the students indicated that some faculty were un-approachable and not available to assist with personal needs depicting a non-connected relationship between faculty and students according to Gillespie (2002). Unavailability has been recorded in literature as instructors’ uncaring behaviours (Zamanzadeh et al., 2015). Both personal and academic interactions reflect lack of connection in meeting professional and personal

caring needs of students (Gillespie). The need of students to have faculty available for them is consistent with Garza (2009) who also stated that inability to approach lecturers' affects students learning.

Students perceived a caring interaction as one in which support is provided by the teacher. Froneman et al., (2016) reveal that supportive environment where learning can take place not only improve the relationship between learners and staff, but also has a positive effect on the students' academic outcomes. The students' desire to have faculty available to them could be as a result of the clinical environment in Malawi, which is faced by a number of challenges like shortage of nursing staff as well as lack of equipment which negatively impact students' learning. (Msiska, Smith, & Fawcett, 2014). It could therefore be argued that lack of supportive supervision by faculty members would be equated to students being seen as 'lost sheep' and this reflects lack of relationship between the students and faculty. Students are left in an environment where learning is very unlikely especially when clinical nurses focus on meeting patients' needs and not student's needs (Bvumbwe, Malema, & Chipeta, 2015).

Lack of clinical supervision negatively influenced students learning as it did not just deprive them of the much needed knowledge and skills but they were also a risk to patients due their incompetence and unskilful acts. The findings reflect a situation consistent to what (Msiska, Smith, & Fawcett (2014) found that leaving unsupervised students put patients' well-being at risk and raises the issue of patient safety within learning and caring encounters. On the other hand, the availability of faculty members in the clinical area to teach students was perceived as a caring behaviour. When students were taught in the clinical area, they felt good, empowered and motivated to learn more, developed confidence to care for patients but also to teach others. The results of perceived climate of caring and its influence to students are consistent with previous researches (Beck, 2001; Begum and Slavin, 2012; Hall, 2010; Labrague et al., 2015; Zamanzadeh et al., 2015; Henderson et al., 2019). Zamanzadeh et al., (2015) found that students developed confidence through caring which was ranked as the second most important caring attribute. When students perceived caring in their faculties, who showed a personal level of care and helped students build their confidence, students were better apt to listen and learn (Henderson et al., 2019). The meta-synthesis study by Beck (2001) found that caring by being available promotes both personal and professional growth which translates into satisfied students.

Noddings (2005) recorded that a sense of being cared for is vital to the individual's ability to care for others. Additionally, Murphy et al. (2009) asserted that support for nursing students during their academic experiences is important to equip them with the abilities to care. Labrague et al. (2015) also asserted that if the nurse educator is being perceived as a caring individual,



those around them will be able to pick up similar perceptions and carry on caring actions worthy of a nurse. It was worth noting that caring not only affected the students when at school, but it had a life-long bearing on them as persons but also as professional beings. Begum and Slavin (2012) argued that caring for students and nurturing a caring attitude in nursing education is significant and important as this is the first place for students to learn about the most significant values and essence of their profession.

The study also revealed that the students' experience with an uncaring faculty, taught them a lesson that they would not want to treat another person the way they were treated. Ma et al. (2014) found that both caring and uncaring experiences can promote learning about caring in a way of reflective practice. Implying that the uncaring experiences taught them what caring really entails. Thus, caring by being available in nursing education is not only a source of empowerment and development but also results in enhanced confidence, motivation, personal satisfaction, inspiration, and in developing of a caring attitude in both students personal and professional lives (Begum & Slavin, 2012). Therefore, faculty members should be available to support students learning in the clinical area.

Shouting at students in the presence of patients, had a negative learning experience on students in the clinical area as it made the students feel helpless and embarrassed. Khamedi et al. (2010) argued that the need to be respected is one of the basic needs of humans in Maslow's hierarchy of needs pyramid; it can facilitate students' achievement of educational goals. Consistent with the current study, the students felt that in situations where students are doing something that is not life threatening, they would prefer a lecturer to intervene in a calm manner. It showed that the students felt un-respected when faculty members shouted at them in the presence of patients in the clinical setting. The students resorted to running away when such faculty members came for clinical supervision. Contrary to the findings in this study, Lasiter et al. (2012) found that perceived incivility and intimidation in the clinical setting caused students to make errors in clinical judgment. These findings illustrate the importance of the educators' calm disposition and effective communication skills (Msiska, Munkhondya & Chilemba, 2014).

## **Conclusion**

Absence of faculty to support students denotes negative learning experience on the students as it did not just deprive them of the much needed knowledge and skills but they were also a risk to patients due to their incompetence and unskilful acts. Students perceived the availability of faculty members to teach them in the clinical area as a caring behaviour which posed as a positive learning experience during study and to their professional carrier as well. In countries where clinical teaching and learning is a challenge due to

inadequate lecturers, it is important to use competent fulltime clinical preceptors so that students are supported. In addition, there is need for faculty members to learn to approach students in a calm and respectful manner. Such being the case, there is need for faculty members to undergo orientation programs on teaching and learning for them to learn and improve on their behaviours so that they are perceived as caring. In addition, there is need to evaluate students' performance and put in place feedback mechanisms to hear the voices of students so that a caring atmosphere is created in nursing education.

### **Limitation of the Study**

This study used purposive sampling to enrol participants on the criterion of level of experience (level 3 and level 4 students) and ability to articulate their experience. As such, it may not guarantee that all voices were sufficiently heard. The study was also carried out at a single nursing college from the many nursing colleges in Malawi thereby limiting the transferability of the findings.

### **Funding Statement**

No funding

### **Declaration of Conflicting Interests**

The authors declare that they have no conflict of interest.

### **Appendix I : Interview Guide**

Participants code\_\_\_\_\_

Date\_\_\_\_\_

#### **Demographic data**

1. Gender \_\_\_\_\_
2. Age of student\_\_\_\_\_
3. Level of study\_\_\_\_\_

#### **Questions and Probes**

1. Would you describe any experience or situation you have with faculty you would term a caring interaction? (*Thoughts, feelings and perceptions about the experience*).
2. What experiences did you have as a student following that caring encounter. (both positive and negative experiences on your learning? *Probe for examples of the effects or impact of that caring behaviour; feelings during that incidence; feelings now.*

3. Would you describe any experience or situation you have with faculty you would term an uncaring interaction? (*Thoughts, feelings and perceptions about the experience*).
4. What experiences did you have as a student following that uncaring encounter. (both positive and negative experiences on your learning? *Probe for examples of the effects/ impacts of that uncaring behaviour; feelings during that experience; feelings now; how you would have loved to be treated.*

### References:

1. Beck, C. T. (2001). Caring within nursing education: A metasynthesis. *Journal of Nursing Education*, 40(3), 101 – 109.
2. Begum, S., & Slavin, H. (2012). Perceptions of “caring” in nursing education by Pakistan nursing students: An exploratory study. *Nursing Education Today*, 32(3), 332 – 336.
3. Brown, L. P. (2011). Revising our roots: Caring in nursing curriculum design. *Journal of Nursing Education in Practice*, 11(6), 360 – 364. DOI:10.1016/j.nepr.2011.03.007
4. Bvumbwe, T., Malema, A., & Chipeta, M. (2015). Registered nurses’ experiences with clinical teaching environment in Malawi. *Open Journal of Nursing*, 5, 927 – 934. <http://dx.doi.org/10.4236/ojn>
5. Coyle - Rogers, P. (2004). Shared success: The challenge of caring for today’s health occupation educators. *Journal of Career and Technical Education*, 20(2), 9.
6. Garza, R. (2009). Latino and White high school students’ perception of caring behaviours: Are we culturally responsive to our students. *Urban Education*, 44, 297.
7. Creely,. (2016). ‘Understanding things from within’. A Husserlian phenomenological approach to doing educational research and inquiring about learning. *International Journal of Research & Method in Education*. 41. 10.1080/1743727X.2016.1182482
8. Froneman, K., Du Plessis, E., & Koen, M. P. (2016). Effective educator-student relationships in nursing education to strengthen nursing students' resilience. *Curationis*, 39(1), 1595. <https://doi.org/10.4102/curationis.v39i1.1595>
9. Gillespie, M. (2002). Student-teacher connection in clinical education. *Journal of Advanced Nursing*, 37(6), 566 – 576.
10. Hall, L. (2010). Perceptions of faculty caring: Comparison of distance and traditional graduate nursing students. Indiana State, Terre Haute, Indiana.
11. Henderson, A., Fox, R. & Malko-Nyhan, K. (2006). An evaluation of preceptors' perceptions of educational preparation and organizational support for their role. *J Cont Educ Nurs*, 37 (3), 130 -136

11. Henderson, D., Sewell, K. A., & Wei, H. (2019). The impacts of faculty caring on nursing students' intent to graduate: A systematic literature review. *International Journal of Nursing Sciences*, 7(1), 105-111
12. Holloway, I., & Wheeler, S. (2010). *Qualitative research in nursing and healthcare* (3rd ed.). United Kingdom: Wiley-Blackwell.
13. Husserl, E. (1970). *The Crisis of European Science and Transcendental Phenomenology. An Introduction to Phenomenological Philosophy*, edited and transl. D. Carr. Evanston: Northwestern University Press.
14. Jamshidi, N., Molazem, Z., Sharif, F., Torabizadeh, C., & Kalyani M.N. (2016). The Challenges of Nursing Students in the Clinical Learning Environment: A Qualitative Study. *The Scientific World Journal*.
15. Ingraham, I. C., Davidson, S. J., & Yonge, O. (2018). Student-faculty relationships and its impact on academic outcomes. *Nurse Education Today*, 71:17-21. doi: 10.1016/j.nedt.2018.08.021.
16. Khamedi, Z., Imani, E., Naghizadeh, F., Askarnia, M., & Hajizadeh, N. (2010). Nursing students viewpoint about characteristics of ideal clinical instructor. *Journal of Urmia Nursing and Midwifery Faculty*, 8(2), 61 – 8.
17. Labrague, L. J., McEnroe - Petite, D. M., Papathanasiou, I. V., Edet, O. B., & Amlappan, J. (2015). Impact of instructors' caring on students' perceptions of their own behaviour. *Journal of Nursing Scholarship*, 47(4), 338 – 46. DOI: 10.1111/jnu.12139.
18. Lasiter, S., Marchiondo, L., & Marchiondo, K. (2012). Student narratives of faculty incivility. *Nursing Outlook*, 60(3), 121 – 126.
19. Letzkus, M. W. (2005). Nursing students' perceptions of a caring clinical instructor. *Graduate School of Education and Psychology, Pepperdine University, Malibu, CA*
20. Levett-Jones, T., Lathlean, J., Higgins, I., & McMillan, M. (2009). Staff-student relationships and their impact on nursing students' belongingness and learning. *Journal of Advanced Nursing*, 65(2), 316–324.
21. Ma, F., Li, J., Liang, H., Bai, Y., & Song, J. (2014). Baccalaureate nursing student's perspective on learning about caring in China: A qualitative descriptive study. *BMC Medical Education*, 14(42).
22. Mapp T. (2013) Understanding phenomenology: The lived experience. *British Journal of Midwifery.*, 16:5. <https://doi.org/10.12968/>
23. McEnroe - Petite, D. (2011). Impact of faculty caring on student's retention and success. *Teach. Learn. Nurs*, 6(2), 80 – 83.

25. McGregor, A. (2007). Academic success, clinical failure: Struggling practices of a failing student. *Journal of Nursing Education*, 46, 504 – 511.
26. Msiska, G., Smith, P., & Fawcett, T. (2014). The “lifeworld” of Malawian undergraduate student nurses: The challenge of learning in resource poor clinical settings. *International Journal of Africa Nursing Sciences*, 1, 35 – 42.
27. Msiska, G., Munkhondya, T., & Chilemba, E. (2014). Undergraduate students’ perception of the role of the nurse educator during clinical placements in Malawi. *Journal of Nursing*, 4, 836 – 847.
28. Murphy, F., Jones, S., Edwards, M., James, J., & Mayer, A. (2009). The impact of nurse education on the caring behaviours of nursing students. *Nurse Education Today*, 29(2), 254 – 264.
29. Neubauer, B. E., Witkop, C. T., & Varpio, L. (2019). How phenomenology can help us learn from the experiences of others. *Perspectives on medical education*, 8(2), 90–97. <https://doi.org/10.1007/s40037-019-0509-2>
30. Noddings, N. (2005). *The challenges of caring in school: An alternative approach to education* (2nd ed.). New York: Teachers College Press.
31. Paterson, B., & Crawford, M. (2004). Caring in nursing education: An analysis. *Journal of Advanced Nursing*, 19(1), 164 – 173.
32. Read, C.Y., Vessey, J.A., Amar, A.F., Cullinan, D.M., 2013. The challenges of inclusivity in baccalaureate nursing programs. *J. Nurs. Educ.* 52, 185–190.
33. Reuther B. (2014) Intersubjectivity, Overview. In: Teo T. (eds). *Encyclopedia of Critical Psychology*. Springer, New York, NY. [https://doi.org/10.1007/978-1-4614-5583-7\\_459](https://doi.org/10.1007/978-1-4614-5583-7_459)
34. Salehian, M., Heidary, A., Aghebati, N., & Moonaghi H, K. (2017). Faculty-student caring interaction in nursing education: an integrative review. *J Caring Sci* , 6(3):257-67. doi: 10.15171/jcs.2017.025.
35. Shosha, G. A. (2010). Employment of Colaizzi’s strategy in descriptive phenomenology: A reflection of a researcher. *European Scientific Journal*, 8(27), 31 – 43.
36. Zamanzadeh, V., Shohani, M., & Palmeh, T. (2015). Nursing students perception of instructors’ caring behaviours at Tabriz University of Medical Sciences. *Journal of Caring Sciences*, 4(1), 55 – 62. DOI: 10.5681/jcs.2015.006



ESJ Natural/Life/Medical Sciences

## **Différences De Mortalité Des Enfants De Moins De Cinq Ans En Côte d'Ivoire : Une Analyse Comparée Des Ratios De 1994 À 2016**

*Esso Lasme Jean Charles Emmanuel*

Maître-Assistant, Institut de Géographie Tropicale,  
Université Felix Houphouët Boigny, Abidjan, Côte d'Ivoire

[Doi:10.19044/esj.2021.v17n3p220](https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n3p220)

Submitted: 22 July 2020  
Accepted: 21 January 2021  
Published: 31 January 2021

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

*Cite As:*

Esso Lasme Jean Charles E. (2021). *Différences De Mortalité Des Enfants De Moins De Cinq Ans En Côte d'Ivoire : Une Analyse Comparée Des Ratios De 1994 À 2016*. European Scientific Journal, ESJ, 17(3), 220.

<https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n3p220>

### **Résumé**

L'élimination de la mort prématurée est l'un des domaines qui préoccupent le plus les hommes car contribuant à l'allongement de la durée de vie. En Côte d'Ivoire où plus du quart de la population a moins de cinq ans, l'étude des inégalités face à la mort permet d'orienter les politiques. Cet article, qui s'inscrit dans le champ de la démographie, est une analyse comparée des différences de mortalité des moins de cinq ans en Côte d'Ivoire de 1994 à 2016. Au plan méthodologique, à partir de plusieurs enquêtes nationales avec questionnaire ayant un volet sur la mortalité des enfants et ciblant les femmes en âge de procréer, de 15 à 49 ans, nous avons analysé, de manière comparative, les différences de mortalité des enfants dans le temps. Les facteurs démographiques, socio-économiques et ceux liés aux attitudes de la mère identifiés dans la littérature comme explicatifs de la mortalité des enfants en Afrique ont été considérés dans cette analyse. Toutes les études utilisées pour l'article ont été réalisées par l'Institut National de la Statistique avec la même approche méthodologique, rendant ainsi les données comparables. Elles ont toutes été évaluées comme étant de bonne qualité. Les résultats de cette analyse démographique ont montré que les enfants des campagnes meurent plus que leurs confrères de la ville et la tendance est restée la même au fil des années. Les enfants de sexe masculin ont une surmortalité que les filles. Ceux de mères de moins de 20 ans ou 40 ans et plus meurent le

plus avant le cinquième anniversaire que leurs confrères de mères 20-29 ans. Les enfants de rang 7 et ceux nés moins de deux ans après la précédente naissance ont respectivement des taux de mortalité élevés que ceux de rang 2-3 ou nés après deux ans. Les enfants de mères non scolarisées ont 1,7 fois plus de risque de mourir que ceux de mères de niveau secondaire ou plus. Les femmes sont encouragées à espacer les naissances, réduire le nombre d'enfants, et pratiquer les consultations prénatales. Il faut également agir en faveur de la scolarisation des filles.

---

**Mots-clés:** Côte d'Ivoire, Mortalité Des Enfants, Facteurs De Mortalité, Différences De Mortalité

## **Children Under Five Years' Mortality Differences In Côte d'Ivoire: A Comparative Analysis Of Ratios From 1994 To 2016**

*Esso Lasme Jean Charles Emmanuel*

Maître-Assistant, Institut de Géographie Tropicale,  
Université Felix Houphouët Boigny, Abidjan, Côte d'Ivoire

---

### **Abstract**

Eliminating premature death is one of the main areas as it contributes to longer lifespan. In Côte d'Ivoire, where more than a quarter of the population is under five years, studying death inequalities helps policies. This demography paper is a comparative analysis of the children under five years' mortality differences in Côte d'Ivoire from 1994 to 2016. Methodologically, based on several national surveys with questionnaires having a section on child mortality and targeting women of reproductive age within 15 to 49 years, the differences in child mortality was analyzed during this period using a comparative approach. Factors such as demographic, socio-economic, and maternal attitudes identified in the literature as explanations of child mortality in Africa were considered in this analysis. All the studies used for this paper were carried out by the National Institute of Statistics with the same methodological approach. This has made the data comparable, and they have all been assessed as being of good quality. The results of this demographic analysis showed that rural children die more than their urban counterparts and the trend has remained the same over the years. Male children have higher mortality rate than females. Children that have mothers less than 20 years or 40 years and above die before their fifth birthday than their counterparts who have mothers within the age range of 20-29 years. Children of Rank 7 and

those born less than two years after the previous birth respectively have higher mortality rates than those of 2-3 rank or those born after two years. Children that have mothers who did not go to school die 1.7 times more than children whose mothers attend high school or tertiary institutions. Women are therefore encouraged to space births, reduce the number of children, and practice antenatal care. It is also necessary to act in favor of the education of the girl child.

---

**Keywords:** Côte d'Ivoire, Child Mortality, Mortality Factors, Mortality Differences

### **Introduction**

En distinguant la mortalité masculine de la mortalité féminine, John Graunt<sup>1</sup> posait les prémices d'une réflexion qui devint aujourd'hui de plus en plus élaborée. Outre les inégalités sexuelles, il se confirme de plus en plus que la mort frappe différemment les individus, les groupes sociaux et les différentes régions d'un pays (Noumbissi, 1996).

Dans l'une de leurs études, Caselli et Vallin (2002) ont constaté que la mortalité variait de façon assez systématique en fonction de la région. Pour eux, bien que cela soit évident dès l'instant qu'on se réfère à la diversité des situations observées entre les différents pays du monde, cela est également vrai à l'intérieur d'un même pays.

La mortalité peut varier d'un sexe à l'autre, en fonction de l'échelle sociale (catégorie socioprofessionnelle, degré d'instruction) et selon bien d'autres caractéristiques individuelles ou collectives (Esso, 2010; Akoto & Tabutin, 1989). En Côte d'Ivoire, pays francophone de l'Afrique Occidentale avec une superficie de 322 463 km<sup>2</sup> et une population de 22.671.331 habitants (RGPH, 2014), la mortalité des moins de cinq ans, bien qu'en baisse constante reste encore élevée. Généralement, les chiffres à l'échelle nationale sur la mortalité occultent les disparités existant entre les milieux de vie, les régions, les niveaux d'instruction, les statuts socio-économiques des mères, les rangs de naissance des enfants, les âges des mères à la naissance, etc. (Esso, 2013; Esso, 2010; Akoto & Tabutin, 1989). Entre 2011 et 2015, encore 88 enfants sur 1000 mourraient avant d'atteindre le cinquième anniversaire en Côte d'Ivoire (MICS, 2016). Pourtant, aujourd'hui, toute disparition d'un être encore jeune devient insupportable. La santé des enfants est devenue une préoccupation majeure de la communauté internationale. Dans les pays industrialisés, les

---

<sup>1</sup> John Graunt, né le 24 avril 1620 et mort le 18 avril 1674 était un riche mercier londonien, qui est surtout connu pour être l'un des premiers démographes. Il a analysé les registres de mortalité de la ville de Londres et s'est livré à la première estimation de la population.



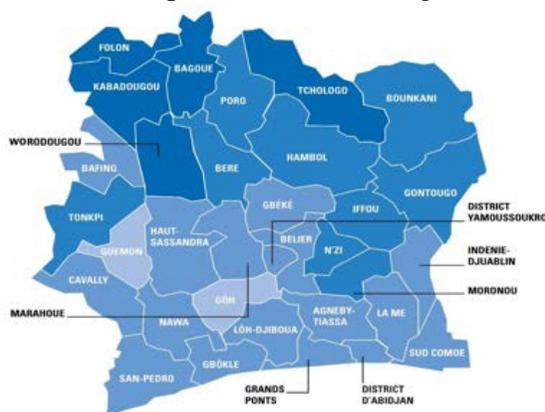
décès d'enfants de moins de cinq ans sont devenus rares. Connaître les différences de mortalité des enfants permet d'appréhender les facteurs sur lesquels il faudrait agir dans la planification du développement d'un pays. En Côte-d'Ivoire, a-t-on un privilège à vivre dans un milieu que l'autre ? A-t-on une différence de risque de mourir selon les attributs de l'enfant et caractéristiques sociales de la mère ? Observe-t-on une mortalité différentielle des enfants selon les attitudes de la personne en charge ? Les risques de mortalité résidentielle et sociale se sont-ils rapprochés ou distancés dans le temps ? C'est à ce type de questions que tente de répondre ce travail. Il a mis en relief les différences de mortalité qui existent chez les enfants de moins de cinq ans et leur évolution dans le temps, depuis 1994 jusqu'à 2016.

## Matériels et Méthodes

### Présentation de la Côte d'Ivoire

Située en Afrique de l'ouest, la Côte d'Ivoire couvre une superficie de 322 462 km<sup>2</sup>. Elle fait frontière avec le Ghana à l'Est, le Mali et le Burkina Faso au Nord, la Guinée et le Liberia à l'Ouest et est limitée au Sud par l'Océan Atlantique. Yamoussoukro, située au centre du pays est la capitale politique depuis 1983 et Abidjan au Sud, la capitale économique.

La Côte d'Ivoire est subdivisée en deux Districts autonomes (Abidjan et Yamoussoukro), 31 régions (Figure 1), 108 départements, 509 sous-préfectures, 197 communes et plus de 11 000 villages (RGPH, 2014).



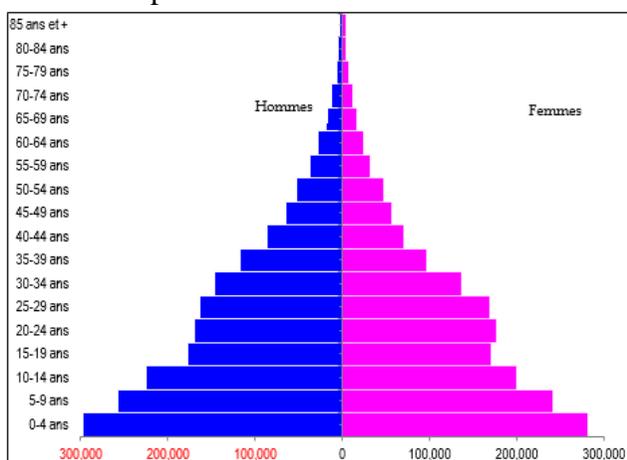
Source: INS

Figure 1. Carte des régions administratives de la Côte d'Ivoire

La population ivoirienne est inégalement répartie sur le territoire national avec 76% en zone forestière contre 24% en zone de savanes. L'armature urbaine est dominée par la métropole d'Abidjan qui concentre à elle seule près de 40.0% de la population urbaine et 19.4% de la population totale du pays. Par son peuplement, le pays est constitué de plus de 60 ethnies

réparties en cinq grands groupes : les Akan (38.1%), les Krou (11.3%), les Mandé du Nord (19.0%), les Mandé du Sud (9.1%) et les Gur (21.1%). A ces groupes s'ajoutent les naturalisés et les Ivoiriens sans précisions de l'appartenance ethnique représentant chacun un peu moins de 1% de la population totale du pays. La population est composée de 75.8% d'Ivoiriens et 24.2% de non Ivoiriens (RGPH, 2014). Le taux d'alphabétisation est stationnaire passant de 43.5% en 1980 à 43.9% en 2014 et des écarts importants subsistent entre le milieu urbain et le milieu rural et entre les hommes (50.7%) et les femmes (26.8%) selon le RGPH (2014).

La population ivoirienne est extrêmement jeune, reflet d'une transition démographique lente. Quatre individus de la population sur cinq (77.4%) sont âgés de moins de 35 ans, l'âge moyen étant de 22,3 ans. Les enfants de moins de 5 ans représentent à eux seuls 16% de la population totale comme le montre la pyramide des âges (Figure 2). La structure par âge de la population rend donc légitimité l'étude des différences de mortalité des enfants dans le pays qui a un ratio élevé de dépendants, soit 117 dépendants de moins de 20 ans et 65 ans et plus pour 100 « actifs potentiels » de 20-64 ans..



Source : RGPH (2014)

Figure 2. Pyramide des âges de la Côte d'Ivoire en 2014

## Objectifs de l'Étude

La présente étude s'inscrit dans le champ disciplinaire de la démographie et le phénomène étudié est la mortalité, plus spécifiquement celle des enfants de moins de cinq ans.

L'article analyse les différences de mortalité des enfants de moins de cinq ans selon plusieurs caractéristiques sociodémographiques et résidentielles ainsi que les attitudes des femmes en charge des enfants. Cette analyse est faite à partir de plusieurs enquêtes réalisées entre 1994 et 2016

présentées dans les données utilisées. Une analyse comparative des différences de mortalité est également faite dans le temps.

A partir d'enquêtes nationales utilisant une méthodologie commune de recueil de données sur la mortalité des enfants, une analyse de la mortalité différentielle des enfants en Côte-d'Ivoire a été réalisée. Ont été considérées dans cette analyse dans un premier temps les variables démographiques : sexe de l'enfant, âge de la mère à la naissance de l'enfant, rang de naissance de l'enfant et intervalle avec la naissance précédente. Puis, les différences de mortalité selon l'alphabétisation, le niveau d'instruction, la catégorie socioprofessionnelle, le bien-être économique de la mère ont été examinés. Enfin, les différences résultant des variables liées à l'attitude de la mère ont été analysées.

En voulant répondre à la question quelles sont les différences de mortalité des enfants en Côte d'Ivoire, l'article met en exergue, les milieux de vie dans lesquels les enfants sont le plus exposés à la mort ainsi que les différences de mortalité dues aux caractéristiques socioculturelles et économiques de la personne en charge de l'enfant.

## **Données Utilisées, Plan de Sondage et Méthodologie de Collecte**

### **Données Utilisées**

L'article utilise les données provenant des enquêtes nationales réalisées par l'Institut National de la Statistique (INS) de 1994 à 2016. Il s'agit de l'Enquête Démographique et de Santé (EDS) de 1994, Enquête sur les Indicateurs du Sida (EIS) de 2005, Enquête démographique et de santé à Indicateurs Multiples (EDS-MICS) de 2012 et Enquête à Indicateurs Multiples (MICS) de 2016.

### **Plan de Sondage**

Toutes les enquêtes ont bénéficié du même plan d'échantillonnage, c'est-à-dire un sondage aléatoire à deux degrés.

### ***Enquête à Indicateurs Multiples de 2016***

A partir de la base de sondage des 23,484 zones de dénombrement (ZD) du RGPH (2014), 512 ZD ont été tirées de façon aléatoire au premier degré. Ces zones ont par la suite été actualisées en termes de nombre de ménages et de limites. Au second degré, 12,768 ménages ont été tirés au hasard sur toute l'étendue du territoire national. La collecte des données s'est faite à l'aide de tablettes, du 23 avril au 22 juillet 2016 auprès de 11,780 femmes.

### ***Enquête Démographique et de Santé à Indicateurs Multiples de 2012***

L'échantillon était stratifié de façon à fournir une représentation adéquate des milieux urbain et rural ainsi que des 11 domaines d'étude, correspondant aux dix anciennes régions administratives et à la ville d'Abidjan, pour lesquels on dispose d'une estimation pour tous les indicateurs clés. L'enquête a utilisé un échantillon aréolaire stratifié à deux degrés. Au premier degré, des grappes ou districts de recensement (DR) ont été tirés sur l'ensemble du territoire national à partir de la liste des DR du Recensement Général de la Population et de l'Habitation (RGPH) de 1998. Compte tenu de l'ancienneté de cette base, une mise à jour complète des grappes a été effectuée. Cette actualisation a permis d'obtenir une liste complète de ménages résidant dans la grappe et cette liste a servi de base de sondage pour tirer les ménages au deuxième degré. Au deuxième degré de tirage et selon le milieu de résidence, les ménages ont été tirés dans chaque grappe dénombrée par un tirage systématique à probabilité égale. Dans les 9,686 ménages tirés, 10,060 femmes âgées de 15-49 ans ont été enquêtées.

### ***Enquête sur les Indicateurs du Sida de 2005***

L'échantillon est stratifié, représentatif au niveau national et tiré à deux degrés. Les dix anciennes régions administratives regroupant les 19 régions actuelles constituent, avec la ville d'Abidjan, les onze strates géographiques retenues. Ces dernières sont ensuite stratifiées en zones urbaine et rurale pour former les strates d'échantillonnage. La ville d'Abidjan n'ayant qu'une zone urbaine, il y a au total 21 strates d'échantillonnage. L'échantillon au premier degré a été tiré indépendamment dans chaque strate, et l'échantillon au second degré a été tiré indépendamment dans chaque unité primaire tirée au premier degré. Au premier degré, des Districts de Recensement (DR) ont été tirés dans chaque strate par un tirage systématique avec une probabilité proportionnelle à leur taille (la taille du DR étant le nombre de ménages). La base de sondage utilisée est la liste complète des districts de recensement (DR) obtenus lors du dernier Recensement Général de la Population et de l'Habitat (RGPH) réalisé en Côte d'Ivoire en 1998, par l'Institut National de la Statistique (INS). Compte tenu de l'ancienneté de cette base, une mise à jour complète des DR, tirés au premier degré, a été effectuée. Cette mise à jour a permis d'obtenir une liste de ménages qui a servi de base de sondage pour tirer les ménages au deuxième degré. Au deuxième degré de tirage, les ménages ont été tirés dans chaque DR dénombré de manière systématique à probabilité égale. Au cours de l'enquête réalisée sur le terrain d'août à octobre 2005, 5,183 femmes âgées de 15-49 ans ont été interviewés avec succès.

### ***Enquête Démographique et de Santé de 1994***

Le tirage systématique des DR s'est fait à l'intérieur de chaque domaine avec des probabilités proportionnelles à la taille du DR, la taille étant l'effectif de population recensée d'après la base de sondage. Le tirage s'est fait à partir du fichier des DR suite à une stratification explicite ou implicite. En Abidjan et dans le milieu rural, on a adopté une stratification géographique par région, département, commune ou sous-préfecture. A l'intérieur de chaque commune (cas d'Abidjan) et sous-préfecture, les DR ont été classés séquentiellement par code de DR; ce classement implique en même temps un ordre géographique des DR. Cette stratification est dite implicite car le tirage ne se fait pas indépendamment dans chaque strate, mais il se fait de façon systématique sur la totalité de la liste des DR. 8,099 femmes ont été interviewées.

### **Méthodologie de Collecte et Calcul des Indicateurs de Mortalité**

Dans chacune de ces enquêtes, le questionnaire individuel femme a été utilisé pour enregistrer les informations concernant les femmes éligibles, c'est-à-dire les femmes en âge de procréer (15-49 ans). La personne chargée de réaliser l'interview face à face enregistrerait toutes les naissances de la femme, en précisant le sexe, l'âge et l'état de survie. Pour les enfants décédés, l'enquêtrice enregistre également l'âge au décès. Les indicateurs de mortalité présentés ont calculés à partir d'informations sur l'historique des naissances recueillies durant les interviews.

### **Complétude, Qualité et Comparabilité des Données**

Les données ont été recueillies par l'Institut National de la Statistique, l'organe habilité à la coordination de la production des statistiques nationales en Côte d'Ivoire. La complétude et la qualité des données ont déjà été prouvées dans les différents rapports des enquêtes. En effet, l'estimation de la mortalité à partir de l'historique des naissances présente, à la fois, des limites d'ordre méthodologique et des risques d'erreurs d'enregistrement (EDS, 1994).

En premier lieu, dans ce type d'approche rétrospective, on collecte des informations sur le passé (ici, la mortalité des enfants) auprès de personnes vivantes au moment de l'enquête (ici, les femmes de 15-49 ans). On n'a donc aucune information sur la survie ou le décès d'enfants dont la mère est actuellement décédée : dans le cas où ces enfants, « orphelins de mère », seraient en nombre important et où leur mortalité serait différente des enfants dont la mère survit (ce qui est certainement le cas), les niveaux de mortalité s'en trouveraient affectés. En outre, en limitant la collecte des données aux seules femmes de 15-49 ans, les informations découlant de l'historique des naissances ne sont pas complètement représentatives des différents intervalles de la période passée. Si, pour les cinq années précédant l'enquête, la presque totalité des naissances (et de la mortalité infanto-juvénile qui peut s'ensuivre)

sont issues de femmes de 15-49 ans à l'enquête, il n'en est pas de même pour les intervalles plus anciens : pour la période 10-14 ans avant l'enquête, par exemple, nous ne disposons d'aucune information sur les naissances issues de femmes de 40-49 ans à cette époque. Sur ce plan, toutes les études ont utilisé la même approche et donc sont comparables en termes de résultats.

Du point de vue de la collecte proprement dite, la validité des données peut être affectée par (i) le sous-enregistrement des événements, en particulier l'omission d'enfants qui meurent très jeunes, quelques heures ou jours après la naissance, (ii) les déplacements différentiels de dates de naissance des enfants, selon qu'ils sont vivants ou décédés qui peuvent entraîner une sous-estimation de la mortalité d'un intervalle (par exemple, 0-4 ans avant l'enquête), et par conséquent une surestimation de la mortalité de l'intervalle précédant (par exemple, 5-9 ans avant l'enquête) et (iii) l'imprécision des déclarations d'âge au décès, en particulier, l'attraction de 12 mois, qui transforment une partie des décès de jeunes enfants (moins de 12 mois) en décès d'enfants plus âgés (12 à 59 mois) engendrant ainsi une sous-estimation de la mortalité infantile et, par contre-coup, une surestimation de la mortalité juvénile.

Une technique d'évaluation succincte du sous-enregistrement des décès des très jeunes enfants qui consiste à calculer la proportion d'enfants décédés entre 0 et 6 jours par rapport aux décès survenus au cours du premier mois utilisée pour les différentes enquêtes a montré que les proportions se situaient à un niveau acceptable et ne mettaient en évidence aucune sous-estimation importante des décès. S'agissant du déplacement différentiel des dates de naissance, les niveaux de mortalité étant calculés par période quinquennale, ils ne devraient pas être affectés de façon significative par ces transferts, qui se produisent à l'intérieur de l'intervalle de référence. Enfin, l'attraction pour l'âge au décès 12 mois a été jugée trop négligeable pour affecter les niveaux de mortalité infantile et de mortalité juvénile. Finalement, les limites méthodologiques, inhérentes à l'historique des naissances et les risques d'erreurs ou d'imprécisions de collecte n'induisent généralement qu'une très faible marge d'erreur dans les mesures des événements récents (Sullivan et al., 1990; cité par EDS, 1994).

Le mode de recueil des données est le même d'une étude à une autre car ce sont des enquêtes conservant la même méthodologie qui sont faites à intervalles de temps. Les chiffres sont donc comparables de ce point de vue. Par ailleurs, la définition des variables reste similaire d'une enquête à l'autre. Dans l'analyse, les chiffres pourront être donc juxtaposés car ils sont comparables.

## **Exploitation et Analyse des Données**

Le travail réalisé ne détermine pas le poids de chaque variable dans l'explication de la mortalité mais plutôt la façon dont meurent les enfants quand on regarde le phénomène par rapport à la variable considérée. Il ne s'agit pas d'une analyse explicative globale de la mortalité mais d'une analyse descriptive de la mortalité différentielle facteur par facteur, certains pouvant se retrouver interdépendants. L'article examine la mortalité des enfants en fonction de chaque facteur. Il s'agit de regarder, à partir des enquêtes de 1994 à 2016, les différences résidentielles et sociales de mortalité des enfants ainsi que leur évolution dans le temps. Pour chaque variable considérée, une des modalités sera prise en référence et des risques relatifs de mortalité seront calculés pour les autres items. Ces ratios permettent d'apprécier le rôle de chacun des items dans la mort avant cinq ans. Les évolutions considérées dans le travail ont été testées statistiquement.

Les données de l'EDS 1998 ne sont pas considérées dans cet article vu que la résurgence de la mortalité des enfants en Côte d'Ivoire n'a pas été établie (Esso, 2010). On assiste plutôt à une poursuite de la baisse de la mortalité des enfants dans les trois études qui l'ont suivi.

### ***Dimension Éthique du Travail***

Tous les documents utilisés dans ce travail ont un caractère public et l'accès aux données est totalement libre.

## **Résultats**

Les différences de mortalité des enfants de moins de cinq ans ont été présentées pour les taux de mortalité infanto-juvénile ou avant cinq ans ( $5q_0$ ), juvénile ou entre un et quatre ans ( $4q_1$ ), infantile, celle durant la première année de vie ( $1q_0$ ), post-néonatale, entre le 29<sup>ème</sup> jour et 11<sup>ème</sup> mois (**PNN**) et néonatale c'est-à-dire durant les premiers 28 jours (**NN**).

### **Différences Résidentielles de Mortalité des Enfants**

Cette section présente les différences entre les risques de mortalité des enfants selon le milieu de vie de l'enfant et la région.

### **La Mortalité Selon le Milieu de Résidence**

Quelle que soit l'enquête et la période considérée, la mortalité des enfants vivant à la campagne reste toujours au-dessus de celle de leurs confrères résidant en ville (Tableau 1). Les indicateurs montrent qu'un enfant citadin a une probabilité plus élevée de vivre que son confrère vivant à la campagne et ce durant toutes les cinq premières années de vie.

**Tableau 1.** Variations de mortalité des enfants selon le milieu de résidence

Milieu de Résidence	1989-1993		2000-2004		2007-2011		2011-2015	
	Taux	Ratio (a)	Taux	Ratio (a)	Taux	Ratio (a)	Taux	Ratio (a)
<b>5q0</b>								
Urbain	120,2		105		100		78	
Rural	165,2	1,4	142	1,4	125	1,3	108	1,4
<b>4q1</b>								
Urbain	49,1		36		37		30	
Rural	72,7	1,5	54	1,5	47	1,3	45	1,5
<b>1q0</b>								
Urbain	74,7		72		66		50	
Rural	99,7	1,3	93	1,3	82	1,2	67	1,3
<b>PNN</b>								
Urbain	32,4		31		26		16	
Rural	49,3	1,5	51	1,6	38	1,5	34	2,1
<b>NN</b>								
Urbain	42,4		41		39		34	
Rural	50,4	1,2	43	1,0	44	1,1	33	1,0

**5q0** : Taux de mortalité infanto-juvénile  
**4q1** : Taux de mortalité juvénile      **1q0** : Taux de mortalité infantile  
**PNN** : Taux de mortalité post-néonatale      **NN** : Taux de mortalité néonatale  
(a) Rapport entre le quotient du milieu rural sur celui du milieu urbain pris en référence  
**Sources**: 1989-1993: EDS, 1994; 2000-2004: EIS, 2005; 2007-2011 : EDS-MICS, 2012;  
2011-2015: MICS, 2016

Que ce soit pour le risque de mourir dans les premiers jours suivant la naissance comme celui de quelques années plus tard, les enfants du milieu rural sont les plus défavorisés. L'examen des ratios permet de se rendre compte de la place de choix qu'a le cadre de vie et l'environnement dans le décès des enfants. Plus l'enfant est en contact avec le milieu de vie rural, plus sa probabilité de survie diminue. En effet, durant les 28 premiers jours d'existence, la différence de mortalité entre les citadins et les enfants des campagnes n'est pas tout aussi prononcée. En 2005 et 2016, les taux de mortalité étaient quasi identiques. En revanche, c'est entre le 29<sup>ème</sup> jour et le premier anniversaire que l'écart se creuse en défaveur des enfants vivant en milieu rural. En 2016, les enfants de campagne avaient plus de 2 fois le risque de mortalité des citadins. La mortalité post-néonatale contribue énormément à différencier les enfants des deux milieux en termes de risques de décès. Les différences de mortalité des enfants entre le milieu rural et le milieu urbain tiennent essentiellement aux risques élevés de décès des enfants des campagnes entre un et quatre ans. En effet, entre un et quatre ans, les enfants des villages ont quelquefois un risque 1,5 fois plus élevé de mourir que ceux des villes (Tableau 1). Dans l'ensemble, les enfants de moins de cinq ans résidant en milieu rural ont toujours un quotient de mortalité supérieur de 40%





Certaines régions, à faible mortalité en 2005 et 2012 (0,8 fois le risque d'Abidjan) comme le Centre-Nord ont connu un regain de mortalité (1,4 fois le risque d'Abidjan) en 2016. Le Nord-Ouest et l'Ouest ont aussi connu une forte surmortalité dans les deux dernières enquêtes. On constate qu'en dehors d'Abidjan, la surmortalité est une réalité au Sud (1,5 fois celui d'Abidjan en 2016). Les taux de mortalités des Centre-Ouest et le Sud-Ouest ont diminué fortement entre 2005 et 2012 pour reprendre considérablement entre 2011 et 2015. Il n'y a pas une évolution monotone des chiffres de mortalité mais en tout état de cause, la mortalité diffère selon les régions.

### Différences Sociales de Mortalité des Enfants

Les variables liées aux caractéristiques de l'enfant, caractéristiques de la mère et à ses attitudes ont constitué la base de l'analyse des différences sociales de la mortalité.

### Mortalité Selon le Sexe de l'Enfant

L'observation des données fournies par les enquêtes conduit à la conclusion selon laquelle les enfants de sexe masculin sont plus nombreux à mourir entre 0 et 5 ans que les petites filles (Tableau 3). On a généralement huit filles qui décèdent contre dix chez les garçons avant le cinquième anniversaire et l'évolution de cette différence semble stable dans le temps bien qu'il faille reconnaître que la mortalité masculine cherche l'équilibre avec sa consœur. Entre 2000 et 2005, c'est 134 garçons de moins de cinq ans qui sont morts contre 122 filles, et, la différence est plus petite que celle des observations précédentes et après. Il est clair que les écarts ne s'aggravent pas mais demeurent quand même importants (Tableau 3).

**Tableau 3.** Différences de mortalité des enfants selon le sexe

Sexe de l'enfant	1989-1993		2000-2004		2007-2011		2011-2015	
	Taux	Ratio (a)	Taux	Ratio (a)	Taux	Ratio (a)	Taux	Ratio (a)
<b>5q0</b>								
<b>Masculin</b>	<b>163</b>		<b>134</b>		<b>133</b>		<b>105</b>	
Féminin	136,5	0,8	122	0,9	98	0,7	87	0,8
<b>4q1</b>								
<b>Masculin</b>	<b>70,9</b>		<b>44</b>		<b>47</b>		<b>41</b>	
Féminin	58,2	0,8	50	1,1	40	0,9	36	0,9
<b>1q0</b>								
<b>Masculin</b>	<b>99,2</b>		<b>94</b>		<b>90</b>		<b>66</b>	
Féminin	83,2	0,8	76	0,8	61	0,7	53	0,8
<b>PNN</b>								
<b>Masculin</b>	<b>45,6</b>		<b>43</b>		<b>37</b>		<b>29</b>	
Féminin	41,5	0,9	44	1,0	30	0,8	24	0,8
<b>NN</b>								
<b>Masculin</b>	<b>53,6</b>		<b>52</b>		<b>53</b>		<b>37</b>	

Féminin	41,6	0,8	32	0,6	30	0,6	29	0,8
<b>sq<sub>0</sub></b> : Taux de mortalité infanto-juvénile <b>4q<sub>1</sub></b> : Taux de mortalité juvénile <b>1q<sub>0</sub></b> : Taux de mortalité infantile <b>PNN</b> : Taux de mortalité post-néonatale <b>NN</b> : Taux de mortalité néonatale <sup>(a)</sup> Rapport entre le quotient des filles et celui des garçons pris en référence <b>Sources</b> : 1989-1993 : EDS 1994 ; 2000-2004: EIS 2005 ; 2007-2011 : EDS-MICS 2012 ; 2011-2015 : MICS 2016								

La mortalité néonatale reste dans l'ensemble très forte chez les petits garçons. On dénote 20 points de différence entre les deux taux, 52‰ contre 32‰ en 2005 et 53‰ contre 30‰ en 2012. C'est plus de dix enfants de sexe masculin qui meurent dans les 28 premiers jours contre seulement six chez les filles au moment où les probabilités de décès se rapprochent dans la période post-néonatale. Quel que soit le type de mortalité considérée, la tendance est la même c'est-à-dire une surmortalité masculine. Quand on considère la mortalité néonatale, c'est là que se creuse la différence en défaveur des garçons. Toutefois, pour les périodes post-néonatale et juvénile, l'équilibre ou le renversement de situation est poursuivi.

### Mortalité Selon l'Age de la Mère à la Naissance

L'analyse de la mortalité des enfants selon l'âge de la mère à la naissance laisse apercevoir une différence significative entre les probabilités de décès des enfants de mères très jeunes ou très âgées et ceux de mères d'âges moyens. Les enfants de mères de moins de 20 ans ou 40 ans et plus ont 1,2 fois plus de risque de mourir avant le cinquième anniversaire que ceux de mères de la tranche d'âges 20-29. Les données montrent que ceux-ci meurent beaucoup plus durant la première année de vie (Tableaux 4).

**Tableau 4.** Différences de mortalité des enfants selon l'âge de la mère à la naissance

Age de la mère à la naissance	1989-1993		2000-2004		2007-2011		2011-2015	
	Taux	Ratio <sup>(a)</sup>	Taux	Ratio	Taux	Ratio	Taux	Ratio
<b>sq<sub>0</sub></b>								
<20	182,9	1,3	142	1,2	127	1,2	109	1,3
<b>20-29</b>	<b>135,5</b>		<b>118</b>		<b>104</b>		<b>87*</b>	
30-39	147,8	1,1	132	1,1	125	1,2	129**	1,5
40-49	168,9	1,2	143	1,2				
<b>1q<sub>0</sub></b>								
<20	119,4	1,6	105	1,4	81	1,2	69	1,3
<b>20-29</b>	<b>76,7</b>		<b>73</b>		<b>66</b>		<b>53*</b>	
30-39	93,5	1,2	86	1,2	88	1,3	83**	1,6
40-49	112,8	1,5	127	1,7				
<b>sq<sub>0</sub></b> : Taux de mortalité infanto-juvénile <b>1q<sub>0</sub></b> : Taux de mortalité infantile <sup>(a)</sup> Rapport entre le quotient de la catégorie considérée et celui des 20-29 ans pris en référence								



différences de mortalité élevées avec les rangs 2-3 mais pour les enfants de rang 7, l'écart toujours considérable va en se creusant en défaveur de ces derniers (Tableaux 5).

