

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

*April 2023*

**European Scientific Institute, ESI**

*The content is peer reviewed*

**ESJ Natural/Life/Medical Sciences**

*April 2023 edition vol. 19, No. 12*

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

ISSN: 1857-7431 (Online)

ISSN: 1857-7881 (Print)

---

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

Erik Erikson (1902-1994) was one of the great psychologists of the 20th century<sup>1</sup>. He explored the nature of personal human identity. Originally named Erik Homberger after his adoptive father, Dr. Theodore Homberger, he re-imagined his identity and re-named himself Erik Erikson (literally Erik son of Erik). Ironically, he rejected his adoptive father's wish to become a physician, never obtained a college degree, pursued independent studies under Anna Freud, and then taught at Harvard Medical School after emigrating from Germany to the United States. Erickson visualized human psychosocial development as eight successive life-cycle challenges. Each challenge was framed as a struggle between two outcomes, one desirable and one undesirable. The first two early development challenges were 'trust' versus 'mistrust' followed by 'autonomy' versus 'shame.' Importantly, he held that we face the challenge of **generativity** versus **stagnation in middle life**. This challenge concerns the desire to give back to society and leave a mark on the world. It is about the transition from acquiring and accumulating to providing and mentoring.

Founded in 2010, the European Scientific Journal is just reaching young adulthood. Nonetheless, **generativity** is one of our core values. As a Journal, we reject stagnation and continue to evolve to meet the needs of our contributors, our reviewers, and the academic community. We seek to innovate to meet the challenges of open-access academic publishing. For us,