### Mortalité Selon l'Intervalle avec la Naissance Précédente

La mortalité des enfants, examinée en fonction de l'intervalle avec la naissance précédente fait ressortir l'importance de l'espacement des naissances. Plus l'intervalle entre les naissances est grand, plus l'enfant a de chance d'atteindre son cinquième anniversaire. Que ce soit pour la mortalité infantile, comme pour celle avant cinq ans, les différences sont énormes. La mortalité durant la première année de vie des enfants nés moins de deux ans après la naissance précédente vaut parfois le double de celle des enfants nés après deux ans après la naissance précédente (Tableau 6). L'écart se creuse donc en faveur des enfants ayant bénéficié d'une séparation de naissances. Les données de toutes les enquêtes évoquent le même résultat. En effet, les ratios calculés grâce aux quotients de mortalité fournis par les différentes opérations de collecte mettent en exergue la surmortalité des enfants nés moins de deux après leurs frères (Tableau 6).

**Tableau 6.** Différences de mortalité des enfants selon l'intervalle avec la naissance précédente

Intervalle avec la naissance précédente	1989-1993		2000-2004		2007-2011		2011-2015	
	Taux	Ratio <sup>(a)</sup>	Taux	Ratio	Taux	Ratio	Taux	Ratio
<b>5q0</b>								
<2 années	207,6	1,7	165	1,3	184	1,6	152	1,6
<b>2 années</b>	<b>124,9*</b>		<b>127</b>		<b>117</b>		<b>95</b>	<b>1,0</b>
3 années	124,9*		118	0,9	86	0,7	82	0,9
4+ années	95,4	0,8	94	0,7	84	0,7	73	0,6
<b>1q0</b>								
<2 années	140,9	2,0	118	1,5	127	1,7	109	2,1
<b>2 années</b>	<b>66,9*</b>		<b>81</b>		<b>73</b>		<b>52</b>	
3 années	66,9*		67	0,8	47	0,6	51	1,0
4+ années	58,6	0,8	52	0,6	60	0,8	43	0,8
5q0 : Taux de mortalité infanto-juvénile					1q0 : Taux de mortalité infantile			
(a) Rapport entre le quotient de la catégorie considérée et celui de la catégorie 2-3 prise en référence								
<b>Sources:</b> 1989-1993 : EDS 1994 ; 2000-2004: EIS 2005 ; 2007-2011 : EDS-MICS 2012								
* 2-3 années								

L'analyse de la mortalité néonatale révèle que les enfants n'ayant pas connu deux années d'espacement de naissance ont beaucoup moins de chance de faire plus de 28 jours sur la terre que les autres. Cette surmortalité néonatale expliquerait leur mortalité infantile élevée.



mortalité dans le temps permet non seulement d'appréhender les variables sur lesquelles il faudrait agir pour voir la mortalité des enfants diminuer mais également d'identifier les facteurs endurents devant être la cible des modèles de réponse à la surmortalité infanto-juvénile.

**Si les enfants meurent le plus en milieu rural**, c'est du côté des mortalités post-néonatale et juvénile qu'il faut le plus regarder. Par ailleurs, on est encore loin de faire converger cette différence de mortalité résidentielle vers le chiffre nul, les ratios conservant les mêmes ordres de proportionnalité dans le temps (Tableau 1). L'écart entre les mortalités en milieu rural et urbain reste donc le même en dépit du gain qu'on a dans la survie générale des enfants. On peut penser qu'il y a un privilège à vivre en ville plutôt qu'au village pour un enfant. Travaillant sur la mortalité juvénile en Afrique, Akoto (1993 ; 1989) a également montré que les écarts se creusaient en défaveur du milieu rural.

**S'agissant de la différence de mortalité observée selon la région**, l'enquête MICS 2006 a révélé une forte progression du pourcentage d'enfants immunisés dans certaines régions qui pourrait expliquer les chiffres observés. On remarque que les régions à faible mortalité ont surtout maîtrisé la mort néonatale. En effet, celles à forte mortalité ont enregistré un fort taux de décès néonataux contrairement aux autres. Ce qui est notable, c'est qu'une fois la capitale Abidjan ignorée, le Sud ne diffère pas véritablement du Nord en termes de mortalité des enfants. D'ailleurs, les taux de mortalité du Centre-Nord étaient plus bas que ceux d'Abidjan en 2005 et 2012. On peut penser que les populations de ces régions ont développé des pratiques favorables à la santé des enfants car il n'y a aucun doute qu'en matière d'équipements socio-sanitaires, la capitale est la mieux lotie.

Les différences de mortalité sont perceptibles entre les régions, les risques de mortalité allant parfois du simple au double. Mais la constance n'est pas observée. Le Centre-Nord par exemple mieux loti qu'Abidjan a connu une surmortalité en 2016. Les analyses de ces tendances par rapport à Abidjan ne doivent donc pas être démesurées. En effet, l'enquête sur les déplacés internes réalisée par l'Ensea a montré un flux massif de déplacements de populations des zones Centre, Nord et Ouest (CNO) vers le Sud et plus spécifiquement vers Abidjan où chacun a généralement un parent (Sika et al., 2005). Les populations du Nord et de l'Ouest, beaucoup plus touchées par la crise, ont donc pu trouver refuge dans le Sud où ils ont certainement déclaré les décès de leurs enfants durant l'enquête. Ce mouvement de populations lié à la crise pourrait réduire le nombre de déclarations de décès des personnes restées dans les zones CNO.

Les régions à surmortalité des enfants restent celles du Nord. A l'Ouest par exemple, on a observé une diminution forte de la mortalité entre 2005 et 2012 puis un regain considérable en 2016. Le fait que l'évolution de la

différence des risques n'est pas monotone appelle à la prudence dans les interprétations.

**En ce qui concerne les différences de mortalité entre les filles et les garçons**, il faudrait chercher du côté biologique comme l'ont signifié certains auteurs (Pison et al., 2004 ; Pison et al., 1997 ; Barbieri, 1991 ; Leroy et al., 1989, Rakotondrabe, 1996 ; Vridaou, 2005) car si les experts de la santé publique attribuent le déclin de la mortalité au recours de plus en plus fréquent à des interventions sanitaires essentielles, parmi lesquelles les vaccinations occupent une place de choix, les filles et les garçons ont été bien servis par le programme PEV. Selon l'Enquête MICS 2006, la couverture vaccinale contre les maladies cibles du programme élargi de vaccination (PEV) est passée de 48% en 2000 à 75% en 2006 pour les filles et les garçons. En outre, les pourcentages d'enfants complètement vaccinés restent quasiment les mêmes pour les garçons comme les filles dans les différentes enquêtes (EDS 1994 ; EDS 1998/99, Enquête sur l'accès aux soins dans le milieu urbain de Sassandra, 2001). C'est sûrement la fragilité des garçons à la naissance qui augmente leurs quotients de mortalité infantile et infanto-juvénile. Le constat d'une surmortalité masculine des enfants a déjà été fait dans de nombreuses études (Pison et al., 2004 ; Pison et al., 1997 ; Barbieri, 1991 ; Leroy et al., 1989). Selon Gbenyon (repris par Rakotondrabe, 1996 et Vridaou, 2005), au cours de la première année de vie, les garçons sont presque toujours défavorisés par rapport aux filles. Le rapport de surmortalité masculine est supérieur à 100 dans la plupart des pays et dans presque toutes les régions du monde. Il faut pourtant distinguer, dit-il, dans cette première année, la période néonatale de celle post-natale. C'est la première qui est la plus défavorable aux garçons. Ensuite, les risques de décès sont mieux partagés. Leroy et al. (1989) confirment dans une étude la prédominance masculine des décès néonataux. Comme eux, Pison s'interroge sur les raisons de cette surmortalité des garçons par rapport aux filles qui semblent aller croissant au fur et à mesure que la mortalité baisse. Barbieri essaie d'expliquer ce phénomène qui s'observe selon elle, aussi dans les pays en développement que ceux industrialisés. La surmortalité des nouveaux nés masculins serait due en partie à la prévalence plus forte de maladies respiratoires chez ceux-ci que chez leurs sœurs, elle-même résultat d'une plus grande fragilité pulmonaire des petits garçons à la naissance, liée à un rythme de développement fœtal différent. De plus, poursuit-elle, il semblerait que les nouveaux nés de sexe masculin bénéficient d'un niveau d'immunité passive naturel inférieur à celui des filles, d'où leur plus grande vulnérabilité aux maladies infectieuses en général (Barbieri, 1991). Pour Lucien et al. (2005), il importe de rappeler que le rapport de masculinité à la naissance est en faveur des garçons (en général, le ratio est de 104 naissances masculines pour 100 naissances féminines). Avec ce niveau de mortalité élevé pour les enfants de sexe masculin, l'équilibre



filles et garçons est rétabli au bout de cinq ans. Ce sont des facteurs d'ordre biologique qui expliquent ici la surmortalité masculine, en particulier au cours de la période néonatale. La fragilité biologique des jeunes garçons les expose plus au risque de mortalité que les filles du même groupe d'âges.

**Les enfants de mères de moins de vingt ans et de plus de quarante ans sont les plus exposés à la mort.** L'analyse des données révèle par ailleurs que les enfants de mères âgées meurent beaucoup plus au cours de leur premier mois de vie. La plupart des études s'accordent sur ce résultat (Esso et al., 2002 ; Desgrées du Loû, 1996).

Reprenant les résultats des travaux de Barbieri, Desgrées du Loû a attesté que les enfants nés de femmes très jeunes ont un risque de mourir plus élevé que ceux nés de femmes âgées de 20 à 35 ans. Ce risque augmente à nouveau lorsque les mères sont âgées d'une quarantaine d'années ou plus. En effet, les femmes très jeunes, qui n'ont pas encore achevé leur propre développement physique, supportent moins la fatigue d'une grossesse et risquent fortement de ne pas mener leur grossesse à terme, d'où des nouveaux nés de petits poids, faibles, qui de plus ont pu souffrir d'un accouchement difficile comme c'est souvent le cas pour les primipares. Chez les femmes âgées ou ayant beaucoup d'enfants, le risque de malformation congénitale, de complications de grossesse, et par suite d'allaitement difficile est accru. Une attention particulière aux jeunes mères et une surveillance accrue des grossesses aux âges jeunes et élevés contribueraient à la réduction de la mortalité des enfants (Desgrées du Loû, 1996)

**Le rang de naissance de l'enfant** est une variable discriminante par rapport à la mortalité. Plus le rang de naissance de l'enfant est élevé, plus l'enfant a de risque de mourir. Desgrées du Loû confirme ce résultat en affirmant que les enfants dont le rang de naissance est élevé ont plus de risque de mourir que les autres, et ce phénomène reste significatif même lorsqu'on élimine l'effet de l'âge de la mère (Desgrées du Loû, 1996). Les effets synergiques, selon lesquels, plus l'âge de la mère est élevé, plus la différence entre la probabilité de décéder d'un enfant de rang peu élevé et celle d'un enfant de rang 5 ou plus est importante sont déjà connus (Esso, 2013 ; Esso & Pison, 2012 ; Esso et al., 2002).

**La mortalité des enfants nés moins de deux ans après la naissance précédente** vaut parfois le double de celle des enfants nés après deux ans après la naissance précédente. Quand on voit la faiblesse dans la différence des mortalités juvéniles, on pense que c'est au niveau de la mortalité infantile que l'écart se creuse en faveur des enfants ayant bénéficié d'une séparation de naissances.

**Les risques de décès des enfants nés de mères non scolarisées** valent 1,7 fois ceux d'enfants ayant une mère de niveau secondaire ou plus. Il semble que l'effet de l'instruction sur la survie de l'enfant soit plus marqué durant la

première année de vie comme le montrent les analyses multivariées. Le simple fait pour une mère d'avoir fait l'école primaire donne un peu plus de chance de vie à ses enfants qu'à ceux d'une femme non scolarisée. C'est sûrement au niveau de la mortalité infantile que la différence se ressent. L'évolution était faible, Il en résulte qu'aller à l'école seulement ne suffit pas mais il faut que la femme mère atteigne un niveau d'étude lui permettant de comprendre les questions de santé reproductive Ces résultats corroborent ceux de nombreuses études. Pour Akoto et Tabutin (1989), l'instruction des parents est un facteur déterminant pour la mortalité des enfants. L'instruction de la mère est celui qui a la plus de poids ; les enfants de mère illettrée ont un risque de mourir plus fort lorsque le père est lui aussi illettré. Inversement, les enfants de mères très instruites ont des chances de survie plus fortes lorsque le père est très instruit que lorsqu'il a un niveau d'instruction moyen, car ils appartiennent alors à une classe sociale privilégiée. Ezzo et al. (2002) renchérissent en disant que dans les pays en développement, le degré d'instruction des parents, et surtout de la mère, apparaît clairement comme un déterminant majeur de la santé des enfants. L'influence de l'instruction de la mère sur la santé des enfants varie d'une population à l'autre. Mais, dans l'ensemble, l'on note que plus le niveau d'étude de la mère est élevé, plus l'enfant a des chances de vivre son cinquième anniversaire. En effet, plus la mère est instruite, plus elle rompt facilement avec les croyances et pratiques néfastes à la santé de l'enfant et plus elle a d'informations en matière d'amélioration des pratiques des soins. Akoto et Tabutin (1989) ont montré que partout, la mortalité baisse avec l'augmentation de l'instruction de la mère mais plus ou moins fortement et plus ou moins rapidement. Pour Zanou (2000), l'instruction scolaire étant l'instrument de la compréhension scientifique, elle permet aux parents d'accepter l'idée que la vaccination et la réhydratation orale sont nécessaires à la survie de l'enfant. Une femme alphabétisée comprend plus aisément qu'un vaccin puisse entraîner un accès de fièvre temporaire sans que l'efficacité de celui-ci soit remise en cause. En outre, il est généralement admis que le bien être socio-économique soit lié au niveau d'instruction. La mesure directe du revenu étant difficile à appréhender en Côte-d'Ivoire, c'est l'approche « dépenses » qui est utilisée pour estimer le revenu ou les conditions de vie pour se faire une idée de niveau de vie des individus, la règle étant qu'un individu ayant beaucoup plus de biens a tendance à améliorer son niveau de vie (Alio et al., 2003). Sur la base d'un certain nombre de données collectées sur les caractéristiques du logement (eau, électricité, toilettes) et les biens durables possédés par les ménages (moyens de transport, biens de consommation), l'enquête sur les indicateurs du sida a élaboré un indicateur de bien-être ayant permis de répartir les mères interrogées. L'analyse de la mortalité des enfants selon cette variable a confirmé les résultats qu'on trouve avec le niveau d'étude atteint. La mortalité est une fonction décroissante du

bien-être économique de la mère. Plus la mère est considérée comme ayant les moyens, moins l'enfant meure précocement. Les enfants de mères reléguées au dernier rang du bien-être ont plus de 1,5 fois le risque de mourir avant le cinquième anniversaire que ceux de mères nanties. Il s'en suit que la mortalité infanto-juvénile peut s'expliquer en partie par le revenu de la personne en charge, de qui dépend l'itinéraire thérapeutique et les soins de santé administrés à l'enfant en cas de maladie (Esso, 2013 ; Esso & Pison, 2012). En effet, les ressources économiques influencent la possession de toute une série de biens et le recours à de nombreux services susceptibles d'affecter la mortalité des enfants. La disponibilité en eau potable et en nourriture, garantes d'un bon équilibre physiologique, ainsi que la présence d'installations sanitaires, qui détermine en partie le degré d'exposition à de nombreuses maladies infectieuses et parasitaires, sont largement influencées par le niveau économique du ménage.

## **Conclusion**

L'étude des différences de mortalité a mis en exergue le fait que les enfants du milieu rural meurent le plus que leurs confrères citadins quelle que soit l'étude et la période d'enquête. Les régions du Nord sont celles qui abritent un ratio de mortalité élevé des enfants bien que les tendances au niveau des régions ne sont pas stables dans le temps. Pour toutes les données considérées, les enfants de sexe masculin ont une surmortalité que les filles et cela serait dû à des raisons d'ordre biologique. Les enfants de mères de moins de 20 ans ou de plus de 40 ans meurent le plus avant le cinquième anniversaire, la palme revenant aux enfants de mères âgées. Les enfants de rang 7 et ceux nés moins de deux ans après la précédente naissance accusent respectivement des taux de mortalité élevés que ceux de rang 2-3 ou nés après deux ans. Les mères n'ayant pas fréquenté l'école voient leurs enfants mourir 1,7 fois que celles de niveau secondaire ou plus. La mortalité des enfants diminue avec le niveau primaire mais pas aussi considérablement, le niveau d'étude atteint étant généralement corrélé au revenu qui explique beaucoup les pratiques thérapeutiques et l'utilisation des services de santé reproductive. En définitive, les différences de mortalité dues au milieu de vie, à l'âge de la mère à la naissance, au rang de l'enfant et au niveau d'instruction persistent dans le temps et quelquefois même vont en s'augmentant. Les risques de décès des enfants, encore élevés, peuvent sensiblement diminués si l'on agit sur ces facteurs cités plus haut. Parmi les efforts à faire dans la lutte contre les décès à bas âges des enfants, il y a l'amélioration du cadre de vie des populations, l'assainissement de l'environnement de vie de l'enfant et l'accroissement des services de santé reproductive et planification familiale. L'accent doit être mis sur la scolarisation de la petite fille et l'alphabétisation des femmes plus âgées.

Les femmes doivent être encouragées à réduire le nombre d'enfants, espacer les naissances et pratiquer les consultations prénatales en cas de grossesses.

### References:

1. Akoto, E. & Tabutin, D. (1989). Les inégalités socio-économiques et culturelles devant la mort. In Pison G, Van De Walle E, Sala-Diakanda M. Mortalité et société en Afrique. Paris, Presses universitaires de France, pp 35-61.
2. Akoto, E. (1993). Déterminants socioculturels de la mortalité des enfants en Afrique noire : hypothèses et recherche d'explication. Université Catholique de Louvain-la-Neuve, Belgique, 270 p.
3. Alio, D. & Tiendrebeogo, P. (2003). Pauvreté et conditions de vie en milieu rural : cas de Niakaramandougou, Mémoire d'Ingénieur, Ensea, 2003, 40p.
4. Barbieri, M. (1991). Les déterminants de la mortalité des enfants dans le tiers-monde. Les dossiers du CEPED, Paris, pp 10-30.
5. Desgrées Du Loû, A. (1996). Sauver les enfants : le rôle des vaccinations. Paris, Centre français sur la population et le développement, les études du Ceped, Numéro 12, pp 101-98.
6. Ezzo, E., Koffi, N., & Zanou, B. (2003). Accès aux soins de santé dans le milieu urbain de Sassandra. Ensea, Rapport d'enquête, 103 p.
7. Ezzo, E. (2010). Mortalité des enfants en Côte d'Ivoire : niveaux, tendances et différences sociales. Université Paris 1/INED, Thèse de doctorat, 209 p.
8. Ezzo, E. (2013). Les déterminants de la mortalité des enfants en Côte d'Ivoire, European Scientific Journal, Vol.9, Numéro 2, 12p.
9. Ezzo, E. & Pison, G. (2012). Les attitudes liées à la mère et le VIH/SIDA sont-ils responsables de la remontée de la mortalité des enfants observée en Côte d'Ivoire durant la décennie 1990? African Journal of Reproductive Health, 17p.
10. Institut National de la Statistique (INS) & ICF International (2012). Enquête Démographique et de Santé et à Indicateurs Multiples de Côte d'Ivoire 2011-2012. Calverton, Maryland, USA: INS et ICF International, 589p.
11. Institut National de la Statistique (INS) (1994). Enquête démographique et de santé, chapitre 9, 12p.
12. Institut National de la Statistique (INS) (2005). Enquête sur les indicateurs du sida, 283p.
13. Institut National de la Statistique (INS) (2012). Enquête démographique et de santé et à indicateurs multiples, 2011-2012, Rapport. Abidjan, Côte d'Ivoire, 589p.

14. Institut National de la Statistique (INS) (2014). Recensement Général de la Population et de l'Habitation de 2014, Présentation des résultats principaux. Abidjan, Côte d'Ivoire, 49p.
15. Institut National de la Statistique (INS) (2017). Enquête par grappes à indicateurs multiples, 2016, Rapport des Résultats clés. Abidjan, Côte d'Ivoire, 442p.
16. Pison, G. (2004). Pourquoi la mortalité des enfants ne baisse-t-elle pas depuis une quinzaine d'années en Afrique au Sud du Sahara ? Le cas du Sénégal, un pays peu touché par le Sida. Séminaire de la Commission de l'UIESP « Nouvelles menaces sanitaires » VIH, infections réémergentes et changements démographiques en Afrique, 25 p.
17. Pison, G., Hill, K., Cohen, B., & Foote, K. (1997). Les changements démographiques au Sénégal. Travaux et documents, cahier n°138, Presses universitaires de France, Ined, 240 p.
18. Rakotondrabe, F. (1996). Les facteurs de la mortalité des enfants à Madagascar. Cahier de L'IFORD, Yaoundé, Numéro 10, 58p.
19. Sika Lazare et al. (2005). Enquête sur les conditions de vie des personnes déplacées internes (PDI) et des familles d'accueil en Côte d'Ivoire, Ensea, Ministère de la solidarité, de la sécurité sociale et des handicapés, UNFPA, 179p.
20. Vridaou, T. (2005). Les déterminants de la mortalité infanto-juvénile au Tchad. IFORD, Mémoire de fin d'études, 101p.
21. Zanou, B. et al. (2000). Soins et santé des enfants à Aboisso, Etudes et Recherches Numéro 29, Ensea, Abidjan, 137p.



ESJ Natural/Life/Medical Sciences

## **Dynamique Spatiale Et Temporelle De La Sensibilité d'Anopheles Gambiae Sensu Lato Aux Insecticides Utilisés En Santé Publique Au Congo De 2002 À 2018**

*Grâce Odéra Tainsie Nianga Bikouta, Phd Student*

Laboratoire de Biodiversité et d'Ecologie Animale (LBDEA), Faculté des  
Sciences et Techniques

Institut National de Recherche en Sciences de la Santé (IRSSA), Ministère  
de la Recherche Scientifique et de l'Innovation Technologique, Congo

*Patrick Bitsindou, PhD*

Point Focal pour la lutte intégrée contre les vecteurs, Ministère de la Santé et  
de la Population, Congo

*Arsène Lenga, Pr*

Laboratoire de Biodiversité et d'Ecologie Animale (LBDEA), Faculté des  
Sciences et Techniques, Université Marien Ngouabi, Congo

[Doi:10.19044/esj.2021.v17n3p244](https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n3p244)

Submitted: 29 July 2020  
Accepted: 04 January 2020  
Published: 31 January 2020

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

*Cite As:*

Tainsie Nianga Bikouta G.O., Bitsindou P. & Lenga A. (2021). *Dynamique Spatiale Et Temporelle De La Sensibilité d'Anopheles Gambiae Sensu Lato Aux Insecticides Utilisés En Santé Publique Au Congo De 2002 À 2018*. European Scientific Journal, ESJ, 17(3), 244. <https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n3p244>

### **Résumé**

En dépit des méthodes de lutte développées contre le paludisme, l'apparition de la résistance d'*Anopheles gambiae* s.l. aux insecticides constitue une menace susceptible de conduire à l'échec de la lutte contre cette pathologie. Une étude récapitulative a été réalisée afin de montrer la dynamique spatio-temporelle de la résistance d'*Anopheles gambiae* s.l. à quelques insecticides utilisés au Congo de 2002 à 2018. Les tests de sensibilité ont été réalisés avec des femelles adultes âgées de un à cinq jours. Les insecticides testés appartiennent à 4 familles : (1) organochlorés : DDT 4% ; (2) organophosphorés : malathion 5%, pirimiphos-méthyl 1,25% ; (3) pyréthrinoïdes : perméthrine 0,75%, deltaméthrine 0,05% et 0,5%,

lambdacyhalothrine 0,05 %; (4) carbamates : bendiocarbe 0,1% et 0,5%. Les tests ont été faits avec les synergistes, l'effet knock-down a été évalué pendant 60 minutes et la mortalité observée 24 heures après.

Cette étude a montré un développement de la résistance au DDT, aux pyréthriinoïdes, l'apparition de la résistance au bendiocarbe et au pirimiphos-méthyl et la sensibilité au malathion. Les mutations knockdown resistance (kdr) (L1014F) et (L1014S) sont perçues comme responsables de la résistance au DDT et aux pyréthriinoïdes. Le rétablissement de la sensibilité des anophèles à la deltaméthrine après exposition aux synergistes implique une résistance métabolique.

L'étude a confirmé l'existence de la résistance au DDT, aux pyréthriinoïdes, au bendiocarbe et au pirimiphos-méthyl dans plusieurs départements du pays. Pour garantir l'efficacité des insecticides, il est primordial de surveiller la dynamique de la résistance aux insecticides et éventuellement, identifier les mécanismes impliqués dans la résistance.

---

**Mots-clés:** Paludisme, Anopheles Gambiae S.L., Insecticide, Synergiste, Résistance, Congo

## **Spatial And Temporal Dynamics Of Anopheles Gambiae Sensu Lato Susceptibility To Insecticides Used In Public Health In Congo From 2002 To 2018**

*Grâce Odéra Tainsie Nianga Bikouta, Phd Student*

Laboratoire de Biodiversité et d'Ecologie Animale (LBDEA), Faculté des  
Sciences et Techniques

Institut National de Recherche en Sciences de la Santé (IRSSA), Ministère  
de la Recherche Scientifique et de l'Innovation Technologique, Congo

*Patrick Bitsindou, PhD*

Point Focal pour la lutte intégrée contre les vecteurs, Ministère de la Santé et  
de la Population, Congo

*Arsène Lenga, Pr*

Laboratoire de Biodiversité et d'Ecologie Animale (LBDEA), Faculté des  
Sciences et Techniques, Université Marien Ngouabi, Congo

---

### **Abstract**

Despite control methods developed against malaria, the emergence of *Anopheles gambiae* s.l. resistance to insecticides constitutes a threat that could lead to the failure of the fight against this pathology. A summary study was carried out in order to show the spatio-temporal dynamic of resistance of

*Anopheles gambiae* s.l. to some insecticides used in Congo from 2002 to 2018. Sensitivity tests were carried out with two to five days old adult females. The insecticides tested belonged to 4 families: (1) organochlorines: DDT 4%; (2) organophosphates: malathion 5%, pirimiphos-methyl 1.25%; (3) pyrethroids: permethrin 0.75%, deltamethrin 0.05% and 0.5%, lambda-cyhalothrin 0.05%; (4) carbamates: bendiocarb 0.1% and 0.5%. Tests were done with synergists. The knock-down effect was evaluated for 60 minutes and mortality 24 hours later. This study showed the existence of resistance to DDT, pyrethroids, development of resistance to bendiocarb and pirimiphos-methyl and sensitivity to malathion in several departments of the country. The knockdown resistance (kdr) mutations (L1014F) and (L1014S) are responsible for DDT resistance. Restoration of *Anopheles*' sensitivity to deltamethrin after exposure to synergists involves metabolic resistance.

The study confirmed the development susceptibility to DDT, pyrethroids, bendiocarb and pirimiphos-methyl. To ensure the effectiveness of insecticides, it is essential to monitor the periodically susceptibility tests to insecticides and to identify the possible resistance mechanisms involved

---

**Keywords:** Malaria, *Anopheles Gambiae* S.L., Insecticide, Synergists, Resistance, Congo

## Introduction

Le paludisme est une maladie parasitaire potentiellement mortelle. En 2018, l'OMS a estimé l'incidence du paludisme à 228 millions de cas à travers le monde, dont 405 000 décès (WHO, 2019).

Au Congo, le paludisme est stable et sa transmission permanente. Cette infection est le principal facteur de morbidité. En effet, en 2017, il a été enregistré 297 652 cas de paludisme dans les structures sanitaires publiques (PNLP, 2018b).

Pour lutter contre cette endémie, la stratégie nationale en matière de lutte contre les vecteurs du paludisme repose essentiellement sur la lutte contre les adultes au moyen de l'utilisation des Moustiquaires Imprégnées d'Insecticide à Longue Durée d'Action (MIILDA). L'utilisation de la MIILDA est devenue l'un des piliers majeurs de la politique de prévention du paludisme au Congo. En effet, son utilisation a été adoptée comme mesure principale de lutte dans le plan stratégique 2008-2012 (PNLP, 2018a).

Cependant, les avantages apportés par l'utilisation de ce moyen de lutte sont menacés par l'émergence de la résistance des anophèles aux insecticides. La résistance d'*Anopheles gambiae* s.l. aux insecticides est largement répandue en Afrique subsaharienne (Yahouédo et al., 2016, Antonio-Nkondjio et al., 2015 ; Konaté et al., 2016).



Au Congo, la résistance d'*An. gambiae s.l.* a été mise en évidence au début des années 2000 essentiellement à Djambala, à Pointe-Noire, à Nkayi, à Owando et à Sibiti (Bitsindou et al., 2006). Depuis lors, ce phénomène s'est étendu dans de nombreuses localités du pays.

Cette situation est d'autant plus inquiétante que l'emploi de MIILDA comme moyens de prévention est fortement adopté par le Programme National de Lutte contre le Paludisme (PNLP) (PNLP, 2018a). Dans un contexte de lutte contre le paludisme et de développement de la résistance des vecteurs aux insecticides, il est nécessaire de suivre régulièrement l'évolution de la sensibilité des vecteurs afin d'initier des mesures de gestion efficaces. L'objectif de la présente étude est de caractériser l'évolution spatio-temporelle et le statut de la résistance des anophèles du complexe *gambiae* aux insecticides utilisés en santé publique dans différentes localités du Congo de 2002 à 2018. Il s'agit d'une étude intégrant les données récapitulatives sur la sensibilité des vecteurs aux insecticides au Congo de 2002 à 2018 (Itoua et al., 2003; Koekemoer et al., 2011; PNLP, 2010, 2016; Bitsindou, 2014).

## Matériels Et Methodes

### Site d'étude

Les femelles d'*An gambiae s.l.* ayant servi à la réalisation des tests mis en œuvre dans cette étude ont été échantillonnées dans 13 localités du pays. Ces localités sont représentatives des principaux faciès éco-épidémiologiques du Congo. Dans le tableau 1 ci-après, sont consignés tous les sites de collecte et les périodes de réalisation des tests.

**Tableau 1.** Localités de collecte des anophèles et période de réalisation des tests de sensibilité aux insecticides au Congo de 2002 à 2018

Département	Localité	Période de collecte	Latitude	Longitude
Plateaux	Djambala	septembre 2002-mai 2003, octobre 2015, avril 2016	2°32'41"	14°45'12"
Cuvette-Ouest	Ewo	septembre 2002-mai 2003	0°52'21"	14°49'14"
Likouala	Impfondo	septembre 2002-mai 2003	1°37'12"	18°03'18"
Bouenza	Nkayi	septembre 2002-mai 2003	4°9'56"	13°17'34"
Pointe-Noire	Pointe-Noire	septembre 2002-mai 2003, octobre 2015, avril 2016	- 4°46'33"	11°51'48"
Kouilou	Boutoto	avril 2009	4°40'31"	11°58'14"
Lékoumou	Sibiti	septembre 2002-mai 2003, octobre 2015, avril 2016	3°44'42"	13°24'45"
Cuvette	Owando	septembre 2002-mai 2003,	0°28'60"	15°54'0"
Sangha	Ouessou	septembre 2002-mai 2003, octobre 2015, avril 2016	1°36'59"	16°2'18"
Pool	Kinkala	Avril 2013	4°26'22"	14°45'56"
Pool	Kintélé	octobre 17	4°9'0"	15°20'32"

Pool	Djoumou na	septembre 2017-decembre 2018	4°22'34"	15°9'36"
Brazzavill e	Brazzavil le	mars – avril 2013; avril 2016 - juillet 2018	- 4°15'56"	15°16'59"

### Collecte des moustiques

Deux méthodes d'échantillonnage ont été utilisées pour obtenir des imagos suivant le protocole de l'OMS (WHO, 1975; OMS, 2014).

La première approche a été celle de la méthode du dipping. Elle a consisté à collecter les larves d'anophèles dans les gîtes larvaires à l'aide de louches. Les larves récoltées ont été transportées au laboratoire dans des bocaux contenant de l'eau des gîtes de prélèvement. Elles ont ensuite été élevées jusqu'à l'émergence des adultes. Les imagos obtenus ont été nourris à l'eau sucrée (sucre de canne). Dans l'insectarium, la température a été maintenue à 27°C±2°C avec une humidité relative de 70±10% HR.

La seconde approche a été la collecte de la faune résiduelle dans les chambres à coucher. Les femelles gorgées, semi-gravidés ou gravidés collectés ont été mis en élevage au laboratoire jusqu'à l'obtention des pontes. Les tests de sensibilité ont été réalisés avec des femelles de première génération (F1) à jeun, âgées de 1 à 5 jours issues de ces pontes.

Les anophèles femelles utilisés dans les tests ont été identifiés morphologiquement comme appartenant au complexe *Anopheles gambiae* en utilisant les clés de Gillies et De Meillon (1968) (Gillies and De Meillon, 1968) et de Gillies et Coetzee (1987) (Gillies and Coetzee, 1987).

### Insecticides testés

Les papiers imprégnés d'insecticide ont été obtenus par l'intermédiaire de l'OMS/AFRO auprès de son centre de référence (Unité de recherche sur le contrôle des vecteurs, Université Sains Malaysia, Penang, Malaisie).

Six insecticides (sur papiers imprégnés) appartenant à quatre familles ont été testés aux concentrations suivantes :

- Organochlorés DDT 4% ;
- Organophosphorés : malathion 5% et pirimiphos-méthyl 1,25% ;
- Carbamates : bendiocarbe 0,01% et 0,5% ;
- Pyréthrinoides : perméthrine 0,75% ; deltaméthrine 0,05% et 0,5% et lambdacyhalothrine 0,05%.

### Essais biologiques de sensibilité aux insecticides

Les tests de sensibilité ont été effectués sur des femelles d'*An. gambiae* s.l. à jeun âgées de 1 à 5 jours, selon le protocole standard OMS pour adultes à l'aide de kits OMS (WHO 1998, OMS 2017). Les tests ont été réalisés sous une température ambiante et une humidité relative respectivement de 25±2°C et 70±10% HR. Pour chaque test, neuf tubes ont été utilisés. Dans chaque tube,

les femelles ont été introduites par lot d'environ 25 femelles. Chaque test a été réalisé en deux temps: dans un premier temps, les lots de moustiques ont été mis en observation pendant une heure dans des tubes pourvus de papier non-imprégné (12 x 15 cm); dans un deuxième temps, les femelles ont été mises en contact avec l'insecticide, dans des tubes pourvus de papier imprégné (12 x 15 cm), tandis que les femelles servant de témoins ont été introduites dans des tubes pourvus de papier non-imprégné.

Au cours de la période d'exposition de 60 minutes, l'effet Knock-down a été observé toutes les 5 minutes. À la fin de cette période, les femelles ont été transférées dans des tubes d'observation. Un tampon de coton imbibé d'une solution sucrée (sucre de canne) à 10% a été alors placé sur chaque tube d'observation pour l'alimentation des moustiques permettant ainsi d'écarter la faim comme cause de mortalité. La mortalité est ensuite évaluée 24 heures après l'exposition à l'insecticide (WHO, 1998; OMS, 2017). La souche sensible SUA (colonie susceptible) n'a été utilisée que pour l'étude de Boutoto en 2009. Pour les autres études, aucune souche de référence sensible n'a été utilisée. L'absence de la souche Kisumu habituellement utilisée pour évaluer ou confirmer, lors des tests de sensibilité, la rémanence d'un insecticide constitue une limite quant à la validité de nos tests. Cependant, étant donné (i) que les papiers imprégnés utilisés proviennent du centre de référence (Unité de recherche sur le contrôle des vecteurs, Université Sains Malaysia, Penang, Malaisie) ; (ii) que ces papiers ont été utilisés pendant leur période de validité et (iii) la répétition des tests dans les mêmes conditions associée à l'absence de mortalité chez les témoins... ces critères garantissent la présence de l'insecticide et la qualité de l'imprégnation des papiers utilisés et confortent les résultats obtenus au cours des différents tests.

### **Bio-essais synergiques**

Afin d'évaluer l'implication des enzymes detoxifiantes dans la résistance à la deltaméthrine (insecticide utilisé dans l'imprégnation de moustiquaires au Congo) et au DDT, des tests avec des synergistes ont été réalisés avec une préexposition au PBO 4% (butoxyde de pipéronyle) inhibiteur principalement des mono-oxygénases; au maléate de diéthyle 20% inhibiteur de glutathion-S-transférases (GST) et au TPP 20% (triphényle phosphate) un inhibiteur des estérases (Brogdon et Barber, 1990; William et Janet, 1997; Chareonviriyaphap et al., 2003; OMS, 2017). Chaque test a été réalisé en trois temps avec quatre lots constitués de 20 à 25 femelles d'*An. gambiae s.l.* non gorgées âgés de 1 à 5 jours. Les quatre lots ont été répartis comme suit: 1 lot à tester au synergiste seul, 1 lot à tester à l'insecticide (deltaméthrine 0.05% ou DDT 4%) seul, 1 lot à tester au synergiste puis à l'insecticide et 1 lot servant de témoin exposé à du papier non-imprégné. Dans un premier temps, les lots de femelles ont été mis en observation pendant une

heure dans des tubes pourvus de papier non-imprégné (12 x 15 cm). Dans un deuxième temps, 2 lots de 20 à 25 femelles ont été introduits chacun dans un tube tapissé de papier imprégné de synergiste pendant 1 heure. Enfin dans un troisième temps, les femelles testées au synergiste seul ont été retransférés dans le tube d'observation, et dans les trois autres lots, les femelles ont été transférées dans les tubes d'exposition. Le transfert a été fait de la manière suivante : le lot à tester au synergiste puis à l'insecticide a été transféré dans le tube contenant de l'insecticide, le lot à tester à l'insecticide a été transféré dans 1 tube contenant un papier imprégné d'insecticide et le lot témoin a été transféré dans 1 tube contenant du papier non imprégné. Après 1 heure d'exposition, les trois lots ont été retransférés dans leurs tubes d'observation respectifs fournis avec une solution d'eau sucrée (sucre de canne) à 10% et maintenue pendant 24 heures avant l'enregistrement de la mortalité.

### **Critère de validité des tests de sensibilité**

La sensibilité des populations a été classée selon les critères de l'OMS et les tests de sensibilité ont été réalisés, selon les critères OMS (WHO 1998; OMS 2017). L'effet knock-down de l'insecticide a été évalué pendant la période d'exposition qui a duré 1 heure et son effet létal a été évalué 24 heures après la période d'exposition. Les critères d'interprétation utilisés sont consignés dans le tableau 2 ci-dessous.

**Tableau 2 :** Présentation des critères d'interprétation des tests de sensibilité.

<b>Taux de mortalité</b>	<b>Interprétation</b>
compris entre 98-100%	population sensible à l'insecticide testé
compris entre 90-97%	baisse de sensibilité au sein de la population
inférieur à 90%	population résistante à l'insecticide testé

Pour les tests avec les synergistes, les critères de validité ont été appliqués selon les recommandations des travaux précédents (William et Janet, 1997; Brogdon et Barber, 1990; Chareonviriyaphap et al., 2003; OMS, 2017).

Pour la validation des résultats, la mortalité des témoins doit être inférieure à 5%. Lorsqu'elle est comprise entre 5% et 20%, la formule d'Abbot est utilisée pour corriger la mortalité des moustiques exposés. Mais lorsqu'elle est supérieure à 20%, le test est annulé (Abbott, 1925). Cette formule n'a été utilisée que pour les tests faits entre 2002 et 2003 du fait que la mortalité chez les témoins était de 8%.

### **Traitement statistique des données**

Au cours de cette étude, les données ont été saisies avec le logiciel Excel 2010 et traitées avec les tests de statistique de Fisher exact et/ou Pearson

Chi2 pour comparer les taux de mortalité. Le test de Student a été utilisé pour comparer les taux de mortalité des tests avec les synergistes.

Une valeur de probabilité p inférieure ou égale à 0,05 a été considérée comme significative. Les analyses statistiques ont été effectuées à l'aide du logiciel Xlstat (version 2019.3.2).

## Resultats

Les taux de mortalité induits par les insecticides testés sur *An. gambiae s.l.* montrent que la résistance aux insecticides est un processus dynamique qui se traduit par un nombre élevé d'individus survivants aux tests de sensibilité. Les détails des résultats sont consignés, selon chaque insecticide, dans les tableaux 3 à 10 et les figures 1 et 2.

**Tableau 3.** Mortalité d'*An. gambiae s.l.* au DDT 4% et à dieldrine 4% dans 12 localités du Congo entre 2002-2018.

Localités	Date	% mortalité (N)	Statut
DDT 4%			
Brazzaville	2013-2014	2% (100)	R
	2016-2018	8% (100)	R
Djambala	2002-2003	90% (80)	BS
	2015-2016	7% (88)	R
Ewo	2002-2003	100% (80)	S
	2012-2013	100% (100)	S
Impfondo	2002-2003	92% (95)	BS
Kinkala	2013-2014	88% (100)	R
Nkayi	2002-2003	92,4%* (100)	BS
Ouessou	2010	4% (88)	R
	2015-2016	4% (100)	R
Owando	2013-2014	89% (100)	R
Pointe-Noire	2002-2003	17% (88)	R
	2010	33% (84)	R
Sibiti	2002-2003	96% (95)	BS
Djournouna	2016-2018	6% (100)	R
Boutoto	2009	0% (64)	R

**Statut :** R = résistant, S = sensible, BS = baisse de sensibilité ; \*=mortalité corrigée;  
N=effectif testé

Les tests réalisés entre 2002 et 2018 indiquent que les souches d'*An. gambiae s.l.* sont résistantes au DDT et à la dieldrine et en baisse de résistance dans toutes les localités. A l'exception d'Ewo où les populations testées ont été sensibles au DDT.

**Tableau 4 :** Mortalité d'*An. gambiae s.l.* à la perméthrine 0,75% dans 9 localités du Congo entre 2002-2018.

Localités	Date	% mortalité (N)	Statut
Perméthrine 0,75%			
Brazzaville	2013-2014	46% (100)	R
	2016-2018	43,4% (100)	R
Djambala	2002-2003	97,8%* (80)	BS

	2015-2016	53% (84)	R
Ewo	2002-2003	100% (80)	S
Impfondo	2002-2003	100% (91)	S
Nkayi	2002-2003	89%* (106)	R
Ouesso	2010	20% (96)	R
Owando	2002-2003	66% (100)	R
Pointe-Noire	2002-2003	95% (80)	BS
	2010	91% (84)	BS
	2015-2016	75% (100)	R
Sibiti	2002-2003	99%* (80)	S
	2015-2016	76% (100)	R

**Statut** : R = résistant, S = sensible, BS = baisse de sensibilité; \*= mortalité corrigée;  
N=effectif testé

Les tests récents montrent l'existence de la résistance des souches d'*An. gambiae s.l.* notamment à Sibiti, à Pointe-Noire, à Djambala et à Brazzaville.

**Tableau 5.** Mortalité d'*An. gambiae s.l.* à la deltaméthrine 0,05% et 0,5% dans 11 localités du Congo entre 2002-2018.

Localités	Date	% mortalité (N)	Statut
Deltaméthrine 0,05%			
Brazzaville	2013-2014	89% (100)	R
	2016-2018	73,1% (100)	R
Boutoto	2009	74% (100)	R
Djambala	2002-2003	76% (80)	R
	2015-2016	56% (88)	R
Djoumouna	2016-2018	82% (100)	R
Impfondo	2002-2003	100% (100)	S
Nkayi	2002-2003	98%* (100)	S
Ouesso	2010	79% (88)	R
	2015-2016	81% (100)	R
Owando	2002-2003	100%* (100)	S
Pointe-Noire	2002-2003	98,9% (100)	S
	2010	89% (88)	R
	2015-2016	48% (100)	R
Sibiti	2002-2003	88,9% (80)	R
	2015-2016	84% (100)	R
Deltaméthrine 0,5%			
Brazzaville	2018	89,75% (100)	R
Djoumouna	2018	100% (100)	S
Kintélé	2017	100% (75)	S

**Statut** : R = résistant, S = sensible; \*=mortalité corrigée; N=effectif testé

Comme pour la perméthrine, les résultats des tests récents montrent également une résistance des souches d'*An. gambiae s.l.* à la deltaméthrine notamment à Pointe-Noire, à Sibiti, à Djambala et à Brazzaville. Les résultats

des tests montrent en outre que les souches testées sont sensibles à la deltaméthrine 0,5% ; seules les souches de Brazzaville collectées dans différents quartiers de la ville ont présenté une résistance à la deltaméthrine.

**Tableau 6.** Mortalité d'*An. gambiae s.l.* à la lambdacyhalothrine 0,05% dans 10 localités du Congo entre 2002-2018.

Localité	Date	% mortalité (N)	Statut
Lambdacyhalothrine 0,05%			
Brazzaville	2013-2014	85% (100)	R
	2016-2018	49% (100)	R
Djambala	2002-2003	85% (80)	R
	2015-2016	68% (88)	R
Djournouna	2016-2018	29% (100)	R
Ewo	2002-2003	100% (80)	S
Impfondo	2002-2003	100% (90)	S
Nkayi	2002-2003	99% (95)	S
Ouessou	2015-2016	57% (100)	R
Owando	2002-2003	100% (100)	S
Pointe-Noire	2002-2003	95,8% (96)	BS
	2015-2016	54% (100)	R
Sibiti	2002-2003	63% (80)	R

**Statut :** **R** = résistant, **S** = sensible, **BS** = baisse de sensibilité; **N**=effectif testé

Les résultats des tests récents montrent une résistance des souches d'*An. gambiae s.l.* à la lambdacyhalothrine dans différentes localités mentionnées dans le tableau 6.

**Tableau 7.** Mortalité d'*An. gambiae s.l.* au malathion 5% et au pirimiphos-méthyl 1,25% dans 6 localités du Congo entre 2013-2018.

Localité	Date	% mortalité (N)	Statut
Malathion 5%			
Boutoto	2009	100% (100)	S
Brazzaville	2013-2014	100% (100)	S
Ewo	2013-2014	100% (100)	S
Kinkala	2013-2014	100% (100)	S
Owando	2013-2014	100% (100)	S
Djournouna	2016-2016	100% (100)	S
Pirimiphos-méthyl 1,25%			
Djournouna	2018	32% (100)	R

%mort: % de mortalité ; Statut : R = résistant, S = sensible, BS = baisse de sensibilité; N=effectif testé

Toutes les souches testées au malathion ont été sensibles à cet insecticide. Par ailleurs, la souche de Djournouna a été résistante au pirimiphos-méthyl 1,25% (mortalité 32%).

**Tableau 8.** Mortalité d'*An. gambiae s.l.* au bendiocarbe 0,1% dans 6 localités du Congo entre 2009-2018.

Localité	Date	% mortalité (N)	Statut
Bendiocarbe 0,1%			
Boutoto	2009	96% (106)	BS
Brazzaville	2013-2014	100% (100)	S
	2016-2018	84% (100)	R
Ewo	2013-2014	100% (100)	S
Kinkala	2013-2014	100% (100)	S
Owando	2013-2014	100% (100)	S
Djoumouna	2016-2018	86% (100)	R

Statut : R = résistant, S = sensible, BS = baisse de sensibilité; N=effectif testé

Dans l'ensemble des localités mentionnées, les souches d'*An. gambiae s.l.* testées ont été sensibles au malathion (organophosphoré).

Pour le bendiocarbe (carbamate), les souches d'*An. gambiae s.l.* testées à Boutoto en 2009 ont montré une baisse de sensibilité (mortalité de 96%). En 2013-2014, les populations testées dans les localités mentionnées ont présenté une sensibilité à cet insecticide. Cependant, en 2016-2018, les souches d'*An. gambiae s.l.* de Brazzaville et de Djoumouna ont présenté une résistance à ce produit, avec des taux de mortalité respectifs de 84% et de 86%.

**Tableau 9.** Répartition des taux de mortalité d'*An. gambiae s.l.* exposé à la deltaméthrine 0,05% seul versus exposé au préalable au PBO 4% puis à la deltaméthrine 0,05% souche de Boutoto en 2009 et de Brazzaville en 2018.

Insecticide et concentration	PBO 4% + deltaméthrine 0,05%			
	deltaméthrine 0,05% seule		PBO 4% + deltaméthrine 0,05%	
	% mortalité (N)	statut	% mortalité (N)	statut
Boutoto 2009	53,7% (94)	R	92,4% (91)	BS
Brazzaville 2018	78,6% (75)	R	98,6% (75)	S

**PBO** : butoxyde de pipéronyle; **Statut** : **R** = résistant, **S** = sensible, **BS** = baisse de sensibilité; **N**=effectif testé





**Figure 1.** Taux de mortalité d'*An. gambiae s.l.* exposé à la deltaméthrine 0,05% seul versus exposé au préalable au PBO 4% puis à la deltaméthrine 0,05% à Boutoto en 2009 et à Brazzaville en 2018.

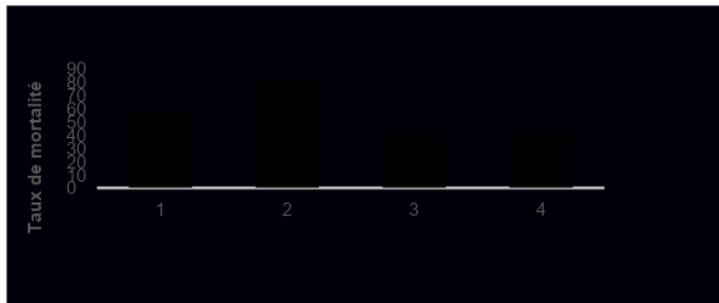
Le tableau 9 et la figure 1 montrent les taux de mortalité à la deltaméthrine seule et au PBO + deltaméthrine 0,05% ; ceux-ci ont été respectivement de 53,7% et 92,4% à Boutoto, de 78,6 % et 98,6% à Brazzaville. L'exposition au PBO a entraîné une augmentation significative des taux de mortalité dans ces localités. L'analyse de l'impact du PBO sur les taux de mortalité est du même ordre dans les deux localités ( $p < 0,149$ ).

**Tableau 10.** Répartition des taux de mortalité d'*An. gambiae s.l.* exposé à la deltaméthrine 0,05%, seul versus exposé au préalable au TPP 20% et diéthylmaleate 20% puis à la deltaméthrine 0,05% à Boutoto en 2009.

Insecticide et concentration	TPP 20% + deltaméthrine 0,05%				Diéthylmaleate 20% + deltaméthrine 0,05%			
	Deltaméthrine 0,05% seule		TPP 20% + deltaméthrine 0,05%		Deltaméthrine 0,05% seule		Diéthylmaleate 20% + deltaméthrine 0,05%	
Localité	% mortalité (N)	statut	% mortalité (N)	statut	% mortalité (N)	statut	% mortalité (N)	statut
Boutoto	56,6% (99)	R	81,5% (101)	R	43,9% (94)	R	43,6% (91)	R

**TPP** : triphényle phosphate ; **Statut** : **R** = résistant, **S** = sensible ; **N**=effectif testé

**TPP** : Triphényle phosphate ; **delt** : deltaméthrine



**Figure 2.** Taux de mortalité d'*An. gambiae s.l.* exposés à la deltaméthrine 0,05% avec et sans synergistes (au TPP 20% et au diéthylmaleate 20%) à Boutoto en 2009.

Le tableau 10 et la figure 2 montrent les taux de mortalité à la deltaméthrine seule au TPP 20% + deltaméthrine 0,05% ; ces taux ont été respectivement de 56,6% et 81,5%. Les taux de mortalité à la deltaméthrine seule au diéthylmaleate 20% + deltaméthrine 0,05% sont demeurés pratiquement inchangés.

## Discussion

Les résultats présentés dans cette étude montrent des niveaux de résistance inquiétants sur l'évolution de celle-ci dans les localités concernées. Par ailleurs, les tests de sensibilité n'ont pas été faits régulièrement dans toutes les localités entre 2002 et 2018 alors qu'ils auraient dû l'être. Ainsi, il n'a pas été possible de dire avec exactitude quel a été le facteur déterminant dans l'apparition de la résistance dans chaque localité. Cependant, à partir des résultats obtenus, l'évolution spatio-temporelle de la résistance aux insecticides au Congo peut être évaluée. Ainsi, la résistance serait due en partie à l'emploi à grande échelle des MIILDA par les populations. En effet, entre 2011 et 2012, deux millions quatre cent quatre-vingt-un mille cinq cent soixante-trois (2 481 563) moustiquaires imprégnées de deltaméthrine ont été distribuées à la population au niveau national (PNLP, 2012). L'emploi massif des MIILDA a pu avoir exercé une pression de sélection qui a induit la résistance aux insecticides appartenant à la famille des pyréthriinoïdes. Des études réalisées dans d'autres pays ont montré que l'emploi massif de MIILDA a été un facteur déterminant dans l'apparition de la résistance des anophèles aux pyréthriinoïdes (Yahouédo et al 2016; Thiaw et al 2018). Cette résistance a pu être également confortée par l'utilisation des insecticides de la même famille (tétraméthrine, perméthrine, lambdacyhalothrine) en agriculture. La lutte contre les ravageurs de culture se fait aussi avec d'autres insecticides comme le carbofuran (carbamate nématocide), le diméthoate (organophosphoré utilisé comme insecticide et acaricide), le diazinon (insecticide organophosphoré); l'endosulfan (un insecticide organochloré dont l'utilisation est restreinte ou interdite aux États-Unis et en Europe en raison de sa persistance dans l'environnement, dans l'organisme humain et de sa toxicité modérée) (Kucuker *et al.*, 2009). La résistance à ces divers insecticides pourrait être causée par la résistance métabolique impliquant les enzymes de détoxification, les monooxygénases à cytochrome P450, les glutathion S-transférases (GSTs) et les carboxylestérases (COEs). Ces enzymes sont en effet impliquées dans la résistance aux pyréthriinoïdes contribuant de manière incontestable à la résistance aux insecticides de cette famille (CNEV, 2014). Les insecticides utilisés dans la lutte contre les ravageurs pourraient contaminer les sites d'oviposition des anophèles, ce qui exercerait une pression de sélection importante et constante sur les populations larvaires d'anophèles. Un tel effet peut expliquer à plus ou moins long terme, l'émergence d'une résistance à ces insecticides dans les populations des vecteurs du paludisme.

Ces résultats sont en accord avec ceux obtenus par d'autres auteurs (Alou et al., 2010; Konan et al., 2011; Abuelmaali et al., 2013; Cisse et al., 2015; Antonio-Nkondjio et al., 2016), qui ont montré que l'utilisation fréquente des insecticides dans les exploitations agricoles et dans le stockage

de produits agricoles était à l'origine de forts taux de résistance chez *An. gambiae s.l.* à tous les insecticides testés.

En outre, dans le contexte de cette pression sélective, il est important de signaler également que les évolutions démographique et urbaine ont occasionné l'emploi des aérosols dans les ménages et les pulvérisations de divers insecticides par les compagnies privées opérant dans la lutte contre la nuisance culicidienne. Toutes ces pratiques ont contribué significativement à l'émergence, le maintien et le développement de la résistance chez les vecteurs du paludisme. Au-delà des causes évoquées, il convient de mentionner la présence à Brazzaville, à Pointe-Noire et dans d'autres villes du pays, des industries émettant des substances polluantes et toxiques qui pourraient contribuer aussi à l'apparition de la résistance aux insecticides chez les culicidés.

Ainsi, le maintien des différentes pressions exercées par les insecticides et la transmission probable des gènes de résistance aux descendants ont au fil du temps, favorisé la prolifération d'individus résistants au sein des populations anophéliennes. Ces hypothèses ont été confirmées dans d'autres pays (Chandre et al., 1999; Antonio-Nkondjio et al., 2011; Ndo et al., 2011). Les populations sensibles ou en baisse de sensibilité en 2002-2003 (Itoua *et al.*, 2003) se sont révélées résistantes aux mêmes insecticides (deltaméthrine, perméthrine et lambdacyhalothrine) en 2015-2016 (PNLP, 2016). Ce qui montre une évolution du phénomène de résistance au sein des populations d'*An. gambiae s.l.* dans les localités étudiées (Djambala, Sibiti, Pointe-Noire). Cependant le statut de résistance doit être réévalué dans les localités où les tests réalisés en 2002-2003 ont montré une sensibilité du vecteur à ces produits. Le statut général actuel de la résistance du vecteur nécessite la réalisation des tests dans l'ensemble des localités de manière régulière, au moins tous les deux ans.

En 2013, à Brazzaville, toutes les populations testées provenaient d'un mélange de larves issues de différents quartiers de la ville. Ces populations présentaient une résistance au DDT et aux pyréthrinoides (deltaméthrine, perméthrine et lambdacyhalothrine) (Bitsindou, 2014). Comme cela était également observé dans d'autres pays africains (Akogbéto et Yakoubou, 1999; Antonio-Nkondjio et al., 2011; Jones et al., 2012).

Les tests de 2016-2018 ont été faits avec des populations collectées dans différents quartiers (Makélékélé, jardin d'essai, Bacongo, MOUNGALI, Kombo et Mayanga), il faut noter que, seules les populations d'*An. gambiae s.l.* des quartiers Bacongo et Mayanga ont été sensibles à la deltaméthrine. Ces résultats ont montré que la résistance à une famille d'insecticides varie d'un quartier à un autre, probablement en fonction des activités anthropiques qui y sont menées. En 2018, les tests faits dans les mêmes quartiers ont montré que les populations testées étaient devenues résistantes à la deltaméthrine

traduisant une perte progressive de la sensibilité d'*An. gambiae s.l.* dans ces quartiers et le maintien de la résistance dans les autres. En effet, dans le quartier Mayanga les collectes ont été faites dans un site de maraîchage, donc un milieu potentiellement soumis aux insecticides agricoles. La perte de la sensibilité à la deltaméthrine et la résistance à la perméthrine et au DDT seraient dues à une intensification de l'emploi des insecticides comme cela a été constaté sur le terrain. Des insecticides tels que la tétraméthrine, la perméthrine, la lambda-cyhalothrine, le carbofuran, le diméthoate, le diazinon et l'endosulfan y sont utilisés. De ce fait, ces anophèles soumis à une pression insecticide constante résistent aux pyréthrinoïdes et au DDT en modifiant le site cible d'action de l'insecte ou avec les enzymes detoxifiantes entraînant la dégradation des pyréthrinoïdes, du DDT et aussi des insecticides appartenant aux familles des carbamates et des organophosphorés en métabolites moins toxiques ou inactifs et plus facilement excrétables (CNEV, 2014).

Même si le DDT n'est plus homologué au Congo (MEFDDE, 2017), ce produit a été largement utilisé durant la période coloniale et celle qui a suivi l'indépendance (Adam, 1964). La résistance des vecteurs au DDT pourrait être liée à cette pratique et être amplifiée par l'utilisation à large échelle au Congo des MIILDA imprégnées avec des pyréthrinoïdes, notamment la deltaméthrine (résistance croisée).

Les mécanismes impliqués dans cette résistance n'ont été mis en évidence que dans le village Boutoto (dans le département du Kouilou) en 2009. Des études faites dans d'autres pays ont montré que la résistance croisée au DDT et aux pyréthrinoïdes était due à l'implication du gène de résistance *kdr* et des enzymes métaboliques (Djègbè *et al.*, 2011; Gnanguenon *et al.*, 2014; Konaté *et al.*, 2016).

L'étude de Boutoto en 2009 a montré que la résistance au DDT était due aux mutations L1014F et L1014S. Tandis que la résistance aux pyréthrinoïdes était principalement attribuée aux monooxygénases et aux estérases. (Koekemoer *et al.*, 2011).

Concernant le bendiocarbe, les tests faits à Boutoto en 2009 ont montré une baisse de sensibilité à cet insecticide. D'autres tests devront être faits pour confirmer le statut de résistance à cet insecticide. A Brazzaville en 2013, toutes les populations testées ont été sensibles au bendiocarbe tandis qu'en 2018, les tests faits à Brazzaville avec des individus issus des sites de maraîchage et à Djoumouna ont montré des niveaux de résistance élevés. Le bendiocarbe n'étant pas ou peu utilisé au Congo en santé publique, l'apparition de cette résistance suppose une utilisation des carbamates et des organophosphorés en agriculture dans ces localités. En effet, à Djoumouna, l'une des principales activités est le maraîchage, l'emploi et l'effet des insecticides ne sont donc pas à exclure. La résistance au bendiocarbe a aussi été mise en évidence au Cameroun dans des sites de maraîchage et des sites pollués (Antonio-Nkondjio

*et al.*, 2016). Cette résistance a été attribuée à une exposition fréquente aux xénobiotiques, y compris aux insecticides appartenant aux familles des carbamates et des organophosphorés. En revanche, toutes les populations de moustiques testées ont été sensibles au malathion. Cette sensibilité serait due à la non utilisation de cet insecticide en santé publique et en agriculture.

La résistance au bendiocarbe et au pirimiphos-méthyl est préoccupante car ces insecticides peuvent être utilisés en pulvérisation intradomiciliaire (PID) dans les localités où la résistance aux pyréthriinoïdes a été mise en évidence dans le cadre de la gestion de la résistance. En effet au Bénin, le bendiocarbe a montré son efficacité quand il a été utilisé dans les PID (Akogbéto *et al.*, 2010).

La présente étude rapporte pour la première fois la résistance au bendiocarbe et au pirimiphos-méthyl au Congo. Ce constat fait apparaître la nécessité d'identifier les mécanismes de résistance impliqués. Ce qui permettra d'adopter des mesures appropriées de gestion de la résistance afin de réduire le risque d'échecs potentiels des interventions de lutte antivectorielle basées sur l'emploi des pyréthriinoïdes.

Les tests avec les synergistes ont été réalisés sur des populations résistantes à la deltaméthrine et au DDT. La préexposition au PBO et au TPP a restauré la sensibilité d'*An. gambiae s.l.* à la deltaméthrine. La mortalité à la deltaméthrine a été significativement améliorée en utilisant le TPP impliquant les estérases dans la résistance aux pyréthriinoïdes. Par contre, aucune différence des taux de mortalité n'a été observée en exposant ces populations au diéthylmaleate, ce qui montre que les glutathion-S-transférases ne sont pas impliquées dans la résistance aux pyréthriinoïdes. Les individus résistants au DDT ont tous survécu après leur exposition au PBO, au maléate de diéthyle et au TPP ; cela suggère que les enzymes detoxifiantes ne sont pas impliquées dans la résistance au DDT. L'augmentation des taux de mortalité a été liée à l'action des synergistes PBO et TPP respectivement inhibiteurs des monooxygénases et d'estérase. Ce qui suggère une implication importante des monooxygénases et des estérases dans la résistance des anophèles testés aux pyréthriinoïdes (deltaméthrine) en favorisant la pénétration des insecticides dans le corps du moustique et en neutralisant la métabolisation de l'insecticide (OMS, 2017). Ces résultats sont en accord avec ceux obtenus par d'autres auteurs qui ont montré que l'effet combiné des synergistes et des pyréthriinoïdes améliore la sensibilité des vecteurs aux pyréthriinoïdes (Chouaïbou *et al.*, 2014; Gleave *et al.*, 2017; Fagbohun *et al.*, 2019). Ces résultats montrent que l'utilisation des MIILDA avec du PBO serait une alternative efficace contre les vecteurs résistants aux pyréthriinoïdes dans le cadre de la gestion de la résistance à ces insecticides.

## Conclusion

Cette étude montre la répartition de la résistance d'*An. gambiae s.l.* aux insecticides utilisés en santé publique au Congo et révèle les variations spatiales et temporelles des profils de résistance aux insecticides. Cette résistance pourrait trouver ses origines dans l'utilisation des insecticides depuis la période coloniale (principalement le DDT) en santé publique, en agriculture et celle à large échelle des MIILDA depuis une trentaine d'années au Congo.

Un plaidoyer pour une coordination entre le ministère de la santé (programme de lutte antivectorielle) et les autres départements concernés par l'utilisation des insecticides (agriculture, environnement, commerce, etc.) est nécessaire pour une mise en œuvre efficiente des stratégies de gestion de la résistance. En outre, ces résultats montrent que la surveillance n'est pas régulière. Ainsi pour corriger cette faiblesse, la gestion de cette résistance obligerait une surveillance accrue et régulière, et la caractérisation des mécanismes sous-jacents de celle-ci. Pour garantir l'efficacité des MIILDA dans la lutte contre le paludisme au Congo, il serait souhaitable de préserver les pyréthrinoïdes pour l'imprégnation des moustiquaires et réduire leur utilisation dans les autres domaines.

## Remerciements

Les auteurs présentent leur vif remerciement au Docteur Jean Mermoz YOUNDOUKA, Coordonnateur du Programme National de Lutte contre le Paludisme au Ministère de la Santé et de la Population, pour la mise à disposition des données récapitulatives dudit programme, portant sur la sensibilité d'*Anopheles gambiae s.l.* aux insecticides.

## References:

1. Abbott, W.S. (1925) A method of computing the effectiveness of an insecticide. *J econ Entomol* 18: 265–267.
2. Abuelmaali, S.A., Elaagip, A.H., Basheer, M.A., Frah, E.A., Ahmed, F.T., Elhaj, H.F., et al. (2013) Impacts of agricultural practices on insecticide resistance in the malaria vector *Anopheles arabiensis* in Khartoum State, Sudan. *PLoS One* 8: e80549.
3. Adam, J.-P. (1964) Répartition géographique des anophèles en République du Congo (Brazzaville). *Cah ORSTOM Sér Ent Méd Parasitol* 2: 73–82.
4. Akogbéto, M. and Yakoubou, S. (1999) Résistance des vecteurs du paludisme vis-à-vis des pyréthrinoïdes utilisés pour l'imprégnation des moustiquaires au Bénin, Afrique de l'Ouest. *Bull Soc Pathol Exot* 92: 123–30.

5. Akogbéto, M.C., Padonou, G.G., Gbénou, D., Irish, S., and Yadouleton, A. (2010) Bendiocarb, a potential alternative against pyrethroid resistant *Anopheles gambiae* in Benin, West Africa. *Malaria journal* 9: 204.
6. Alou, L.P.A., Koffi, A.A., Adja, M.A., Tia, E., Kouassi, P.K., Koné, M., and Chandre, F. (2010) Distribution of ace-1 R and resistance to carbamates and organophosphates in *Anopheles gambiae* ss populations from Côte d'Ivoire. *Malaria Journal* 9: 167.
7. Antonio-Nkondjio, C., Fossog, B.T., Kopya, E., Poumachu, Y., Djantio, B.M., Ndo, C., et al. (2015) Rapid evolution of pyrethroid resistance prevalence in *Anopheles gambiae* populations from the cities of Douala and Yaoundé (Cameroon). *Malaria journal* 14: 155.
8. Antonio-Nkondjio, C., Fossog, B.T., Ndo, C., Djantio, B.M., Togouet, S.Z., Awono-Ambene, P., et al. (2011) *Anopheles gambiae* distribution and insecticide resistance in the cities of Douala and Yaoundé (Cameroon): influence of urban agriculture and pollution. *Malaria Journal* 10: 154.
9. Antonio-Nkondjio, C., Poupardin, R., Tene, B.F., Kopya, E., Costantini, C., Awono-Ambene, P., and Wondji, C.S. (2016) Investigation of mechanisms of bendiocarb resistance in *Anopheles gambiae* populations from the city of Yaoundé, Cameroon. *Malaria journal* 15: 424.
10. Bitsindou, P. (2014) Assessment of the susceptibility of malaria vectors to insecticides in some localities of Congo (Brazzaville, Kinkala, Owando and Ewo), Brazzaville, Congo: Ministère de la santé et de la population.
11. Bitsindou, P., Bagayoko, M., and Manga, L. (2006) Profil entomologique du paludisme au Congo.
12. Brogdon, W.G. and Barber, A.M. (1990) Microplate assay of glutathione S-transferase activity for resistance detection in single-mosquito triturates. *Comparative biochemistry and physiology B, Comparative biochemistry* 96: 339–342.
13. Chandre, F., Darrier, F., Manga, L., Akogbetto, M., Faye, O., Mouchet, J., and Guillet, P. (1999) Situation de la résistance aux pyréthrinoïdes chez *Anopheles gambiae* sensu lato.
14. Chareonviriyaphap, T., Rongnoparut, P., Chantarumporn, P., and Bangs, M.J. (2003) Biochemical detection of pyrethroid resistance mechanisms in *Anopheles minimus* in Thailand. *Journal of vector ecology: journal of the Society for Vector Ecology* 28: 108–116.
15. Chouaïbou, M., Zivanovic, G.B., Knox, T.B., Jamet, H.P., and Bonfoh, B. (2014) Synergist bioassays: A simple method for initial metabolic

- resistance investigation of field *Anopheles gambiae* s.l. populations. *Acta tropica* 130: 108–111.
16. Cisse, M.B., Keita, C., Dicko, A., Dengela, D., Coleman, J., Lucas, B., et al. (2015) Characterizing the insecticide resistance of *Anopheles gambiae* in Mali. *Malaria journal* 14: 327.
  17. CNEV (2014) Utilisation des insecticides et gestion de la résistance.
  18. Djègbè, I., Boussari, O., Sidick, A., Martin, T., Ranson, H., Chandre, F., et al. (2011) Dynamics of insecticide resistance in malaria vectors in Benin: first evidence of the presence of L1014S kdr mutation in *Anopheles gambiae* from West Africa. *Malaria journal* 10: 261.
  19. Fagbohun, I.K., Oyeniyi, T.A., Idowu, T.E., Otubanjo, O.A., and Awolola, S.T. (2019) Cytochrome P450 Mono-Oxygenase and Resistance Phenotype in DDT and Deltamethrin-Resistant *Anopheles gambiae* (Diptera: Culicidae) and *Culex quinquefasciatus* in Kosofe, Lagos, Nigeria. *Journal of medical entomology* 56: 817–821.
  20. Gillies, M., T. and De Meillon, B. (1968) The Anophelinae of Africa south of the Sahara (Ethiopian zoogeographical region). The South African Institute for Medical Research, Johannesburg.
  21. Gillies, M.T. and Coetzee, M. (1987) A supplement to the Anophelinae of Africa South of the Sahara, The South African Institute for Medical Research. Johannesburg.
  22. Gleave, K., Lissenden, N., Richardson, M., and Ranson, H. (2017) Piperonyl butoxide (PBO) combined with pyrethroids in long-lasting insecticidal nets (LLINs) to prevent malaria in Africa. *Cochrane Database of Systematic Reviews*.
  23. Gnanguenon, V., Govoetchan, R., Agossa, F.R., Ossè, R., Oke-Agbo, F., Azondekon, R., et al. (2014) Transmission patterns of *Plasmodium falciparum* by *Anopheles gambiae* in Benin. *Malaria journal* 13: 444.
  24. Itoua, Motandi, Bitsindou, P., and Zoulani, A. (2003) Evaluation de la sensibilité d'*Anopheles gambiae* s.l. à trois pyrèthrinoides et un organochloré dans sept chefs lieux départementaux du CONGO 2002 – 2003, Brazzaville, Congo: Ministère de la santé et de la population.
  25. Jones, C.M., Toé, H.K., Sanou, A., Namountougou, M., Hughes, A., Diabaté, A., et al. (2012) Additional selection for insecticide resistance in urban malaria vectors: DDT resistance in *Anopheles arabiensis* from Bobo-Dioulasso, Burkina Faso. *PloS one* 7: e45995.
  26. Koekemoer, L.L., Spillings, B.L., Christian, R.N., Lo, T.-C.M., Kaiser, M.L., Norton, R.A., et al. (2011) Multiple insecticide resistance in *Anopheles gambiae* (Diptera: Culicidae) from Pointe Noire, Republic of the Congo. *Vector-Borne and Zoonotic Diseases* 11: 1193–1200.



27. Konan, K.G., Koné, A.B., Konan, Y.L., Fofana, D., Konan, K.L., Diallo, A., et al. (2011) Résistance d'*Anopheles gambiae* sl aux pyréthrinoïdes et au DDT à Tiassalékro, village de riziculture irriguée en zone sud forestière de Côte-d'Ivoire. *Bulletin de la Société de pathologie exotique* 104: 303.
28. Konaté, L., Diallo, M., Faye, O., and Dia, I. (2016) Patterns of insecticide resistance and knock down resistance (kdr) in malaria vectors *An. arabiensis*, *An. coluzzii* and *An. gambiae* from sympatric areas in Senegal. *Parasites & vectors* 9: 71.
29. Kucuker, H., Sahin, O., Yavuz, Y., and Yürümez, Y. (2009) Fatal Acute Endosulfan Toxicity: A Case Report. *Basic & Clinical Pharmacology & Toxicology* 104: 49–51.
30. MEFDDE (2017) Circulaire N°0614/MEFDDE/CAB/DGE: Précisant les conditions de délivrance des autorisations relatives aux importations aux exportations, à la formulation, au commerce et à l'utilisation des produits chimiques à usage industriel.
31. Ndo, C., Menze-Djantio, B., and Antonio-Nkondjio, C. (2011) Awareness, attitudes and prevention of malaria in the cities of Douala and Yaoundé (Cameroon). *Parasites & vectors* 4: 181.
32. OMS (2014) Guide entomologique du paludisme, Geneva, Switzerland.
33. OMS (2017) Procédures pour tester la résistance aux insecticides chez les moustiques vecteurs du paludisme – seconde édition, Geneva, Switzerland.
34. PNLP (2018a) Directives nationales de prévention et de prise en charge du paludisme.
35. PNLP (2016) Rapport synthèse évaluation de la sensibilité des vecteurs du paludisme aux insecticides, Brazzaville, Congo: Ministère de la santé et de la population.
36. PNLP (2018b) Rapport d'activités 2017, Brazzaville, Congo: Ministère de la santé et de la population.
37. PNLP (2010) Rapport insecticide, Brazzaville, Congo: Ministère de la santé et de la population.
38. PNLP (2012) Rapport Technique De la Campagne de Distribution Universelle de la Moustiquaire Imprégnée d'insecticide, Brazzaville, Congo: Ministère de la santé et de la population.
39. Thiaw, O., Doucouré, S., Sougoufara, S., Bouganali, C., Konaté, L., Diagne, N., et al. (2018) Investigating insecticide resistance and knock-down resistance (kdr) mutation in Dielmo, Senegal, an area under long lasting insecticidal-treated nets universal coverage for 10 years. *Malaria journal* 17: 123.

40. WHO (1975) Manual on practical entomology in malaria. Part 2, Methods and techniques, Geneva, Switzerland.
41. WHO (1998) Test procedures for insecticide resistance monitoring in malaria vectors, bio-efficacy and persistence of insecticides on treated surfaces, Geneva, Switzerland.
42. WHO (2019) World malaria report 2019, Geneva, Switzerland.
43. William, G.B. and Janet, C. (1997) Heme peroxidase activity measured in single mosquitoes identifies individuals expressing an elevated oxidase for insecticide resistance. *Journal of the American Mosquito Control Association* 13: 233–237.
44. Yahouédo, G.A., Cornélie, S., Djègbè, I., Ahlonsou, J., Aboubakar, S., Soares, C., et al. (2016) Dynamics of pyrethroid resistance in malaria vectors in southern Benin following a large scale implementation of vector control interventions. *Parasites & vectors* 9: 385.



ESJ Natural/Life/Medical Sciences

## **Valeur Nutritive Des Espèces Herbacées Appétées Par Les Ruminants Sur Les Parcours Naturels Du Nord-Est Du Bénin**

***Badarou Kadidjatoulaï Opéyémi***

***Adehan Safiou Bienvenu***

Laboratoire de Recherches Zootechniques, Vétérinaire et Halieutique (LRZVH) Centre de Recherches Agricoles d'Agonkanmey, Institut National des Recherches Agricoles du Bénin (INRAB), Cotonou, Bénin

***Bello Orou Daouda***

Laboratoire de Biologie Végétale (LBV)

Faculté des Sciences Agronomiques, Université d'Abomey-Calavi (FSA/UAC)

École des Sciences et Techniques de Production Végétale (ESTPV), Cotonou République du Bénin

***Adjolohoun Sébastien***

Laboratoire d'Agrostologie et d'Innovations Agricoles pour le Développement. Faculté des Sciences Agronomiques, Université d'Abomey-Calavi, Jéricho, Cotonou, Bénin

***Oumorou Madjidou***

Laboratoire de Recherche en Biologie Appliquée (LaRBA), Ecole Polytechnique d'Abomey – Calavi (EPAC), Université d'Abomey-Calavi (UAC), Cotonou, Bénin

***Gbego Tossa Isidore***

Laboratoire de Recherches Zootechnique, Vétérinaire et Halieutique (LRZVH) Centre de Recherches Agricoles d'Agonkanmey, Institut National des Recherches Agricoles du Bénin (INRAB), Cotonou, Bénin

***Babatounde Séverin***

Laboratoire de Zootechnie, Faculté des Sciences Agronomiques, Université d'Abomey-Calavi, Cotonou, Bénin

[Doi:10.19044/esj.2021.v17n3p265](https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n3p265)

Submitted: 31 August 2020

Accepted: 15 January 2020

Published: 31 January 2020

Copyright 2021 Author(s)

Under Creative Commons BY-NC-ND

4.0 OPEN ACCESS

*Cite As:*

Badarou K.O., Adehan S.B., Bello O.D., Adjolohoun S., Oumorou M., Gbego T.I. & Babatounde S. (2021). *Valeur Nutritive Des Espèces Herbacées Appétées Par Les*

---

## Résumé

Au Nord - Est du Bénin, les systèmes d'élevage sont encore principalement traditionnels et les informations disponibles actuellement sur la valeur nutritive des fourrages sont souvent fragmentaires, voire disparates. L'objectif de l'étude était de contribuer à une meilleure connaissance des valeurs nutritives des espèces herbacées appréciées afin de les faire entrer dans les systèmes d'alimentation de ces ruminants. Pour ce faire, le suivi des animaux au pâturage et la récolte des fourrages appréciés par les bovins avaient permis d'identifier 26 espèces herbacées appréciées par les ruminants. 500g de chaque herbacée appréciée a été prélevé dans des sachets et laissé à l'air libre avant d'être convoyé au laboratoire. Une fois au laboratoire, ils ont séjourné dans une étuve jusqu'à obtention de poids constant. Les échantillons ont été ensuite moulu et 20gr de chaque herbacées a été identifié et mi en sachet pour les analyses. Les échantillons des herbacées appréciées ont été analysés par spectrométrie dans le proche infrarouge (SPIR). Le résultat du regroupement des différentes espèces herbacées présenté sous la forme de dendrogramme permettait d'identifier 5 groupes. En fin de saison pluvieuse, les espèces fourragères du groupe 1 2 et 5 ont des taux moyens élevés en matières azotées digestibles ( $MAD = 117,81 \pm 14,25$  g/kg MS) et en énergies nettes ( $UFL = 0,82 \pm 0,04$  et  $UFV = 0,73 \pm 0,03$ / kg de MS). La lignocellulose (ADF) et les valeurs énergétiques nettes (UFL, UFV) étaient négativement corrélées ( $r = -0,74$  ;  $p < 0,01$ ). Par contre, le couple (UFL, UFV) était positivement corrélé ( $r = 0,55$  ;  $p < 0,01$ ) aux valeurs MAD. En ce qui concerne ces espèces fourragères, l'effet dépressif de la teneur en cellulose brute (CB) sur la valeur MAD ( $r = -0,63$ ) apparaissait très hautement significatif ( $p < 0,001$ ). Les herbacées telles que *Andropogon tectorum*, *Boerhavia erecta* *Brachiaria falcifera* *Pennisetum polystachion* *Crotalaria macrocalyx* et *Spermacoce stachydea*, *Commelina benghalensis* et *Eleusine indica* sont de bonnes qualités nutritives.

---

**Mots-clés:** Valeur Nutritive, Herbacées, Bovins, Nord - Est Du Bénin

## **Nutritional Value Of The Herbaceous Appetizers By Ruminants On Natural Grazing Land Northeast Benin**

***Badarou Kadidjatoulaï Opéyémi***

***Adehan Safiou Bienvenu***

Laboratoire de Recherches Zootechniques, Vétérinaire et Halieutique  
(LRZVH) Centre de Recherches Agricoles d'Agonkanmey, Institut National  
des Recherches Agricoles du Benin (INRAB), Cotonou, Bénin

***Bello Orou Daouda***

Laboratoire de Biologie Végétale (LBV)

Faculté des Sciences Agronomiques, Université d'Abomey-Calavi  
(FSA/UAC)

École des Sciences et Techniques de Production Végétale (ESTPV), Cotonou  
République du Bénin

***Adjolohoun Sébastien***

Laboratoire d'Agrostologie et d'Innovations Agricoles pour le  
Développement. Faculté des Sciences Agronomiques, Université d'Abomey-  
Calavi, Jéricho, Cotonou, Bénin

***Oumorou Madjidou***

Laboratoire de Recherche en Biologie Appliquée (LaRBA),  
Ecole Polytechnique d'Abomey –Calavi (EPAC), Université d'Abomey-  
Calavi (UAC), Cotonou, Bénin

***Gbego Tossa Isidore***

Laboratoire de Recherches Zootechnique, Vétérinaire et Halieutique  
(LRZVH) Centre de Recherches Agricoles d'Agonkanmey, Institut National  
des Recherches Agricoles du Benin (INRAB, Cotonou, Bénin

***Babatoude Séverin***

Laboratoire de Zootechnie, Faculté des Sciences Agronomiques, Université  
d'Abomey-Calavi, Cotonou, Bénin

[Doi:10.19044/esj.2021.v17n3p1](https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n3p1)

---

### **Abstract**

In the north-east of Benin, livestock systems are still mainly traditional and the information currently available on the nutritional value of fodder is often fragmentary or even disparate. The objective of the study was to contribute to a better knowledge of the nutritional values of the herbaceous species being fed in order to include them in the feeding systems of these ruminants. To this end, the monitoring of animals on pasture and the harvesting of forages appeared by cattle had made it possible to identify 26

herbaceous species appeared by ruminants. 500g of each appeared grass was collected in bags and left outdoors before being transported to the laboratory. Once at the laboratory, they were kept in an oven until constant weight was obtained. The samples were then ground and 20gr of each herb was identified and half in bags for analysis. Samples of the palatable herbs were analyzed by near infrared spectrometry (NIRS). The result of the grouping of the different herbaceous species presented in the form of a dendrogram allowed the identification of 5 groups. At the end of the rainy season, the forage species of group 1 2 and 5 have high average rates of digestible nitrogenous matter (MAD =  $117.81 \pm 14.25$  g/kg DM) and net energy (UFL =  $0.82 \pm 0.04$  and UFV =  $0.73 \pm 0.03$ /kg DM). Lignocellulose (ADF) and net energy values (UFL, UFV) were negatively correlated ( $r = -0.74$ ;  $p < 0.01$ ). In contrast, torque (UFL, UFV) was positively correlated ( $r = 0.55$ ;  $p < 0.01$ ) with DSM values. For these forage species, the depressing effect of crude fibre (CB) content on the MAD value ( $r = -0.63$ ) appeared very highly significant ( $p < 0.001$ ). Grasses such as *Andropogon tectorum*, *Boerhavia erecta* *Brachiaria falcifera* *Pennisetum polystachion* *Crotalaria macrocalyx* and *Spermacoce stachydea*, *Commelina benghalensis* and *Eleusine indica* have good nutritional qualities.

---

**Keywords:** Nutritional Value, Herbaceous, Cattle, North - East Benin

## Introduction

La qualité des ressources fourragères constitue un facteur important dans le système d'alimentation des ruminants. C'est aussi un paramètre important dans le développement de l'élevage. Les écosystèmes naturels regorgent un potentiel fourrager qui assure l'essentiel de l'alimentation du cheptel ruminant des pays aux revenus faibles (Sala *et al.*, 2017). Les savanes et les forêts constituent de véritables ressources fourragères et offrent des potentialités économiques très importantes pour l'agriculture et l'élevage (Yoka *et al.*, 2013). La disponibilité et la diversité des ressources fourragères constituent la base de l'alimentation des bovins pour une satisfaction de leurs besoins en éléments nutritifs. Selon Baumont *et al.* (2011), les ruminants tirent 90-95% de leur nourriture des fourrages couvrant entre 70 à 80 % de leurs besoins énergétiques.

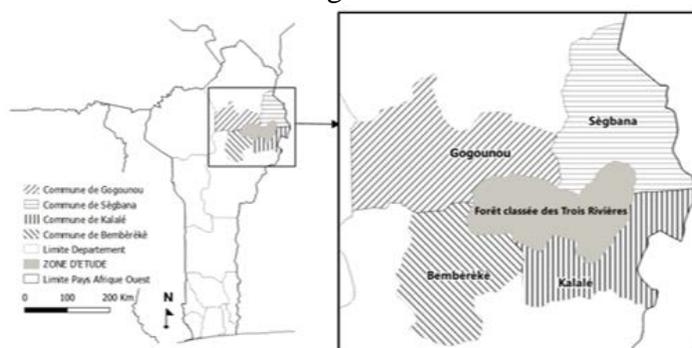
L'offre fourragère des pâturages naturels est de plus en plus réduite avec la dégradation des formations végétales combinée aux changements climatiques (Djenontin, 2005 et 2010). Dans les terres de parcours naturels surtout en saison pluvieuse, ce sont les herbacées fourragères qui constituent la majeure partie de l'alimentation des bovins (Lesse, 2016). Au Bénin, les informations disponibles actuellement sur la valeur nutritive de ces herbacées sont souvent fragmentaires, voire disparates. L'objectif de l'étude est de

contribuer à une meilleure connaissance de la valeur nutritive des herbacées. Il s'agira dans un premier temps de pouvoir les sélectionner, et les faire entrer à dessein dans les systèmes d'alimentation des ruminants domestiques puis dans un second temps d'identifier les constituants chimiques simples (faciles à doser en routine), fiables, peu onéreuses et ayant des relations avec la valeur nutritive de ces herbacées.

## Matériel et méthodes

### Milieu d'étude

L'étude a été conduite dans la zone agropastorale de la forêt classée des trois Rivières dans la commune de Kalalé (Figure 1) en fin de saison pluvieuse. Les échantillons ont été apprêtés au Laboratoire de Recherche Avicole et de Zoo économie (LARAIZE) de la Faculté des Sciences Agronomiques de l'Université d'Abomey-Calavi (FSA/UAC) avant d'être convoyés au Laboratoire d'Analyse des fourrages du Centre de Recherche Agronomique de Wallonie (CRAW) en Belgique pour la détermination de la valeur nutritive des herbacées fourragères.



### Collecte des échantillons

500g échantillon homogène de 26 herbacées appréciées (Badarou *et al.*, 2020) ont été prélevés puis conditionnés dans des sachets transparents et exposés à la température ambiante avant d'être convoyés au laboratoire. Ils ont été séchés dans une étuve ventilée à 60°C pendant 48 h jusqu'à poids constant puis moulu à 0,5 mm de maille dans un moulin à marteau.

### Analyse des échantillons

Ces échantillons ainsi obtenus ont été soumis aux analyses par spectrométrie dans le proche infrarouge (SPIR) à l'aide de l'appareil VIAVI. La spectrométrie dans le proche infrarouge (SPIR, ou NIRS en anglais) est une technique analytique basée sur l'absorption de la lumière par la matière organique des échantillons. La SPIR nécessite une phase d'étalonnage qui lie

le spectre infrarouge aux résultats des mesures faites au laboratoire par des méthodes de référence (composition chimique, valeur nutritive...). L'étalonnage doit être réalisé pour chacun des produits et chacune des composantes chimiques que l'on souhaite prédire par la suite.

Une fois au laboratoire, les 26 échantillons ont reçu chacun un numéro selon le protocole et conservés dans des emballages en sachet et en plastique à température ambiante.

Préparation à l'analyse : Le paramétrage des appareils a permis de définir : le « pas » pour l'enregistrement des absorbances ; le nom et l'endroit d'enregistrement des spectres sur l'ordinateur et le nombre de spectres à enregistrer (et/ou à moyenniser) par fichier, dans ce cas, ce fut 02. Une fois ces paramètres choisis, une référence externe a été mesurée avant toute utilisation. La référence dans le cadre de notre travail s'est faite toutes les dix (10) minutes.

Le matériel utilisé est composé des Ring cup (coupelles) contenant les échantillons à analyser, il s'agit aussi de 03 Nir4farm AUNIR (EQ1018, EQ1017 et EQ1138) et du MicroNir.

Les spectres obtenus après les mesures avec les appareils sont rassemblés dans une base de données spectrale enregistrée sur l'ordinateur. Pour la création des bases de données et la conception des modèles, les logiciels suivants ont été utilisés : - MicroNIR pro 1700 pour la mesure des échantillons, la création des bases de données et l'exportation de ces derniers et - The Unscrambler X (Camo Software) pour la compilation des spectres bruts en une matrice, quelle que soit la marque du spectromètre utilisé. Ce programme a également permis de développer les modèles prédictifs et de valider les modèles.

La première étape, avant le développement du modèle prédictif en tant que tel, consiste à répartir les données en deux groupes. Le premier groupe d'échantillons appelé « set de calibration », a été utilisé pour créer le modèle prédictif et établir une équation de prédiction. Le deuxième groupe appelé « set de validation », a été utilisé pour tester et vérifier le bon fonctionnement du modèle. Des analyses chimiques n'étant pas encore effectuées sur les échantillons, les calibrations développées dans la base de données Herbtrop qui comporte plus de 8134 échantillons a été utilisé pour prédire les valeurs de référence des fourrages à partir des mesures du XDS et du DS2500.

Une fois les spectres combinés en une base de données (DB) contenant les absorbances et les valeurs de référence, le développement d'un modèle prédictif peut commencer. Le prétraitement permet de réduire la variabilité liée au bruit présent sur tous les spectres et, surtout, de maximiser l'effet des longueurs d'onde qui présentent une variabilité inhérente à la nature même des échantillons. Les traitements mathématiques appliqués aux données spectrales sont dans un premier temps la dérivée première et le SNV. Ce traitement



mathématique consiste à calculer la dérivée sur toute la longueur d'onde. Pour dériver les spectres de ce travail, nous avons utilisé l'algorithme de « Savitzky & Golay ». Le traitement SNV correspond à une normalisation pondérée qui standardise chaque spectre pour avoir une moyenne globale de zéro et un écart type de 1 (Bertrand, 2006 ; Wise et al, 2006)

L'Analyse en Composante Principale est un outil mathématique utilisé pour visualiser l'ensemble d'un jeu de données composé de plusieurs variables. Cette étape est très utile pour obtenir une vue d'ensemble sur son jeu de données.

La régression des moindres carrés partiels permet de créer une nouvelle équation qui permet de créer une régression multi variée simple (MLR), mais avec des coefficients bien mieux corrélés aux spectres et aux valeurs Y qu'une MLR.

La Cross validation a permis de caractériser la calibration et de choisir le bon nombre de composantes à prendre en compte dans celle-ci. Des modèles produits dans ce travail, les échantillons ont été divisés en 3 groupes.

Le modèle prédictif en NIR utilisé est celle décrite par Minet et al., 2016.

En résumé, un bon modèle prédictif en NIR est caractérisé par : - un SEC et SECV faible ; - un RPD > 3 : - un biais nul : - un SEP similaire au SECV : - un R2 proche de 1.

## **Analyse statistique**

Afin de subdiviser l'ensemble des espèces en un nombre plus restreint, de classes ou groupes constitués d'éléments assez homogènes, une classification numérique prenant en compte les différents paramètres chimiques et valeurs nutritives des espèces a été réalisée avec le logiciel SAS version 9.2 et suivant le coefficient de détermination  $R^2 = 0,50$  (Sossa *et al.*, 2014 ; Dah Nouvlessounon *et al.*, 2015). Les groupes d'espèces obtenus ont été soumis à une analyse de variance selon Dah Nouvlessounon *et al.* (2015) en utilisant la procédure GLM du logiciel SAS version 9.2. Le test de Student Newman Keuls a été utilisé pour la séparation des moyennes au seuil de 5% (Dagnelie, 1986). Ensuite, les groupes obtenus ont été mis en relation avec les différents paramètres chimiques grâce à une analyse en composantes principales (ACP) selon Bello *et al.* (2017) afin de faciliter l'interprétation des résultats de cette classification. En fin une corrélation a été réalisée entre les paramètres chimiques et les valeurs nutritives.

## **Résultats**

### **Classification des herbacées appréciées par les ruminants**

Le résultat du regroupement des différentes espèces herbacées est présenté sous la forme d'un dendrogramme (figure 2). D'après les résultats du

dendrogramme, les informations de départ permettent de procéder au classement de ces espèces en cinq groupes. Le groupe 1 regroupe neuf espèces à savoir : *Andropogon tectorum*, *Brachiaria lata*, *Ipomoea eriocarpa*, *Amaranthus gprororus*, *Boerhavia erecta*, *Brachiaria falcifera*, *Corchorus stridens*, *Sida acuta*, *Curculigo pilosa*. Le groupe 2 comporte six espèces notamment *Pennisetum polystachion*, *Crotalaria macrocalyx*, *Mariscus cylindristachyus*, *Aeschynomene Indica*, *Tridas prucombens*, *Pennisetum pedicelatum*. Le groupe 5 est composé de trois espèces *Spermacoce stachydea*, *Commelina benghalensis* et *Eleusine indica*.

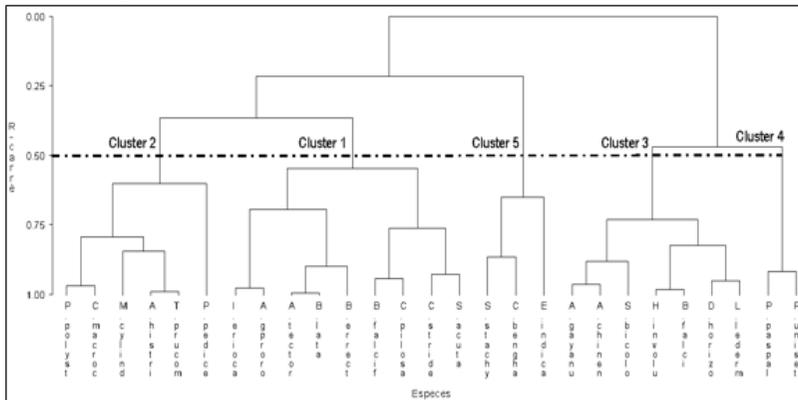


Figure 2. Dendrogramme présentant les différents groupes des herbacées.

## Caractéristiques chimiques et valeur nutritive des groupes d'herbacées appréciées par les ruminants identifiés à l'issue de la classification numérique

### Résultat de l'analyse de la variance

Les résultats de comparaison des cinq groupes d'herbacées appréciées par les ruminants dans la zone d'étude à partir des 13 variables mesurées (tableau 2) révèlent que hormis la matière sèche (MS) et les matières grasses (MG) qui ne varient pas significativement ( $p > 0,05$ ) d'un groupe d'espèces à un autre, toutes les autres caractéristiques chimiques varient très significativement ( $p < 0,001$ ) d'un groupe à un autre. Les résultats du test de Student Newman Keuls révèlent que les espèces du groupe 1, 2 et 5 contiennent des taux significativement ( $p < 0,05$ ) élevés ( $13,05 \pm 1,52$  %) de Matières Azotées Totales (MAT) alors que celles du groupe 1, 2 et 3 contiennent des taux significativement ( $p < 0,05$ ) élevés de Cellulose Brute (CB =  $34,99 \pm 2,95$  %) et de Matière Organique (MO =  $87,74 \pm 12,59$  %) comparativement aux groupes 4 et 5. Les taux significativement ( $p < 0,05$ ) plus élevés ( $21,35 \pm 1,83$  %) en Cendres Totales (CT) ont été enregistrés pour les espèces des groupes 4 et 5. S'agissant de la composition en constituants pariétaux, le taux des fibres totales (NDF) est significativement ( $p < 0,05$ ) élevé ( $70,97 \pm 0,9$  %) pour les espèces du groupe 3 et 4 alors que le taux en

lignocellulose (ADF) est significativement ( $p < 0,05$ ) élevé ( $45,17 \pm 1,53$  %) pour les espèces du groupe 2 et 3.