---

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

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

*Sincerely,*

***Daniel B. Hier, MD***

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

*Editor in Chief*

---

# International Editorial Board

**Jose Noronha Rodrigues,**  
University of the Azores, Portugal

**Nino Kemertelidze,**  
Grigol Robakidze University, Georgia

**Jacques de Vos Malan,**  
University of Melbourne, Australia

**Franz-Rudolf Herber,**  
University of Saarland, Germany

**Annalisa Zanola,**  
University of Brescia, Italy

**Robert Szucs,**  
University of Debrecen, Hungary

**Dragica Vujadinovic,**  
University of Belgrade, Serbia

**Pawel Rozga,**  
Technical University of Lodz, Poland

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

**Rashmirekha Sahoo,**  
Melaka-Manipal Medical College, Malaysia

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

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

**Faranak Seyyedi,**  
Azad University of Arak, Iran

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

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

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

**Noor Alam,**  
Universiti Sains Malaysia, Malaysia

**Rashad A. Al-Jawfi,**  
Ibb University, Yemen

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

**Hans W. Giessen,**  
Saarland University, Saarbrucken, Germany

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

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

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

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

**Anita Lidaka,**  
Liepaja University, Latvia

**Rania Zayed,**  
Cairo University, Egypt

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

**Lydia Ferrara,**  
University of Naples, Italy

**Byron A Brown,**  
Botswana Accountancy College, Botswana

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

**Adil Jamil,**  
Amman University, Jordan

**Habib Kazzi,**  
Lebanese University, Lebanon

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

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

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

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

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

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

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

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

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

**Driss Bouyahya,**  
University Moulay Ismail, Morocco

**William P. Fox,**  
Naval Postgraduate School, USA

**Rania Mohamed Hassan,**  
University of Montreal, Canada

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

**Bupinder Zutshi,**  
Jawaharlal Nehru University, India

**Pavel Krpalek,**  
University of Economics in Prague, Czech Republic

**Mondira Dutta,**  
Jawaharlal Nehru University, India

**Evelio Velis,**  
Barry University, USA

**Mahbubul Haque,**  
Daffodil International University, Bangladesh

**Diego Enrique Baez Zarabanda,**  
Autonomous University of Bucaramanga, Colombia



**Juan Antonio Lopez Nunez,**  
University of Granada, Spain

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

**Ashgar Ali Ali Mohamed,**  
International Islamic University, Malaysia

**A. Zahoor Khan,**  
International Islamic University Islamabad, Pakistan

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

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

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

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

**Anita Auzina,**  
Latvia University of Agriculture, Latvia

**Martin Gomez-Ullate,**  
University of Extremadura, Spain

**Nicholas Samaras,**  
Technological Educational Institute of Larissa, Greece

**Emrah Cengiz,**  
Istanbul University, Turkey

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

**Marco Mele,**  
Unint University, Italy

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

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

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

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

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

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

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

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

**Vera Komarova,**  
Daugavpils University, Latvia

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

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

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

**Georges Kpazai,**  
Laurentian University, Canada

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

**Natalia Sizochenko,**  
Dartmouth College, USA

**Michele Russo,**  
University of Catanzaro, Italy

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

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

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

**Yassen Al Foteih,**  
Canadian University Dubai, UAE

**Marisa Cecilia Tumino,**  
Adventista del Plata University, Argentina

**Luca Scaini,**  
Al Akhawayn University, Morocco

**Aelita Skarbaliene,**  
Klaipeda University, Lithuania

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

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

**Aurela Saliaj,**  
University of Vlora, Albania

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

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

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

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

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

**Daniel Federico Morla,**  
National University of Rio Cuarto, Argentina

**Valeria Autran,**  
National University of Rio Cuarto, Argentina

**Muhammad Hasmi Abu Hassan Asaari,**  
Universiti Sains, Malaysia

**Angelo Viglianisi Ferraro,**  
Mediterranean University of Reggio Calabria, Italy

**Roberto Di Maria,**  
University of Palermo, Italy

**Delia Magherescu,**  
State University of Moldova, Moldova

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

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

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