En ce qui concerne les valeurs nutritives, les groupe 1 et 5 sont constitués espèces ayant des valeurs UFL et UFV élevées. Des valeurs élevées ( $117,81 \pm 14,25$  g/kg MS) de Matières Azotées Digestibles sont enregistrées pour les espèces des groupes 1, 2 et 5 ont. De même, les taux significativement ( $p < 0,05$ ) plus élevées ( $87,74 \pm 0,75$  %) de la digestibilité de la matière organique (dMO) ont été obtenus ( $p < 0,05$ ) avec les espèces des groupes 1, 2 et 3. Avec une valeur de fisher élevée ( $F = 17,95$ ), la dMO apparait comme étant le critère le plus influencé par le groupe d'espèces herbacées. En terme d'énergies nettes (UFL), les herbacées du groupe 1 et 5 contiennent des teneurs significativement plus élevées que les autres groupes ( $p < 0,05$ ) de même le rapport MAD/UF.

**Tableau 2.** Composition chimique et la valeur nutritive (moyennes  $\pm$  erreur standard) par groupe d'herbacée.

Composition chimique et valeur nutritive	Clusters					Valeur de Fisher
	1	2	3	4	5	
MS (%)	91,51 $\pm$ 0,53	92,67 $\pm$ 0,40	93,26 $\pm$ 0,58	92,19 $\pm$ 1,43	93,80 $\pm$ 0,88	2,08 ns
MAT (%)	13,13 $\pm$ 1,01 a	13,10 $\pm$ 1,56 a	7,66 $\pm$ 1,00 ab	5,64 $\pm$ 0,02 b	12,94 $\pm$ 1,82 a	5,56 **
CB (%)	33,02 $\pm$ 1,63 a	33,61 $\pm$ 2,52 a	37,01 $\pm$ 0,68 a	36,30 $\pm$ 4,12 a	21,63 $\pm$ 0,92 b	6,49 **
MO (%)	85,57 $\pm$ 6,90 a	88,82 $\pm$ 8,99 a	88,83 $\pm$ 8,55 a	79,56 $\pm$ 16,88b	77,71 $\pm$ 20,60 b	17,96***
MG (%)	1,96 $\pm$ 0,17	2,04 $\pm$ 0,28	1,81 $\pm$ 0,25	1,12 $\pm$ 0,02	2,26 $\pm$ 0,39	1,19 ns
CT (%)	14,42 $\pm$ 0,69 b	11,17 $\pm$ 0,89 b	11,16 $\pm$ 0,85 b	20,43 $\pm$ 1,68 a	22,28 $\pm$ 2,06 a	17,95***
NDF (%)	57,31 $\pm$ 2,58 b	55,50 $\pm$ 1,58 b	73,60 $\pm$ 1,16 a	68,26 $\pm$ 0,64 a	47,88 $\pm$ 6,54 b	12,86***
ADF (%)	38,78 $\pm$ 1,39 ab	44,75 $\pm$ 1,92 a	45,59 $\pm$ 1,13 a	42,45 $\pm$ 2,72 ab	35,79 $\pm$ 2,93 b	5,10 **
ADL (%)	9,09 $\pm$ 0,97 bc	14,61 $\pm$ 0,92 a	5,60 $\pm$ 0,49 c	7,43 $\pm$ 0,36 bc	10,51 $\pm$ 3,89 ab	7,78 ***
MAD (g/kgMS)	118,52 $\pm$ 9,46 a	118,17 $\pm$ 14,56 a	67,71 $\pm$ 9,35 b	48,90 $\pm$ 0,19 b	116,75 $\pm$ 16,98 a	5,56 **
dMO(%)	85,57 $\pm$ 0,69 a	88,82 $\pm$ 0,89 a	88,83 $\pm$ 0,85 a	79,56 $\pm$ 1,68 b	77,71 $\pm$ 2,06 b	17,95***
UFL (/kgMS)	0,82 $\pm$ 0,04 a	0,61 $\pm$ 0,04 b	0,65 $\pm$ 0,03 ab	0,59 $\pm$ 0,05 b	0,82 $\pm$ 0,06 a	5,86 **
UFV (/kgMS)	0,74 $\pm$ 0,03 a	0,55 $\pm$ 0,03 bc	0,59 $\pm$ 0,03 abc	0,52 $\pm$ 0,04 c	0,72 $\pm$ 0,05 ab	5,53 **

MAD/UF	144,54±46,5	193,72±38,	104,17±38	82,88±11,	142,38±28,7	4,77
L (g)	7 ab	59 a	,65 b	4 b	1 ab	**

*Les moyennes suivies de la même lettre ne sont pas significativement ( $p>0,05$ ) différentes selon le test de Student Newman Keuls.*

*ns : non significatif ; \*\* : très significatif ( $p<0,01$ ) ; \*\*\* : très hautement significatif  $p<0,001$ )*

### **Résultat de l'analyse en composante principale**

Les résultats de l'analyse en composante principale réalisés sur les différents groupes d'espèces herbacées appréciées par les ruminants dans la zone d'étude à partir des compositions chimiques (MS, MAT, NDF, ADF, ADL, CB, MO, MG, CT,) et valeurs nutritives (UFL, UFV, dMO et MAD) ont permis de décrire les relations entre eux et d'affiner leur analyse. Ces résultats indiquent que les deux premiers axes expliquent 80,20 % de l'information totale (tableau 3).

**Tableau 3.** Valeur propre et proportion cumulée des trois premières composantes principales.

Axe	Valeur propre	Proportion	Cumulative
Axe 1	6,65	0,512	0,512
Axe 2	3,76	0,29	0,802
Axe 3	1,42	0,11	0,912

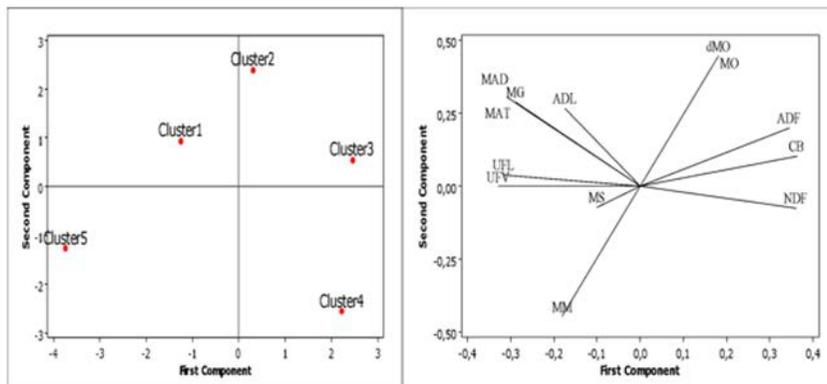
La corrélation entre les différents paramètres mesurés (caractéristiques chimiques et valeur nutritive) et les axes (tableau 4) montre que la première composante principale oppose le taux de matière azotée totale (MAT), de matières azotées digestibles (MAD), de valeurs énergétiques nettes (UFL ; UFV) au taux de cellulose brute (CB) dans chaque groupe. Il ressort que toutes les espèces herbacées appréciées par les ruminants et ayant une forte teneur en MAT, MAD et en énergies nettes (UFL, UFV) contiennent une faible teneur de cellulose brute (CB) et vis-versa. De même au niveau de la seconde composante principale, le taux des CT oppose les taux de MAT, MO, dMO et MAD. Il en ressort que les herbacées ayant une forte teneur en CT contiennent une faible teneur de MAT, MO, dMO et MAD et vice versa (tableau 4).

La projection des différentes caractéristiques chimiques et nutritives dans le système d'axes définis par les groupes des herbacées appréciées par les ruminants (figure 3) à l'issue de l'analyse en composante principale (ACP), montrent que les espèces composant le groupe 1 sont celles qui comportent les teneurs les plus élevées en MS, ADF, ADL alors que celles du groupe 2 ont une dMO élevée. Les espèces du groupe 3 par contre, comportent les fortes teneurs en Cellulose Brute (CB) alors que celles composant le groupe 4 sont les plus riches en CT. Dans le groupe 5, les herbacées appréciées présentent d'excellentes valeurs azotées (MAD) et énergétiques (UFL, UFV).

**Tableau 4.** Variables associées aux deux premières composantes.

Paramètres mesurés	PC1	PC2	PC3
MS	-0,10ns	-0,07ns	-0,46*
MAT	-0,31*	0,31*	-0,01ns
NDF	0,36*	-0,07ns	0,21ns
ADF	0,35*	0,20ns	-0,19ns
ADL	-0,17ns	0,27ns	-0,48*
CB	0,36*	0,10ns	0,19ns
MO	0,18ns	0,45*	0,10ns
MG	-0,29ns	0,29ns	-0,05ns
MM	-0,18ns	-0,45*	-0,10ns
UFL	-0,32*	0,04ns	0,47*
UFV	-0,33*	-0,01ns	0,43*
dMO	0,18ns	0,45*	0,10ns
MAD	-0,31*	0,31*	-0,01ns

ns : non significatif ; \* : significatif ( $p < 0,05$ )



**Figure 3.** Relation entre les groupes d'espèces et les caractéristiques chimiques à partir de l'Analyse en Composantes Principales (ACP) : projection des groupes et des variables dans le système d'axes factoriels

### Corrélation entre les différents paramètres

Les différentes corrélations établies entre les variables mesurées (tableau 5) montre qu'il existe une corrélation positive et significative entre le taux de matières azotées totales (MAT) et l'unité fourragère lait (UFL) ( $r = 0,55$  ;  $p < 0,01$ ), l'unité fourragère viande (UFV) ( $r = 0,54$  ;  $p < 0,01$ ) et les matières azotées digestibles (MAD) ( $r = 1,00$  ;  $p < 0,01$ ). Il ressort que les herbacées appréciées par les ruminants et ayant une forte teneur en matières azotées totales (MAT) contiennent des valeurs élevées en énergies nettes (UFL ; UFV) et en MAD. Cependant, le taux de NDF est négativement et significativement corrélée avec l'UFL ( $r = -0,45$  ;  $p < 0,01$ ) et l'UFV ( $r = -0,45$  ;  $p < 0,01$ ) et les teneurs en MAD ( $r = -0,53$  ;  $p < 0,001$ ). De même, le taux en lignine (ADL) est négativement et significativement corrélé avec le taux de l'unité fourragère lait (UFL) ( $r = -0,74$  ;  $p < 0,01$ ) et, avec l'unité fourragère

viande (UFV) ( $r = -0,75$  ;  $p < 0,01$ ), pendant qu'elle est positivement corrélée avec le taux de digestibilité de la Matière Organique (dMO) ( $r = 0,49$  ;  $p < 0,05$ ). Cependant, la teneur en cellulose brute (CB) est négativement et significativement corrélée avec la teneur en matière azotée digestible (MAD) ( $r = -0,63$  ;  $p < 0,001$ ), avec l'unité fourragère lait (UFL) ( $r = -0,49$  ;  $p < 0,01$ ) et avec l'unité fourragère viande (UFV) ( $r = -0,51$  ;  $p < 0,01$ ) pendant qu'elle est positivement corrélée avec la dMO ( $r = 0,45$  ;  $p < 0,05$ ). Autrement dit, les espèces herbacées appréciées par les ruminants et ayant une forte teneur en cellulose brute (CB) ont généralement de faible valeur en énergies nettes (UFL ; UFV) et en MAD. Cependant, une espèce d'herbacée contenant une teneur élevée en cellulose brute (CB) contient aussi une digestibilité de la Matière Organique (dMO) élevée. On note également une corrélation significative et positive MO et dMO ( $r = 1,00$  ;  $p < 0,001$ ) d'une part, et d'autre part, entre MG et UFL ( $r = 0,39$  ;  $p < 0,05$ ). Ainsi, une espèce herbacée contenant une teneur élevée en Matière Organique (MO) a une forte digestibilité de la Matière Organique (dMO). De même, une espèce contenant une forte teneur en matière grasse (MG) contient également une forte valeur de l'unité fourragère lait (UFL). Cependant, on note une corrélation significative et négative entre les matières minérales (MM) et la digestibilité de la matière organique (dMO) ( $r = -1,00$  ;  $p < 0,05$ ). Ainsi une espèce d'herbacée ayant une forte teneur en cendres totales (CT) a une faible digestibilité de la Matière Organique (dMO). L'UFL est positivement et significativement corrélé à l'UFV ( $r = 0,99$  ;  $p < 0,001$ ) et à MAT. Il en résulte que les herbacées appréciées par les ruminants et ayant l'unité fourragère lait élevée ont aussi l'unité fourragère viande (UFV) élevée et une forte digestibilité de la matière azotée (MAD). De même, l'unité fourragère viande (UFV) est positivement et significativement ( $r = 0,54$  ;  $p < 0,01$ ) corrélée à la digestibilité de la matière azotée (MAD). Ainsi, une herbacée dont l'unité fourragère viande est élevée à une forte digestibilité (tableau 5).

**Tableau 5.** Corrélation entre les principales caractéristiques déterminées au niveau des herbacées appréciées par les ruminants.

	MS	MAT	NDF	ADF	ADL	CB	MO	MG	MM	UFL	UFV	dMO
M S												
M A T	0,08 ns											
N D F	0,14 ns	- 0,53* *										
A D F	- 0,03 ns	- 0,49* *	0,47 *									

A D L	- 0,33 ns	0,20n s	- 0,63 ***	0,27n s									
C B	- 0,19 ns	- 0,63* **	0,56 **	0,62* **	- 0,13 ns								
M O	- 0,17 ns	- 0,12n s	0,28 ns	0,49* *	0,18 ns	0,45*							
M G	- 0,18 ns	0,33n s	- 0,15 ns	- 0,15n s	0,22 ns	- 0,28n s	- 0,02n s						
C T	0,17 ns	0,12n s	- 0,28 ns	- 0,49n s	- 0,18 ns	-0,45*	- 1,00* **	0,02 ns					
U F L	- 0,13 ns	0,55* *	- 0,45 *	- 0,74* **	- 0,19 ns	- 0,49* *	- 0,30n s	0,39 *	0,30 ns				
U F V	- 0,11 ns	0,54* *	- 0,45 *	- 0,75* **	- 0,20 ns	- 0,51* *	- 0,35n s	0,38 ns	0,35 ns	0,99 ***			
d M O	- 0,17 ns	- 0,12n s	0,28 ns	0,49* *	0,18 ns	0,45*	1,00* **	- 0,02 ns	- 1,00 0*	- 0,30 ns	- 0,35 ns		
M A D	0,08 ns	1,00* **	- 0,53 **	- 0,49* *	0,20 ns	- 0,63* **	- 0,13n s	0,33 ns	0,13 ns	0,55 **	0,54 **	0,13ns	

ns : non significatif ; \* : très significatif (p<0,05) \*\* : très significatif (p<0,01) ; \*\*\* : très hautement significatif p<0,001

## Discussion

### *Composition chimique des espèces herbacées étudiées*

L'évaluation de la valeur alimentaire d'un fourrage dépend de deux facteurs d'égale importance : sa valeur nutritive et la quantité de matière sèche volontairement ingérée par un animal à qui on offre ce fourrage à volonté (Sidi *et al.*, 2016).

Les résultats des analyses chimiques réalisés au laboratoire ont révélé que, les teneurs en MAT varient entre 5,64±0,02 % et 13,13±1,01 % et celles des MAD variant entre 48,90±0,19 g/kg de MS et 118,52±9,46 g/kg de MS avec les fortes valeurs concentrées dans les espèces notamment : *A. tectorum*, *B. lata*, *I. eriocarpa*, *A. gprororus*, *B. erecta*, *B. falcifera*, *C. stridens*, *Sida acuta*, *Curculigo pilosa*, *P. polystachion*, *C. macrocalyx*, *Mariscus cylindristachyus*, *A. Indica*, *T. prucumbens*, *P. pedicelatum*, *A. gayanus*, *A. chinensis*, *Sorghum bicolor*, *H. involucrata*, *B. falcifera*, *Digitaria horizontalis* et *L. ledermannii*. Des résultats similaires ont été obtenus par Kadi et Zirmi-Zembri (2016) en Algérie et Laudadio *et al.* (2009) en Tunisie

au niveau des feuillages de certaines espèces fourragères notamment *Ephédra alata*, *Fraxinus angustifolia*, *Fraxinus excelsior* et *Genista saharae*. Cependant ces valeurs obtenues sont largement inférieures à celles obtenues par Kadi et Zirmi-Zembri (2016) sur *Acacia horrida*, *Acacia nilotica*, *Acacia saligna* et *Acacia albida* où les valeurs obtenues sont comprises entre 15,7% et 25,2%. Selon Arbouche *et al.* (2012), le taux moyen de MAT (13 %) est appréciable, s'agissant d'arbres et arbustes, avec cependant une grande dispersion montrant la grande variabilité de la composition chimique observée dans l'étude.

En ce qui concerne les cendres totales (CT), les valeurs obtenues sont comprises entre  $11,16 \pm 0,85\%$  et  $22,28 \pm 2,06\%$  avec les valeurs les plus élevées obtenues pour avec les espèces du groupe 4 (*Paspalum scrobiculatum* et *Pennisetum unisetum*) et du groupe 5 (*Spermacoce stachydea*, *Commelina benghalensis* et *Eleusine indica*). Des résultats similaires ont été obtenus par Kadi et Zirmi-Zembri (2016) sur *Anabasis articulata* et Haddi *et al.* (2009) sur *Cynodon dactylon*, *Tamarix africana*, *Cyperus conglomeratus*, *Hedysarum coronarium*; des espèces fourragères appréciées par les ruminants en dans les zones arides et semi arides de l'Algérie. Cependant ces mêmes auteurs ont obtenu des valeurs inférieures de la CT dans les espèces comme *Zilla macroptera*, *Zilla spinosa*, *Zizyphus lotus* (entre 3,2 et 5,89%). Selon, Boufennara *et al.* (2012), les arbres et arbustes fourragers sont connus pour être hétérogènes en fonction de l'espèce végétale, de l'organe et de l'âge de la plante. Cette variation est aussi fonction d'autres paramètres comme la méthode de séchage dans le cas des feuilles d'olivier (Martín-García *et al.*, 2008).

### **Valeur nutritive des espèces étudiées**

La qualité de la nutrition est un facteur clé de tout système d'élevage des ruminants qui se veut efficace. Ces derniers doivent recevoir tous les éléments nutritifs, diététiques essentiels en quantités optimales. Les espèces étudiées ont montré des valeurs de UFL allant de 0,55 à 0,74 /kg MS et de UFV allant de 0,59 à 0,82 /kg MS et des valeurs des fibres totales (NDF) et en lignine(ADL) allant de 48 à 74 % et 6 à 15 % respectivement. Haddi *et al.* (2009) ont obtenu une valeur de l'Unité Fourragère de 0,76 kg /MS sur *Cynodon dactylon* et *Cyperus conglomeratus* en Algérie. De même, Sidi *et al.* (2016) ont obtenu une valeur inférieure à 0,75 /kg MS pour les unités fourragères de lait (UFL) et de viande (UFV) sur les ligneux appréciés par les ruminants des parcours communautaires du Nord-Est du Bénin. Globalement, les fourrages étudiés sont riches en fibres puisque les teneurs moyennes en NDF dépassent 45 % alors que celles en lignocellulose (ADF) avoisinent 30 %. D'après les travaux réalisés par Bouazza *et al.* (2012), un fourrage est de bonne qualité s'il se caractérise par des valeurs de MAT >10 % de MS et des taux de



NDF < 30 %, pauvre s'il contient des teneurs en MAT < 10 % et des teneurs en NDF > 50 % et de très bonnes sources d'énergétique si les valeurs de UFL  $\geq 0,7$  et UFV  $\geq 0,6$ . Ainsi, les espèces comme *A. gayanus*, *A. chinensis*, *S. bicolore*, *H. involucrata*, *B. falcifera*, *D. horizontalis*, *L. ledermannii*, *P. scrobiculatum* et *P. unisetum* sont des espèces pauvres et ne peuvent pas couvrir les besoins d'entretien et de production de ruminants d'élevage en milieu réel ayant un gain moyen quotidien de 55 g selon Babatounde *et al.* (2009). Les espèces comme *A. tectorum*, *B. lata*, *I. eriocarpa*, *A. gprororus*, *B. erecta*, *B. falcifera*, *C. stridens*, *S. acuta*, *C. pilosa*, *P. polystachion*, *C. macrocalyx*, *M. cylindristachyus*, *A. Indica*, *T. prucombens*, *P. pedicelatum*, *S. stachydea*, *C. benghalensis* et *E. indica* sont quand à elles de très bonne source d'énergie. Ces espèces qualifiées de fourrage excellent car leur unité fourragère est supérieure à 0,6 UF et la teneur en MAD est supérieure à 53 g par kg de MS. Elles peuvent assurer une production journalière de l'U. B. T. de plus de 3 litres de lait ou plus de 300 g de gain de poids vif, de kg de MS (Awohouedji *et al.*, 2013 ; Koura *et al.*, 2015).

#### **Corrélation entre caractéristiques chimiques et valeur nutritive**

La corrélation des paramètres chimiques tels que la digestibilité et la composition chimique montrent que la digestibilité augmente avec la forte teneur en matière azotée et diminue avec les teneurs en NDF, ADF et de la cellulose brute. Ce résultat est conforme aux travaux de Ndagurwa et Dube (2013), qui ont trouvé que la digestibilité de la matière organique dépend essentiellement de la teneur des constituants de la paroi cellulaire et intra cellulaires, notamment en matière azotée, ce qui fait que cette digestibilité diminue au fur et à mesure que la teneur en parois cellulaires et leur degré de lignification augmente et que la teneur en constituants intra cellulaires diminue. De la même, Longo *et al.* (2007), rapportent qu'il existe une corrélation négative entre les proportions de lignine et la digestibilité des parois cellulaires, en raison des relations complexes existantes entre la lignine et les autres molécules de la paroi cellulaire. De même, Chehma *et al.* (2003) ; Chehma et Longo, (2004) ont aussi observé que la diminution de la digestibilité est corrélée avec une augmentation de la teneur en cellulose brute des parois. Les résultats des travaux réalisés par Ammar *et al.* (2005) et Haddi *et al.* (2009) ont montré que les protéines des fourrages verts sont situées pour l'essentiel dans les cellules chlorophylliennes (feuilles) et le cytoplasme. Selon Ndagurwa et Dube (2013), la variation en matière azotée totale (MAT) est liée à la composition morphologique. Les résultats de la présente étude ont révélé une corrélation positive entre les valeurs MAT et les énergies nettes (UFL, UFV). Ce résultat confirme les travaux de Chehma *et al.* (2003) qui ont montré que la valeur énergétique des plantes est liée positivement à leur teneur en matières azotées et négativement à leur teneur en cellulose brute et en parois.

## Conclusion

Vingt-six (26) herbacées appréciées par les ruminants sur les parcours communautaires du Nord-Est du Bénin ont été caractérisées à travers la détermination de leurs compositions chimiques. Au terme de l'étude, les espèces des groupes 1 et 5 sont riches en MAT, MAD, UFL, UFV avec UFL supérieure à 0,80 et le rapport MAD/UF supérieur à 120g pendant que les herbacées des groupes 3 et 4 sont riches en NDF. Les herbacées telles que *A. tectorum*, *A. gprororus*, *B. erecta*, *B. falcifera*, *S. acuta*, *P. polystachion*, *M. cylindristachyus*, *A. Indica*, *T. prurcombens*, *S. stachydea*, *C. benghalensis* et *E. indica* sont celles qu'on peut promouvoir afin d'améliorer la production de viande et de lait au Bénin. Il est envisagé l'élaboration des modèles de prédiction de la valeur nutritive de ces herbacées fourragères.

## References:

1. Ammar H., Lopez S., Gonzalez J.-S. (2005). Assessment of the digestibility of some Mediterranean Shrubs by in vitro techniques. *Animal Feed Sciences and Technology*, 119, 223-331.
2. Arbouche Y., Arbouche H. S., Arbouche F. et Arbouche R. (2012). Valeur fourragère des espèces prélevées par *Gazella cuveieri* Ogilby, 1841 au niveau du djebel Metlili Algérie. *Archiva Zootechnica*. 61(233), pp. 145-148
3. Awohouedji D. Y. G., Severin B., Julien A., Marcel H., Sylvie H.-A. and others 2013. Supplementing *Panicum maximum* with two medicinal forages in the diet of Djallonke sheep at the Benin national sheep center, *Scientific Journal of Animal Science*, 2 (11), pp. 285–295. Available from: <http://sjournals.com/index.php/SJAs/article/view/1025>
4. Babatounde S., Toleba S., Adandedjan C., Dahouda M., Sidi H. and Buldgen A. (2009). Comportement alimentaire et évolution pondérale des moutons Djallonké sur des pâturages de fourrages cultivés en mélange, *Annales Des Sciences Agronomiques*. Université d'Abomey-Calavi (UAC).
5. Badarou K O., Sidi H., Adehan S. B., Adjolohoun S., Gbego. Tossa I., H.oundonougbo F., & Babatounde S., (2020). Herbacées fourragères appréciées par les bovins sur les parcours communautaires du nord-est du Bénin. *Journal of Animal & Plant Sciences (J. Anim. Plant Sci. ISSN 2071-7024) Vol.45 (3): 7964-7978* <https://doi.org/10.35759/>
6. Baumont R., Arogo Y., Niderdorn V. (2011). Transformation des plantes au cours de leur conservation et conséquences sur leur valeur pour les ruminants, *Fourrages*, 205, 35-46.
7. Bello O.D., L. E. Ahoton, A. Saidou, I. P.B. Akponikpè, V. A. Ezin, I. Balogoun, N. Aho. (2017). Climate change and cashew (*Anacardium*

- occidentale L.) productivity in Benin (West Africa): perceptions and endogenous measures of adaptation. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*. 11(3): 924-946.
8. Bertrand D. et Dufour E. 2006. *La spectroscopie infrarouge et ses applications analytiques*. 2ème éd. Paris.
  9. Bouazza L., Bordas R., Boufennara S., Bousseboua M. and Lopez S. (2012). Nutritive evaluation of foliage from fodder trees and shrubs characteristic of Algerian arid and semi -arid area. *Journal of animal and feed sciences*, 21, 521-536.
  10. Boufennara S., Lope Z. S., Bousseboua M., Bodas R. and Bouazza L. (2012). Chemical composition and digestibility of some browse plant species collected from Algerian arid rangelands. *Spanish Journal of agricultural Research*, 10(1):88-98.
  11. Chehma A., Longo H. F, & Belbey A. (2003). Utilisation digestive de régimes à base de rebuts de dattes chez le dromadaire et le mouton. *Revue Courrier du savoir* (3), Université Hassan Dahleb–Biskra (Algérie), 17-21.
  12. Chehma A, & Longo-Hammouda F. H. (2004). Bilan azoté et gain de poids, chez le dromadaire et le mouton, alimentés à base de sous-produits du palmier dattier, de la paille d'orge et du drinn" *Aristida pungens*". *Cahiers Agricultures*, 13(2), 221-226.
  13. Dagnelie, P. (1986). *Théorie et méthodes statistiques vol. II*, Chapitre 17, Lavoisier Tec. et Doc.
  14. Dah-Nouvlessounon D., Adjanooun A., Sina H., Noumavo P. A., Diarrasouba N., Parkouda C. & Baba-Moussa L. (2015). Nutritional and anti-nutrient composition of three kola nuts (*Cola nitida*, *Cola acuminata* and *Garcinia kola*) produced in Benin. *Food and Nutrition Sciences*, 6(15), 1395.
  15. Djenontin A. (2005). Interactions élevage-environnement : adaptation des modes d'élevage des bovins à l'extension des espaces cultivés au Nord-Est du Bénin. Mémoire DEA, Université d'Abomey-Calavi, Faculté des Sciences Agronomiques.
  16. Djenontin J. (2010). Dynamique des stratégies et des pratiques d'utilisation des parcours naturels pour l'alimentation des troupeaux bovins au Nord-Est du Bénin (Doctoral dissertation). 203p
  17. Gerardy-Schahn, R., Oelmann, S., & Bakker, H. (2001). Nucleotide sugar transporters: biological and functional aspects. *Biochimie*, 83(8), 775-782.
  18. Haddi M. L., Arab H., Yacoub F., Hornick J. L., Rollin, F., & Mehennaoui S. (2009). Seasonal changes in chemical composition and in vitro gas production of six plants from Eastern Algerian arid regions. *Livestock research for rural development*, 21(4), 1-16.

19. Kadi S. A. et Zirmi-Zembri N. (2016). Valeur nutritive des principales ressources fourragères utilisées en Algérie. 2- Les arbres et arbustes Fourragers, *Livestock Research for Rural Development* 28 (8) : 1-14.
20. Koura T. W., Dagbenonbakin G. D., Kindomihou V. M. and Sinsin B. A. (2015). Farmers' background and diversity of uses of palm oil wastes for sustainable agriculture in Southern Benin Republic, *Biological Agriculture & Horticulture*, 31 (1), pp. 35–44.
21. Laudadio V., Tufarelli V., Dario M., Hammadi M., Seddik M. M., Lacalandra G. M. and Dario C. (2009). A survey of chemical and nutritional characteristics of halophytes plants used by camels in Southern Tunisia. *Tropical animal health and production*, 41(2), 209-215.
22. Lesse, P., Houinato, M., Azihou, F., Djenontin, J., & Sinsin, B. (2016). Typologie, productivité, capacité de charge et valeur pastorale des pâturages des parcours transhumants au Nord Est de la République du Bénin [Typology, Productivity, carrying capacity and pastoral value of transhumance pasture in the northeast of the Republic of Benin]. *International Journal of Innovation and Applied Studies*, 14(1), 132.
23. Longo H F., Siboukeur O., Chehma A. (2007). "Aspects nutritionnels des pâturages les plus appréciés par *Camelus dromedarius* en Algérie", *Cahiers Agriculteurs.*, 16, 6, 477 - 483
24. Martín-García A. I. and Molina-Alcaide E. (2008). Effect of different drying procedures on the nutritive value of olive (*Olea europaea* var. *europaea*) leaves for ruminants. *Animal feed science and technology*, 142(3), 317- 329
25. Minet O., Ferber, F., Jacob, L., Lecler, B., Agneessens, R., Cugnon, T., ... & Planchon, V. (2016). La spectrométrie proche infrarouge. Une technologie rapide, précise et écologique pour déterminer la composition et la qualité des produits agricoles et alimentaires.
26. Ndagurwa H. G. T. and Dube J. S. (2013). Nutritive value and digestibility of mistletoes and woody species browsed by goats in a semi-arid savanna, southwest Zimbabwe, *Livestock, Science*, 151 (2–3), pp. 163–170. DOI:10.1016/j.livsci.2012.10.020.
27. Sala O.E., Yahdjian L., Havstad K., Aguiar M. R. (2017). Rangeland ecosystem services: nature's supply and humans' demand. In: (Ed.), *Range land Systems*. Springer, pp. 467-489.
28. Sidi H., Awohouedji D. Y. G., Babatounde S., Guédou A. (2016). Typologie des ligneux des parcours communautaires du Nord-Est du Bénin. *Ann. UP, Série Sciences Naturelles et Agronomie*. Décembre 2016; Vol.6 (No.1) : 1-9.
29. Sossa E. L., Amadji G. L., Vissoh P. V., Hounsou B. M., Agbossou K. E., Hounhouigan D. J (2014) Caractérisation des systèmes de culture

- d'ananas (*Ananas comosus* (L.) Merrill) sur le plateau d'Allada au Sud-Benin. *International Journal of Biological and Chemical Sciences* 8:1030–1038
30. Wise B. M., Gallagher N. B., Bro R., Shaver J. M., Windig W. et Koch R. S. 2006. PLS-Toolbox Version 4.0 for use with MATLAB™ [en ligne]. Disponible à l'adresse : [http://mitr.p.lodz.pl/raman/jsurmacki/pliki/zajecia/LMDiT/cw4i5/LMDiT\\_PLS\\_Manual\\_4.pdf](http://mitr.p.lodz.pl/raman/jsurmacki/pliki/zajecia/LMDiT/cw4i5/LMDiT_PLS_Manual_4.pdf)
  31. Yoka J., Loumeto J. J., Djego J., Vouidibio J., Epron D. (2013). Évaluation de la diversité floristique en herbacées des savanes de la cuvette congolaise (République du Congo) Afrique SCIENCE 09(2) 110 – 123.
  32. Zirimi-Zembri, N., & Kadi, S. A. (2016). Valeur nutritive des principales ressources fourragères utilisées en Algérie. 1-Les fourrages naturels herbacés. *Livestock Research for Rural Development*, 28(8) ; 16p.





## **Identificación De Liderazgo Académico Para El Emprendimiento De Enfermería En La Región De Orizaba, Veracruz, México**

***Abril Camarillo Quiroz***

Doctorante del colegio Interdisciplinario de Especialización, docente de la Facultad de Enfermería

***Leticia Méndez Jiménez***

Docente de la Facultad de Enfermería de Orizaba Veracruz

***Gloria Zita Roa Tostado***

Docente de la Facultad de Enfermería de Orizaba Veracruz

***Dr. Manuel González-Pérez***

Docente del Colegio Interdisciplinario de Especialización

[Doi:10.19044/esj.2021.v17n3p284](https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n3p284)

---

Submitted: 18 August 2020

Accepted: 25 January 2020

Published: 31 January 2021

Copyright 2021 Author(s)

Under Creative Commons BY-NC-ND

4.0 OPEN ACCESS

*Cite As:*

Camarillo Quiroz A., Méndez Jiménez M., Zita Roa Tostado G. & González-Pérez M. (2021). *Identificación De Liderazgo Académico Para El Emprendimiento De Enfermería En La Región De Orizaba, Veracruz, México*. European Scientific Journal, ESJ, 17(3), 284.

<https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n3p284>

---

### **Resumen**

El desarrollo de proyectos de emprendimiento no es una opción de ingreso económico para profesionales de enfermería, no se observa liderazgo académico que influya en la creación de negocios en el cuidado de la salud. El objetivo de este estudio fue identificar la existencia de liderazgo académico en profesionales de enfermería para el emprendimiento. Se realizó una investigación documental de los programas de estudio de 5 universidades en México, posteriormente se aplicó un instrumento de recolección de datos con respuestas dicotómicas a 70 profesionales de enfermería egresados de diferentes universidades del país. Los programas de estudios revisados no cuentan con materias relacionadas con la creación de negocios en salud, los académicos que imparten clases en las universidades no cuentan con experiencia en creación de negocios en enfermería, los egresados de enfermería no emprenden negocios para el cuidado de la vida y salud de las personas, familias o comunidades, por lo tanto, no son gestores de su propia fuente laboral. Como conclusión se



obtiene que no existe liderazgo académico para el emprendimiento en enfermería, los egresados buscan emplearse en instituciones gubernamentales o privadas de salud a pesar de las problemáticas de empleabilidad a las que se enfrentan. Se considera esencial que las universidades integren a sus programas de estudios materias que orienten a los egresados a emprender negocios para el cuidado de la salud de las personas.

---

**Palabras clave:** Liderazgo Académico, Enfermería, Cuidado, Emprendimiento

## **Academic Leadership In Nursing Entrepreneurship In Mexico**

*Abril Camarillo Quiroz*

Doctorante del colegio Interdisciplinario de Especialización, docente de la Facultad de Enfermería

*Leticia Méndez Jiménez*

Docente de la Facultad de Enfermería de Orizaba Veracruz

*Gloria Zita Roa Tostado*

Docente de la Facultad de Enfermería de Orizaba Veracruz

*Dr. Manuel González-Pérez*

Docente del Colegio Interdisciplinario de Especialización

---

### **Abstract**

The development of entrepreneurship projects is not an economic income option for nursing professionals, academic leadership is not observed, which influences the creation of businesses in health care. The objective of this study was to identify the existence of academic leadership in nursing professionals for entrepreneurship. A documentary investigation of the study programs of 5 universities in Mexico was carried out, subsequently a data collection instrument with dichotomous responses was applied to 70 nursing professionals graduated from different universities in the country. The study programs reviewed do not have subjects related to the creation of health businesses, the academics who teach at the universities do not have experience in the creation of businesses in nursing, the nursing graduates do not undertake business for life care and health of individuals, families or communities, therefore they are not managers of their own source of employment. Conclusions it is obtained that there is no academic leadership for entrepreneurship in nursing, graduates seek employment in government or private health institutions despite the employability problems they face. It is

considered essential that universities integrate into their study programs subjects that guide graduates to undertake businesses for the care of people's health.

---

**Keyword:** Academic Leadership, Nursing, Care, Entrepreneurship

## **Introducción**

La práctica de enfermería se encuentra fundamentada en el Proceso Enfermero, que es el método para brindar cuidados profesionales a las personas, familias y comunidades, comprende las etapas de valoración, diagnóstico, planificación, ejecución y evaluación, obteniendo resultados en la salud de las personas, familias y comunidades que atiende.

Los egresados de enfermería se enfrentan a diferentes problemáticas de desempleo, algunos de ellos inician a laborar, en ámbitos hospitalarios privados o en programas gubernamentales temporales percibiendo salarios mínimos, sin generar derechos básicos de prestaciones, otros profesionales realizan jornadas gratuitas con la promesa de ser contratados en un futuro y otro grupo de profesionales emigran de su lugar de origen o terminan empleándose en otras actividades distintas a su profesión.

Estas experiencias demuestran que los profesionales de enfermería visualizan el empleo como la única opción para generar recurso financiero en comparación con otros profesionales que eligen la apertura de consultorios, despachos o asociaciones independientes o con otros colegas y posicionar sus servicios en el mercado laboral.

Los profesionales de enfermería carecen de formación académica que les permita visualizar que, al egresar del ámbito universitario, pueden establecer negocios para el cuidado de la salud de las personas, realizando funciones asistenciales de promoción para la salud, prevención de enfermedades, intervención para el cumplimiento de un tratamiento específico de curación y/o rehabilitación.

Los programas de estudio de las universidades que ofertan la carrera de licenciatura en enfermería no contemplan materias que les permita a los futuros egresados visualizar el cuidado de la salud como una opción atractiva de oferta y demanda en el mercado y generar su propia fuente de ingreso económico.

El emprendimiento hoy en día se ha convertido en un conocimiento básico de enseñanza en las universidades, pues desempeña un papel importante para el desarrollo económico de los países, por la incubación de proyectos productivos de innovación y tecnología en las diferentes profesiones. Las universidades que imparten la carrera de licenciatura de enfermería requieren implementar estos conocimientos en sus programas de estudio de enfermería, permitiendo a sus egresados, adquirir competencias emprendedoras y desarrollar proyectos del cuidado de la vida y la salud de las personas, con el objetivo de crear una cultura de prevención de enfermedades, identificación

oportuna de riesgos para la pérdida de la salud, prácticas terapéuticas del bienestar etc.

## **Desarrollo**

### **Funciones de enfermería**

El cuidado de enfermería es una actividad cuyo valor personal y profesional está dirigido a la conservación, restablecimiento y autocuidado de la vida y se fundamenta en la relación terapéutica del profesional de enfermería - paciente. El cuidado profesional de las personas incluye teoría y método científico que tienen por finalidad principal mantener a los seres humanos vivos y sanos con el propósito de perpetuar la especie, por lo tanto el cuidado es mantener la vida, asegurando la satisfacción de un conjunto de necesidades para la persona, que en continua interacción con su entorno, vive experiencias de salud (Colliere, 2003, p.113).

Desde un punto de vista administrativo, los servicios profesionales de enfermería se refieren a la preservación de la vida humana, la promoción y restauración de la salud, la ejecución de acciones derivadas del diagnóstico y tratamiento médico y el deber de velar por la mejor administración de los recursos de asistencia para el sujeto de cuidado, cuando éste solicita atención en las instituciones de salud (Hernández, 2020, p 3).

La atención de enfermería actualmente se observa un enfoque especial en intervenciones curativas dentro de las instituciones de salud, no considerando los aspectos de promoción para la salud, prevención de enfermedades y la rehabilitación de la salud como una oportunidad para emprender negocios en el cuidado de las personas y obtener recursos económicos.

Las funciones sustantivas del quehacer de la enfermería profesional son: asistenciales, educativas, administrativas y de investigación.

Las funciones asistenciales comprenden intervenciones en la atención del cuidado de las personas sanas o enfermas, implica el cuidado mismo de la vida y la salud para la permanencia y trascendencia del ser humano (Santa Isaza 2020 p.20).

Las funciones educativas de enfermería contemplan las intervenciones de enseñanza en salud que se brindan a las personas, al personal en formación y/o a otros profesionales (García y Gallegos-Torres 2020 pp. 272-273).

Las funciones administrativas, se refieren al papel principal de un jefe, gerente o gestor en enfermería y consiste en planificar, organizar, dirigir y controlar los recursos financieros, humanos y materiales, bajo el propósito de cumplir eficazmente los objetivos de la institución (Santa Isaza 2020 p.22).

Finalmente la función de investigación resalta a enfermería como una ciencia y arte del cuidado humano, donde se requiere una revisión continua de estrategias, técnicas y procedimientos, validación de sus teorías y la generación

de nuevos conocimientos, que solo es posible, a través de la investigación para mejorar la praxis (Benítez 2020 p.1).

El denominado reto Nightingale Challenge 2020 que propone el Congreso del Consejo Internacional de Enfermeras, tiene como propósito ayudar a desarrollar la próxima generación de enfermeras y enfermeros jóvenes como líderes, profesionales y defensores de la salud, y demostrar que la enfermería es una profesión emocionante y gratificante (Bermúdez 2020 p.1).

Como se observa se puede argumentar que los profesionales de enfermería son responsables de cuidar la salud de la población y generar proyectos dentro y fuera de las instituciones públicas y privadas que impacten en la conservación de una vida sana, la disminución de recursos económicos para las personas y para las instituciones públicas de salud y un aumento en la demanda de servicios profesionales de enfermería privada.

Según Pedroza-Zapata y Silva-Flores (2020 p.1) las universidades actúan como un factor importante para el desarrollo económico y tecnológico de un país mediante su papel sustantivo de educación y es en las universidades donde se adquieren las competencias valiosas para el proceso de innovación y emprendimiento de las empresas e industrias.

En la disciplina de enfermería se observa que los programas de estudio continúan en su mayoría enfocados a obtener competencias disciplinares del cuidado centradas en la atención curativa, sin integrar innovación en los conocimientos que le permitan al egresado, explorar las diferentes alternativas del cuidado y solucionar problemas durante los diferentes procesos de la vida humana otorgando un cuidado integral.

Según Navarro y Pacheco (2020 p.3) no es aceptable continuar con las estructuras y prácticas educativas tradicionales pasadas, si se desea innovar en los centros educativos, se debe partir de identificar problemáticas y crear alternativas nuevas, las innovaciones educativas se comprenden en el sentido de un cambio, ya sea de paradigma, hacia la inclusión o hacia el desarrollo de la competencia social y ciudadana.

Los desafíos para el desarrollo a nivel país, ha situado la atención en el sistema educativo como parte de las soluciones a las tensiones sociales, políticas y económicas existentes y para resolver las problemáticas en salud se requiere de profesionales altamente competitivos que generen ideas innovadoras que permitan brindar alternativas de solución a las diferentes problemáticas (Acosta y Leyva 2020 pp. 14-15).

Los profesionales de enfermería son responsables de brindar cuidados en los diferentes procesos vitales del ser humano tales como: vigilancia del crecimiento y desarrollo en la vida intrauterina y extrauterina en todas sus etapas, ofrecer cuidados durante el proceso de una enfermedad, rehabilitación de las funciones físicas, mentales, emocionales y espirituales, así como el acompañamiento en procesos de dolor como en casos de pérdidas o muerte.

La comprometida participación de la profesión de enfermería en la vida de las personas descubre un área de oportunidad para iniciar diferentes proyectos de emprendimiento en salud con posibilidades de crecimiento empresarial local, nacional e internacional, dirigiendo el cuidado de enfermería a ejercer una práctica privada ya sea individual o con otros profesionales de enfermería.

Las universidades tienen la responsabilidad social de impulsar a las diferentes disciplinas a incursionar en diferentes ámbitos organizacionales, para que al egresar de la universidad cuente con una amplia gama de posibilidades laborales que les permita incorporarse a una vida económicamente productiva de la manera más exitosa posible (Navarro y Pacheco 2020 p.4).

Las universidades que imparten la carrera de enfermería requieren innovar sus programas de estudio, integrando nuevas materias que traten de las diferentes prácticas terapéuticas, que permiten preservar una vida sana y no esperar a que las personas enfermen para recibir la atención de enfermería en instituciones de salud.

La práctica de enfermería moderna permite a los profesionales convertir el cuidado en un servicio de alta valía, donde las personas se encuentren dispuestas a intercambiar un bien monetario por un servicio de cuidado, impactando positivamente en la toma de decisiones de las personas con respecto a su salud, por lo que es fundamental que durante la formación, el alumno adquiera competencias de emprendimiento, mercadotecnia en salud, ofertas y demanda de un producto o servicio, reingeniería del cuidado, innovación, etc. que le permitan al futuro profesional gestionar su propio ámbito laboral.

Esta práctica de enfermería moderna daría como resultado la generación de fuentes de empleo, además de un importante ahorro económico en el consumo de medicamentos, servicios de hospitalización, y otros servicios terapéuticos y finalmente lo más importante una población con mejores condiciones de salud.

### **Liderazgo académico**

Los maestros que imparten cátedra a futuros profesionales de enfermería, desempeñan un papel imprescindible en la adquisición de competencias de cualquier disciplina, son ellos los que influyen en los alumnos para desarrollar la personalidad profesional. De acuerdo con Hernández y Romero (2020 p.5) el maestro es quien guía académicamente a lograr los objetivos en búsqueda del éxito de los alumnos, de ahí la importancia de que el docente se mantenga actualizado y adquiera nuevas competencias docentes que le permita ejercer un liderazgo transformacional.

Es recomendable que el profesor implique en su desempeño laboral competencias propias de liderazgo, que le permita propiciar aprendizajes significativos en sus alumnos y que los conduzcan a adquirir un pensamiento

dinámico, orientado a la prevención y resolución de diferentes problemáticas de la sociedad, así como de conformar un pensamiento abierto al cambio y a la innovación, desarrollando un trabajo colaborativo que posibilite la consistencia, coherencia de las visiones, motivaciones y compromisos de sus integrantes (Gatica, Cruz, García, Vargas, Hernández y Tepal 2019 p.3).

El perfil profesional del docente está asociado a una imagen de docencia deseable y contextualizada que se convierte en un referente para quienes optan por la profesión, el rol docente viene enmarcado en un modelo sistémico e interdisciplinar, donde la docencia, la investigación, el saber, el saber hacer y querer hacer conformarán su acción formativa de los futuros egresados (Bozu y Herrera 2009 p.90 citado por Hernández y Romero 2020 p.4).

Según Guerrero y Conde (2020 p.2) comienza a vislumbrarse un proceso de innovación en la práctica docente en la pedagogía emprendedora en la cual se requiere de un docente preparado para asumir los cambios en los diferentes espacios de formación, adquirir nuevas competencias y habilidades pedagógicas para poder responder a los desafíos de una sociedad global, comprendiendo que los estudiantes de este tiempo se encuentran inmersos en la era digital con sistemas de información diversa y sofisticada, brindando un apoyo en la flexibilidad de pensamiento y capacidad para adaptarse a situaciones propias de un entorno cambiante.

Así mismo Gatica et al. (2019, p.2) expresan que el desarrollo de un liderazgo eficaz en el desempeño laboral de los docentes, se convierte en un punto crítico de trabajo para ser abordado por las instituciones de educación superior a partir de la comprensión de su propia realidad, ya que en una sociedad cada vez más exigente, se evidencia la imperiosa necesidad de asumir por parte del docente un rol de líder, que le permita transformar su quehacer cotidiano.

El perfil del docente de enfermería requiere estructurar una personalidad de liderazgo que contemple una vida ejemplar, con apertura de pensamiento para adquirir nuevos paradigmas que dirijan a la disciplina a desarrollar un espíritu emprendedor que le permita al profesional posesionarse en el mercado laboral.

### **Emprendimiento en enfermería**

A finales del siglo XX, autores como Stevenson (1980) y Timmons (1998) desarrollaron investigaciones relacionadas con la mentalidad emprendedora y el modelo para emprender. Ambos autores consideran el emprendimiento como un sistema de gestión apoyado en oportunidades más que en los recursos, caracterizando en dos líneas de acción: a) los creadores de empresas que parten del diseño e implementación de un plan de negocios y b) los empleados como agentes activos en la innovación de procesos. (Vélez, Bustamante, Loor y Afcha, 2020 p.64).

El emprendimiento se ha convertido en una de las bases transversales de la oferta académica superior, buscando formar jóvenes con visión emprendedora que sean agentes de transformación social local, nacional e internacional (Bayas, García, Chaguay y Sánchez 2020 p.3).

El emprendimiento es un término utilizado en la actualidad a nivel global, que busca fomentar en los individuos una visión diferente que les permita determinar oportunidades, no solo de crear nuevas empresas, sino también de ser proactivos e incorporar un mayor dinamismo a la solución de problemas o logro de objetivos personales y sociales (Bayas et al. 2020 p-4). El emprendimiento puede convertirse en una herramienta útil para que la profesión de enfermería inicie a incursionar en el ámbito empresarial del cuidado.

Las competencias son sistemas complejos de desempeño con idoneidad en un determinado contexto (Tobón 2006 p.1), para Fernández y Rey (2010 p.18) definen a las competencias como la capacidad que tiene un individuo para afrontar situaciones complejas en un contexto determinado; y para Tobón (2006) citado por Navarro et al. (2020 parr.15) las competencias emprendedoras permiten que los individuos desarrollen un proyecto empresarial o social que genere crecimiento económico y cohesión social, configurándose de esta manera como un proyecto social integrado.

Según Rodríguez y Orantes (2009 p.87) consideran que al hablar de competencia emprendedora hay que referirse a un ser humano que se adapta fácilmente a un mercado laboral flexible y cambiante, en el que se desenvuelve de manera creativa e innovadora.

Para la disciplina de enfermería no es nuevo enfrentarse a diferentes desafíos, en la historia de enfermería se encuentran presentes grandes transformaciones sociales donde su participación ha sido fundamental para obtener resultados en salud de una sociedad, mostrando siempre una actitud de alto compromiso con la humanidad, por lo que adquirir una actitud dirigida a crear negocios en el cuidado de la vida y la salud y proyectar a la disciplina hacia una visión empresarial se convierte hoy, en un reto necesario en tiempos de crisis.

La actitud emprendedora representa la valoración personal, positiva o negativa, que los individuos sienten hacia el emprendimiento manifestando una fuerte orientación hacia la toma de decisiones y acciones. Así mismo se refiere a la autopercepción de la capacidad que desarrollan las personas para convertirse en empresarios (Vélez, Bustamante, Loo y Afcha 2020 p. 64).

## **Metodología**

Se realizó una investigación documental de los programas de estudio de 5 universidades del país México a través de las plataformas digitales ISI Web of Knowledge, Google académicos, PubMed y SciELO.

Posteriormente se definieron las variables teóricas con base al marco teórico que sustenta los diversas posturas y teorías del fenómeno a estudiar, se realizó la identificación de frecuencia, con lo que aparecieron las palabras claves continuamente, se definieron los constructos conceptuales de la investigación y finalmente se operacionalizaron las variables teóricas, realizando una primera versión del instrumento de recolección de información que constó de una ficha de identificación con 50 items.

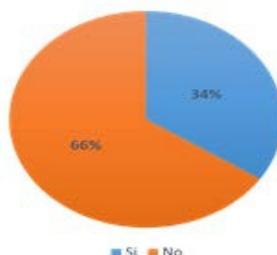
Se realizó la primera validación con grupos de expertos, obteniendo retroalimentación y realizando las modificaciones sugeridas por el grupo de expertos, obteniendo una segunda versión, la cual se aplicó a un grupo piloto de 20 enfermeros egresados de una universidad local, obteniendo una segunda retroalimentación que implicó mejoras y finalmente desarrollar una tercera versión del instrumento que consta de ficha identificación y 20 reactivos.

Esta tercera versión se aplicó a una muestra seleccionada de 70 egresados de enfermería de diferentes universidades del país. Una vez creadas las observaciones se creó una base de datos en Excel, realizando el tratamiento estadístico con alfa de Crobach con una confiabilidad de  $> 8$ , con lo que se realiza la validación del mismo y permitió generar los resultados.

## Resultados

Las universidades están invitadas a tener un papel proactivo para estimular el desarrollo económico, mediante su papel en la educación y en la absorción, adaptación y difusión de tecnología., son vistas como fuentes de habilidades técnicas industrialmente valiosas, facilitadoras del proceso de innovación y emprendimiento en el sistema de innovación de un país (Pedroza-Zapata et al. 2020 p. 102). Sin embargo, las universidades que ofrecen el plan de estudios de la profesión de enfermería no integran materias, cuyos contenidos ofrezcan conocimientos para la creación de negocios que permitan a los egresados ejercer la práctica autónoma de enfermería.

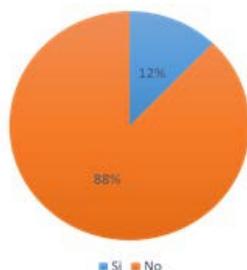
### **Inclusión de materias con contenido académico para la creación de negocios en los planes de estudios donde cursaron en la licenciatura los profesionales de enfermería.**



**Figura 1.** La figura demuestra el porcentaje de los profesionales de enfermería que durante su formación académica cursaron materias que incluyeran conocimientos para la creación de negocios, el 66% responde que no cursaron una materia para la creación de negocios y un 34% responden que si cursaron una materia para la creación de negocios en enfermería.

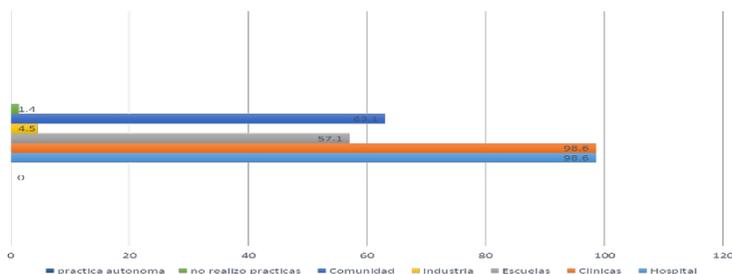


### Inclusión de materias con contenido académico de mercadotecnia en servicios de salud en los planes de estudios donde cursaron la licenciatura los profesionales de enfermería



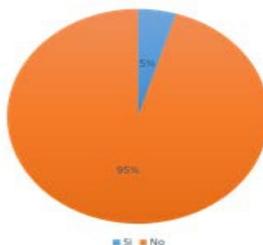
**Figura 2.** La figura 2 demuestra el porcentaje de los profesionales de enfermería que durante su formación académica cursaron la materia de mercadotecnia en servicios de salud el 88% responden que no cursaron esta materia y el 12% responden que si cursaron la materia de mercadotecnia

### Lugar de realización de prácticas profesionales de enfermería durante la formación académica de los profesionales de enfermería.



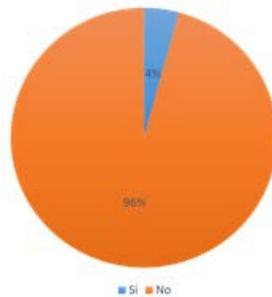
**Figura 3.** Los profesionales de enfermería entrevistados realizaron prácticas profesionales durante su formación académica en: consultorías de práctica autónoma de enfermería 0%, profesionales que no realizaron prácticas en ningún lugar 1.4%, el 63.1 % realizaron prácticas en ámbito comunitario, el 4.5 % en el ámbito industrial, el 57.7% realizo prácticas en el ámbito educativo, el 98.6 % realizó prácticas en el ámbito de clínicas de primer nivel de atención y 98.6 % en ámbitos hospitalarios.

### Influencia de los profesionales de enfermería para la creación de negocios de la disciplina durante la etapa de formación académica de los profesionales de enfermería.



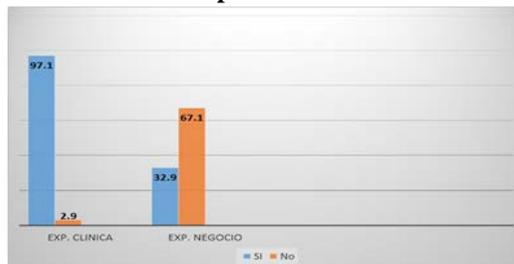
**Figura 4.** La figura demuestra que el 5% de los profesionales de enfermería durante su formación académica recibieron influencia de profesionales de enfermería para la creación de negocios y el 95% no recibieron influencia para la creación de negocios en salud durante su formación académica

### Participación en proyectos de emprendimiento en salud de los profesionales de enfermería durante el servicio social.



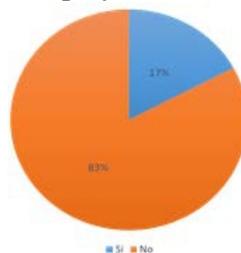
**Figura 5.** La figura 5 demuestra que los encuestados durante la realización del servicio social el 4% participó en proyectos de emprendimiento en salud y el 96% no participó en proyectos de emprendimiento en salud

### Experiencia laboral de los maestros que impartieron cátedra durante la formación académica de los profesionales de enfermería.



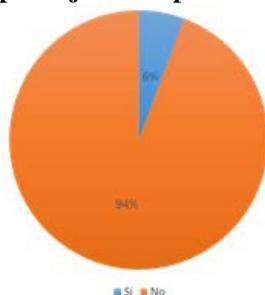
**Figura 6.** La figura 6 muestra la experiencia laboral de los maestros que impartieron cátedra a los encuestados, se observa que el 97.1% poseían experiencia laboral clínica y el 2.9 no contaban con experiencia laboral clínica, el 32.9% contaban con experiencia laboral en la creación de negocios y el 67.1% no contaban con experiencia laboral en la creación de negocios

### Observación de los profesionales de enfermería durante su formación académica de la participación de los catedráticos en proyectos de innovación en servicios de enfermería.



**Figura 7.** La figura 7 indica el porcentaje de los profesionales que durante su formación académica, observaron la participación de los catedráticos en proyectos de innovación en los servicios de enfermería, el 17 % si observó la participación de los catedráticos y el 83% no observó la participación de los catedráticos en proyectos de innovación de servicios de enfermería

### **Influencia ejercida de los catedráticos a los profesionales de enfermería durante su formación académica para ejercer la práctica autónoma de enfermería.**



**Figura 8.** La figura 8 indica la influencia ejercida de los catedráticos que les impartieron clases a los profesionales de enfermería durante su formación académica, el 94% de los entrevistados consideran que los catedráticos que no influyeron en ellos para ejercer una práctica autónoma de enfermería y el 6% expresa que si influyeron en ellos para ejercer la practica autónoma de enfermería pero no la ejercen

### **Discusión**

Rossetti, Aisa y Wright (2020 p.34) expresan que la vinculación Universidad-Empresa, requiere ser permanente para generar sinergia entre las demandas sociales que atienden la empresa y la formación de recursos humanos, futura fuerza laboral de las empresas con la intención de contribuir al desarrollo económico del país o bien de la región.

Según Bayas, García, Chaguay y Sánchez (2020 p.5) el emprendimiento ha retomado importancia para el desarrollo económico de un país, sin embargo las universidades que imparten la carrera de enfermería en México no lo han considerado al interior de los programas de estudios en la carrera de enfermería, ya que, como se observa los futuros profesionales no se tienen actividad durante su formación en conocimiento, ni en proyectos relacionados con el emprendimiento para el cuidado de la vida y la salud de las personas.

La transferencia de conocimientos y tecnologías entre el sector académico y la empresa pretende estimular la innovación, a manera de resolver problemáticas reales del sector productivo y de la sociedad, por lo que se considera importante la actualización oportuna de planes y programas de estudio que permita a los egresados responder a estas demandas sociales y empresariales actuales (Rossetti et al. 2020 p. 34).

La realización de las prácticas clínicas, así como el servicio social en enfermería son esenciales, pues significan la posibilidad de aplicar los conocimientos teóricos y adquirir habilidades indispensables para proporcionar cuidados al paciente, coadyuvando además a desarrollar una actitud crítica y humanista, fundamental para el futuro ejercicio profesional (Domez, Valencia y Contreras 2020 pp. 437-448).

En esta población de estudio los encuestados indican que realizaron prácticas en diferentes ámbitos como son el ámbito hospitalario, en clínicas de primer y segundo nivel de atención, en comunidades, en ámbitos educativos y en un porcentaje mínimo en industrias, pero se observa que ninguno de los profesionales de enfermería entrevistado realizó prácticas profesionales con profesionales de enfermería que ejercieran la práctica autónoma del cuidado, por lo tanto no cuentan con un modelo de observación que les permita iniciar con la práctica autónoma del cuidado.

El crecimiento en el emprendimiento ha generado cambios en la dinámica global de desarrollo y creación de empresas y se ha resaltado la importancia de estimular a los jóvenes hacia la actividad emprendedora, pues son ellos los futuros empresarios y como tal está ligado el crecimiento futuro de las regiones (Mejía, Arias, & Echeverri, 2017).

En el liderazgo docente para el emprendimiento según Guerrero et al. (2020 parr.2) expresan que el problema radica en que el docente actual desconoce el rol que debe asumir en estos contextos, bajo la figura de un docente emprendedor que a lo largo de su ejercicio docente logre incorporar la tecnología en procesos de innovación dentro del ámbito educativo, es por ello que se hace necesario que el docente en enfermería incursione en una pedagogía orientada hacia la resolución de conflictos, generación de competencias en liderazgo y emprendimiento.

Se observa que los académicos que impartieron clase a los entrevistados cuentan con experiencia clínica en primer y segundo nivel de atención, pero carecen de experiencia en proyectos de innovación o emprendimiento de la salud o de la disciplina de enfermería, lo que impide que puedan orientar a los estudiantes a adquirir una visión empresarial a futuro.

## **Conclusión**

Los profesionales de enfermería al egresar de la formación académica no cuentan con conocimientos teórico prácticos para ejercer o liderar proyectos de emprendimiento para el cuidado de la vida y la salud de la población.

Los académicos y profesionales de enfermería que participan en el proceso de formación profesional, no cuentan con perfiles formativos que influyan en los alumnos para participar en proyectos de emprendimiento o visualizar el emprendimiento como una actividad remunerada en la profesión de enfermería.

Por lo tanto, se concluye que no existe liderazgo académico para el emprendimiento en enfermería, se sugiere a las universidades que ofertan la carrera de enfermería, impartir materias que permitan a los futuros profesionales la gestión de sus propios recursos económicos, así como actualizar los perfiles académicos de los catedráticos que imparten clases para impulsar la creación de

consultorías en el cuidado de la vida y salud lideradas por profesionales de enfermería.

### References:

1. Acosta Chávez, H. N., & Leyva Solano, J. W. (2020). Autonomía profesional de la enfermera, estudio comparado: Perú (Trujillo) y México (Puebla). Repositorio institucional de la Universidad Nacional de Trujillo. 1-87. Recuperado de <http://dspace.unitru.edu.pe/handle/UNITRU/15956>
2. Bayas, T. F., García, M. F. E., Chaguay, L. A. L., & Sánchez, F. C. (2020). Tendencia de los estudiantes universitarios hacia el emprendimiento e innovación social. *Journal of Science and Research: Revista Ciencia e Investigación*, 5(1), 1-16. doi: [org/10.5281/zenodo.3598484](https://doi.org/10.5281/zenodo.3598484).
3. Benítez, J. (2020). La importancia de la investigación en Enfermería. *Enfermería Investiga*, 5(1), 1-2. Recuperado de <http://dx.doi.org/10.31243/enf.inv.v5i1.826.2020>
4. Bermúdez, G. P. F. (2020). Enfermería y COVID-19: reconocimiento de la profesión en tiempos de adversidad. *Revista Colombiana de Enfermería*, 19(1), 1. Recuperado de <https://doi.org/10.18270/rce.v19i1.2970>
5. Colliere-MF.(2009). La importancia del cuidado de enfermería. *Revista de enfermería del Instituto Mexicano del Seguro Social*. 17 (2), 113-115
6. Domez, K. S. R., Valencia, L. P. P., & Contreras, L. V. O. (2020). Estrés en estudiantes de enfermería que realizan prácticas clínicas en una institución universitaria de Cartagena-Colombia, 2019. *Archivos de Medicina*, 20(2). doi: <https://doi.org/10.30554/archmed.20.2.3674>.
7. Fernández, L. S., & Rey, E. F. (2010). Competencias emprendedoras y desarrollo del espíritu empresarial en los centros educativos. *Educación XX1*, 13 (1), 15-38.
8. García, C. P., & Gallegos-Torres, R. M. (2020). El papel del personal de enfermería en la educación para la salud. *Revista Horizonte de Enfermería*, 30(3), 271-285. doi: [https://doi.org/10.7764/Horiz\\_Enferm.30.3.271-285](https://doi.org/10.7764/Horiz_Enferm.30.3.271-285).
9. Gatica, L., Cruz, E., Luis, K., García, P., Vargas, R., Hernández, J., & Tepal. (2019). Liderazgo Docente en las Universidades Públicas de México. *Revista Iberoamericana de Ciencias*. 6(5). 1-12.

10. Guerrero, J. A. O., & Conde, D. C. R. (2020). Papel del docente en el proceso de innovación en la pedagogía emprendedora. *Gestión y Desarrollo Libre*. 3(5).
11. Hernández, G. R. (2020). El cuidado de enfermería: una reflexión sobre el cuidado humanístico. *Revista Horizonte de Enfermería*. 23(2), 9-12.
12. Hernández, H. M. L., & Romero, G. H. (2020). Liderazgo docente en la perspectiva de universitarios. *Horizonte de la Ciencia*. 10(18). Recuperado de <https://doi.org/10.26490/uncp.horizonteciencia.2020.18.423>
13. Rodríguez, F. M. M., & Orantes, G. C. (2009). Aproximación al concepto de competencias emprendedoras: valor social e implicaciones educativas. *Revista Iberoamericana sobre Calidad, Eficacia y Cambio en Educación*. 7(3), 82-98. Recuperado de <http://www.rinace.net/reice/numeros/arts/vol7num3/art6.pdf>.
14. Mejía, J., Arias, C., & Echeverri, L. (2017). El papel de la educación en creación. *Revista CEA*, 69-87.
15. Navarro, G. T., Bayona, J. A., & Pacheco, C. A. (2020). Competencias emprendedoras y formación para el emprendimiento en instituciones de educación media. *Revista Espacios*, 41(11), 3-16.
16. Pedroza-Zapata, Á. R., & Silva-Flores, M. L. (2020). Ecosistema Universitario de Ciencia, Tecnología, Innovación y Emprendimiento. *Revista Internacional de Investigación en Educación*. 12(25), 93-110.
17. Tobón, S. (2006). Aspectos básicos de la formación basada en competencias. Talca: Proyecto Mesesup, 1, 1-15.
18. Rossetti, G., Aisa, S., & Wright, L. T. (2020). Análisis Comparativo entre las Metodologías de Vinculación Universidad-Empresa. Un Caso De Estudio. *Revista Internacional de Ingeniería Industrial*, (1), 34-45.
19. Santa Isaza, K. A. (2020). Modelos de atención de enfermería administrativos y asistenciales de asignación del personal de enfermería y su relación con la seguridad clínica y la satisfacción del paciente y del personal de enfermería. *Repositorio Digital Institucional*. 1-39. Recuperado de <http://hdl.handle.net/10946/4595>.
20. Vélez, C. I., Bustamante, M. A., Loor, B. A., & Afcha, S. M. (2020). La educación para el emprendimiento como predictor de una intención emprendedora de estudiantes universitarios.

Formación universitaria, 13(2), 63-72. Recuperado de  
<http://dx.doi.org/10.4067/S0718-50062020000200063>.

## Detection Of Fecal Coliforms In Water Used In Formal And Informal Food Outlets In Kasungu District, Malawi

*Elton Chavura, MSc*

University of Livingstonia, Department of Public health

*F. Kapute, Prof.*

Mzuzu University, Faculty of Environmental Science

*Balwani Chingatchifwe Mbakaya, PhD*

University of Livingstonia, Department of Public health

[Doi:10.19044/esj.2021.v17n3p300](https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n3p300)

---

Submitted: 19 October 2020

Accepted: 15 January 2021

Published: 31 January 2021

Copyright 2021 Author(s)

Under Creative Commons BY-NC-ND

4.0 OPEN ACCESS

*Cite As:*

Chavura E., Kapute F. & Mbakaya B.C. (2021). *Detection of fecal coliforms in water used in formal and informal food outlets in Kasungu District, Malawi*. European Scientific Journal, ESJ, 17(3), 300.

<https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n3p300>

---

### Abstract

Poor sanitary practices are common amongst many food handlers posing a health risk to consumers. Maintenance of high quality water is one of the most important aspects of ensuring consumer safety. Therefore, regular water testing is critical in public food outlets where bacterial contamination may cause outbreak of disease.

The study aimed at analyzing water samples obtained from the formal and informal food outlets for the presence of fecal coliforms that are indicative of poor sanitation that result in foodborne infections amongst consumers.

Using a cross-sectional design, water samples from participating food outlets (N=40) were analyzed using the membrane filtration method. Samples were filtered, under vacuum, through a cellulose acetate membrane of 0.45 µm pore size.

Fecal coliforms exceeding permissible range were detected in 15 test samples (N=40). The median (IQR) concentrations of fecal coliforms (FC/100ml) in dishwashing water was 1(136) and 145(340) for the formal and informal food outlets respectively. The median (IQR) for drinking water was 0(0) with a minimum and maximum range of 0 and 14 FC/100mls.



The study established a positive correlation between fecal coliforms and electrical conductivity, and total dissolved solids ( $p < 0.05$ ) in dish washing water used at both formal and informal food outlets. Contamination was attributed to lack of running water, poor pest control and unwholesome practices in many food outlets.

Based on the study findings, it is concluded that electrical conductivity, total dissolved solids and turbidity values may be used to deduce the presence of fecal coliforms in water. The study recommends that water drawn from unprotected sources must be boiled or treated at the point of use before it can be safely used in food outlets. Periodic water testing and sanitary supervisions for all food outlets must be mandatory to ensure compliance with minimum set standards.

---

**Key Words:** Fecal Coliforms, Formal Food Outlets, Informal Food Outlets

## Introduction

Drinking non-potable water predisposes people to waterborne disease outbreaks and unprecedented deaths (Prabhu & Shar, 2012) yet in many instances, the opinion of water is subjected to its quantity rather than quality (Neswiswi, 2014). The risks associated with consumption of contaminated water is because of failure in securing optimal hygiene management practices at both formal and informal settings. Water quality encompasses physical, chemical and biological properties that are supposed to be in line with the required specifications (Ageni et al., 2019).

Coliform bacteria are facultatively anaerobic rod-shaped Gram-negative non-spore forming bacteria. They are mostly used as a measure of the sanitary quality of water (Leclerc, 2001). They are capable of fermenting lactose to produce acid and gas when incubated at a temperature range of between 35–37°C (Gruber, 2014). Coliform bacteria are found in large quantities in human excreta. Their presence is suggestive of other infective pathogens of fecal origin such as *E. coli* (Bandekar *et al.*, 2006; Nwachukwu and Otokunefor, 2006). Besides traditional methods of detecting coliform bacteria, water quality factors have also been used as significant predictors of fecal coliform bacteria (Seo *et al.*, 2019; Hayashi, 2004).

In many middle and low-income countries, cases of microbial contamination of water are linked to unwholesome practices, lack of water treatment at the point of use and unhygienic management of water sources (Ageni et al., 2019).

## Policy Framework

Drinking water regulations involve the monitoring of bacterial, parasitic and chemical impurities that can endanger lives of consumers (Lee

and Kim, 2002). To this end, with good water laws and policies in place, the expectation is provision of safe and potable water to uplift the health of people.

By description, formal food outlets are duly licensed facilities that remit tax to the government. In return, they enjoy access to public services such as piped water connections and waste collection services. Informal food outlets operate from unlicensed premises. They are unregistered, unregulated and unable to access institutional support (Jongh, 2015). The sale of food from unauthorized places is a criminal offence according to the Malawi Local Government sanitation and market By-Laws of 2015 and the Malawi National Environmental policy (2010). The policy framework outlines key policy statements on environmental sanitation, water quality testing and procedures for the certification and auditing of food outlets.

In this study we aimed (1) to analyze the microbial quality of water used in formal and informal food outlets; (2) to establish correlation between fecal coliforms and determinants of water quality (Water pH, Turbidity (T), Total Dissolved Solids (TDS) and Electrical Conductivity (E.C.); and (3) to compare the level of risk of faecal contamination between the water used at formal and informal food outlets.

## Materials and methods

### Design, sample size and sampling technique

The study employed a cross-sectional design, using observational methods. The Municipal Chief executive provided a list of forty (40) licensed food outlets. The investigators identified eighty-six (86) informal food operations within the same locality. Using a simple random sampling technique on each cluster (formal & informal), ten (10) formal and ten (10) informal food outlets were selected. Two (2) sample types, namely dishwashing water and drinking water, were collected from the twenty (20) randomly selected food outlets making a total sample size of **(forty) (40)** from both formal and informal food outlets in the Municipality. The sample size justification was based on the water quality studies by WHO (2008), that recommend testing as a minimum, 30% of households or locations in small projects of less than 500 households. See Table 1 showing recommended sample sizes according to WHO, (2008).

**Table 1.** Recommended sample sizes for water projects

Project size	Sample size
500	41-85
1,000	43-91
2,000	43-95
3,000	44-97
4,000-6,000	44-98
7,000-15,000	44-99

>20,000	44-100
---------	--------

Source: WHO, (2008).

## Study site

The study was conducted in the municipality of Kasungu District in Central Malawi between April to July, 2019. The district has a population of 735,836 and is bordered by Zambia to the West, Mchinji district to the Southwest, Dowa and Lilongwe districts to the South, Ntchisi and Nkhosvota districts to the East, and Mzimba District to the North. (See Figure 1) Kasungu Municipality is on grid reference 33o 30' east and 13o 03' south and about 127 kilometers North of Lilongwe, the capital city of Malawi. It is along the M1 Road running from Lilongwe to Mzuzu (Kasungu Urban socio-economic profile, 1998). The municipality is supplied with piped water by Central Region Water Board (CRWB).

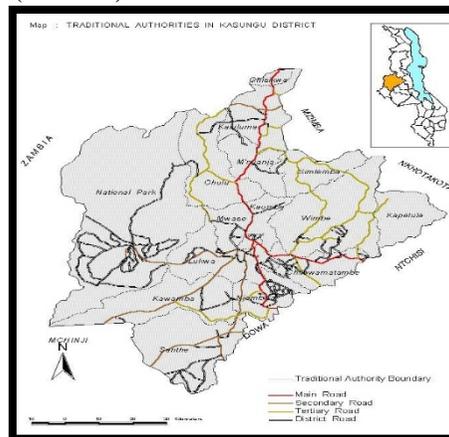


Figure 1. Map of Kasungu district (Source: Urban socio-economic profile, 1998)

## Ethics

Ethical approval to conduct the study was obtained from National Council of Science and Technology (NCST), with approval number **NCST/RTT/2/6**. Clearance was obtained from the Chief Executive of Kasungu Municipal Council and food outlets managers. Written informed consent was obtained from food outlet managers in order to get permission to collect water samples and to inspect their premises.

## Data collection and study instruments

Samples were collected by a public health graduate with expertise in water and sanitation. Samples for Measurement of pH, Total dissolved solids, and Turbidity were tested on site using a lab Force TS- PH200 portable pH meter, a digital TDS tester meter electrode (HM Digital TDS-4), and a battery-operated digital turbidity meter (model number WGZ- 20) respectively. For

thermo tolerant (faecal) coliforms, samples were transported on ice in a cooler box at a temperature below 10° C to CRWB lab in Kasungu within 30 minutes from the last sample collection point. Samples were incubated at 44.5° C for 24 hours using a portable Millipore bacterial incubator.

The following checklist and observational methods were used to collect data:

### Sanitary inspection and risk score for the food premises

Intrinsic bias was eliminated by the application of two data collection methods (sanitary inspection and sample testing) to facilitate reliability and validity. Sanitary inspection was done in order to identify the possible sources of faecal contamination.

The sanitary inspection checklist was designed based on standards and guidelines drawn by city/ municipal councils, The Malawi Bureau of Standards (MBS), Malawi National Environmental Health, and Sanitation policy. This checklist was used to inspect water storage areas, assess employee hygiene, as well as facility design. The sanitary checklist had 10 hazard statements designed to capture the most likely sources of water contamination such as availability of running water, pest control, use of protective wear/ uniforms etc. See Table 2 below:

**Table 2.** The sanitary inspection tool for the food outlets

	Hazard	Formal		Informal	
		Yes	No	Yes	No
1	Does facility have running water?	9	1	0	10
2	Is the quantity of water that you receive from your main source of water adequate?	9	1	0	10
3	Is water reserved for drinking safely covered?(tight lid cover)	8	2	6	4
4	Is the water treated at source point?	9	1	3	7
5	Are refuse bins having tight-fitting lids, kept at a distance from the kitchen and emptied regularly?	8	2	0	10
6	Is staff trained in basic food hygiene practices?	3	7	0	10
7	Are food handlers provided with uniforms, caps, aprons and hair nets?	5	5	0	10
8	Is jewelry limited to a plain ring, such as a wedding band, and no bracelets?	6	4	4	6
9	Is there a procedure for referring sick employees for a prompt medical opinion on fitness for work?	2	8	0	10
10	Are kitchen storage areas regularly checked for pest infestations (mice, insects, etc.)?	2	8	0	10
	<b>Total</b>	61	39	13	87

### Field testing procedure

Using a membrane filtration method, a volume of 100mls of water sample was filtered, under vacuum, through a cellulose acetate membrane of 0.45 µm pore size. The sampling bottles were labeled with sample reference

number, site, date and time and were incubated for 24 hours at a temperature of 44.5 °C.

**Data analysis**

Data was collected using a checklist and entered into an excel sheet, cleaned and sorted. Thereafter, Statistical Package for Social Sciences (SPSS) version 20 was used to analyze the data. For descriptive statistics, the Median with an associated Interquartile Range (IQR) was used and the Wilcoxon Rank Sum statistical test was employed to determine systematic differences in the risk of faecal coliform contamination between formal and informal food outlets and the level of contamination between drinking water and dishwashing water. The relationship between faecal coliforms and other determinants of water quality were compared using Spearman's Rho because

Parameter	Drinking Water						Dish Washing					
	Formal			Informal			Formal			Informal		
	Median(IQR)	Min	Max	Median(IQR)	Min	Max	Median(IQR)	Min	Max	Median(IQR)	Min	Max
FC/100mls	0(0)	0	14	0(0)	0	96	1(136)	0	450	145(340)	0	680
pH	7.6(0.18)	7.46	7.8	7.7(0.11)	7.58	7.93	7.62(0.22)	6.94	7.93	7.66(0.26)	7.01	7.89
EC	175(2)	167	181	178.5(5)	163	182	178(6)	76	1094	182(7)	177	991
TDS	104.5(2)	100	107	107.5(3)	98	109	107(4)	45	657	109.5(4)	106	598
T	1.6(0.72)	0.68	135	1.88(1.23)	0.59	6.78	1.42(2.22)	0.59	8.58	4.95(12.56)	1.98	460

available data was not normally distributed. We used a checklist for sanitary inspection to ascertain possible sources of water contamination at food outlets.

**Results**

Water quality refers to the chemical, physical, biological and radiological characteristics of water relative to the requirements of any human need. Water is a critical raw material in many food establishments; and contaminated water can become a public health risk when it is used for activities such as drinking, washing of foods, incorporated as a food ingredient, or for washing utensils and hands. All food outlets (formal and informal) used piped water as their primary source of drinking water. However, when piped water could not be accessed, people drew water from alternative sources within their reach. Water quality testing gave us a snapshot of the quality of water that was found in use at the time of the study.

**A summary of the questions in the checklist is tabulated as in Table 6**

**Objective 1:** In this study, we aimed to analyze the quality of water used in formal and informal food outlets. The following is the results table (Table 3).

**Table 3:** Analysis of water quality parameters

To establish strength of association between fecal coliforms and determinants of water quality (Water pH, Turbidity (T), Total Dissolved Solids (TDS) and Electrical Conductivity (E.C.); the results table 4 below shows a positive correlation between FC and other determinants of water quality.

**Objective 2:** To establish correlation between fecal coliforms and determinants of water quality (Water pH, Turbidity (T), Total Dissolved

Param	Drinking Water									Dishwashing Water								
	formal			Informal			overall			formal			Informal			overall		
	N	Rho	P-val	N	Rho	P-val	N	Rho	P-val	N	Rho	P-val	N	Rho	P-val	N	Rho	P-val
PH	10	0.52	0.120	10	0.53	0.117	20	0.55	0.012	10	-0.23	0.530	10	0.23	0.516	20	0.05	0.811
EC	10	0.53	0.116	10	-0.26	0.474	20	0.06	0.815	10	0.65	0.043	10	0.74	0.014	20	0.70	<0.001
TDS	10	0.47	0.168	10	-0.21	0.558	20	0.02	0.934	10	0.76	0.011	10	0.77	0.001	20	0.76	<0.001
T	10	0.41	0.242	10	-0.14	0.703	20	0.07	0.780	10	0.76	0.011	10	0.37	0.287	20	0.60	0.005

Solids (TDS) and Electrical Conductivity (E.C.) using Spearman’s correlation.

**Table 4.** Correlation between fecal coliforms and determinants of water quality

The study also sought to compare the level of risk of faecal contamination between the water used at formal and informal food outlets; and the extent to which drinking water differed with dishwashing water in terms of FC contamination. Basically, for both drinking water and dishwashing water, the sum of ranks for Informal outlets was higher than that of formal outlets but the difference was not statistically significant. See results Table 5.

**Objective 3:** To compare the level of risk of faecal contamination between the water used at formal and informal food outlets.

**Table 5.** A comparison table between formal and informal food outlets

Classification	Drinking Water			Dishwashing Water		
	N	Sum of Ranks	P-value	N	Sum of Ranks	P-value
Formal	10	99	0.466 <sup>NS</sup>	10	90	0.241 <sup>NS</sup>
Informal	10	111		10	120	

- **Method used:** Mann-Whitney U test (Non Parametric test)

- **NS:** Not statistically significant

## Discussion

Water is an essential resource in food outlets. Using water of potable quality is the safest option in food outlets; however, access to exclusive potable water requirements may not always be feasible and practical due to intermittent supply outages of the commodity. This prompts food workers to

fetch water from unprotected water sources thereby risking consumers to waterborne infections.

### Formal food outlets

Using the sanitary inspection tool in figure 3, Formal food outlets enjoyed better sanitary services such as running water, and waste collection services by municipal authorities. However, food handlers working therein were not trained in basic food hygiene. There was no proper mechanism of handling sick food handlers and about when they would return to work after recovery. Their kitchens and storage areas were not regularly checked for pest control. This increased the risk of water contamination at these premises. Only one (1) single food outlet at the formal section served water to consumers that had a higher level of faecal coliforms of up to 14 FC/100mls that exceeded WHO (2008) and the MBS MS: 214 (2013) permissible range of 0 FC/100mls in any water intended for drinking (see Table 6). None compliance to expected standards can put the lives of consumers at risk. The median (IQR) for drinking water at this section was 0(0) with a minimum and maximum range of 0 and 14 FC/100mls.

For dishwashing water, the quality was severely compromised. High levels of faecal coliforms were detected in this type of water and at several outlets. Better sanitary services provided by the municipal council here did not translate into desired outcome as evidenced by the detection of large quantities of faecal coliforms with a median (IQR) of 1(136) and a minimum and maximum range of 0 and 450 FC/100mls respectively. These findings are consistent with Asogwa *et al.* (2015) and Marobhe and Sabai (2016) who detected high bacterial counts from dishwashing water that was used by food handlers as it was not regularly replaced with fresh water - a practice they attributed to lack of food hygiene training.

### Informal food outlets

The informal food outlets operated without fulfilling minimum set standards. They lacked basic infrastructure and sanitary services thereby increasing the perception that water they served to consumers was potentially harmful to human health. The Malawi National Environmental Health Policy, (2010) advocates for improved water quality, sanitation, and hygiene at public and business institutions. Clause 5.4.1.3.2 of the Malawi Bureau of Standards (MBS) states non-potable water may be used with the acceptance of the MBS for steam production, firefighting, and other similar purposes not connected with food. See table 6 for drinking water standards

**Table 6.** Drinking Water Standards

Parameter	Normal value
-----------	--------------

Fecal coliforms	0 FC/100mls
pH	6.5- 8.5
TDS	≤500 mg/l
EC	≤400 μS/cm
T	<1 NTU

Source: WHO, 2008

Drinking water sampled at the informal section was contaminated because of unwholesome food handling practices. Workers performed their duties entirely in their street clothes and lacked basic food hygiene education. Lack of running water ranked so high amongst all informal food outlets basing on the checklist on sanitary inspection. Besides this, the water they used was in insufficient quantities, which compromised hygiene standards. The median (IQR) for drinking water at this section was 0(0) with a minimum and maximum range of 0 and 96 FC/100mls respectively. Despite many challenges consistent with the informal food outlets, water for drinking was safely stored in containers with a lid cover.

As for dishwashing water, the informal section registered unprecedented FC count. The median (IQR) was as high as 145(340) with a minimum and maximum range of 0 and 680 FC/100mls respectively. The usage of such quality of water is unacceptable and demonstrates the highest level of deception and complete lack of integrity in food business which has been going on unchecked. A similar study (Musa and Akande, 2003) recommended strict measures in checking compliance to good hygiene practices amongst informal food handlers because their findings revealed unwholesome practices such as recycling of dirty water, lack of soap, and use of limited utensils. Multiple lines of evidence indicate that water is contaminated by pathogenic bacteria due to poor hygiene practices (Muzaffar *et al.*, 2009; Hanashiro *et al.*, 2005; Kruey *et al.*, 2001) which expose many consumers to risk of waterborne diseases.

### **Correlation of FC with other determinants of water quality**

A positive correlation was noted between FC and EC, TDS and T. ( $p < 0.05$ ) in dish washing water used at both formal and informal food outlets. The findings are consistent with an earlier study (Busse and Hefeker, 2007) that confirmed a positive correlation between turbidity and faecal coliforms. Armah (2014) and Nura and Hamzaraj (2016) concluded that pH, electrical conductivity, total dissolved solids, and turbidity were significant predictors of total coliform bacteria in water. Although all other determinants of water quality are in agreement with the studies mentioned above, this study however, failed to prove the relationship between pH and FC. This could be attributed to a smaller sample size that was used. Considering the findings of this study,



on the correlation between faecal coliforms and other determinants of water quality, it is concluded that EC, TDS and T values may be used to deduce the presence of faecal coliforms in water.

### **Comparative analysis of the level of risk of fecal contamination**

The study also sought to compare the level of risk of faecal contamination between the water used at formal and informal food outlets; and the extent to which drinking water differed with dishwashing water in terms of FC contamination.

### **Formal and informal food outlets**

Formal food outlets in this study failed to live up to consumer expectation. They demonstrated laxity in quality assurance for use of polluted water for cleaning dishes just as other counterparts in the informal section. This is despite having running water at their premises. Wilcoxon-Mann-Whitney U test *p*- values of 0.466 and 0.241 between formal and informal food outlets respectively were statistically insignificant. We aimed to determine whether there is a difference in the risk of contamination between formal and informal outlets based on the median scores of drinking water as well as dishwashing water quality used at these types of food outlets. A 2010 U.S. Environmental Protection Agency (EPA) study found faecal contamination in nearly half of surveyed water dispensers in Virginia restaurants. In the city of Dhaka, a study (Faruk and Akhter, 2012) detected faecal coliforms in 84% of water samples meant for consumers in restaurants and fast food shops.

### **Limitations of the study**

The study focused on food outlets within the municipal central business market. Peripheral food outlets were not included in the study due to resource limitations as such, the sample size was smaller than previously desired which could trigger type 2 errors, thereby decreasing inference and the statistical power of the study. Secondly, potable water quality defined by levels of faecal coliforms alone is not enough for ascertainment of safe water use in food outlets as it is not considered an appropriate surrogate for the diversity of bacteria, viruses and parasites that may be present in water.

### **Conclusion**

Findings of this study concluded there was evidence of faecal contamination of water used in the food outlets in the study area. Contaminated water was used for many activities such as dish washing, washing of food stuffs and served to consumers for drinking. Findings also showed that some determinants of water quality such as turbidity and total dissolved solids were so predictive of faecal contamination. Although formal food outlets had better sanitary conditions than the informal ones, the study

did not establish any significant differences in terms of microbial quality. The study observed that poor microbial quality of water was in use in some food outlets in the informal section. The study recommends a robust sensitization campaign on the various methods of in-house water treatment to all food handlers. Under the same observation, the municipal town authority must conduct periodic ascertainment of water quality in food outlets as a strategy to improve the microbial quality. Based on the correlation findings between fecal coliforms and other determinants of water quality, it is concluded that EC, TDS and T values may be used to deduce the presence of faecal coliforms in water. The risk of contamination was the same regardless of type of food outlet. We therefore recommend that issuance and renewal of food business licensing must be effected subject to fulfilling minimum acceptable hygiene and food safety standards.

We propose that future studies (1) should consider bench-marking water at the very source point before the distribution terminal; (2) and a larger sample size to reduce the margin of error.

## Appendix

**Table 6.** Water quality data for drinking and dish washing (N=40)

Sample code	Source	Coordinates		Sample type	Classification	FC/100mls	pH	EC	TDS	Turbidity
1	s2	552820	8557230	Drinking Water	Formal	0	7.46	167	100	1.38
2				Dishwashing water		220	7.93	177	107	3.24
3	s3	551914	8557614	Drinking Water	Formal	0	7.63	175	104	1.6
4				Dishwashing Water		2	7.64	181	108	1.02
5	s4	551892	8557672	Drinking water	Formal	0	7.63	175	104	1.6
6				Dishwashing Water		0	7.63	175	104	1.6
7	s5	552042	8557740	Drinking Water	Formal	0	7.68	178	107	1.58
8				Dishwashing Water		0	7.76	174	104	1.36
9	s6	552047	8557750	Drinking Water	Formal	0	7.48	176	106	1.35
10				Dishwashing Water		120	7.5	178	107	1.47
11	s7	552018	8558158	Drinking Water	Formal	0	7.56	173	104	1.2
12				Dishwashing Water		0	7.47	178	107	1.26
13	s8	551999	8558198	Drinking Water	Formal	14	7.8	181	107	2.37

14				Dishwashing Water		450	6.94	1094	657	8.58
15	s9	552011	8558164	Drinking Water	Informal	0	7.93	182	108	1.59
16				Dishwashing Water		620	7.1	991	598	15.8
17	s10	552020	8558446	Drinking Water	Informal	0	7.58	176	105	1.69
18				Dishwashing Water		340	7.62	184	110	3.24
19	s11	552026	8558448	Drinking Water	Informal	0	7.61	182	109	6.78
20				Dishwashing Water		0	7.55	178	106	3.97
21	s12	552029	8558438	Drinking Water	Informal	0	7.71	179	108	3.83
22				Dishwashing Water		0	7.7	180	109	5.93
23	s13	552034	8558430	Drinking Water	Informal	40	7.75	163	98	2.47
24				Dishwashing Water		680	7.78	706	423	460
25	s14	551923	8558384	Drinking Water	Informal	0	7.64	178	107	2.06
26				Dishwashing Water		0	7.56	177	106	1.98
27	s15	551934	8558396	Drinking Water	Informal	96	7.85	179	108	0.71
28				Dishwashing Water		220	7.89	178	107	3.36
29	s16	551931	8558400	Drinking Water	Informal	0	7.66	175	105	1.24
30				Dishwashing Water		180	7.81	184	111	2.09
31	s17	551945	8558416	Drinking Water	Informal	0	7.69	177	106	2.37
32				Dishwashing Water		110	7.81	185	111	21.3
33	s18	551950	8558472	Drinking Water	Informal	0	7.73	181	109	0.59
34				Dishwashing Water		88	7.01	178	107	14.4
35	s19	552202	8558582	Drinking Water	Formal	0	7.67	177	106	2.1
36				Dishwashing Water		136	7.55	184	110	4.35
37	s21	551756	8558194	Drinking Water	Formal	0	7.49	175	105	0.68
38				Dishwashing Water		0	7.72	76	45	0.59

39	s22	551903	8558050	Drinking Water	Formal	0	7.53	172	103	1.81
40				Dishwashing Water		0	7.61	178	107	1.01



**Figure 2.** Garbage bin without a lid cover in kitchen at an informal food outlet  
(Photo: E. Chavura)



**Figure 3.** Visibly dirty water used for dish washing at a food outlet (Photo: E. Chavura)

### References:

1. Agensi, A., Tibyangye, J., Tamale, A., Agwu, E. and Amongi, C., 2019. Contamination potentials of Household Water Handling and Storage Practices in Kirundo Subcounty, Kisoro District, Uganda. *Journal of Environmental and Public Health*, 2019, pp.7932193-7932193.
2. Armah, F.A., 2014. Relationship between coliform bacteria and water chemistry in groundwater within gold mining environments in Ghana. *Water Quality, Exposure and Health*, 5(4): 183-195.
3. Asogwa, C.N., Ezenwajiaku, F.O., Okolo, C.A., Ekeh, F.N., Nwibo, D.D. and Chukwuka, C.O., 2015. Behavioural and biochemical responses of juvenile catfish (*Clarias gariepinus*) exposed to graded concentrations of cassava waste water. *Animal Research International*, 12(1): 2136-2147.
4. Busse, M. and Hefeker, C., 2007. Political risk, institutions and foreign direct investment. *European Journal of Political Economy*, 23(2): 397-415.
5. Chiluwe, Q.W. and Nkhata, B., 2014. Analysis of water governance in Malawi: towards favourable enabling environment? *Journal of water, sanitation and hygiene for development*, 4(2), pp.313-323.
6. Cullet, P., 2012. Is water policy the new water law? Rethinking the place of law in water sector reforms. *IDS Bulletin*, 43(2), pp.69-78.

7. Faruk, M.O. and Akhter, M.Z., 2011. Presence of coliforms and fecal coliforms in fast food items of local restaurants and fast food outlets of Dhakar city. *Bangladesh journal of Microbiology*, 28(1), pp.49-51.
8. Grigg, N.S., 2011. Water governance from ideals to effective strategies. *Water International*, 36(7), pp.799-811.
9. Gruber, J.S., Ercumen, A. and Colford Jr JM. Coliform bacteria as indicators of diarrheal risk in household drinking water: systematic review and meta-analysis. *PloS one*, 9(9), p.e107429.
10. Hanashiro, A., Morita, M., Matté, G.R., Matté, M.H. and Torres, E.A., 2005. Microbiological quality of selected street foods from a restricted area of São Paulo city, Brazil. *Food Control*, 16(5): 439-444.
11. Jongh, L., 2015. Street vending in urban Malawi: Strategies and practices of vendors and local authorities. Available on <http://www.rczi.org/wpcontent/uploads/2014/12/D2-Jongh.pdf>. Accessed, 15, pp.11-16.
12. Kasungu Urban Socio-Economic profile, 1998. Kasungu District Council Data Base, Kasungu: Malawi Ministry of Local Government.
13. Kruij, S.L., Soares, J.L., Ping, S. and Sainte-Marie, F.F., 2001. Microbiological quality of ice, ice cream, sorbet sold on the streets of Phnom Penh; April 1996-April 1997. *Bulletin de la Societe de pathologie exotique*, 94(5): 411-414.
14. Leclerc, H.D.A.A., Mossel, D.A.A., Edberg, S.C. and Struijk, C.B., 2001. Advances in the bacteriology of the coliform group: their suitability as markers of microbial water safety. *Annual Reviews in Microbiology*, 55(1), pp.201-234.
15. Lee S.H., Kim S.J., 2002. Detection of infectious enteroviruses and adenoviruses in tap water in urban areas in Korea. *Water Res.* 36:248-56.
16. Marobhe, N.J. and Sabai, S.M., 2016. Assessment of Food Safety Practices and Microbiological Quality of Street Vended Rice and Beans in Mlalakuwa Ward, Dar es Salaam. *Journal of Chemical, Biological and Physical Sciences*, 6(2): 297.
17. Malawi Bureau of Standards (MBS), 2005. Malawi Bureau of Standards Drinking Water Quality Specifications. MS 733: 2005.
18. Malawi Local Government (Market) By-Laws, 2015. Government of Malawi. Lilongwe: Government of Malawi.
19. Musa, O.I. and Akande, T.M., 2003. Food hygiene practices of food vendors in secondary schools in Ilorin. *Niger Postgraduate Medical Journal*, 10(3): 192-196.
20. Muzaffar, A.T., Huq, I. and Mallik, B.A., 2009. Entrepreneurs of the streets: an analytical work on the street food vendors of Dhaka city. *International journal of Business and Management*, 4(2): 80-84.