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

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

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

**Fatma Koc,**  
Gazi University, Turkey

**Calina Nicoleta,**  
University of Craiova, Romania

**Shadaan Abid,**  
UT Southwestern Medical Center, USA

**Sadik Madani Alaoui,**  
Sidi Mohamed Ben Abdellah University, Morocco

**Patrizia Gazzola,**  
University of Insubria, Italy

**Krisztina Szegedi,**  
University of Miskolc, Hungary

**Liliana Esther Mayoral,**  
National University of Cuyo, Argentina

**Amarjit Singh,**  
Kurukshetra University, India

**Oscar Casanova Lopez,**  
University of Zaragoza, Spain

**Emina Jerkovic,**  
University of Josip Juraj Strossmayer, Croatia

**Carlos M. Azcoitia,**  
National Louis University, USA

**Rokia Sanogo,**  
University USTTB, Mali

**Bertrand Lemennicier,**  
University of Paris Sorbonne, France

**Lahcen Benaabidate,**  
University Sidi Mohamed Ben Abdellah, Morocco

**Janaka Jayawickrama,**  
University of York, United Kingdom

**Kiluba L. Nkulu,**  
University of Kentucky, USA

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

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

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

**Eyal Lewin,**  
Ariel University, Israel

**Szczepan Figiel,**  
University of Warmia, Poland

**Don Martin,**  
Youngstown State University, USA

**John B. Strait,**  
Sam Houston State University, USA

**Nirmal Kumar Betchoo,**  
University of Mascareignes, Mauritius

**Camilla Buzzacchi,**  
University Milano Bicocca, Italy

**EL Kandoussi Mohamed,**  
Moulay Ismai University, Morocco

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

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

**Massimo Mariani,**  
Libera Universita Mediterranea, Italy

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

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

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

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

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

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

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

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

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

**Stefano Amelio,**  
University of Unsubria, Italy

**Enida Pulaj,**  
University of Vlora, Albania

**Christian Cave,**  
University of Paris XI, France

**Julius Gathogo,**  
University of South Africa, South Africa

**Claudia Pisoschi,**  
University of Craiova, Romania

**Arianna Di Vittorio,**  
University of Bari "Aldo Moro", Italy

**Joseph Ntale,**  
Catholic University of Eastern Africa, Kenya

**Kate Litondo,**  
University of Nairobi, Kenya

**Maurice Gning,**  
Gaston Berger University, Senegal

**Katarina Marosevic,**  
J.J. Strossmayer University, Croatia

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

**Syed Shadab,**  
Jazan University, Saudi Arabia

**Koffi Yao Blaise,**  
University Felix Houphouet Boigny, Ivory Coast

**Mario Adelfo Batista Zaldivar,**  
Technical University of Manabi, Ecuador

**Kalidou Seydou,**  
Gaston Berger University, Senegal

**Patrick Chanda,**  
The University of Zambia, Zambia

**Meryem Ait Ouali,**  
University IBN Tofail, Morocco

**Laid Benderradji,**  
Mohamed Boudiaf University of Msila, Algeria

**Amine Daoudi,**  
University Moulay Ismail, Morocco

**Oruam Cadex Marichal Guevara,**  
University Maximo Gomes Baez, Cuba

**Vanya Katarska,**  
National Military University, Bulgaria

**Carmen Maria Zavala Arnal,**  
University of Zaragoza, Spain



**Francisco Gavi Reyes,**  
Postgraduate College, Mexico

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

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

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

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

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

**Ilknur Bayram,**  
Ankara University, Turkey

**Elenica Pjero,**  
University Ismail Qemali, Albania

**Gokhan Ozer,**  
Fatih Sultan Mehmet Vakif University, Turkey

**Veronica Flores Sanchez,**  
Technological University of Veracruz, Mexico

**Camille Habib,**  
Lebanese University, Lebanon

**Larisa Topka,**  
Irkutsk State University, Russia

**Paul M. Lipowski,**  
Creighton University, USA

**Marie Line Karam,**  
Lebanese University, Lebanon

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

**Mohamed Berradi,**  
Ibn Tofail University, Morocco

**Visnja Lachner,**  
Josip J. Strossmayer University, Croatia

**Sangne Yao Charles,**  
University Jean Lorougnon Guede, Ivory Coast

**Omar Boubker,**  
University Ibn Zohr, Morocco

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

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

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

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

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

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

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

**Gamal Elgezeery,**  
Suez University, Egypt

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

**Nina Stankous,**  
National University, USA

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

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

**Karima Laamiri,**  
Abdelmalek Essaadi University, Morocco

**Elena Hunt,**  
Laurentian University, Canada

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

**Satoru Suzuki,**  
Panasonic Corporation, Japan

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

**Russell Kabir,**  
Anglia Ruskin University, UK

**Nasreen Khan,**  
SZABIST, Dubai

**Luisa Morales Maure,**  
University of Panama, Panama

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

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

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

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

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

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

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

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

**Abdelfettah Maouni,**  
Abdelmalek Essaadi University, Morocco