21. National Environmental Health Policy, 2010. Government of Malawi. Lilongwe: Government of Malawi.
22. Neswiswi, A.B., 2014. Development of a Water Quality Index (WQI) for the Jukskei River Catchment, Johannesburg.
23. Nura, A.D. and Hamzaraj, E., 2016. Relationship between Physico-Chemical and Bacteriological Parameters in the Hydrosistem" Radoniqi" in Gjakova. *Journal of International. Environmental Application and Science*, 11(2): 207-212.
24. Nwachukwu CI, Otokunefor TV (2006). Bacteriological quality of drinking water supplies in the University of Port Harcourt, Nigeria. *Nig. J. Microbiol.* 20: 1383-1388.
25. Prabhu, P.M. and Shah, R.S., 2012. A study of food handlers in public food establishments in Maharashtra, India, 15(30): 3-51.
26. Saroj, S.D., Shashidhar, R., Dhokane, V., Hajare, S., Sharma, A. And Bandekar, J.R., 2006. Microbiological evaluation of sprouts marketed in Mumbai, India, and its suburbs. *Journal of food protection*, 69(10), pp.2515-2518.
27. U.S. Environmental Protection Agency, 2010. Microbial and disinfection byproducts rules: Microbials and disinfection byproducts. U.S.EPA, Office of Water. Retrieved November 25, 2010 from: <http://water.epa.gov/lawsreg/rulesregs/sdwa/mbp/index.cfm>.
28. World Health Organization, 2008. Guidelines for drinking water quality: Incorporating the first and second addenda. Geneva: World Health Organization World Health Organization and UNICEF, 2006. Core questions on drinking water and sanitation for household surveys: Report of a Joint WHO/UNICEF Consultation, Rome, Italy. 65(1): 4-16.



## 5G Energy Efficiency Overview

*Olimpjon Shurdi*  
*Luan Ruci*  
*Aleksander Biberaj*  
*Genci Mesi*

Polytechnic University of Tirana, Albania

[Doi:10.19044/esj.2021.v17n3p315](https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n3p315)

Submitted: 10 November 2020

Accepted: 25 December 2020

Published: 31 January 2021

Copyright 2021 Author(s)

Under Creative Commons BY-NC-ND

4.0 OPEN ACCESS

*Cite As:*

Shurdi O., Ruci L., Biberaj A. & Mesi G. (2021). *5G Energy Efficiency Overview*. European Scientific Journal, ESJ, 17(3), 315.

<https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n3p315>

### Abstract

It is a critical requirement for the future of 5G communication networks to provide high speed and significantly reduce network energy consumption. In the Fifth Generation (5G), wireless cellular networks, smartphone battery efficiency, and optimal utilization of power have become a matter of utmost importance. Energy-efficient networks along with an energy-saving strategy in mobile devices play a vital role in the mobile revolution. The goal of energy efficiency, apart from its ecological value, is also associated with the reduction of operational expenses for mobile network operators, as well as with greater customer satisfaction thanks to increased battery life. Battery and power are an area of significant challenges considering that smartphones are nowadays equipped with advanced technological network features and interfaces. These features require a lot of simultaneous power to make decisions and to transfer information between devices and networks to provide the best user experience. Furthermore, to meet the demands of increased data capacity, data rate, and to provide the best quality of service, there is a need to adopt energy-efficient architectures. The new strategies should not only focus on wireless base stations, which consumes most of the power, but it should also take into consideration the other power consumption elements for future mobile communication networks, including User Equipment (UE). In this paper, we do an overview of power consumption and improvements made so far on the networks and user equipment side and provide our proposals on how to overcome these power-

hungry issues on the newly 5G systems.

---

**Key Words:** 5G, Rel-15, NR, LTE, Embb, Smartphone, Battery, Power Optimization, Energy Consumption, Energy Efficiency, Network Efficiency

## **Introduction**

This paper brings a general overview of smartphones power consumption issues on implementations of currently new 5G technologies. This has been and is on our focus for several years now and looks to continue still till 5G will get mature enough from that perspective.

Energy efficiency is defined as the opposite of the energy consumed per transmitted bit, or as the number of bits transmitted for every unit of energy consumed. In the communications space, power consumption and the resulting energy-related pollution are becoming major operational and economical concerns. The exponential increase, projected in network traffic (data) and the number of connected smart devices, make energy efficiency extremely important. Thus, increasing energy efficiency in mobile networks will reduce the costs of capital and operational expenditures. This as well will have to consider the user equipment (UE) part. On 3GPP Release 15 [as of 3gpp.org], bands are specified in two Frequency Ranges (FR). FR1 ranges from 450 MHz to 6000 MHz, known as cmWave. Bands in FR1 are numbered from 1 to 255 and are commonly referred to as Sub-6Ghz. FR2 ranges from 24250 MHz to 52600 MHz; bands in this set are numbered from 257 to 511 and commonly referred to as mmWave. The initial roll-out of 5G mmWave New Radio (NR) is focused on enhanced Mobile Broadband (eMBB) to increase the data bandwidth and efficiency of connections using a different set of radio frequency bands, enabling better download and upload speeds and less latency compared to 4G/LTE network. Ultra-reliable Low Latency Communication (URLLC) focuses on highly latency-sensitive or mission-critical use, such as factory automation, remote robotic surgery and driverless autonomous cars etc.

The new 5G system needs to adapt and allow devices and network components to make smart decisions proactively. For example, the network should decide whether to use data using LTE or 5G technology for specific services or applications, using metrics such as remaining battery level, RF strength, network load, and resource availability, to provide the best user experience and create a path for both network and device power efficiency. Network operators and device manufacturers have always considered power performance and efficiency to be one of the critical 5G features for optimization and have continued to drive energy-efficiency network ideas into 3GPP standards. The Radio Access Networks (RAN) manufacturers are developing smart sleep mode technology to guarantee that the radio hardware



only transmits radio frequency signals when needed and can achieve up to 15% of the energy from software features only [Lauridsen et al 2016].

Fast transitions between sleep and active modes and short active time with high data rate together with low sleep mode power consumption are required to guarantee multiple years of a lifetime for a small low-cost battery. Connected Mode Discontinuous Reception (CDRX) and Discontinuous Reception (DRX) for example, allow UEs to make signaling free transitions between sleep and awakened states. Base stations (gNB or RBS etc.) do not schedule transmissions during the off period of the DRX cycle [3]. Currently, network operators use the Short and Long DRX cycle, where the UE starts with the Short DRX cycle and transitions to the long DRX cycle after a timer expiration. The base stations can direct the UE into DRX mode. CDRX is even more critical as it allows the UE to go to sleep while in connected mode, also by minimizing network connections, signaling, and consuming less battery [15].

The paper is structured as follows. In Section II, we describe the background and related works of such area. There are huge works and investments from vendors and since it's a new system it is not easy to find related works published from other authors. In Section III, we analyze and look on energy-related issues and proposals made on BTS and Smartphones. In Section IV, we provide our conclusions and upcoming related works.

## **Background & Related Works**

The optimization of already deployed 5G mmWave networks is still at an early stage of work; there is not much data available for analysis issues and identification of areas for improvement. We were not able to find much research work related to impacts of mmWave and 5G NR on battery life. Authors in [Lähtekangas et al, 2014] analyzed the UE battery status and propose that UE proactively modifies the UE capability report before sending it to the network helps in reducing the size of the RRC message to avoid issues like the message buffer overflow. Authors in [Thantharate et al, 2019] provide a survey on advanced research based on an overview of green 5G techniques and energy harvesting in order to exploit multiple technological advantages from an ecosystem of interoperable technologies. Authors in [Wu et al, 2017] have surveyed multiple techniques of power optimization focusing on the use of relays and small cells. They also highlight the importance of simultaneous wireless power and information, MIMO and millimeter-wave.

Authors in [Abrol et al, 2016] analyzed how microsleep, Discontinuous Reception and Transmission (DRX and DTX), and a wake-up receiver concept can be combined to enhance the battery life of 5G mobile terminals by 20%, 80% and 90% respectively. S. Rostami et al. in [Rostami et al, 2018] aims at the reduction of cellular downlink (DL) power consumption,

of discontinuous reception, by up to 30%, with the introduction of minimal wake-up signaling in 5G networks.

### 5G Energy Related Issues And Proposals

Since 5G is currently new (started live operations on some network operators from 2019), there are still ongoing works for standardizations. There is a real focus on the energy part. This Energy must be considered from a network point of view and specifically on BTS (or called gNB, NR, RBS etc), and UE or called Smartphones. We will divide our observation on Energy into two main parts: on BTS and UE part, and from HW and SW point of view each.

The list of ongoing works and feature implementation is huge, and we bring in this paper only some main topics regarding it. Note that there is a huge difference between non-standalone (NSA) and standalone (SA) BTS configurations. Where in the 2<sup>nd</sup> one (SA, standalone mode) the BTS is using its own 5G Core Network. This brings a major improvement on signaling, synch messages and latency for end-user. The 5G UE will be able to synchronize much faster. This will save energy because it will reduce the total “ON” time.

### Base Station power consumption

Base station resources are generally unused 75 - 90% of the time, even in highly loaded networks. 5G can make better use of power-saving techniques in the base station part, offering great potential for improving energy efficiency across the network.

Today, we see that a major part of energy consumption in mobile networks comes from the radio base station (BTS) sites and that the consumption is stable. This raises an obvious question: if the base stations are spending so much of their time not transmitting user data, why are they still consuming energy all the time? The reason for this is that most of the hardware components of BTS remain active so that they can transmit mandatory idle mode signals that are defined in the 4G or 5G standards such as synchronization signals, reference signals, and system information.

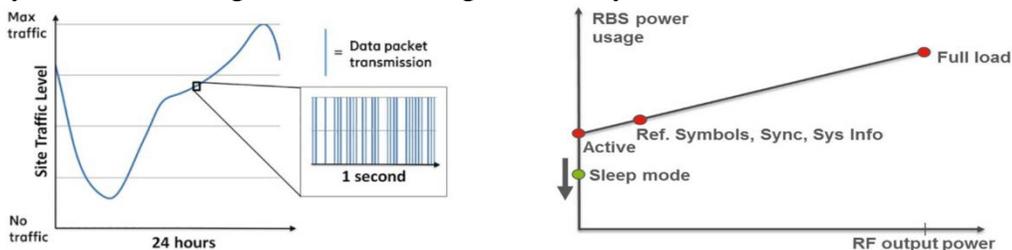


Figure 1. Varying network traffic load during the day (a) and Base station power model (b)

The model shows that there is significant energy consumption in the base station even at the times when there is no output power i.e. when the base station is in an idle state as it shown in Figure 1.

According to Huawei data on RRU/BBU needs per site, the typical 5G site has power needs of over 11.5 kilowatts, up nearly 70% from a base station deploying a mix of 2G, 3G and 4G radios. Figure 2 illustrate the trend of energy consumptions. 5G macro base stations may require several new, power-hungry components, including microwave or millimeter-wave transceivers, field-programmable gate arrays (FPGAs), faster data converters, high-power/low-noise amplifiers and integrated multiple inputs multiple output (MIMO) antennas. The bottom line is that, in an increasingly 5G world, Communication Service Providers (CSPs) will face significant growth in their energy bills,” writes MTN Consulting. So 5G at initial phase will bring a need as well for more power on BTSs which is planned to be reduced in the next releases [9]. We will talk in the next subsections only on two main contributors in reducing power on BTS: deep sleep mode and beamforming.

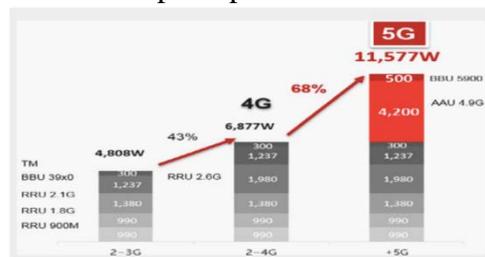


Figure 2. Site power equipment 2-4G and 5G

### ***Energy-saving features of 5G New Radio***

The 5G NR standard has been designed based on the knowledge of the typical traffic activity in radio networks as well as the need to support sleep states in radio network equipment. By putting the base station into a sleep state when there is no traffic to serve i.e. switching off hardware components, it will consume less energy. The more components that are switched off, the more energy we will save. NR or 5G BTS, on the other hand, requires far less transmissions of always-on signaling transmissions. This, in turn, allows for both deeper and longer periods of sleep when there are little or no ongoing data transmissions, which has a significant impact on the overall network energy consumption.

### ***Advanced “sleep” modes***

One of the most significant developments associated with 5G is the widespread use of deep Sleep Modes. The basic principle is simple: to selectively turn off one or more devices in the absence of traffic. On this topic,

4G was limited due to the design of its radio interface, a base station that must transmit reference signals about 1,000 times per second, even without an active mobile in the cell [10], [11]. 5G, on the other hand, provides for the configuration of transmission-free time slots in non-traffic conditions, to enable activation of more advanced and energy-efficient Sleep Modes. An interval without transmission can be set to a range of 5-100 ms, but this means that a terminal can take more time to hang on to a cell – without the user noticing it.

### **Built-in antennas for more efficiency**

Multiple input multiple output (MIMO) is a technology that uses multiple antennas configured in a two-dimensional phased array. The antenna system is attached to a base station and controls the transmission and reception of radio signals. Massive MIMO systems or mMIMO are expanded MIMO systems with up to several hundred antennas (like 8, 16, 64 or 256) and can handle large volumes of network throughput and support large numbers of client connections. Massive MIMO antennas can transmit the signal only in the direction of the communicating mobile (known as beams), rather than over a wide area as the antennas commonly used in 4G do. This feature significantly increases the throughput delivered by an antenna, as multiple beams can be used simultaneously, each being able to reuse the cell's frequencies. They concentrate the power amplifiers (whose efficiency has been improved compared to 4G) at the radome by combining radiating elements, analogue electronics, and a digital part dedicated to beam management functions. While a 5G antenna consumes three times more energy on average today than a 4G antenna, this ratio is expected to drop to 50% by 2021 and 25% by 2022. Above all, for this energy consumption, a 5G antenna manages a bandwidth five times higher and can deliver a higher throughput to serve more users simultaneously, which on the other side means less time in downloading or uploading data for end-users (and less power consumption for them).

Beamforming is a technology that can direct radio transmission signals in a specific direction. This increases the channel efficiency, data rates, reduces interference and focuses radio energy directly at the client devices. Since the massive MIMO antennas and base station systems communicate with remote clients using a focused beam, the wireless protocols can calculate the minimum power required for communication. This reduces the energy consumption for wireless energy transmissions for both the base station and the client devices. As a result, 5G networks using beamforming consume about four times less power than comparable 4G networks [10], [11] and [15].

## **UE Energy analysis and proposals**

Next, we will talk about smartphones or user equipment part, their pain points and improvements on energy consumption part.

### **Device energy consumption – HW part**

Most 5G phones offer big batteries owing to the increased power consumption of early 5G modems and connectivity. But just how much more power does a 5G phone need over a 4G device? Redmi general manager Lu Weibing [12] has taken to Weibo to answer this question, claiming that today 5G phones consume ~20% more power than a 4G phone. This suggests that a 20% increase in battery size is needed for a 5G phone to achieve the same endurance as a 4G variant (assuming everything else is equal). Also, Qualcomm's flagship 800-series processors consume 20% more "juice" than an upper mid-range Snapdragon 700-series chipset. So, when taken together, this means a 5G flagship will consume significantly more power compared to a mid-range 4G smartphone, which means that battery capacity and optimizations are key for high-end 5G phones.

Adopting a "sandwich" motherboard design and ultra-thin in-display fingerprint sensor is the key to make more space for the phone's bigger batteries (in mAh and consequently in size) in order to overcome such issues for now.

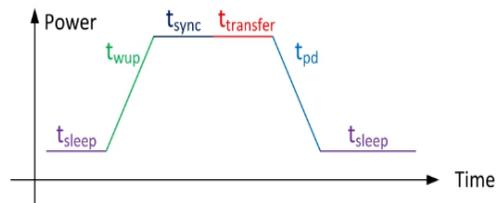
### **UE Energy Consumption and Wake Up Time**

Reduced physical layer latency can be utilized to reduce energy consumption of the network devices. Recent measurements on LTE smartphones (and 5G for NSA configurations), have shown that the power consumption ratio between the UE being "ON" and "sleeping" modes is at least 1:35. Maximizing the UE's sleep time is therefore essential to improve the battery life. When the UE wakes up from the low-power sleep mode to receive or transmit data it follows the procedure illustrated in Figure 3.

From power consumption perspective, the procedure can be divided into five different states: sleeping, waking up (wup), synchronizing (sync), transferring data, and powering down(pd). The states are illustrated in Figure 3. The power-up/down states when changing from sleep to active mode and vice versa are device and user-dependent, and not significantly affected by the wireless standard. Due to the shorter frames and the enabled allocation of synchronization signals in every frame, the 5G UE will be able to synchronize much faster. This will save energy because it will reduce the total ON time. The time to transfer data in 5G will also be shorter compared to LTE due to the increased data rates, which reduces the actual transfer time. Furthermore, it has been specified that the base station has at least 4 ms to process the data

before it transmits an ACK/NACK, and therefore the total time for single data transmission is estimated to be at least 10 ms.

In practice, the actual wake-up from sleep to RRC connected state also requires radio RRC connection setup procedure with the establishment of radio bearers. In the 5G concept, due to the bidirectional control plane embedded to each frame, the UE initiated data transmission/reception can be achieved within 5 frames +1 symbol.



**Figure 3.** UE power states during a transmission period

Due to the short frame length, the total time required for this procedure is estimated to be  $\sim 1.27$  ms (with 0.25 ms frame length) or even shorter with shorter frame length.

Figure 4 below shows the results of theoretical numerical calculations of the battery life as a function of synch and reception opportunity times and the number of transmissions per second. Results are presented for both machine-to-machine(M2M)-optimized LTE [Tirronen et al] and 5G systems with different frame structures but with same power consumption values and with 32400 Ws low-cost battery. In the transmission phase, the 5G UE is assumed to follow the procedure according to Figure 5. In the reception phase, the UE is assumed to perform only synchronization and thereafter receive a short paging message with a length of one OFDM symbol. Based on Figure 5 we can conclude that it is obviously more efficient to use the proposed 5G system over LTE due to the aforementioned reasons.

### **Device energy consumption due to monitoring purposes**

NR enables higher data rates and lower latency, which allows user data sessions to be terminated faster than in LTE. This inherently reduces the associated energy consumed by the device per transmitted bit. However, since data arrival patterns are not deterministic, the device also monitors the physical downlink control channel (PDCCH) for possible data scheduling information during periods when data is not scheduled. With similar settings, NR and LTE device energy consumption for control channel monitoring in connected mode does not differ significantly. However, invoking new performance-enhancing features in NR (wider BWs, shorter slot times, multiple scheduling events per slot, etc.) can also increase the energy cost of control channel monitoring.

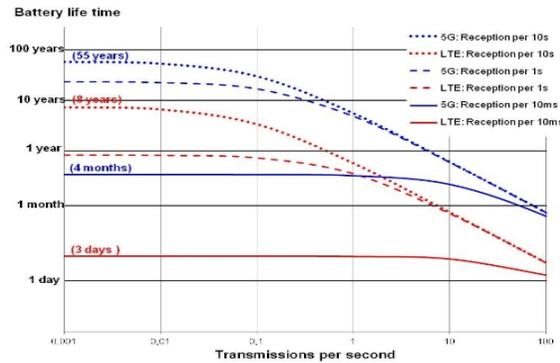


Figure 4. Battery lifetime comparison between LTE and 5G

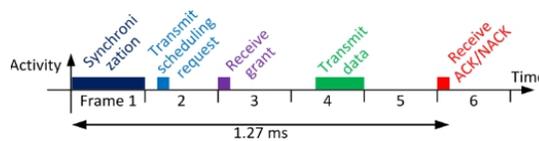


Figure 5. UE initiated procedure for transmission in 5G

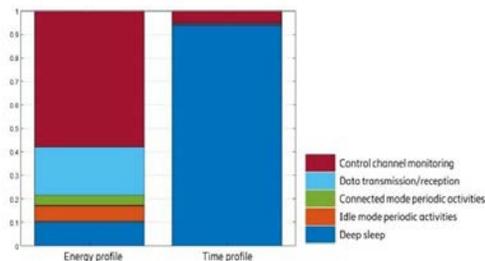
Therefore, the first NR specification Rel-15 includes numerous tools for saving device power and energy, such as inactive state, connected-mode discontinuous reception (cDRX), and customized control channel monitoring. 3GPP companies have developed a mutually-agreed device power model that captures the relative powers associated with different active operations, to the lowest power, deep sleep mode. Undoubtedly, reducing the fraction of time for the device to perform unnecessary PDCCH monitoring and enabling the device to be in a sleep state instead offers a high potential for energy conservation.

Figure 6 presents the accumulated energy consumption profile of a typical eMBB device operating in a variety of states in a mix of traffic events over 24 hours. The left-hand bar graph shows, starting from the top, the fraction of energy consumed while performing control channel monitoring, data reception, periodic activities in connected and inactive modes, and deep sleep. The right-hand bar graph indicates the fraction of total time spent performing the respective operations. Despite the relatively short time fraction spent in the connected mode, the energy spent waiting for additional data arrival dominates (usually it is the time after transfer). This is the cost of maintaining the required responsiveness to data arrival in the baseline Rel-15 framework. As illustrated in the Figure 6, by avoiding unnecessary control channel monitoring, we can achieve savings in the device's total consumed energy.

### ***Energy consumption in mmW deployments***

An important advantage of NR compared to LTE is that it allows deployments over a wide frequency range – from below 1 GHz to over 50 GHz (millimeter-wave, mmW) as noted from data in Table I. Using FR2 (over 7GHz) bands, the NR device can exchange data over a significantly wider carrier bandwidth and achieve very low scheduling latencies, realizing the promise of multi-Gbps data rates of 5G for eMBB devices. There are power aspects that may pose challenges in FR2 compared to FR1:

- wider operating bandwidth and efficiency differences of radio frequency circuitry,
- shorter slot times that raise the required number of decoding operations per time unit,
- additional beam management measurements to maintain connectivity between narrow transmission and reception beams of the base station and the device.



**Figure 6.** Typical eMBB device energy consumption profile over 24h

The instantaneous power associated with control channel monitoring in FR2 bands is 75 per cent higher than in FR1. However, since the data transmission can be completed much faster, the total energy consumed for transmitting a data burst of a given size utilizing FR2 may become lower than in FR1-only setups. A decisive aspect that affects the overall impact on energy consumption by adding FR2 carriers is, therefore, the network's ability to dynamically activate the FR2 carrier only when it is needed for actual data transmission, and to instruct the device to monitor the FR2 control channel only when data may be present there. The short TDD latency achieved with the proposed 5G frame structure with very short frame length enables short UE initiated data transmission/reception times, such as <1.5ms, including synchronization, scheduling signaling and actual data transmission with acknowledgement. This is a significant improvement compared to LTE and it enables devices to be in the energy-efficient sleep mode for most of the time, consequently leading to very long battery life.



Different proposed SW solutions like Connected-mode Wake-Up Signal (WUS), Secondary cell dormancy, Device assistance for secondary cell release and many others are on the way.

<b>Power consumption (relative units)</b>		
<b>Device power states and operations</b>	<b>FR1 (below 7 GHz)</b>	<b>FR2 (mm-Wave)</b>
Deep sleep	1	1
Light sleep	20	20
Micro-sleep	45	45
PDCCH monitoring only	100	175
SSB measurements	100	175
CSI-RS measurements	100	175
PDCCH+PDSCH reception	300	350
Uplink transmission (depends on TX power level)	250 - 700	350

**Table 1.** DEVICE POWER CONSUMPTION IN DIFFERENT OPERATIONS AND STATES  
 (Tr 38.840)

## Conclusions

In this paper we have presented a brief overview of energy consumption challenges in currently new 5G technology and networks, and we concluded as follow:

5G technologies allow a hundred times more traffic to be carried, without increasing the total energy consumption of the network. Early deployments of 5G may lead to increases in energy efficiency if 5G is added on top of an existing network without modernizing the underlying 2G/3G/4G networks. 5G enables new functions and major performance improvements, but it also puts tougher energy requirements on mobile devices. New technologies are being deployed in Mobile network infrastructures and user equipment's to reduce power consumption. These include cloud and virtualization technologies, new efficient antenna hardware, 5G small cell network architectures and more efficient network protocols.

Vendors should continue to improve network configurations and introduce more advanced mechanisms in upcoming product (HW and SW) generations, using mechanisms available in the standard, based on both our own network operation analysis and information from device partners. Advances will also happen on the device front as device architectures and implementations become more mature. The combined effect of advanced network mechanisms and improved chipsets is expected to further enhance NR device energy efficiency in FR1 and FR2 setups, as well as in FR1-only configurations. We foresee that this can be achieved without compromising traditional network performance KPIs such as throughput and latency.

Artificial Intelligence and Machine Learning solutions (AI/ML) will further help to minimize network power consumption by shutting cells down

in an intelligent way. AI-based optimization can learn from live network traffic patterns to set up specific schemes for power saving groups for different regions in different time zones. These schemes include optimized power-saving trigger conditions. The solution makes the best use of energy while minimizing any effects on quality of service.

The goal for 5G devices is the increase in battery life with:

- At least three days for smartphones
- Up to 15 years or more for cellular IoT devices

### References:

1. <https://www.3gpp.org/dynareport/SpecList.htm?releaseRel-15&tech4&ts1&tr1>
2. M. Lauridsen, G. Berardinelli, F. M. L. Tavares, F. Frederiksen and P. Mogensen, "Sleep Modes for Enhanced Battery Life of 5G Mobile Terminals," 2016 IEEE 83rd Vehicular Technology Conference (VTC Spring), Nanjing, 2016, pp. 1-6.
3. <https://hellofuture.orange.com/en/5g-energy-efficiency-by-design>  
<https://onestore.nokia.com/asset/207360>, Nokia White paper, "How 5G is bringing an energy efficiency revolution", 2019.
4. E.Lähetkangas, K.Pajukoski, J.Vihriälä, Gilberto Berardinelli, M.Lauridsen, E.Tirola, P.Mogensen: "Achieving low latency and energy consumption by 5G TDD mode optimization", Nokia Solutions and Networks Finland and Denmark, ICC-2014.
5. A.Thantharate, C.Beard and S. Marupaduga: "An Approach to Optimize Device Power Performance Towards Energy Efficient Next Generation 5G Networks", Conference Paper · October 2019, School of Computing and Engineering University of Missouri Kansas City, MO, USA.
6. Q. Wu, G. Y. Li, W. Chen, D. W. K. Ng and R. Schober, "An Overview of Sustainable Green 5G Networks," in IEEE Wireless Communications, vol. 24, no. 4, pp. 72-80, Aug. 2017.
7. Abrol and R. K. Jha, "Power Optimization in 5G Networks: A Step Towards GrEEEn Communication," in IEEE Access, vol. 4, pp. 1355-1374, 2016. doi: 10.1109/ACCESS.2016.254964.
8. S. Rostami, K. Heiska, O. Puchko, J. Talvitie, K. Leppanen and M. Valkama, "Novel Wake-Up Signaling for Enhanced Energy-Efficiency of 5G and beyond Mobile Devices," 2018 IEEE Global Communications Conference (GLOBECOM), Abu Dhabi, United Arab Emirates, 2018, pp. 1-7.
9. <https://www.fiercewireless.com/tech/5g-base-stations-use-a-lot-more-energy-than-4g-base-stations-says-mtn>.

10. <https://www.ericsson.com/en/blog/2020/2/mobile-devices-and-energy-efficiency>.
11. <https://www.ericsson.com/en/blog/2019/9/energy-consumption-5g-nr>.
12. <https://www.androidauthority.com/redmi-5g-4g-battery-life-1098280/>.
13. T. Tirronen, A. Larmo, J. Sachs, B. Lindoff, N. Wiberg, “Reducing Energy Consumption of LTE Devices for Machine-to-Machine Communication”, Globecom Workshops (GC Wkshps), December 2012.
14. A10 Networks <https://www.a10networks.com/blog/5g-energy-efficiency-explained/#:~:text=5G design requirements specify that,devices to extend battery life>.
15. Nokia 5G Energy Efficiency white paper at: <https://gsacom.com/paper/5g-network-energy-efficiency-nokia-white-paper/>.
16. ETSI Energy Efficiency of 5G: [https://docbox.etsi.org/Workshop/2017/20171123\\_ITU\\_ETSI\\_ENV\\_REQ\\_5G/S01\\_PART1/5G\\_EE\\_ASSESSMENT\\_ETSIEE\\_ITUT\\_SG5\\_BOLDI.pdf](https://docbox.etsi.org/Workshop/2017/20171123_ITU_ETSI_ENV_REQ_5G/S01_PART1/5G_EE_ASSESSMENT_ETSIEE_ITUT_SG5_BOLDI.pdf).
17. 3GPP Study on Energy Efficiency Aspects of 3GPP Standards: <https://portal.3gpp.org/desktopmodules/Specifications/SpecificationDetails.aspx?specificationId=3062>



ESJ Natural/Life/Medical Sciences

## **An Introduction To Conventional Tensile Testing: Constructionism Approach For Constructivism Learning**

*Charles Darko  
Andrij Zadoroshnyj*

Department of Materials, The University of Manchester, Oxford Road, M13  
9PL, Manchester, United Kingdom

[Doi:10.19044/esj.2021.v17n3p328](https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n3p328)

Submitted: 23 November 2020  
Accepted: 26 January 2021  
Published: 31 January 2021

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

*Cite As:*

Darko C. & Zadoroshnyj A.(2021). *An Introduction To Conventional Tensile Testing: Constructionism Approach For Constructivism Learning*. European Scientific Journal, ESJ, 17(3), 328.

<https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n3p328>

### **Abstract**

Constructivism learning theory recommends the act of allowing students to create knowledge through their experiences. Very often, it is difficult to build such an investigative framework within material science laboratory sessions that assist students in acquiring the knowledge. This paper focuses on the use of constructivism principles that was established by a constructionism process to allow students acquire cognitive knowledge through manual calculation and manipulation of measured data from a tensile testing experiment. Using a conventional tensile laboratory testing, undergraduate material science students succeeded in using their self-acquired skills to determine the toughness of the plastics, the elastic modulus, yield stress and strains, and the ultimate stresses from the measured graphs. The students were also able to describe the deformation mechanisms involved even though the focus was not on the accuracy of the results. This paper reinforces the need to involve constructivism principles in material science teaching that enhances the learner's knowledge acquisition.

**Keywords:** Constructivism, Constructionism, Tensile Testing, Laboratory Instruction, Plastics

## **Introduction**

This work looks into the interpretation of measured tensile test data that gives students the chance to learn and visualize the resulting mechanical properties of the plastics used. The modulus, toughness, yield, and ultimate strengths of the selected plastics were determined. In the constructionism approach, knowledge is shaped and constructed during the building of problem-solving strategies and when the learner actively engages with the construction of those strategies (Ackermann, 2001; Burr, 2015). The moral during the self-directed learning of the learner is always enhanced if the learner engages in the construction of the new knowledge (Talja, et al., 2005; Charmaz, 2008). Currently, as most students study remotely, it is prudent to constructively facilitate their learning and boost their self-efficacies (Abbas & North, 2018; Feldon et al., 2018). Higher creative self-efficacies were observed to be associated with the lower cognitive load during creative-thinking tasks and that suggests that the reinforcement of students' abilities and pre-existing confidence may reduce the perceived difficulties of performing tasks (Redifer et al., 2021). Hence, if the amount of information in the working memory (Lee et al., 2007) are guided and facilitated, positive motivation for learning can be achieved. The approach of this work is to allow or facilitate the learning process of students by allowing them to generate the meaning of the data without the use of computational methods.

Moreover, constructivism learning theory recommends the act of allowing students to create knowledge through their experiences (Sjøberg, 2007; Bada & Olusegun, 2015). In addition, it helps them to actively engage with the task without receiving it passively from the lecturer (Liu & Chen, 2010). The knowledge must constantly be reconstructed via personal experiences through the development of students' cognitive tools (Ackermann, 2001). However, constructivist principles in both conventional campus-based and distance education practices are minimal at our higher education institutions and that may be linked to the difficulty in the implementation (Tenenbaum et al., 2001).

## **Purpose of this Study**

Major issues emerging from the literature review have recognized the pedagogical needs for laboratory teachers to combine theory with practice and provide deep learning laboratory experiences for students (Prabha, 2016). This work seeks to implement constructivist principles that will allow students (i.e., on-campus and off-campus) to explore the evaluation processes of a conventional tensile laboratory testing data (Davis, 2004). The idea is to build a framework within the material science program (i.e., constructionism principle) that will assist students to investigate, build, and acquire knowledge. The approach will allow manual calculations and interpretations of the

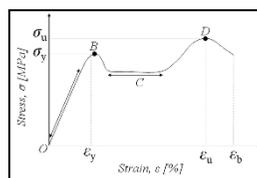
measured data to develop students' cognitive skills and encourage knowledge reinforcement.

### Tensile Testing of Plastics

Mechanical properties of plastics are essential parameters used by material engineers in their material selections (Meyers & Chawla 2008; Dowling, 2012). Tensile testing is one of the important traditional material testing technique that evaluates the strength and toughness of polymer materials (Davis, 2004). The tensile testing is simply placing a specimen under tension until failure. Tensile experiments have been used to train students (McCormick, 1975; Gilmer & Williams, 1996) and clear guidance on the procedure for testing of polymers have been given (Gilmer & Williams, 1996).

Plastics such as polyethylene (*PE*), low-density polyethylene (*LDPE*), high-density polyethylene (*HDPE*), and polystyrene (*PS*) were carefully selected due to their unique properties (Scheirs & Priddy, 2003). The *HDPE* is more crystalline than *LDPE* and the *PS* is completely glassy. The structure of the plastics affects their transition temperatures and this has a significant influence on their applications (Boyer, 1963). The primary transition temperatures are glassy transition ( $T_g$ ) and the melting transition ( $T_m$ ). A plastic that exists below its  $T_g$  and  $T_m$  is rigid. For instance, an amorphous *PS* has a  $T_g$  of around  $105^\circ\text{C}$ ; hence, it exists as a rigid plastic at room temperature (Rieger, 1996). Plastics that exist above their  $T_g$ 's but below  $T_m$ 's are generally soft or rubbery at room temperatures. In our case, both *LDPE* and *HDPE* exist above their  $T_g$ 's (i.e., between  $-78$  to  $-110^\circ\text{C}$ ) (Stehling & Mandelkern, 1970; Gaur & Wunderlich, 1980; Yang et al., 2016) but below their  $T_m$ 's (i.e.,  $115^\circ\text{C}$ ) (Weeks, 1963).

However, most of the unique physical properties influence the mechanical deformation behaviours when measured by a static tensile test (Davis, 2004). Soft plastics are not stiff but they have long plastic deformation, while rigid plastics have distinct elastic properties as depicted in Figure 1. The elastic regime is the initial linear part of the stress-strain curve that describes the plastics ability to resist any permanent change under load (Askeland & Phulé, 2006).



**Figure 1.** Generalized stress-strain curve. The section between  $O$  and  $B$  is the elastic region while point  $B$  and  $D$  are the yield and breaking points, respectively. Part  $C$  represents the plastic deformation region.

In uniaxial tension, most plastics exhibit yielding at the end of the elastic limit before plastic deformation begins (Young & Lovell, 2011a). Most soft and amorphous plastics yield as a result of necking and emerge with different draw ratios (i.e., the length of a fully necked specimen divided by the original length). Nevertheless, the yielding in semi-crystalline plastics are associated with the uncoiling of the crystalline chains (Young & Lovell, 2011a). Glassy and brittle plastics yield as a result of shear band formation and crazing (i.e., a localized form of plastic deformation that creates micro-cracks) (Haward et al., 1971; Argon & Bessonov, 1977).

### **Experimental Method**

The main goal was to perform a normal tensile testing experiment and then allow students to construct the meaning of the data themselves by performing manual data analysis. They were allowed to compare their results with the literature data even though the focus was not on the accuracy of the results.

To facilitate the constructionism process, the laboratory experiments were performed by about hundred and forty (140) students from the undergraduate material science program for two years and each laboratory session involves ten (10) student-groups per semester. For ethical reasons, consents from ten groups were sought and their results were used in this study. Their measured data can be seen in section 7 under the appendix. All samples were tested at room temperature. Dumbbell specimens bought from Modulus and Matrix company polymers, United Kingdom, were prepared by injection moulding. Thus, they are of different colours to allow visualization of the changes in the physical appearances during the deformation. The characteristics of the *PE*, *LDPE*, *HDPE*, and the *PS* plastics are shown under the appendix. Under the appendix, the sample specimen geometry and test routine have also been discussed.

An Instron tensile testing machine (Instron, 2020) was used. A force-extension (i.e., in mm and kN) curves were recorded electronically by an attached computer using a clamped length of ~120 mm (see specimen dimensions in appendix). Cross-head speed for *PS* and *HIPS* (high impact polystyrene) was selected to be 5 mm/min while 25 mm/min was chosen for *LDPE* and *HDPE* specimens because Polyethylene elongates more than the Polystyrene. The speeds were selected to allow complete visualization of the deformation processes within the two-hour session.

### **Constructivism Data Evaluation Processes**

To guide the construction of knowledge (Talja, et al., 2005; Charmaz, 2008), the following guidelines were given to lower the cognitive load and

reduce the perceived difficulty of performing data analysis (Redifer et al., 2021).

In Figure 1, the important parameters in stress-strain curves are the elastic modulus ( $E$ ), yield stress ( $\sigma_y$ ) & strain ( $\epsilon_y$ ), ultimate stress ( $\sigma_u$ ) & strain ( $\epsilon_u$ ), and elongation at break ( $\epsilon_b$ ). The  $\sigma_y$ ,  $\epsilon_y$ ,  $\sigma_u$ ,  $\epsilon_u$ , and  $\epsilon_b$  were obtained directly from the measured graph but  $E$  was determined from the slope at the linear part of the graph (Figure 1) and was related to the equation below.

$$E = \frac{\text{Change in stress (MPa)}}{\text{Change in Strain (unitless)}} = \frac{\Delta\sigma}{\Delta\epsilon} \times 100 \text{ (MPa)} \quad (1)$$

The strain was expressed as a percentage. Hence, the equation was multiplied by 100.

The tensile toughness ( $U_T$ ) was evaluated using the area under the stress-strain curves (MechaniCalc, 2020). The tensile toughness is the total deformation energy per unit volume that the material can withstand before failure (NDT Resource centre, 2020). Therefore, this is different from the fracture toughness measured by an impact load (Seidler & Grellmann, 1995). The toughnesses of the plastics were determined manually using the Trapezium rule (Joyce, 1971; Yeh, 2002). This is an approximation method that represents the definite integral of the region under the graph. The area under the curves was divided into a regular number of partition spacing ( $n$ ) and each spacing ( $\Delta x$ ) had values defined by the lower and upper limits of the curves,  $a$  and  $b$ , shown in equation 2 below.

$$\Delta x = \frac{b - a}{n} \quad (2)$$

For a graph having a function,  $y = f(x)$ , with a partition spacing ( $\Delta x$ ), the Trapezium rule is given by (Maths24, 2020);

$$\text{Area} = \frac{\Delta x}{2} [f(x_1) + f(x_n) + 2(f(x_2) + f(x_3) + f(x_4) + \dots \dots f(x_{n-1}))] \quad (3)$$

Where  $f(x_1), f(x_2), f(x_3), \dots, f(x_n)$  are the functions of each partition from 1, 2, 3 to  $n$  number of partitions. This can also be written as;

$$\text{Area} = \frac{\Delta x}{2} [y_1 + y_n + 2(y_2 + y_3 + y_4 + \dots \dots y_n)] \quad (4)$$

The unit for the toughness is MPa (or  $\text{kJ/m}^3$ ).



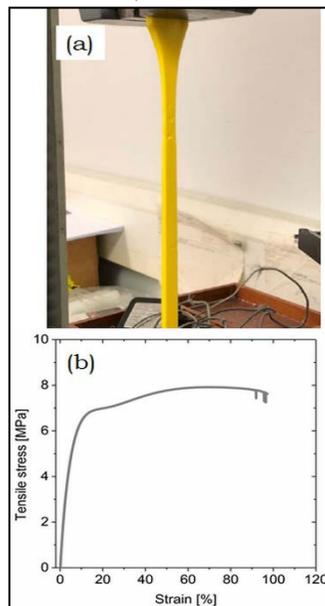
Plastics that can undergo significant plastic deformation before the break are tough and are mostly evaluated by the essential work of fracture (Karger-Kocsis, 1996; Ching et al., 2000). Nonetheless, in the uniaxial tensile testing, it is analyzed by calculating the area under the stress-strain curve (Brostow, 2015). Brittle and glass polymers such as *PS* can be toughened by adding a small amount of polybutadiene rubber chemically (Bucknall, 1977) or through blending (Fowler, 1988). The rubber particles in the toughened *PS* controls the crazing or shear yielding during deformation (Gilbert & Donald, 1986; Young & Lovell, 2011*b*).

## Results

The following are the summary from the students' reports. It is worthy to mention that the focus was on the practical aspects that allows knowledge acquisition during the data evaluation processes without relying too much on the data accuracy.

### Observation and Characterization of LDPE Measurement

At the initial stages, the specimens elongated steadily and extended without necking nor crazing. Consequently, no colour change was observed on the specimen surfaces. Before the failure, voids that looked like two dimples appeared on the specimen surfaces within the gauge lengths (Figure 2*a*). Figure 2*b* provided evidence that there were no significant yielding before the commencement of the deformation (i.e., the plastic deformation). An elastic modulus of 0.19 GPa, the yield stress of 6.80 MPa, and a tensile toughness of 6.90 MPa (see Table 1) were evaluated from the graph.



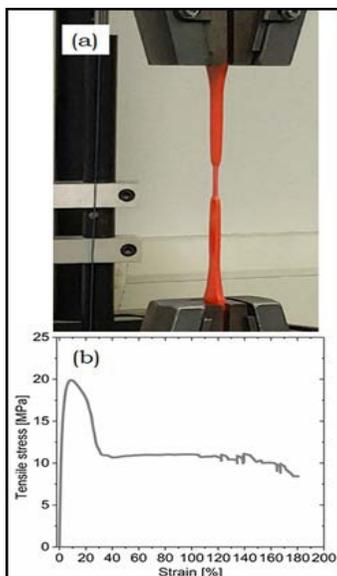
**Figure 2.** LDPE tensile test measurement. (a) Experimental observation during the test. The image shows the appearance or formation of surface voids in the middle of the specimen during the testing. (b) The corresponding stress-strain curve measured during the test.

Yielding in amorphous materials may be linked to the stretching, rotation, sliding, and disentanglement of the chains during loading deformation (Mouritz, 2012). The absence of a distinct yielding may suggest that the chains were less entangled and were able to elongate from their relaxed state.

Hence, the chain molecules elongated to a large extent and oriented anisotropically along the load direction before failure (Hennig, 1967). This is evident in the experimental observations such that there were no necking of the specimen and the only rearrangement within the chains might have caused the surface dimples during the deformation.

### Observation and Characterization of HDPE Measurement

Initially, the specimens extended slowly but was necked within the gauge lengths after about 240 mm extensions (Figure 3a). The cold drawings or the neckings were characterized by narrow stem regions and moderate colour changes within the gauge length as shown in Figure 3a. The extension during the necking continued until a draw ratio of about 3.5 was reached after which most specimens broke. After the fracture, elongated fibrous structures were formed (see section 11 in appendix). In Figure 3b, there were distinct yielding peaks before the large drop in stresses (i.e., roughly half of the yield stresses) occurred due to the necking processes. For this semi-crystalline polyethylene, an elastic modulus of 1.12 GPa, yield stress of 19.80 MPa, and a tensile toughness of 20.50 MPa (see Table 1) were obtained.



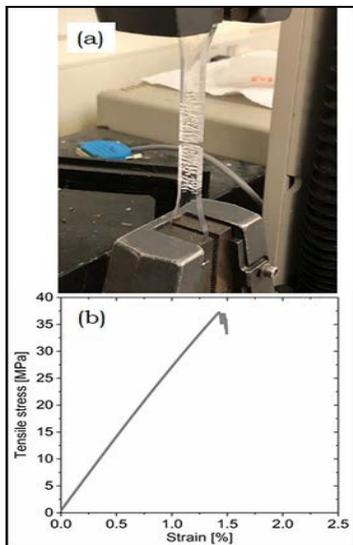
**Figure 3.** HDPE tensile test measurement. (a) Experimental observation during the test. Necking of the specimen began after 240 mm extension and the stem of the sample became thinner during the cold drawing. (b) The corresponding stress-strain curve measured during the test.

The distinct yielding peaks were due to the uncoiling of the folded crystalline chains (Wada, 1971). It is an accepted truth that during the early start of necking, the crystalline chains deform homogeneously and the crystalline regions deform by combinations of slips, twinings, etc. (Gaucher-Miri & Séguéla, 1997). It was noted that stacked crystals, with folded molecules, deform by slip and twinning until the crystals rupture and chains were pulled out (Young & Lovell, 2011a). Under sufficiently high strains, the crystal chains became aligned parallel to the stretched directions and fibrillar structures formed before fracture.

### Observation and Characterization of PS Measurement

For these amorphous and glassy specimens, the extensions lasted for some few minutes and white lines developed nearly at 2.21 mm extensions (Figure 4a). The white lines, perpendicular to the loading direction, appeared to be clouded white lines and the specimen broke soon after that without experiencing any cold drawing or necking. In Figure 4b, the measured stress-strain curve confirmed the breaking of the specimens after short strain periods (i.e., ~1.5 %). An evaluation of the stress-strain curve revealed an elastic modulus of 2.60 GPa, the yield stress of 37.20 MPa, and a tensile toughness of 0.30 MPa (see Table 1).

In uniaxial tension, the main reason for the whitening effects in PS specimens is the formation of small cracks that causes the scattering of light because of the different sizes of cracks and the void space created. The formation of those small cracks and voids are termed crazings (Kambour, 1973; Argon & Salama, 1977). The crazing causes the materials to undergo significant increases in volumes that emerge as small splits or cracks oriented perpendicular to the tensile axis (Kinloch, 2013). In the crazing zones, fractured polymer fibres with small voids like cracks existed and lead to eventual failure.

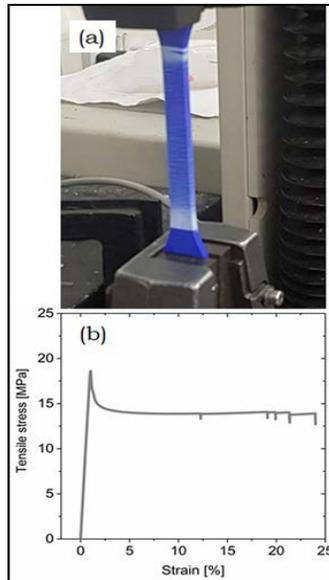


**Figure 4.** PS tensile test measurement. (a) Experimental observation during the test. Crazes caused strong whitening of the specimens within the gauge length before fracture. (b) The corresponding stress-strain curve measured during the test.

### Observation and Characterization of HIPS Measurement

Immediately after the commencement of the test, the deep blue specimens (Figure 5a) turned into distinct pale-blue, with associated white lines, at the vicinity of the gauge ends. Later on, the distinct pale-blue were visible on the entire gauge lengths. At the breaking point, the straight gauge lengths of the specimens curled and small to large horizontal cracks were observed. The corresponding stress-strain curve revealed a narrow yielding peak having a yield stress of about 19 MPa and an appreciable plastic deformation before the break (Figure 5b). An elastic modulus of 1.90 GPa, the yield stress of 18.60 MPa, and a tensile toughness of 3.30 MPa were calculated from the stress-strain curve (see Table 1).

For these toughened polystyrene specimens, the inclusion of the rubbery phase caused the materials to undergo yieldings and plastically deformations before fracturing (Donald & Kramer, 1982a). Under such composite structures, the plastic deformations are often accompanied by stress-whitenings and the necked regions become white in appearance during deformations (Bucknall & Smith, 1965). Thus, these are due to the formation of a large number of crazes around the rubber particles within the material (Donald & Kramer, 1982b).



**Figure 5.** *HIPS* tensile test measurement. (a) Experimental observation during the test. Horizontal narrow cracks formed distinct whitening effects throughout the gauge length. (b) The measured stress-strain curve shows a yielding peak and the plastic deformation region.

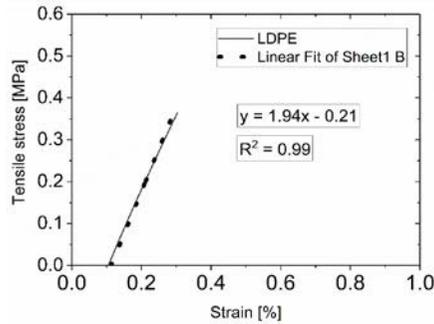
### **Constructivism Data Evaluation**

At the end of the experiment, the students were tasked to manually analyze the data after plotting the stress-strain graphs by using the guidance discussed under constructivism data evaluation processes section above. To allow the establishment of the constructivism learning principles, which is difficult to implement (Tenenbaum et al., 2001), students were instructed to perform the evaluations on their own and share the experiences during the data analysis. For the toughness determination, they were supposed to vary the partition spacing ( $\Delta x$ ) and discuss the resulting data. The following were the summary of what the student reported.

#### ***Determination of Elastic Modulus (E)***

From equation (1), the  $E$  was calculated using the slope of the linear region on the stress-strain curves. For example, from Figure 6, the slope of the *LPDE* elastic region was analyzed as follows. The slope was evaluated as:

$$\Delta\sigma/\Delta\varepsilon = 1.94$$



**Figure 6.** LDPE slope determination at the linear region. The average stress-strain curve from the ten experimental measurements was used.

Therefore,

$$E = 1.94 \times 100 \text{ (MPa)}$$

$$E = 194 \text{ (MPa)} = 0.194 \text{ GPa}$$

Hence, the E value for LDPE was 0.19 GPa. Other E values were evaluated using the same procedure (see section 9 in appendix). The E values for HDPE, PS and HIPS were obtained to be 1.12, 2.6 and 1.9 GPa, respectively.

### ***Estimation of Tensile Toughness ( $U_T$ )***

Using equation 4, the area under the LDPE curve (Figure 7) was estimated with a  $\Delta x$  of 0.097 since  $n$  was selected to be 10 while  $a = 0$  and  $b = 0.97$  (i.e., value as decimal). Starting from 0 and a  $\Delta x$  of 0.097,  $x$  values were generated to be  $x = 0, 0.097, 0.194, 0.291, 0.388, 0.485, 0.582, 0.679, 0.776, 0.873,$  and  $0.97$ .

Figure 7 shows that the corresponding  $y$  values of  $x$  were picked from the graph to be  $y = 0, 6.38, 6.98, 7.20, 7.51, 7.74, 7.87, 7.91, 7.90, 7.84,$  and  $7.63$ . Using equation 4, the area under the curve becomes;

$$Area = \frac{\Delta x}{2} [y_0 + 2y_1 + 2y_2 + 2y_3 + 2y_4 + 2y_5 + 2y_6 + 2y_7 + 2y_8 + 2y_9 + y_n]$$

Inserting the  $y$  values gives;

$$Area = \frac{0.097}{2} [0 + 2(6.38) + 2(6.98) + 2(7.20) + 2(7.51) + 2(7.74) + 2(7.87) + 2(7.91) + 2(7.90) + 2(7.84) + 7.63]$$

$$Area = \frac{0.097}{2} [142.29]$$

$$Area = 6.9 \text{ MPa}$$

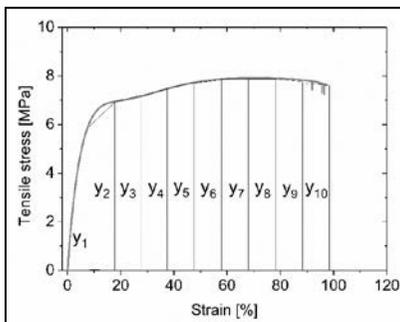


Figure 7. Determination of toughness under the *LDPE* tensile curve.

Hence, the toughness of *LDPE* was calculated to be 20.5 MPa. Using a similar analytical procedure, the ( $U_T$ ) values for *HDPE*, *PS*, and *HIPS* were estimated to be 20.5, 0.3, and 3.3 MPa (see section 10 in appendix).

### Summary of Measured Results and Comparisons

The following table summarizes the results obtained from the students. As shown below, the students compared the deformation behaviour between *LDPE* and *HDPE* as well as *PS* and *HIPS*. Finally, in their discussions, they compared their measured data with the literature (see section 14 in appendix).

### Comparison between *LDPE* and *HDPE*

The *HDPE* is much stiffer and tougher than the *LDPE* because it had a higher yield and ultimate stress as well as greater tensile toughness. A material that has a higher degree of crystallinity would theoretically have a higher Elastic Modulus as the crystalline regions increase the sample stiffness by restricting the molecular motion (Humbert et al., 2011). Hence, *HDPE* is stiffer ( $E = 1.12 \text{ GPa}$ ) than *LDPE* ( $E = 0.19 \text{ GPa}$ ) as shown in Table 1. The much higher yield stress of *HDPE* is as the result of the reinforcement ushered by the crystalline regions that prevented the molecular chains from yielding too easily (Wada, 1971). It is accepted that the crystalline chains must uncoil and stretch before breaking. The necking (Gaucher-Miri & Séguéla, 1997) of the *HDPE* significantly increased the area under the curve and that promoted the increase in the toughness value.

## Comparison between PS and HIPS

The inclusion of the rubbery phases within the *PS* domain allowed the brittle *PS* (Figure 4b) plastic to yield and deform plastically (Figure 5b). Naturally, the microstructure of *PS* is such that the chains are frozen in high energy conformations, since the plastic is below its  $T_g$  (i.e.  $\sim 105^\circ\text{C}$ ) (Rieger, 1996). Therefore, this results in promoting a restrictive movement of chains while raising the energy needed to break the material. Furthermore, the rubber particles within the *HIPS* lowered the elastic modulus and the yield stress (see Table 1).

Interestingly, the presence of the rubber particles in *HIPS* controls the crazing mechanisms within the *PS* domain. These led to stress concentrations at the equators of the particles during the mechanical deformation similar to the stress concentration found around holes and notches (Young & Lovell, 2011b). The stress concentrations may lead to shear yielding or crazing around every rubber particle and hence throughout the large volume of the material rather than just at the crack tip. Hence, the polymer adsorbs a large amount of energy during the deformation.

**Table 1.** Mechanical properties obtained after the experiment

Parameter s	Tensile modulus, $E$ (GPa)	Yield stress, $\sigma_y$ (MPa)	Yield strain, $\epsilon_y$ (%)	Ultimate stress, $\sigma_u$ (MPa)	Ultimate strain, $\epsilon_u$ (%)	Tensile Toughness $U_T$ (MPa)
<i>LDPE</i>	0.19	6.80	14.00	7.90	69.90	6.90
<i>HDPE</i>	1.12	19.80	10.50	19.80	10.50	20.50
<i>PS</i>	2.60	37.20	1.40	37.20	1.40	0.30
<i>HIPS</i>	1.90	18.60	1.03	18.60	1.03	3.30

## Constructed Knowledge

The approach of employing the constructivism principle in the data evaluation process enhanced the students' cognitive learning, and they demonstrated a clear understanding of the topic in their reports. During oral discussions, students gave positive feedback about the process and pointed out that they tried so many ways to get the partition spacing as accurate as possible. After many attempts, they developed the concepts and were able to get the work done. Thus, they built skills through active mental work and not by receiving it passively from the instructor (Sjøberg, 2007). The students also observed that even though it was not easy to find the slopes of the elastic linear regions, they learned from the experiences. They would not have acquired those experiences if they employ a computational analytical methods. Their difficulties stem from the determination of the real linear regions. The acquired skills enabled them to overcome other difficulties, thereby improving their confidence. This is in line with the constructivist teaching approach that



instructs instructors to activate the cognitive thinking process by setting explorable and supportive tasks in their sessions (Ackermann, 2001).

The outcome of this study is comparable to previous studies (Kim et al., 1999; Kim et al., 1999; Neo & Neo, 2009) where constructivism principles were used to improve students' learning. First of all, the constructivism principle was used to increase students' reading comprehension. This indicated that the implemented strategies increased the students' reading comprehension effectively compared to the conventional method (Yusuf, 2012). Secondly, a new general science curriculum which reflects a constructivist view was introduced into the curriculum and that promoted a positive classroom learning environment (Kim et al., 1999). Finally, students' perceptions while working on a multimedia project in a constructivist-based learning environment were investigated (Neo & Neo, 2009). Also, it was reported that the students showed positive attitudes towards the project in their learning, motivation, understanding, skills, and their teamwork abilities.

## **Conclusion**

This paper demonstrates the act of allowing students to acquire cognitive knowledge through the use of constructivism principles built up by constructionism process. Students were tasked to perform manual data analysis after a tensile testing laboratory session and that allowed them to construct analytical skills. The students were able to apply the knowledge acquired in their work to solve other problems. They succeeded in learning simple ways of approximating the toughness of the plastics using the Trapezium rule in the determination of the area under the stress-strain curves, thus improving their constructive learning processes. The students also managed to evaluate the elastic modulus, yield stress and strains, and the ultimate stresses from the measured graphs. Furthermore, the students managed to describe the deformation mechanisms behind each selected plastic. Therefore, this paper reinforces the need to involve the constructivism principles in our teaching that will enhance the learner's knowledge construction.

## **Acknowledgements**

The authors wish to thank all undergraduate students who were involved in the laboratory sessions.

## **References:**

1. Abbas, Z. A., & North, J. S. (2018). Good-vs. poor-trial feedback in motor learning: The role of self-efficacy and intrinsic motivation

- across levels of task difficulty. *Learning and instruction*, 55, 105-112.  
<https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2017.09.009>.
2. Ackermann, E. (2001). Piaget's constructivism, Papert's constructionism: What's the difference. *Future of learning group publication*, 5(3), 438.
  3. Burr, V. (2015). *Social constructionism*. Routledge.  
<https://doi.org/10.4324/9781315715421>
  4. Argon, A. S., & Bessonov, M. I. (1977). Plastic flow in glassy polymers. *Polymer Engineering & Science*, 17(3), 174-182.  
<https://doi:10.1002/pen.760170306>.
  5. Argon, A. S., & Salama, M. M. (1977). Growth of crazes in glassy polymers. *Philosophical Magazine*, 36(5), 1217-1234.  
<https://doi:10.1080/14786437708239790>.
  6. Askeland, D. R. & Phulé, P. P. (2006). *The science and engineering of materials*. 5th ed.: Cengage Learning.
  7. Bada, S.O., & Olusegun, S. (2015). Constructivism learning theory: A paradigm for teaching and learning. *Journal of Research & Method in Education*, 5(6), 66-70. <https://doi:10.9790/7388-05616670>.
  8. Boyer, R. F. (1963). The relation of transition temperatures to chemical structure in high polymers. *Rubber Chemistry and Technology*, 36(5), 1303-1421. <https://doi:10.5254/1.3539649>.
  9. Brostow, W., Lobland, H. E. H., & Khoja, S. (2015). Brittleness and toughness of polymers and other materials. *Materials Letters*, 159, 478-480. <https://doi:10.1016/j.matlet.2015.07.047>.
  10. Bucknall, C. B. (1977). *Toughened plastics*. Applied Science Publishers, 182-211. London. [https://doi.org/10.1007/978-94-017-5349-4\\_7](https://doi.org/10.1007/978-94-017-5349-4_7).
  11. Bucknall, C. B., & Smith, R. R. (1965). Stress-whitening in high-impact polystyrenes. *Polymer*, 6(8), 437-446.  
[https://doi:10.1016/0032-3861\(65\)90028-5](https://doi:10.1016/0032-3861(65)90028-5).
  12. Charmaz, K. (2008). Constructionism and the grounded theory method. *Handbook of constructionist research*, 1, 397-412.
  13. Ching, E. C., Poon, W. K., Li, R. K., & Mai, Y. W. (2000). Effect of strain rate on the fracture toughness of some ductile polymers using the essential work of fracture (EWF) approach. *Polymer Engineering & Science*, 40(12), 2558-2568. <https://doi:10.1002/pen.11386>.
  14. Davis, J. R. (2004). *Tensile testing*, 2<sup>nd</sup> Ed.; ASM international.
  15. Donald, A. M., & Kramer, E. J. (1982). Internal structure of rubber particles and craze break-down in high-impact polystyrene (HIPS). *Journal of Materials Science*, 17(8), 2351-2358.  
<https://doi:10.1007/BF00543744>.

16. Donald, A. M., & Kramer, E. J. (1982). Craze initiation and growth in high-impact polystyrene. *Journal of Applied Polymer Science*, 27(10), 3729-3741. <https://doi:10.1002/app.1982.070271009>.
17. Dowling, N. E. (2012). *Mechanical behavior of materials: engineering methods for deformation, fracture, and fatigue*. 4th ed. Pearson.
18. Feldon, D. F., Franco, J., Chao, J., Peugh, J., & Maahs-Fladung, C. (2018). Self-efficacy change associated with a cognitive load-based intervention in an undergraduate biology course. *Learning and Instruction*, 56, 64-72. <https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2018.04.007>.
19. Fowler, M. W., & Baker, W. E. (1988). Rubber toughening of polystyrene through reactive blending. *Polymer Engineering & Science*, 28(21), 1427-1433. <https://doi:10.1002/pen.760282112>.
20. Gaucher-Miri, V., & Séguéla, R. (1997). Tensile yield of polyethylene and related copolymers: mechanical and structural evidences of two thermally activated processes. *Macromolecules*, 30(4), 1158-1167. <https://doi:10.1021/ma9601878>.
21. Gaur, U., & Wunderlich, B. (1980). The glass transition temperature of polyethylene. *Macromolecules*, 13(2), 445-446. <https://doi.org/10.1021/ma60074a045>.
22. Gilbert, D. G., & Donald, A. M. (1986). Toughening mechanisms in high impact polystyrene. *Journal of materials science*, 21(5), 1819-1823. <https://doi:10.1007/BF01114745>.
23. Gilmer, T. C., & Williams, M. (1996). Polymer mechanical properties via a new laboratory tensile tester. *Journal of chemical education*, 73(11), 1062. <https://doi:10.1021/ed073p1062>.
24. Haward, R. N., Murphy, B. M., & White, E. F. T. (1971). Relationship between compressive yield and tensile behavior in glassy thermoplastics. *Journal of Polymer Science Part A-2: Polymer Physics*, 9(5), 801-814. <https://doi:10.1002/pol.1971.160090503>.
25. Hennig, J. (1967). Anisotropy and structure in uniaxially stretched amorphous high polymers. In *Journal of Polymer Science Part C: Polymer Symposia* (Vol. 16, No. 5, pp. 2751-2761). New York: Wiley Subscription Services, Inc., A Wiley Company. <https://doi:10.1002/polc.5070160528>.
26. Humbert, S., Lame, O., Séguéla, R., & Vigier, G. (2011). A re-examination of the elastic modulus dependence on crystallinity in semi-crystalline polymers. *Polymer*, 52(21), 4899-4909. <https://doi:10.1016/j.polymer.2011.07.060>.
27. Instron (2020). Universal testing systems. Retrieved from <https://www.instron.us/products/testing-systems/universal-testing-systems>.

28. Jia, J. H., Hu, X. Y., Wang, N., & Tu, S. T. (2012). Test verification of an extensometer for deformation measurement of high temperature straight pipes. *Measurement*, 45(7), 1933-1936. <https://doi:10.1016/j.measurement.2012.03.037>.
29. Joyce, D. C. (1971). Survey of extrapolation processes in numerical analysis. *Siam Review*, 13(4), 435-490. <https://doi:10.1137/1013092>.
30. Kambour, R. P. (1973). A review of crazing and fracture in thermoplastics. *Journal of Polymer Science: Macromolecular Reviews*, 7(1), 1-154. <https://doi:10.1002/pol.1973.230070101>.
31. Karger-Kocsis, J. (1996). For what kind of polymer is the toughness assessment by the essential work concept straightforward? *Polymer Bulletin*, 37(1): 119-126. <https://doi:10.1007/BF00313827>.
32. Kim, H. B., Fisher, D. L., & Fraser, B. J. (1999). Assessment and investigation of constructivist science learning environments in Korea. *Research in Science & Technological Education*, 17(2), 239-249. <https://doi.org/10.1080/0263514990170209>.
33. Kinloch, A. J. (Ed). (2013). *Fracture behaviour of polymers*, (pp. 107 – 328), Springer Science & Business Media.
34. Lee, Y. S., Lu, M. J., & Ko, H. P. (2007). Effects of skill training on working memory capacity. *Learning and Instruction*, 17(3), 336-344. <https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2007.02.010>.
35. Liu, C. C., & Chen, I. J. (2010). Evolution of constructivism. *Contemporary issues in education research*, 3(4), 63-66. <https://doi:10.19030/cier.v3i4.199>.
36. Maths24 (2020). *Calculus-Integration of functions*. Retrieved from [https://www.math24.net/trapezoidal-rule/#:~:text=We%20write%20the%20Trapezoidal%20Rule,f\(x4\)%5D](https://www.math24.net/trapezoidal-rule/#:~:text=We%20write%20the%20Trapezoidal%20Rule,f(x4)%5D).
37. McCormick, P. D. (1975). Simple tensile testing. *Journal of Chemical Education*, 52(4), 242. <https://doi:10.1021/ed052p242>.
38. MechaniCalc (2020). *Mechanical Properties of Materials*. Retrieved from <https://mechanicalc.com/reference/mechanical-properties-of-materials#modulus-of-toughness>.
39. Meyers, M. A., & Chawla, K. K. (2008). *Mechanical behavior of materials*. Cambridge university press.
40. Modulus & Matrix (2020). *Plastic tensile test specimen*. Retrieved from <https://modulusandmatrix.co.uk/plastic-test-specimens/>.
41. Mouritz, A. P. (2012). *Introduction to aerospace materials*. Elsevier. <https://doi.org/10.1533/9780857095152>.
42. Murakami, Y., & Nemat-Nasser, S. (1983). Growth and stability of interacting surface flaws of arbitrary shape. *Engineering Fracture*

- Mechanics, 17(3), 193-210. [https://doi:10.1016/0013-7944\(83\)90027-9](https://doi:10.1016/0013-7944(83)90027-9).
43. Neo, M., & Neo, T. K. (2009). Engaging students in multimedia-mediated Constructivist learning—Students' perceptions. *Journal of Educational Technology & Society*, 12(2), 254-266.
  44. NDT Resource center (2020). Toughness. Retrieved from <https://www.nde-ed.org/EducationResources/CommunityCollege/Materials/Mechanics/Toughness.htm>.
  45. Prabha, S. (2016). Laboratory experiences for prospective science teachers: A meta-analytic review of issues and concerns. *Eur. Sci. J*, 12, 235-250. <https://doi:10.19044/esj.2016.v12n34p235>
  46. Redifer, J. L., Bae, C. L., & Zhao, Q. (2021). Self-efficacy and performance feedback: Impacts on cognitive load during creative thfretrinking. *Learning and Instruction*, 71, 101395. <https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2020.101395>.
  47. Rieger, J. (1996). The glass transition temperature of polystyrene: results of a round robin test. *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*, 46(3-4), 965-972. <https://doi:10.1007/bf01983614>.
  48. Scheirs, J., & Priddy, D. (Eds.). (2003). *Modern styrenic polymers: polystyrenes and styrenic copolymers* (Vol. 6). John Wiley & Sons.
  49. Seidler, S., & Grellmann, W. (1995). Application of the instrumented impact test to the toughness characterization of high impact thermoplastics. *Polymer testing*, 14(5), 453-469. [https://doi:10.1016/0142-9418\(95\)00003-B](https://doi:10.1016/0142-9418(95)00003-B).
  50. Sjøberg, S. (2007). Constructivism and learning. *International encyclopaedia of education*, 3. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-044894-7.00467-X>.
  51. Stehling, F. C., & Mandelkern, L. (1970). The glass temperature of linear polyethylene. *Macromolecules*, 3(2), 242-252. <https://doi.org/10.1021/ma60014a023>.
  52. Talja, S., Tuominen, K., & Savolainen, R. (2005). " Isms" in information science: Constructivism, collectivism and constructionism. *Journal of documentation*, 61(1), 79-101. <https://doi.org/10.1108/002204105110578023>.
  53. Tenenbaum, G., Naidu, S., Jegede, O., & Austin, J. (2001). Constructivist pedagogy in conventional on-campus and distance learning practice: An exploratory investigation. *Learning and instruction*, 11(2), 87-111. [https://doi.org/10.1016/S0959-4752\(00\)00017-7](https://doi.org/10.1016/S0959-4752(00)00017-7).

54. Wada, Y., & Nakayama, A. (1971). Necking of high-density polyethylene. *Journal of Applied Polymer Science*, 15(1), 183-197. doi:10.1007/BF00396052.
55. Weeks, J. J. (1963). Melting temperature and change of lamellar thickness with time for bulk polyethylene. *Journal of Research of the National Bureau of Standards. Section A, Physics and Chemistry*, 67(5), 441. https://doi:10.6028/jres.067A.046.
56. Yang, Q., Chen, X., He, Z., Lan, F., & Liu, H. (2016). The glass transition temperature measurements of polyethylene: determined by using molecular dynamic method. *Rsc Advances*, 6(15), 12053-12060. https://doi:10.1039/C5RA21115H.
57. Yeh, S. T. (2002). Using trapezoidal rule for the area under a curve calculation. *Proceedings of the 27th Annual SAS® User Group International (SUGI'02)*. Retrieved from https://www.lexjansen.com/nesug/nesug02/ps/ps017.pdf.
58. Young, R. J., & Lovell, P. A. (2011a). *Introduction to polymers*, (pp. 531-550). CRC press.
59. Young, R. J., & Lovell, P. A. (2011b). *Introduction to polymers*, (pp. 583-587). CRC press.
60. Yussof, Y. M., Jamian, A. R., Roslan, S., Hamzah, Z. A. Z., & Kabilan, M. K. (2012). Enhancing reading comprehension through cognitive and graphic strategies: A constructivism approach. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 64, 151-160. https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2012.11.018.

## Appendix

This part of the paper describes in detail the sample geometry, individual measured results, procedures in the determination of mechanical parameters, the morphology of specimens, possible sources of errors, associated health and safety precaution, and examples of student's reports (snapshots).

## Samples

Dumbbell specimens bought from Modulus and Matrix company polymers were prepared by injection molding with different colours to allow visualization of the changes in physical appearances during the deformation. The characteristics of the polymers can be found in the table below.

**Table 1.** Characteristics of polymers used

<i>Polymer</i>	<i>Density</i> (g cm <sup>-3</sup> )	<i>T<sub>g</sub></i> (°C)	<i>Colour</i>	<i>Molecular weight, M<sub>w</sub></i> (kg/mol) †
<i>LDPE</i>	0.92	-110	Yellow	> 25
<i>HDPE</i>	0.95	-110	Red	> 25

<i>PS</i>	1.05	105	Colourless	> 10
<i>HIPS</i>	1.03	100	Blue	> 10

† data provided by the specimen manufacturer (source: Modulus and Matrix company, United Kingdom)

### Specimen Dimensions

Rectangular Dumbbell specimens of each polymer were bought from Modulus and Matrix company, United Kingdom (Modulus & Matrix. 2020). It has a thickness of about 4 mm and a gauge length of ~ 80 mm was used. The dimensions of the specimens used can be seen below.

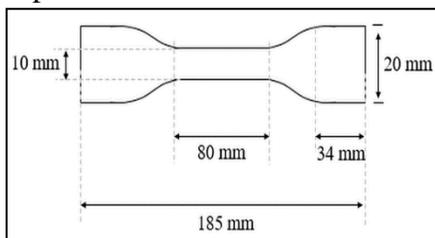


Figure 1. Dimensions of the rectangular dumbbell specimens.

### Tensile Test Machine

The samples were tested by an Instron Tensile Testing Machine (Instron, 2020). The test machine comprises of a lower and upper clamp which are fixed and movable vertically by a cross-head attached. The force generated in the sample is measured via an accurately calibrated load cell positioned in the moving cross head.

### Test Routine and Initial Measurements

Pre-laboratory discussions on the safety and test procedures were made before the start of the experiments. Students were allowed to interact among themselves and develop plans for the measurements. The students were then asked to relate the flexibility or the stiffness to the plastic's microstructures and their mechanical properties. One important question was whether a plastic with a greater yield strength can display greater elongation properties. Finally, they were tasked to relate the polymer's microstructure to the fracture surfaces and predict what the surface might look like before the start of the experiment.

The calibrated tensile test machine stretched the specimens with forces in *kN* and the corresponding extensions was recorded until it failed. The force units and the associated extensions were converted, electronically, into Mega-Pascals (MPa) and strains (%), respectively. To aid the conversion from *kN* to MPa (i.e., MNm<sup>-2</sup>), the students measured the cross-sectional area (*A*) of the specimens, as displayed in Table 2, and inserted into the computer program. *A* was calculated by using the average cross-sectional lengths (*L<sub>c</sub>*) and widths (*W<sub>c</sub>*) of three specimens (*S*) measured individually by a digital thickness

gauge. Table 2 shows how the areas were calculated. The stress (in MPa) was then force ( $kN$ ) divided by  $A$  ( $m^2$ ). Strain =  $(L_0 - L)/L \times 100\%$ . Where  $L$  is the original length (i.e., clamped length of  $\sim 120$  mm) and  $L_0$  is the new extended length.

**Table 2.** Cross-sectional area calculation

S	Length ( $l$ ) mm	Length ( $l$ ) Mm	Length ( $l$ ) mm	Average length ( $L_c$ )	Width ( $w$ ) mm	Width ( $w$ ) mm	Width ( $w$ ) mm	Average width ( $W_c$ )	$A^*$ ( $mm^2$ )
<i>LDPE</i>	3.93	3.93	3.93	3.93	9.64	9.65	9.65	9.65	37.92
<i>HDPE</i>	3.96	4.02	3.99	3.99	9.66	9.64	9.65	9.65	38.50
<i>PS</i>	4.09	4.06	4.08	4.08	10.32	10.26	10.28	10.29	41.94
<i>HIPS</i>	4.09	4.13	4.11	4.11	9.87	9.87	9.87	9.87	40.57

$$* A = L_c \times W_c,$$

### Apparatus Needed for the Laboratory Class

The equipment needed for the two-hour session is;

- A universal tensile testing machine that is capable of testing materials within ranges of 0.02 N to 50 kN.
- A computer attached to the tensile testing machine for uploading the measurement data.
- Three dumbbell specimens from *LDPE*, *HDPE*, *PS*, and *HIPS*.
- A digital thickness gauge.

### Test Protocol

The following protocol was followed.

- (a) Measure the dimensions of each dumbbell specimen and calculate the cross-sectional area of the samples. Insert the calculated area into the machine program.
- (b) Carry out tensile tests on each polymer and obtain force-extension curves. During each tensile test, observe the deformation of the specimen. Note;
  - i. Any change in the appearance of the material up to fracture.
  - ii. Whether the specimen is fractured between the clamps, at the edge or within the clamps.
  - iii. Whether or not the specimen formed a neck and underwent cold drawing.
- (c) Convert the force-extension data into stress-strain curves in MPa and %. Then plot a stress-strain curve in each polymer. Note: the conversion was done electronically in this work.
- (d) Analyze each curve, tabulate your final results, and calculate the following:
  - i. Tensile modulus,  $E$  (GPa)
  - ii. Yield stress,  $\sigma_y$  (MPa)
  - iii. Yield strain,  $\varepsilon_y$  (%)

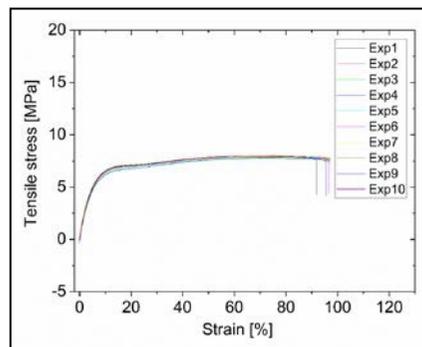


- iv. Ultimate stress,  $\sigma_u$  (MPa)
  - v. Ultimate strain,  $\epsilon_u$  (%)
  - vi. Toughness (MPa)
- (e) Using concepts from the literature and lecture notes, explain the difference in the results obtained from;
- i. *LDPE* and *HDPE*
  - ii. *PS* and *HIPS*
- (f) Compare your tensile properties with those reported in the literature and describe how you may improve the accuracy of the toughness calculations.

### Plots of Measured Data after Ten Measurements

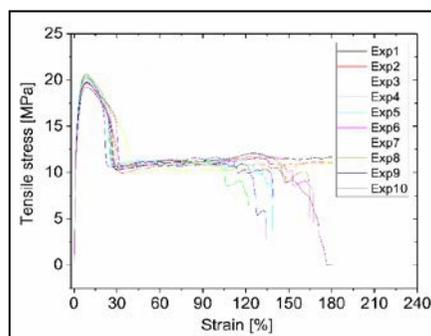
The following are the individual plots from ten measurement groups. The averages of these plots were used in the main paper.

#### *LDPE*



**Figure 2.** Plots of *LDPE*'s stress-strain curves obtained after ten (10) experiments.

#### *HDPE*



**Figure 3.** Plots of *HDPE*'s stress-strain curves obtained after ten (10) experiments.

### PS

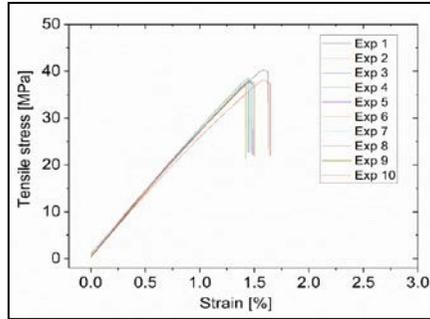


Figure 4. Plots of *PS*'s stress-strain curves obtained after ten (10) experiments

### HIPS

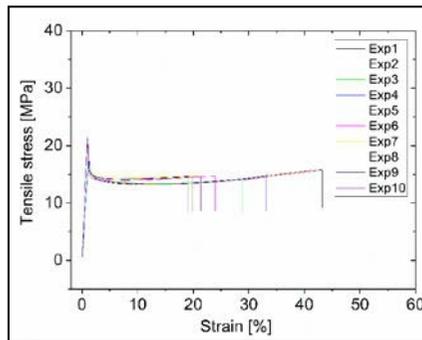


Figure 5. Plots of *HIPS*'s stress-strain curves obtained after ten (10) experiments.

### Results Overview

An average of ten (10) experimental results from ten students groups were calculated and plotted as shown in Figure 6. From the graph, the *PS* looked very rigid and breaks at stress close to the yield point, while the *HIPS* yielded and elongated to an appreciable length. There was a clear distinction between the *LDPE* and *HDPE* even though both plastics elongated before breaking. There was a pronounced yielding for the *HDPE* than the *LDPE*.

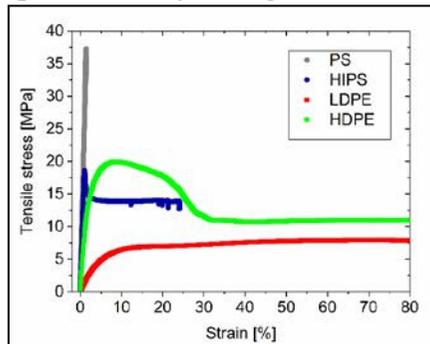


Figure 6. Overview of results from all specimens tested. This is an average plot from each plastic material after ten (10) experimental measurements were selected from measured experimental results. See individual plots above.

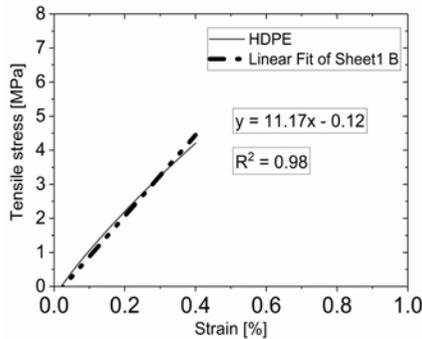
### Determination of Elastic Modulus (E)

Using equation (1) and the same procedure described within the main paper, the following  $E$  values were calculated.

#### HDPE

From Figure 7,

$$\frac{\Delta\sigma}{\Delta\varepsilon} = 11.17$$



**Figure 7.** HDPE slope determination at the linear region. The average stress-strain curve from the ten experimental measurements was used.

Hence,

$$E (Pa) = 11.17 \times 100 (MPa)$$

$$E (Pa) = 1117 (MPa)$$

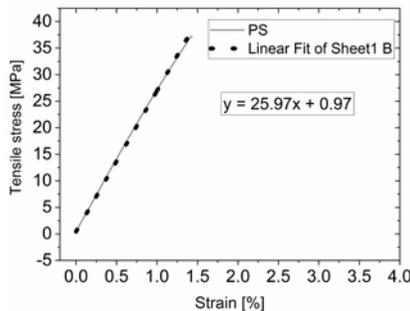
$$E (Pa) = 1.12 (GPa)$$

Therefore, the  $E$  value for HDPE was 1.12 GPa.

#### PS

From Figure 8,

$$\frac{\Delta\sigma}{\Delta\varepsilon} = 25.97$$



**Figure 8.** PS slope determination at the linear region. The average stress-strain curve from the ten experimental measurements was used

Hence,

$$E (Pa) = 25.97 \times 100 (MPa)$$

$$E (Pa) = 2597 (MPa)$$

$$E (Pa) = 2.6 (GPa)$$

Therefore, the  $E$  value for *PS* was 2.60 GPa.

### **HIPS**

From Figure 9,

$$\frac{\Delta\sigma}{\Delta\varepsilon} = 18.88$$

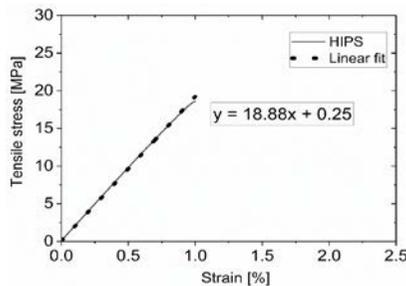
Hence,

$$E = 18.88 \times 100 (MPa)$$

$$E = 1888 (MPa)$$

$$E = 1.9 (GPa)$$

Therefore, the  $E$  value for *HIPS* was 1.90 GPa.



**Figure 9.** *HIPS* slope determination at the linear region. The average stress-strain curve from the ten experimental measurements was used.

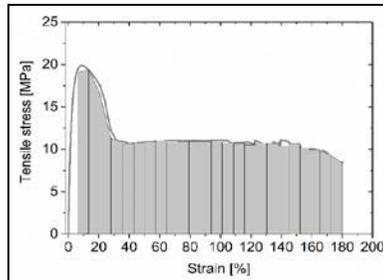
### **Determination of Toughness**

Similar to the procedures within the main paper, the Trapezium rule was used as follows;

$$Area = \frac{\Delta x}{2} [y_1 + y_n + 2(y_2 + y_3 + y_4 + \dots \dots y_n )]$$

### **HDPE**

In Figure 10 below, the toughness of *HDPE* plastic was estimated using  $\Delta x = 0.072$  because  $n$  was selected to be 25 while  $a = 0$  and  $b = 1.8$  (i.e., value as decimal).



**Figure 10.** Determination of toughness under the *HDPE* tensile curve

Starting from 0 and a  $\Delta x$  of 0.072,  $x$  values were generated and the corresponding  $y$  values of  $x$  were picked from the curve in Figure 10 (see Table 3 below). In Table 3, the required coefficients were multiplied and the resulting values were summed as in the Trapezium formula (i.e., summation of  $y_1, 2y_2, 2y_3, \dots, y_n$ ).

**Table 3.** Estimation of HDPE toughness

$x$	$Y$	Coefficient ( $c$ )	Product = $c \times y$
0	0	1	0
0.072	19.75	2	39.5
0.144	19.14	2	38.28
0.216	16.89	2	33.78
0.288	12.04	2	24.08
0.36	10.92	2	21.84
0.432	10.71	2	21.42
0.504	10.86	2	21.72
0.576	10.93	2	21.86
0.648	10.98	2	21.96
0.72	10.98	2	21.96
0.792	11.00	2	22.00
0.864	11.00	2	22.00
0.936	11.03	2	22.06
1.008	11.03	2	22.06
1.08	10.73	2	21.46
1.152	10.78	2	21.56
1.224	10.57	2	21.14
1.296	10.44	2	20.88
1.368	10.78	2	21.56
1.44	10.96	2	21.92
1.512	10.2	2	20.40
1.584	10.05	2	20.10
1.656	9.07	2	18.14
1.728	9.16	2	18.32
1.8	8.43	1	8.43
		<b>Sum</b>	<b>568.43</b>

The area is then given by;

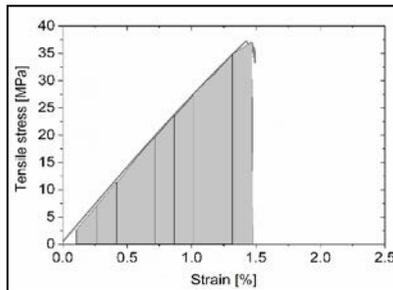
$$\text{Area} = \frac{0.072}{2} [568.43]$$

$$\text{Area} = 20.5 \text{ MPa}$$

Hence, the toughness of *HDPE* was 20.5 MPa.

**PS**

In Figure 11 below, the toughness of *PS* plastic was estimated using  $\Delta x = 0.00149$  because *n* was selected to be 10 while *a* = 0 and *b* = 0.0149 (i.e., value as decimal).



**Figure 11.** Determination of toughness under the *PS* tensile curve

Starting from 0 and a  $\Delta x$  of 0.00149, *x* values were generated and the corresponding *y* values of *x* were picked from the curve in Figure 11 (see Table 4 below). The procedure above was followed.

**Table 4.** Estimation of PS toughness

<i>X</i>	<i>Y</i>	<i>Coefficient (c)</i>	<i>Product = c × y</i>
0	0	1	0
0.00149	4.55	2	9.10
0.00298	8.56	2	17.12
0.00447	12.7	2	25.40
0.00596	16.71	2	33.42
0.00745	20.63	2	41.26
0.00894	24.45	2	48.90
0.01043	28.21	2	56.42
0.01192	31.81	2	63.62
0.01341	35.4	2	70.80
0.0149	35.95	1	35.95
		<b>Sum</b>	<b>401.99</b>

The area is then given by;

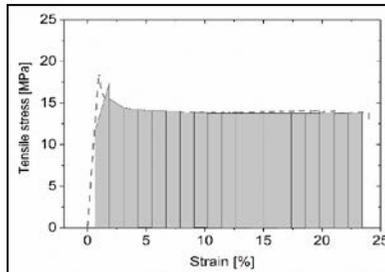
$$\text{Area} = \frac{0.00149}{2} [401.99]$$

$$\text{Area} = 0.3 \text{ MPa}$$

Hence, the toughness of *PS* was 0.3 MPa.

### HIPS

In Figure 12 below, the toughness of *HIPS* plastic was estimated using  $\Delta x = 0.012$  because  $n$  was selected to be 20 while  $a = 0$  and  $b = 0.24$  (i.e., value as decimal).



**Figure 12.** Determination of toughness under the *HIPS* tensile curve

Starting from 0 and a  $\Delta x$  of 0.012,  $x$  values were generated and the corresponding  $y$  values of  $x$  were picked from the curve in Figure 12 (see Table 5 below). The previous procedure was followed.

**Table 5.** Estimation of HIPS toughness

$X$	$y$	Coefficient ( $c$ )	Product = $c \times y$
0	0	1	0
0.012	18.45	2	36.90
0.024	14.50	2	29.00
0.036	14.18	2	28.36
0.048	14.02	2	28.04
0.060	13.95	2	27.90
0.072	13.90	2	27.80
0.084	13.88	2	27.76
0.096	13.88	2	27.76
0.108	13.88	2	27.76
0.120	13.88	2	27.76
0.132	13.88	2	27.76
0.144	13.90	2	27.80
0.156	13.94	2	27.88
0.168	13.98	2	27.96
0.180	14.04	2	28.08
0.192	13.98	2	27.96
0.204	13.98	2	27.96
0.216	13.80	2	27.60
0.228	13.80	2	27.60
0.240	13.59	1	13.59
		<b>Sum</b>	<b>553.23</b>

The area is then given by;

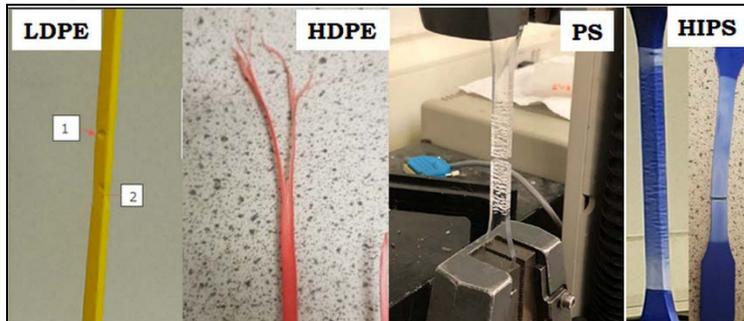
$$Area = \frac{0.012}{2} [553.23]$$

$$Area = 3.3 \text{ MPa}$$

Hence, the toughness of *HIPS* was 3.3 MPa.

### Specimen Morphological Details

The following images show details of the specimens captured by the students during and after the tensile deformation.



**Figure 13.** Details of the specimens during and after the tensile test. The *LDPE* had two visible surface voids during the plastic deformation. The ends of the *HDPE* transformed into fibrous structures after the fracture. The *PS* developed perpendicular crack zones (i.e., crazing zones) during the fracture and the *HIPS* had crazing zones plus large deformations before cracking.

### Possible Sources of Errors

It is worthy to mention that the specimen's cross-sectional areas and their measured stress-strain curves must not be averaged if the focus is on result accuracy. Moreover, there may be several sources of errors that must be considered. Fluctuations in the individual graphs may be due to internal crazing or necking at the grip section of the test specimen. Unintended surface flaws (Murakami & Nemat-Nasser, 1983), as a result of manufacturing or specimen handling faults, may result to initial cracks and might lower the expected mechanical properties. Human errors might occur during the reading of values from the stress-strain curves. There might also be instrumental errors during the calculation of the specimen's cross-sectional area due to possible errors from the digital thickness gauge. Furthermore, errors might also occur during the conversion of units and, most importantly, during the extension conversion to strain values. In those cases, the use of an extensometer (Jia et al., 2012) is recommended for data accuracy.

### Hazard and Safety Precautions

The following health and safety precautions must be followed:

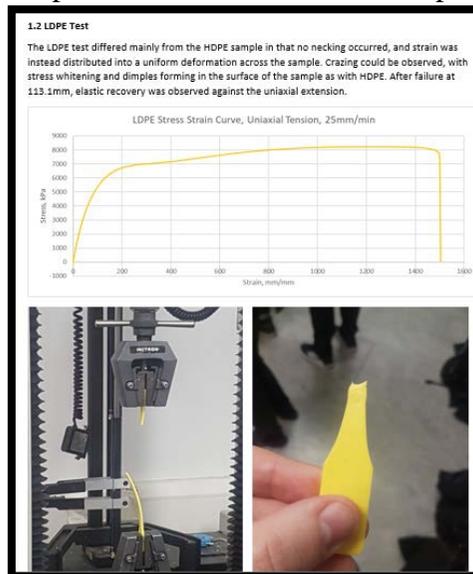
- Safety glasses and lab coats MUST be worn at all times in the laboratory.
- Students must stand, at least, two (2) meters away from the tensile testing machine during measurements.



- Eating, drinking, and smoking are NOT PERMITTED in the laboratory.
- Walkways between benches should be kept clean and free from obstruction.

## Samples of Student's Reports

Anonymous snapshots of selected student's reports.



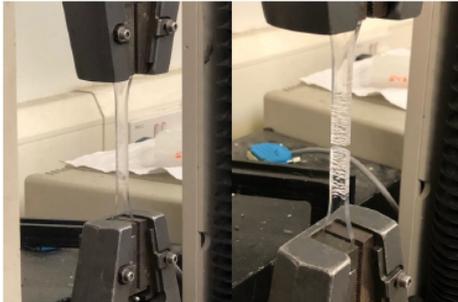
Student 1

- LDPE:
  - $E = (140 - 1860) \times 10^6 \text{ N m}^{-2}$  [1]
  - $\sigma_y = (0.2 - 11.9) \times 10^6 \text{ N m}^{-2}$  [1]
  - $\epsilon_y = 19\%$  (3)
  - $\sigma_u = (5 - 26) \times 10^6 \text{ N m}^{-2}$  [1]
  - $\epsilon_u = (20 - 40)\%$  [1]
  - $\text{Toughness} = 6.06 \times 10^6 \text{ N m}^{-2}$  [5]

The experimental value of Young's Modulus is lower than its theoretical value. The yield and ultimate stresses are within their respective range of theoretical values. The experimental yield strain has a value that is close to its theoretical value. The experimental Ultimate Strain is much larger than its theoretical predictions, this discrepancy in value might be due to the experimental value experiencing more plastic deformation before fracture than what was written down in theory. The experimental toughness is also much larger than what is written down in the research journal, despite their

Student 1

- HIPS = The sample started developing white lines in it when tensile stress was applied to it. The stress whitening occurred due to the formation of a large number of crazes around the rubber particles in the material. The white lines gradually appeared more frequently and covered the sample as it was stretched even more. The sample did not experience necking before its fracture and seemed to elongate uniformly. The sample fractured in the middle, between the two clamps.



*Image 4 Clear PS sample. The image on the left shows the beginning of the formation of crazing lines. The lines are much thinner in the image on the left compared to the image on the right. The image on the right shows a broken sample with much more obvious lines.*

- PS = Polystyrene samples barely elongated before the fracture of the sample, which can be seen from its graph below, that indicates polystyrene having a brittle fracture. During the test, white lines started appearing in the sample, turning the sample cloudy, due to crazing, which occurs on amorphous materials that are in their glassy states. The sample fractured between the clamps in the middle of the sample. The sample did not experience necking or cold drawing as it is a brittle material.

**Student 2**

**5. Compare of experimental values and literature.**

Values from literature

	yield stress(MPa)	yield strain	ultimate stress(MPa)	ultimate strain	Young's modulus(Gpa)
HDPE	15.2 - 42.1	6.00 - 13.0 %	11.7 - 44.0	7.00 - 2000 %	0.650 - 2.07
LDPE	8.48 - 26.2	11.0 - 640%	10.3 - 18.0	100 - 850%	0.190 - 0.520
PS	34.0 - 55.0	1.00 - 35.0 %	35.0 - 59.0	1.00 - 35.0 %	2.25 - 4.71
HIPS	<b>20-28</b>	<b>1.20%</b>	<b>32</b>	<b>10 - 55%</b>	<b>1.8-2.28</b>

The materials have different properties with different thermal and deform histories. The type and histories of specimen can not be known, so that the value from literature can not be same as the value got from experiment. The young's modulus of specimen are not in the range of the value from literature. HIPS specimen perform very different with data from literature, this might because the type of HIPS in literature is not the same as specimen. The others are all in the range of data from literature.

**Student 2**

### 5. Compare of experimental values and literature.

Values from literature

	yield		ultimate		Young's
	stress(MPa)	yield strain	stress(MPa)	strain	modulus(Gpa)
HDPE	15.2 - 42.1	6.00 - 13.0 %	11.7 - 44.0	7.00 - 2000 %	0.650 - 2.07
LDPE	8.48 - 26.2	11.0 - 640%	10.3 - 18.0	100 - 850%	0.190 - 0.520
PS	34.0 - 55.0	1.00 - 35.0 %	35.0 - 59.0	1.00 - 35.0 %	2.25 - 4.71
HIPS	20-28	1.20%	32	10 - 55%	1.6-2.28

The materials have different properties with different thermal and deform histories. The type and histories of specimen can not be known, so that the value from literature can not be same as the value got from experiment. The young's modulus of specimen are not in the range of the value from literature. HIPS specimen perform very different with data from literature, this might because the type of HIPS in literature is not the same as specimen. The others are all in the range of data from literature.

### 6. Difference explaining

PS and HDPE: The elongation of HDPE can be 5 times its original length and PS has very small elongation, this is because HDPE is above its  $T_g$  and PS is below its  $T_g$  which means HDPE is more viscoelastic than PS so that HDPE is rubber-like at room T and PS is glassy. The plot of PS shows brittle behavior and have Young's modulus higher than HDPE, but toughness is much smaller than that of HDPE. The reason of that is HDPE absorb more energy before broken, due to its large range of plastic deformation.

PS and HIPS: The elongation of HIPS is significant larger than PS, this is because rubber particles in HIPS can increasing  $G_c$  without reducing too much modulus of polymer so that HIPS can absorb much more energy than PS before broken. Rubber particles can initiate local plastic deformation around them which give more plastic zones in crack region rather than few plastic zones in PS. High level of crazing are controlled in HIPS.

**Student 3**



ESJ Natural/Life/Medical Sciences

## Accès À La Terre Et Profil De La Pauvreté Dans Le Delta Du Fleuve Sénégal

*El Hadji Malick Sylla*

Université Gaston Berger de Saint-Louis

*Karalan Sy*

Université du Sine Saloum El Hadji Ibrahima Niass

*Sidy Mohamed Seck*

Université Gaston Berger de Saint-Louis

[Doi:10.19044/esj.2021.v17n3p360](https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n3p360)

Submitted: 23 November 2020

Accepted: 21 January 2021

Published: 31 January 2021

Copyright 2021 Author(s)

Under Creative Commons BY-NC-ND

4.0 OPEN ACCESS

*Cite As:*

El Hadji M.S., Sidy M.S. & Karalan S.(2021). *Accès À La Terre Et Profil De La Pauvreté Dans Le Delta Du Fleuve Sénégal*. European Scientific Journal, ESJ, 17(3), 360.

<https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n3p360>

### Résumé

Cet article tente de caractériser les ménages agricoles pauvres dans le Delta du fleuve Sénégal après la crise alimentaire de 2008, durant laquelle les politiques publiques ont réalisé des aménagements hydroagricoles pour lutter contre la pauvreté et l'insécurité alimentaire. Il s'appuie sur des enquêtes de terrain auprès des producteurs. Les résultats montrent une forte inégalité entre les cultivateurs en termes de capital foncier et de surfaces cultivées. Aussi les ménages les plus pauvres sont-ils ceux qui n'emblaient pas assez de superficies, qui ne cultivent qu'en contre-saison chaude et, par conséquent, ne gagnent pas assez de revenus agricoles pour améliorer leur condition de vie.

**Mots Clés :** Pauvreté, Foncier Irrigué, Delta Du Fleuve Sénégal, Partenariat Public-Privé

## Land Access And Poverty Profile In The Senegal River Delta

*El Hadji Malick Sylla*

Université Gaston Berger de Saint-Louis

*Karalan Sy*

Université du Sine Saloum El Hadj Ibrahima Niass

*Sidy Mohamed Seck*

Université Gaston Berger de Saint-Louis

---

### Abstract

This paper attempts to characterise poor farming households in the Senegal River Delta after the 2008 food crisis, during which public policies implemented hydro-agricultural developments to combat poverty and food insecurity. It is based on field surveys of producers. The results show a strong inequality between farmers in terms of land capital and cultivated areas. As a result, the poorest households are those that do not cultivate enough land, only cultivate in the off-season and therefore do not earn enough agricultural income to improve their living conditions.

---

**Keyword:** Poverty, Irrigated Land, Senegal River Delta, Public-Private Partnership

### Introduction

L'accès au foncier pour toutes les catégories sociales a été au cœur de la mise en valeur du Delta comme tout le reste de la Vallée du fleuve Sénégal. L'option des politiques publiques de développer l'irrigation dans les années 1970 et 1980 a permis de passer d'un système agricole traditionnel de décrue à une agriculture irriguée avec une maîtrise complète de l'eau. La gestion des périmètres a modifié l'organisation sociale de la production. Elle a surtout permis de réduire les inégalités sociales d'accès à la terre dans la région. En effet, l'attribution des parcelles a remis en question des droits fonciers coutumiers (droit de maître des terres, et droits de culture) exercés par certains clans nobles au détriment des familles de dépendants (captifs, descendants de captifs, affranchis, clients, etc.). Ainsi, «*les différentes catégories sociales... se sont ainsi retrouvées pour cultiver les périmètres irrigués côte à côte sur un pied d'inégalité, avec les mêmes droits et les mêmes obligations*» (Boutillier, 1989 : 477).

Dans les années 1990 et au début des années 2000, l'accès à la terre ne sera plus conditionné par la classe sociale mais plutôt par la situation économique des producteurs. La libéralisation des années 1990 a entraîné l'émergence des Périmètres Irrigués Privés (PIP) qui vont permettre aux

producteurs les plus riches et/ou les plus influents de disposer d'importantes superficies (Bélières et Touré, 1999 ; Seck, 2009). Le Roy (2006) a étudié les inégalités entre agriculteurs familiaux en mettant en corrélation superficie cultivée et revenu. Il constate que les ménages possédant de faibles surfaces agricoles ne gagnent pas assez pour s'affranchir de la pauvreté alors que les revenus agricoles se concentrent entre les mains de quelques agriculteurs qui détiennent les plus grandes surfaces cultivables. Parallèlement au développement des PIP, l'Etat va encourager l'implantation d'agro-industries (Sy, 2014) dans le Delta du Sénégal. Ces entreprises d'agrobusiness qui produisent sur de vastes périmètres vont participer à la réduction de l'accès au foncier irrigué aux exploitants familiaux les plus démunis (Bourgoin et al., 2016 ; Soullier et al., 2019).

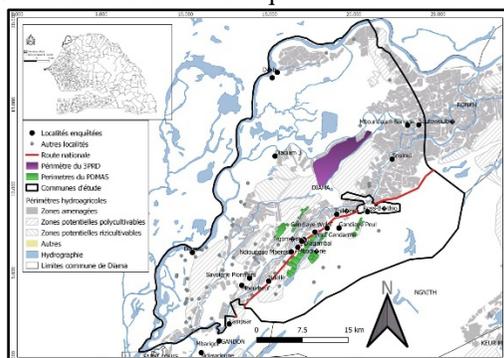
Après la crise alimentaire de 2008, des projets bâtis autour du Partenariat Public-Privé (PPP) ont réalisé de nouveaux aménagements hydroagricoles dans le Delta du Sénégal. Il s'agit notamment du Programme de Développement des Marchés Agricoles du Sénégal (PDMAS) et du Projet de Promotion du Partenariat Rizicole dans le Delta (3PRD) (SAED, 2009, Drieu et al., 2011). Chaque projet a aménagé 2 500 ha aux profits de différentes catégories de producteurs choisis après un processus de sélection rigoureux. L'objectif de cet article est de dégager un profil des ménages agricoles pauvres dans le Delta du Sénégal en analysant et discutant les relations entre la pauvreté, l'accès à la terre et les revenus agricoles quelques années après la fin de ces deux projets. L'hypothèse qui sous-tend cette étude est que malgré le Partenariat Public-Privé, la majorité des ménages continue de produire sur de petites superficies et ne parvient toujours pas à gagner assez de revenus agricoles pour améliorer leur niveau de vie.

## **Matériels Et Méthodes**

L'étude a été menée dans le *Delta-central* et le *Bas Delta* correspondant aux communes de Diama et de Ross Béthio. Le choix de ces communes s'explique par le fait qu'elles ont bénéficié de toutes les générations d'aménagements hydroagricoles réalisés dans le Delta. La sélection des localités enquêtées répond à plusieurs critères dont la position géographique par rapport aux terroirs et aux superficies irriguées, l'ethnie de la population et son poids démographique (figure 1). Au total, 326 ménages répartis dans 20 localités ont été enquêtés entre août et septembre 2019. Dans chaque village, un tirage aléatoire simple a été fait sur un échantillon stratifié et tenant compte du nombre de ménages. Cette enquête a ciblé les exploitations

familiales<sup>1</sup> (EXFAM) qui pratiquent l'agriculture irriguée dans le Delta du Sénégal.

**Figure 1.** Situation des localités enquêtées dans le delta du fleuve Sénégal



Source: auteurs

Les données recueillies ont été traitées avec le logiciel d'analyse statistique Statistical Package for the Social Sciences (SPSS). Cela a permis de faire une description des parcelles recensées. Pour approfondir notre étude sur l'accès au foncier, nous avons cherché à comprendre deux aspects de la propriété foncière : le canal d'accès à chaque parcelle et la distribution des catégories dimensionnelles des parcelles dans l'échantillon étudié. Pour faciliter l'analyse trois classes ont été retenues : la classe « petite parcelle » regroupe les champs de moins de 5 ha ; la classe « moyenne parcelle » : concentre les exploitations comprises entre 5 et 20 ha ; la classe « grande parcelle » contient les unités de production agricole supérieure à 20 ha. Afin d'établir un profil des ménages pauvres dans la zone étudiée à partir de leur patrimoine foncier, de leur niveau de vie et leur activité agricole, nous avons eu recours à une Classification Hiérarchique Ascendante (CAH). Cette dernière est une méthode statistique qui permet de regrouper en différentes classes les ménages présentant une certaine similitude. Ainsi, sept variables quantitatives ont été sélectionnées pour faire cette analyse typologique : « le nombre des membres du ménage », « la marge (bénéfice) réalisée toutes les trois saisons (FCFA) », « la marge réalisée durant la contre-saison chaude (FCFA) », « la superficie cultivée lors des trois saisons (ha) », « la superficie cultivée lors de la contre-saison chaude (ha) », « les dépenses moyennes par mois (FCFA) des ménages » et « le taux de pauvreté » calculé à partir de l'indice de probabilité de pauvreté (PPI) après l'administration du questionnaire aux ménages (voir IPA, 2018). La méthode de Ward a été

<sup>1</sup> En fait, la loi d'orientation agro-sylvo-pastorale (LOASP) ne distingue que deux types d'exploitation agricole au Sénégal : l'exploitation agricole familiale qui représente environ 90 % des formes d'exploitation et l'agro-business/agriculture industrielle qui peut appartenir à des investisseurs nationaux comme internationaux (République du Sénégal, 2004 ; 2014).

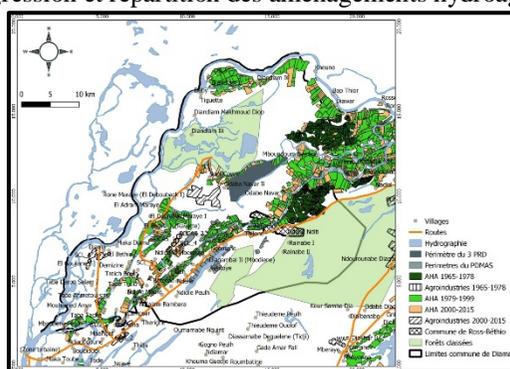
choisie comme technique d'agrégation et le carré de la distance Euclidienne comme intervalle. Les données ont été par la suite transformées en valeur à travers la standardisation par valeurs centrées réduites.

## Résultats

### De la MAS à l'avènement du Partenariat Public-Privé ; un front irrigué en progression

La carte ci-dessous résume l'évolution des superficies aménagées dans notre zone d'étude depuis 1965 à nos jours (figure 2).

Figure 2. Progression et répartition des aménagements hydroagricoles dans l'espace



Source : auteurs

Hormis les périmètres occupés par les agro-industries, on peut relever quatre générations d'aménagements hydroagricoles réalisés progressivement. La Mission d'Aménagement du Sénégal (MAS) a mis en place les premiers grands aménagements hydroagricoles dans les années 1950, avec notamment un casier de 6 400 ha à Richard-Toll (Béliers et Touré, 1999 ; Seck, 2009). Mais c'est surtout après les indépendances que le front irrigué a pris plus d'ampleur dans le Delta du fleuve Sénégal.

Les années 1960-1970 sont marquées par la création de plusieurs aménagements en submersion contrôlée à Savoigne, Boundoum, Kassack Sud, Tiagar et Grande Digue Tellel. À partir de 1972 ces derniers ont progressivement été transformés en aménagement avec une maîtrise complète de l'eau. Les aménagements de 1979-1999 constituent un tournant dans la progression du front irrigué. En effet, une nouvelle génération d'aménagements hydroagricoles va être mise en place dans le Delta du fleuve Sénégal à partir de 1990 : les Périmètres Irrigués Privés (PIP). Ces derniers sont élaborés sans mobilisation des ressources de l'État par des individus ou des groupes et sont destinés à la production vivrière (Seck, 2009). Leur essor est favorisé par la création de la Caisse Nationale de Crédit Agricole du Sénégal (CNCAS), l'assouplissement de la législation sur les coopératives en 1984, et l'édification du barrage anti-sel de Diama (1986) et celui de la



régulation de Manantali (1988). Mais, c'est surtout le reversement, des terres classées en zone pionnière (décret 64-46 de 1964) aux zones de terroir en 1987, qui a encouragé les producteurs à financer et à exploiter en toute autonomie des périmètres hydroagricoles dans un contexte d'Ajustement Structurel. Entre 1989 et 2000, les PIP passent de 12 500 ha à 33 600 ha pour l'ensemble de la rive gauche et, dépassent 45 500 ha en 2005 (Seck, 2009). Malgré ce développement rapide, les PIP vont montrer leurs limites, car les aménagements réalisés sont sommaires et de mauvaises qualités que beaucoup finiront par abandonner deux voire trois années plus tard (Bélières et Touré, 1999). Il y a une réelle absence de moyens financiers chez les populations locales (D'Aquino *et al.*, 2017).

L'expérience des PIP aura tout de même montré une volonté des producteurs à investir dans l'agriculture irriguée. Ce facteur, combiné aux difficultés croissantes de l'État à mobiliser des financements extérieurs, a fait émerger au début des années 2000 l'idée de périmètres en Partenariat Public Privé (PPP). Lancés respectivement à partir de 2007 et 2009, le PDMAS et le 3PRD ont chacun aménagé 2 500 ha. Le premier met l'accent sur le développement des cultures maraichères (oignon, tomate, piment, etc.) alors que le second s'intéresse à l'amélioration des performances de la riziculture irriguée. Le 3PRD a défini cinq catégories d'exploitations, allant de 5 ha à 50 ha tandis que le PDMAS a octroyé aux producteurs des parcelles allant de moins de 2 ha à 100 ha. Cette nouvelle forme d'attribution se démarque de celle de la SAED qui avait l'habitude d'attribuer environ 0,2 ha par actif dans les Grands Aménagements et les Aménagements Intermédiaires (Seck, 1981).

## L'accès à la terre

### *Des canaux d'accès à la terre très diversifiés*

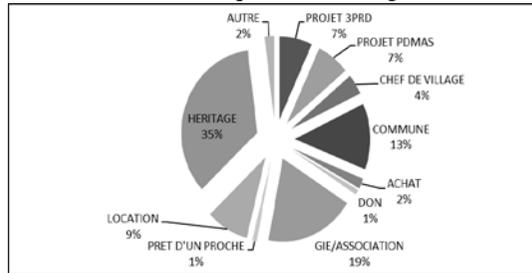
Les ménages enquêtés possèdent au total une superficie de 2 408 ha répartie en 549 parcelles, soit une moyenne de 7,4 ha/ménage (cf. tableau n° 1). Le chiffre élevé de l'écart type (24,3) montre une forte distribution des valeurs autour de cette moyenne. Le minimum de superficie possédée par un ménage est de 0,10 ha et le maximum 350 ha, soit un écart de 340 ha, ce qui montre d'emblée l'inégalité de propriété foncière entre les producteurs. Le patrimoine foncier des ménages évolue souvent en fonction du rythme de la progression des aménagements hydroagricoles.

**Tableau 1 : Présentation générale des parcelles recensées**

Superficie Moyenne par Ménage (ha)	Ecart type	Superficie minimum possédée par un ménage (ha)	Superficie maximum possédée par un ménage (ha)	Nombre de parcelles recensées
7,4	24, 3	0,10	350	549

Pour acquérir une superficie cultivable, les personnes enquêtées passent par plusieurs canaux (figure 3).

**Figure 3.** Canaux à travers lesquels les ménages obtiennent leurs parcelles

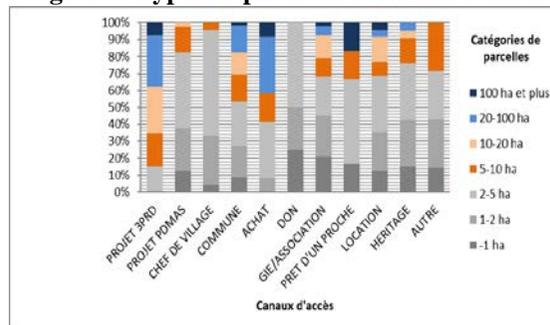


Source : auteurs

L'héritage demeure le premier mode d'accès à la terre avec 35 % des réponses enregistrées. Cela montre que le droit foncier traditionnel reste une pratique très importante dans le Delta du fleuve Sénégal. L'héritage est suivi par les structures associatives (19 %), les affectations obtenues directement des communes (13 %), la location de terres (9 %). Il faut souligner que le PDMAS et le 3PRD participent ensemble à la disponibilité des exploitations agricoles à hauteur de 14 %. On note aussi qu'avec 4 % des cas enregistrés, les chefs de villages gardent une certaine influence sur le foncier. Les autres canaux d'accès à la terre (le don, le prêt et l'achat) ne dépassent pas chacun les 2 %.

La figure 4 ci-dessous permet de comprendre les canaux d'accès dominants pour chaque catégorie de parcelles dans l'échantillon étudié.

**Figure 4.** Types de parcelles et canaux d'accès



Source : auteurs

Les canaux d'accès aux « petites parcelles » sont dominés par l'héritage et les structures associatives. En ce qui concerne les « moyennes parcelles », c'est l'héritage qui prédomine également dans les modes d'accès. Toutefois, soulignons que l'accès grâce aux structures associatives est plus important que l'héritage dans la tranche des parcelles comprises entre 10-20 ha. On constate

que les ménages enquêtés ont essentiellement bénéficié que de « petites parcelles » dans le projet PDMAS.

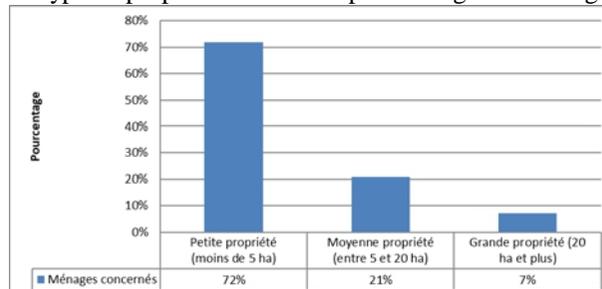
Pour les « grandes parcelles », les principaux canaux d'accès sont respectivement le projet 3PRD, les affectations directes des communes, l'héritage, les structures associatives. Contrairement au projet PDMAS, les ménages enquêtés ont largement bénéficié de « grandes parcelles » dans le projet 3PRD. Mais, la plus importante part des ménages bénéficiaires ont des superficies qui ne dépassent pas 100 ha.

### *Une répartition inégale de la propriété foncière*

C'est la taille de l'ensemble des parcelles détenues par un ménage qui est considéré comme sa propriété foncière (George, 1963). Ainsi on distingue la petite propriété (moins de 5 ha) la moyenne propriété (entre 5 ha et 20 ha) et la grande propriété (plus de 20 ha). Souvent c'est en passant par divers canaux que les producteurs augmentent leurs patrimoines fonciers. Par exemple, ils peuvent hériter de leurs parents une parcelle, obtenir deux autres grâce à successivement leur GIE/associations et le 3PRD ou encore acheter de petites parcelles. Les combinaisons sont ainsi multiples.

Environ 72 % des ménages enquêtés détiennent une petite propriété. L'essentiel de ces propriétaires dispose de parcelles dont les dimensions sont comprises entre 1-2 ha (38%) et entre 2-5 ha (37 %), les très faibles surfaces de moins de 1 ha n'en représentent que 25 % (figure 5). La moyenne propriété concerne 21 % de nos enquêtés. Dans cette catégorie 64,5 % de nos répondants possèdent des surfaces qui se situent entre 5-10 ha et 35,5 % détiennent un patrimoine foncier compris entre 10-20 ha.

**Figure 5.** Type de propriété foncière et pourcentage des ménages concernés



Source : auteurs

C'est seulement 7 % des ménages enquêtés qui ont une grande propriété. Dans cette classe, 84 % de nos interviewés ont entre 20-100 ha, et seulement 16 % détiennent 100 ha et plus. Avec 30 % des propriétaires de 100 ha et plus recensés, le 3PRD a permis le plus ces dernières années aux producteurs d'accroître leur patrimoine foncier. Dans les normes ce projet avait éliminé les parcelles de 100 ha qu'il devait attribuer. Toutefois certains

bénéficiaires du 3PRD ont adopté des stratégies pour se retrouver avec ces superficies. Ils ont déposé pour deux parcelles de 50 ha en utilisant pour l'une leur nom et pour l'autre celui de leur fils, de leur épouse ou de leur entreprise.

### ***Mise en valeur des terres***

Grâce à la politique agricole de l'État tournée vers l'autosuffisance alimentaire et aux investissements consentis (Le Gal, 1989), la riziculture s'est imposée dans les terroirs étudiés. La maîtrise complète de l'eau dans le Delta du Sénégal offre aux ménages la possibilité de faire 3 campagnes agricoles : la contre-saison chaude (CSC), l'hivernage et la contre-saison froide (CSF) (tableau 2). Le riz est la principale spéculatation exploitée en contre-saison chaude et en hivernage. Elle occupe 86 % des parcelles exploitées en contre-saison chaude et 97 % des superficies emblavées. La production de riz baisse légèrement en hivernage tant en termes de parcelles exploitées (62 %) qu'en superficie emblavée (92 %). Le système actuel de la production rizicole est alors beaucoup plus structuré autour la campagne de CSC qui se déroule entre janvier et juillet.

Par contre, la riziculture est faiblement pratiquée en contre-saison froide dans les communes de Diama et de Ross Béthio, comme partout ailleurs dans le Delta. Cette attitude s'explique par le fait que les producteurs n'obtiennent pas de bons rendements et les ressources limitées sont parfois orientées vers la production maraichère. Les rares paysans qui s'aventurent à la riziculture durant la contre-saison froide (septembre à mars) sont souvent ceux qui possèdent de petites superficies et préfèrent cultiver l'oignon et/ou d'autres produits horticoles durant la contre-saison chaude.

**Tableau 2 : Occupation des terroirs par la riziculture durant les différentes saisons**

Variables	Superficie		Parcelle		
	Item	Superficie totale mise en valeur (ha)	Pourcentage occupé par le riz (%)	Nombre total de parcelles cultivées	Pourcentage occupé par le riz (%)
<b>Contre-saison chaude</b>		1631,63	97	368	86
<b>Hivernage</b>		302,16	92	81	62
<b>Contre-saison froide</b>		174,46	58	127	27

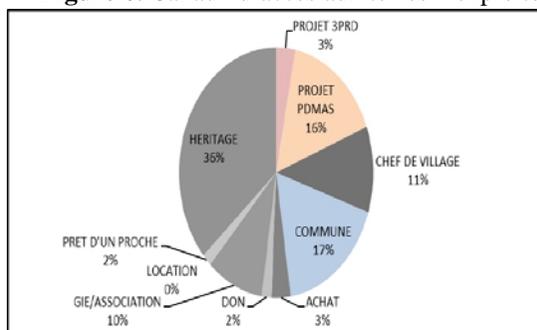
Source : auteurs

Le faire-valoir direct représente 87 % des modes de mise en valeur des parcelles recensées. C'est souvent la taille de la propriété foncière ainsi que les ressources humaines, matérielles et financières dont dispose le cultivateur, qui orientent le niveau d'utilisation de la main-d'œuvre familiale ou saisonnière. Mais dans l'ensemble des cas enquêtés, sur 475 parcelles en faire-

valoir direct, 351 sont exploitées exclusivement par la famille, 122 par la famille et un/des sourga (s), seules 2 sont gérées par des sourgas uniquement. Le recours à une main d'œuvre permanente (sourga) dépend souvent de deux facteurs : une surface agricole plus grande que la capacité de mise en valeur de la famille ou l'éloignement de la parcelle par rapport au domicile du producteur. Ce dernier facteur peut même entraîner un faire-valoir indirect de la terre. Il a été très rare cependant de voir des cas de faire-valoir indirect dans l'effectif que nous avons enquêté, car il ne représente que 2 % du mode de gestion des parcelles recensées.

Ainsi les terres possédées par les ménages enquêtés sont majoritairement mises en valeur. Sur les 549 parcelles recensées, seules, 63 sont inexploitées (11 %), quelle que soit la saison. Cette absence de mise en valeur est pratiquement proportionnelle à la distribution des types de parcelles. En effet, 66 % des unités de production inexploitées sont de petite taille, 16 % et 18 % sont respectivement de moyenne et de grandes dimensions. On constate également que les canaux d'accès, tels que l'héritage, les communes et les structures associatives, qui offrent plus de possibilités d'accès à la terre aux petits producteurs, connaissent les niveaux de manque de mise en valeur les plus élevés avec respectivement 36 %, 17 % et 10 % (figure 6). La figure 6 montre également que certaines parcelles issues du Partenariat Public-Privé restent encore en exploitation.

**Figure 6.** Canaux d'accès aux terres inexploitées



Source : auteurs

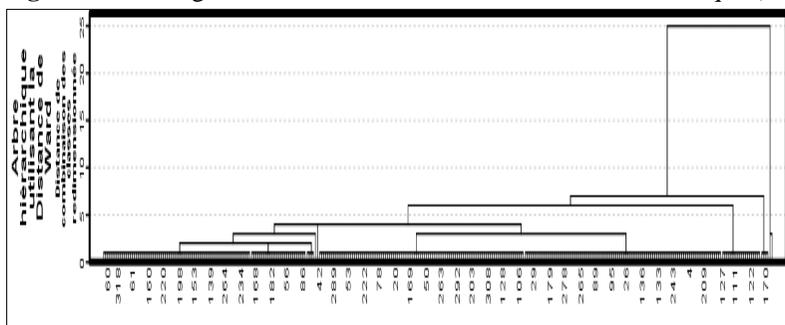
Environ 16 % du total des terres inexploitées dans l'échantillon étudié ont été octroyés dans le cadre du PDMAS. D'ailleurs, 25 % des parcelles de ce programme que nous avons recensées ne sont pas exploitées à ce jour. Les populations qui se sont regroupées en GIE (qui dépassent parfois 40 membres) et qui ont obtenu des parcelles situées entre 4 et 6 hectares peinent toujours à se les redistribuer et/ou à l'exploiter. Dans bien des cas, c'est le manque de moyens pour mobiliser les fonds nécessaires (3 500 000 FCFA/ha) qui entraîne le manque de mise en valeur de la terre. Actuellement ce sont les producteurs qui ont les possibilités d'aménager leurs périmètres, de financer

leurs propres campagnes et de protéger leurs champs, qui exploitent les terres qu'ils ont obtenues dans le cadre du PDMAS. Pour le projet 3PRD, seules 2 parcelles n'étaient pas exploitées sur les 40 enquêtées.

### **Analyse typologique : terres cultivées, revenus agricoles et pauvreté des ménages**

Peut-on établir un profil des ménages pauvres dans la zone étudiée à partir de leur patrimoine foncier, de leur niveau de vie et de leur activité agricole ? La tentative de trouver des réponses à cette interrogation nous a poussés à faire recours à une Classification Hiérarchique Ascendante (CAH). Le dendrogramme ci-dessous (figure 7) illustre le nombre de fusions terminales ainsi que le processus de regroupement qui résultent de cette CAH. 5 groupes de ménages ont été créés selon la méthodologie décrite plus haut. Afin de faire l'étude typologique, une analyse bivariée (comparaison des moyennes) a été faite entre la nouvelle variable quantitative nominale découlant de la méthode de Ward et les 7 variables utilisées (Tableau 3).

**Figure 7.** Dendrogramme de la classification ascendante hiérarchique (CAH)



Les résultats globaux montrent que les ménages des agriculteurs enquêtés dans le Delta du fleuve Sénégal comptent en moyenne 12 membres. Ils cultivent 6 ha durant toutes les saisons possibles dans l'année, dont 83 % (5 ha) en contre-saison chaude. Cette dernière fournit également 77 % des bénéfices agricoles (marges) réalisés par les ménages soit la somme de 2 593 993 FCFA sur les 3 368 313 FCFA obtenus durant les trois saisons de cultures possibles. Ils dépensent en moyenne pour leur consommation quotidienne 152 788 FCFA par mois et sur 100 ménages, 12 sont pauvres.

Cette analyse globale cache les disparités qui existent entre les 5 groupes ressortis de la classification hiérarchique ascendante. En considérant d'une manière croissante les ménages les plus pauvres jusqu'aux plus riches, le tableau 3 ci-dessous montre des différences remarquables.

- Le groupe 3 regroupe les ménages les plus pauvres (taux de pauvreté de 49 %) et 5,80 % de l'effectif enquêté. Ils ne cultivent que 1 ha pendant les trois différentes saisons (généralement en contre-saison chaude) et gagnent

440 737 FCFA. Ils dépensent en consommation 102 500 FCFA par mois alors que leur poids démographique est de 11 membres par ménage.

- Le groupe 1 représente plus de la moitié de l'échantillon (60,10 %). Il est caractérisé par des ménages présentant un taux de pauvreté de 12 %, qui ne cultivent que 2 ha durant les trois saisons (généralement en contre-saison chaude). Ils gagnent de l'agriculture 856 114 FCFA, leurs ménages comptent 9 membres et font des dépenses de consommation mensuelles estimées à 116 337 FCFA.

- Le groupe 2 (32,20 % de l'effectif enquêté) isole ceux qui cultivent 8 ha lors des trois saisons et obtiennent du même coup une marge de 3 480 196 FCFA. Leur taux de pauvreté est moins élevé que les deux groupes précédents (6 %). Aussi, dépensent-ils plus que ces derniers (208 733 FCFA/mois) et ont également des ménages plus grands qu'eux (18 membres).

- Le groupe 4 concentre des ménages relativement aisés si on les juge par les superficies qu'ils emblavent pendant les trois saisons (92 ha en moyenne) et par les revenus qu'ils gagnent de l'agriculture (50 114 750 FCFA). Leur taux de pauvreté est très faible (4 %) tout comme la part qu'ils occupent dans l'effectif enquêté (1,20 %). Pourtant avec le même poids démographique que les ménages du groupe 2 (18 membres du ménage), ils ont toutefois un niveau de vie supérieur à ces derniers puisqu'ils dépensent mensuellement 312 500 FCFA.

**Tableau 2.** 5 groupes de ménages classés selon 7 variables quantitatives

Méthode de Ward (groupes)	Nombre des membres du ménage	Marge réalisée toutes les trois saisons (FCFA)	Marge réalisée lors de la CSC (FCFA)	Superficie cultivée lors des trois saisons (ha)	Superficie cultivée en CSC (ha)	Taux de pauvreté	Dépenses moyennes mensuelles (FCFA)	
1	Moyenne	9	856 114	607 245	2	2	12 %	116 337
	N	196	196	196	196	196	196	196
	% de N total	60,10 %	60,10 %	60,10 %	60,10 %	60,10 %	60,10 %	60,10 %
2	Moyenne	18	3 480 196	2 780 238	8	6	6 %	208 733
	N	105	105	105	105	105	105	105
	% de N total	32,20 %	32,20 %	32,20 %	32,20 %	32,20 %	32,20 %	32,20 %
3	Moyenne	11	440 737	339 454	1	1	49 %	102 105
	N	19	19	19	19	19	19	19
	% de N total	5,80 %	5,80 %	5,80 %	5,80 %	5,80 %	5,80 %	5,80 %
4	Moyenne	18	50 114 750	39 406 750	92	77	4 %	312 500
	N	4	4	4	4	4	4	4
	% de N total	1,20 %	1,20 %	1,20 %	1,20 %	1,20 %	1,20 %	1,20 %
5	Moyenne	43	178 010 000	135 310 000	205	155	5 %	950 000
	N	2	2	2	2	2	2	2
	% de N total	0,60 %	0,60 %	0,60 %	0,60 %	0,60 %	0,60 %	0,60 %
Total	Moyenne	12	3 368 319	2 593 993	6	5	12 %	152 788
	N	326	326	326	326	326	326	326
	% de N total	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %

Source : auteurs

Enfin le groupe 5 met en exergue deux ménages qui se détachent complètement du lot tant de par leur poids démographique (43 membres) que de par la superficie qu'ils réussissent à cultiver toutes les trois saisons

possibles (205 ha). Ils gagnent ainsi 178 010 000 FCFA de l'agriculture (toute saison confondue) et dépensent en moyenne pour leur consommation 950 000 FCFA/mois. Ces ménages atypiques résident à Ross-Béthio mais sont originaires de Touba. Ils appartiennent à des dignitaires religieux qui doivent la taille de leur ménage au nombre de leurs disciples. Ils ont bénéficié, des parcelles dans le casier de Grande Digue Tellel, dans les PIP et dans le périmètre du 3PRD. Ils possèdent également des tracteurs ainsi que des moissonneuses batteuses en plus d'une main d'œuvre qui est à leur portée. Ce sont ces différents facteurs qui leur facilitent une riziculture intensive aussi intéressante que les bénéfices qu'ils réussissent à y réaliser. Ces résultats dénotent dans leur ensemble une forte relation entre le taux de pauvreté des ménages, leurs dépenses de consommation, leur poids démographique, la surface qu'ils cultivent durant les différentes saisons et les revenus agricoles qu'ils réussissent à glaner. Il est clair que ceux qui cultivent plus de terres obtiennent les meilleurs gains et affichent les dépenses de consommation les plus élevées. Les ménages les plus pauvres sont ceux qui emblavent moins de 2 ha durant toutes les campagnes, ils ont le niveau de vie ainsi que les revenus agricoles les plus bas.

## Discussion

Il ressort de cette analyse une tendance à l'agrandissement de la taille des exploitations agricoles dans le Delta du Sénégal. Les ménages ne reçoivent plus les 0,20 ha par actif (Seck, 1981 ; Boutillier, 1982). Cet agrandissement qui a débuté depuis l'avènement des PIP est désormais accéléré par le Partenariat Public-Privé (surtout à travers le projet 3 PRD) et encadré actuellement par le Plan Sénégal Emergent. *« En 1960, il y avait 58 % d'exploitations agricoles sénégalaises de moins de 3 hectares sur 22 % de la surface cultivée. En 1998, elles ne représentent plus que 51 % du total sur seulement 16 % de la surface cultivée. Au cours de la même période, la part des exploitations de plus de 10 hectares est passée de 6 à 9 %, et les surfaces qu'exploitent ces dernières sont plus importantes (de 26 à 33 % du total) »* (République du Sénégal, 2013).

Cette tendance sénégalaise d'élargissement des parcelles cultivées est l'inverse de ce qui se produit dans le monde et qui est cité comme étant l'un des facteurs de la crise alimentaire de 2008 : la réduction des surfaces cultivables et des rendements sous l'effet de l'urbanisation et de l'augmentation de la population. Selon la CNUCED (2008) *« à cause de la croissance démographique et de la perte de terres cultivables, la superficie moyenne des exploitations en Chine et au Bangladesh, par exemple, est tombée d'environ 1,5 hectare dans les années 70 à tout juste 0,5 hectare à l'heure actuelle ; en Éthiopie et au Malawi, elle est tombée de 1,2 hectare à 0,8 hectare dans les années 90 »*. Cette tendance bien, qu'elle demeure



favorable à l'augmentation des productions agricoles, accentuée cependant les inégalités entre les ménages. Une minorité de producteurs se partage la grande part du patrimoine foncier alors que les ménages les plus pauvres se bousculent sur de petites superficies qu'ils sont obligés encore d'émettre, pour les héritiers, en cas de décès du chef de ménage.

En outre les modes d'accès aux parcelles agricoles sont différents, mais dans la majorité l'héritage, les communes, et les structures associatives sont les canaux qui permettent à la masse paysanne d'acquérir des unités de production. Ceux qui ont les moyens ou qui font partie des réseaux peuvent accroître leurs superficies en achetant des terres et/ou en bénéficiant des aménagements effectués par les nouveaux projets (PDMAS, 3 PRD). C'est la conjugaison de l'ensemble de ces facteurs qui entraîne une inégalité de la propriété foncière au sein des cultivateurs. L'écrasante majorité de ces derniers (63 %) exploite moins de 2 ha tandis que 7,5 % emblavent plus de 20 ha. Même si dans d'autres villages on peut rencontrer des cas isolés, la plupart des paysans qui ont une grande propriété habitent à Boundoum Barrage et surtout à Ross Béthio. Ce sont généralement des producteurs qui ont pratiquement des parcelles dans toutes les générations d'aménagements (Grand aménagement, PIP, 3PRD). Notre étude confirme ainsi les inégalités d'accès à la terre déjà évoquées par Le Roy (2006) dans le Delta du fleuve Sénégal. L'étude que ce chercheur a menée sur 429 exploitations dans 3 villages du Delta (Tiguette, Thiagar et Ndelle) montre 9 unités à la taille démesurée qui occupent 46 % de la superficie cultivée tandis que, l'écrasante majorité, 362 exploitations ne s'étendent que de quelques ares à 12 hectares alors que 58 n'exerçaient aucune activité. La même situation a été constatée par Bélières et al. (2011) à l'Office du Niger où 74 % des exploitations disposent seulement de 18 % de la superficie, alors que 16 % en cumulent 46 %.

Le résultat majeur qui ressort de cette étude est que les paysans du Delta du Sénégal qui ne cultivent pas assez de terres irriguées sont les plus pauvres. Il confirme à cet effet celui de Le Roy et al. (2005) qui, depuis plus d'une décennie, ont montré que certains ménages du Delta et de la Moyenne Vallée sont exclus de l'irrigation à cause de leur pauvreté, de leur endettement, de leur manque d'accès à la terre. Dans le cas des ménages que nous avons étudiés, le problème d'accès au crédit ne se pose pas, mais les producteurs ne cultivent pas assez de terre pour générer des revenus considérables. Cette problématique n'est pas singulière au Delta du fleuve Sénégal. En effet la course foncière dans l'Office du Niger qui favorise les plus riches au détriment des pauvres est aussi relatée par Adamczewski et al. (2013). Ailleurs, les recherches de Bainville et al. (2005) et d'Aubron, Lehoux et Lucas (2015) ont démontré que les ménages les plus pauvres respectivement au Nicaragua et en Inde rurale sont également ceux qui n'ont pas de terre ou pas d'eau pour les

irriguer (manque d'un facteur de production). Au Brésil aussi, c'est la même situation qui est décrite par Di Méo (2014), les exploitations supérieures à 1 000 ha constituent plus de 40 % de l'espace agricole avec des propriétaires riches alors que les autres agriculteurs n'ont pas souvent accès au foncier et sont exploités par les grands propriétaires.

## **Conclusion**

Dans le Delta du Sénégal, les inégalités sociales qui existent entre les ménages agricoles se manifestent à travers leur patrimoine foncier, leurs performances dans l'agriculture et leur niveau de vie. L'existence de plusieurs modes d'accès aux terres cultivables permet à une minorité de producteurs de détenir les plus grandes surfaces irrigables tandis que la majorité des ménages cultive moins de 2 ha. Un faible pourcentage des parcelles reste inexploité durant toute l'année montrant donc une certaine mise en valeur des terres. Mais malgré l'importance des terres exploitées, l'écrasante majorité des ménages, et surtout les plus pauvres, n'effectue qu'une seule campagne, la riziculture irriguée de contre-saison chaude.

En moyenne, les ménages les plus pauvres cultivent annuellement 1 ha et gagnent moins de 40 000 FCFA/mois. Les gains des ménages de classe moyenne se situent à 290 016 FCFA/mois pour 8 ha cultivés et ceux des ménages aisés avoisinent les 15 millions FCFA/mois pour 205 ha emblavées. Ce résultat montre une relation logique entre l'augmentation des superficies cultivées et des revenus agricoles. Le gouvernement du Sénégal est conscient de ce fait, c'est sans doute pour cette raison qu'il prône depuis la libéralisation l'agrandissement des unités de production agricole. C'est d'ailleurs dans cette même logique qu'il faudrait situer le 3PRD qui a attribué à ses bénéficiaires des parcelles supérieures ou égales à 5 ha selon le modèle du Partenariat Public Privé (PPP). Cependant, tel qu'il est actuellement conçu, le PPP fait que ce sont les riches cultivateurs qui risquent de profiter des nouvelles dotations foncières au détriment des plus pauvres. Une révision de la politique de développement de l'irrigation dans le Delta doit être guidée par la réponse à la question, comment les paysans les plus pauvres peuvent-ils s'affranchir de la pauvreté s'ils ne parviennent pas à cultiver plus de terre ?

## **References:**

1. Adamczewski A., Jamin J.Y., Burnod P., Boutout Ly E. H., Tonneau J.P., 2013. « Terre, eau et capitaux : investissements ou accaparements fonciers à l'Office du Niger ? » Cah Agric 22 : p. 22-32. doi : 10.1684/agr.2012.0601.
2. Aubron C., Lehoux H., Et Lucas C., 2015. « Pauvreté et inégalités en Inde rurale », In: EchoGéo [En ligne], 32 |: <http://echogeo.revues.org/14226> ; DOI10.4000/echogeo.14226.

3. Bainville S., Mena R., Rasse-Mercat E., Touzard I., 2005. « La pauvreté des exploitations familiales nicaraguayennes : retard technique ou manque de terre ? », In : Revue Tiers Monde, 3 n° 183, p. 559-580, <https://www.cairn.info/revue-tiers-monde-2005-3-page-559.htm>.
4. Bélière J-F Et Touré E.A, 1999. Impact de l'ajustement structurel sur l'agriculture irriguée du delta du Sénégal, thèse de doctorat de l'Ecole Nationale Supérieure Agronomique de Montpellier, 491 p. et annexes.
5. Belieres J.F., Hilhorst T., Kebe D., Keita M.S., Keita S., Et Sanogo O., 2011. « Irrigation et pauvreté : le cas de l'Office du Niger au Mali », In: Cah. Agric. 20, p. 144-149. doi : 10.1684/agr.2011.0473.
6. Bourgoin J., Valette E., Diop D., Adamczewski A., Dia D., Toure L., 2016. « Le delta du fleuve Sénégal : quel modèle agricole ? » In: Pesche D., Losch B., Imbernon J., (dir.). Une nouvelle ruralité émergente, Regards croisés sur les transformations rurales africaines, Atlas pour le Programme Rural Futures du Nepad, deuxième édition revue et augmentée, Montpellier, Cirad, Nepad, p. 52-53.
7. Boutillier J-L., 1982. « L'aménagement du fleuve Sénégal et ses implications foncières », In : LE BRIS E., Le ROY E., et Leimdorfer F., (dir.), Enjeux foncier en Afrique noire, Paris, Karthala, p. 301-308.
8. Boutillier J. L., 1989. « Irrigation et problématique foncière dans la vallée du Sénégal », In : cah. sci.hum 25 (4), Paris, Orstom, p. 469-488.
9. CNUCED, 2008. Répondre à la crise alimentaire globale. Les politiques essentielles pour le commerce, l'investissement et les produits de base afin d'assurer la sécurité alimentaire durable et d'atténuer la pauvreté, ONU, New York et Genève, 60 p.
10. D'aquino P., Camara S. Et Seck S.M., 2017. « Formaliser ou sécuriser les droits locaux sur la terre ? », In : Études rurales URL : <http://journals.openedition.org/etudesrurales/11590> ;DOI :10.4000/etudesrurales.11590.
11. Di Méo G., 2014. « Richesse et pauvreté : esquisse d'une géographie sociale du monde », In : Charvet J.P, Sivignon M. (dir.), Géographie humaine. Questions et enjeux du monde contemporain, p. 115-142.
12. Drieu O., Ndiaye O. K, Mbodj I., 2011. Etudes Aps, Apd Et Dee du schéma d'aménagement des réseaux secondaires d'alimentation et de drainage ainsi que des pistes de desserte de 2500 ha d'irrigation privée dans la zone du Gorom Aval ; Etude d'Impact Environnemental et Social, 246 p.
13. IPA, 2018. Sénégal, PPI 2011 guide d'utilisation, 30 p.
14. Le Roy X., Kane M., Marcellin C., Sy M., Ball O., 2005. « Pauvreté et accès à l'eau dans la vallée du Sénégal », In: Pauvreté Hydraulique et

- Crises Sociales : Colloque International, Décembre, Agadir, Maroc, 16p.
15. Le Roy X., 2006. « Agriculture irriguée et inégalités sociales dans la vallée du fleuve Sénégal », PCSI - 4e Séminaire international et interdisciplinaire, Montpellier, France, CIRAD, 13 p. <cirad-00153767>.
  16. Lerricolais A., Et Seck S.M., 2002. « Patrimoines anciens et territoires en gestation dans la région riveraine du fleuve Sénégal », In: Patrimonialiser la nature tropicale : Dynamiques locales, enjeux internationaux, Paris, IRD Editions, p. 283-300.
  17. Maertens M., Colen L., Et Swinnen J.F.M., 2011. « Globalisation and poverty in Senegal: a worst case scenario? » In: European Review of agricultural Economics, Vol 38 (1), p. 31-54.
  18. République Du Sénégal, 2013. Plan Sénégal Émergent, 107 p.
  19. Saed, 2009. Rapport annuel d'activités 2008, PDMAS, 16 p.
  20. Seck S.M., 1981. Irrigation et aménagement de l'espace dans la moyenne vallée du Sénégal : participation paysanne et problème de développement, thèse de doctorat d'Etat, Université de Saint-Etienne, 630 p.
  21. Seck S.M., 2009. « Changements institutionnels et difficultés de développement hydroagricole dans le delta du fleuve Sénégal : nouvelles dynamiques et recomposition autour de l'irrigation », In : Dansero E., Luzzati E., Seck S.M., (dir.) : organisation paysanne et développement local : leçons à partir du cas du Delta du fleuve Sénégal, l'Harmattan, Italia, p. 21-52.
  22. Seck S.M., 1991. « La dynamique de l'irrigation dans la vallée du fleuve », In : Crousse B., Mathieu P., Seck S.M., (sous la dir.), la vallée du fleuve Sénégal, évaluations et perspectives d'une décennie d'aménagements, Paris, Karthala, p. 17-44.
  23. Soullier G., Moustier P., Bourgoïn J. Et Ba A., 2019. « Les effets des investissements d'agrobusiness sur les agriculteurs familiaux. Le cas de la vallée du fleuve Sénégal », In: Économie rurale, URL : <http://journals.openedition.org/economierurale/6262> ;DOI :10.4000/economierurale.6262.
  24. Sy K., 2014. Industrie et développement territorial : l'insertion des sociétés agro-industrielles dans le Delta et la basse vallée du fleuve Sénégal (rive gauche), thèse de doctorat de géographie de l'Université Paris Ouest de France et Gaston Berger du Sénégal, 313 p.