**Alina Stela Resceanu,**  
University of Craiova, Romania

**Alilouch Redouan,**  
Chouaib Doukkali University, Morocco

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

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

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

**Elham Mohammadi,**  
Curtin University, Australia

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

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

**Yue Cao,**  
Southeast University, China

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

**Asli Cazorla Milla,**  
University of the People, USA

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

**Tabou Talahatou,**  
University of Abomey-Calavi, Benin

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

**Hamidreza Izadi,**  
Chabahar Maritime University, Iran

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

**Hadi Sutopo,**  
Topazart, Indonesia

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

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

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

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

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

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



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

**Amaya Epelde Larranaga,**  
University of Granada, Spain

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

**Saly Sambou,**  
Cheikh Anta Diop University, Senegal

**Daniela Di Berardino,**  
University of Chieti-Pescara, Italy

**Dorjana Klosi,**  
University of Vlore “Ismail Qemali, Albania

**Abu Hamja,**  
Aalborg University, Denmark

**Stankovska Gordana,**  
University of Tetova, Republic of Macedonia

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

**Maria Leticia Bautista Diaz,**  
National Autonomous University, Mexico

**Bruno Augusto Sampaio Fuga,**  
North Parana University, Brazil

**Anouar Alami,**  
Sidi Mohammed Ben Abdellah University, Morocco

**Vincenzo Riso,**  
University of Ferrara, Italy

**Janhavi Nagwekar,**  
St. Michael’s Hospital, Canada

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

**Xi Chen,**  
University of Kentucky, USA

**Fateh Mebarek-Oudina,**  
Skikda University, Algeria

**Nadia Mansour,**  
University of Sousse, Tunisia

**Jestoni Dulva Maniago,**  
Majmaah University, Saudi Arabia

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

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

**Enriko Ceko,**  
Wisdom University, Albania

**Laura Fischer,**  
National Autonomous University of Mexico, Mexico

**Mauro Berumen,**  
Caribbean University, Mexico

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

**Maria Carlota,**  
Autonomous University of Queretaro, Mexico

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

**Bhupendra Karki,**  
University of Louisville, Louisville, USA

**Evens Emmanuel,**  
University of Quisqueya, Haiti

**Iresha Madhavi Lakshman,**  
University of Colombo, Sri Lanka

**Francesco Scotognella,**  
Polytechnic University of Milan, Italy

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

**Usama Konbr,**  
Tanta University, Egypt

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

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

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

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

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

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

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

**Qanqom Amira,**  
Ibn Zohr University, Morocco

**Farid Samir Benavides Vanegas,**  
Catholic University of Colombia, Colombia

**Nedret Kuran Burcoglu,**  
Emeritus of Bogazici University, Turkey

**Julio Costa Pinto,**  
University of Santiago de Compostela, Spain

**Satish Kumar,**  
Dire Dawa University, Ethiopia

**Favio Farinella,**  
National University of Mar del Plata, Argentina

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

**Salwa Alinat,**  
Open University, Israel

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

**Rasool Bukhsh Mirjat,**  
Senior Civil Judge, Islamabad, Pakistan

**Samantha Goncalves Mancini Ramos,**  
Londrina State University, Brazil

**Mykola Nesprava,**  
Dnoproetrovsk State University of Internal Affairs, Ukraine

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

**Giacomo Buoncompagni,**  
University of Florence, Italy

**Elza Nikoleishvili,**  
University of Georgia, Georgia

**Mohammed Mahmood Mohammed,**  
University of Baghdad, Iraq

**Oudgou Mohamed,**  
University Sultan Moulay Slimane, Morocco

**Arlinda Ymeraj,**  
European University of Tirana, Albania

**Luisa Maria Arvide Cambra,**  
University of Almeria, Spain

**Charahabil Mohamed Mahamoud,**  
University Assane Seck of Ziguinchor, Senegal

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

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

**Harouna Issa Amadou,**  
Abdou Moumouni University of Niger

**Achille Magloire Ngah,**  
Yaounde University II, Cameroun

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

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

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

**Oumar Bah,**  
Sup' Management, Mali

**Angelica Selene Sterling Zozoaga,**  
Universidad del Caribe, Mexico

**Josephine W. Gitome,**  
Kenyatta University, Kenya

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

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

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

**Desara Dushi,**  
Vrije Universiteit Brussel, Belgium

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

**Aziz Dieng,**  
University of Portsmouth, UK

**Ruth Magdalena Gallegos Torres,**  
Universidad Autonoma de Queretaro, Mexico

**Atanga Essama Michel Barnabé,**  
Université de Bertoua, Cameroun

**Alami Hasnaa,**  
Universite Chouaid Doukkali, Maroc

**Emmanuel Acquah-Sam,**  
Wisconsin International University College, Ghana

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

**Hicham Chairi,**  
Abdelmalek Essaadi University, Morocco

**Noureddine El Aouad,**  
University Abdelmalek Essaady, Morocco

**Samir Diouny,**  
Hassan II University, Casablanca, Morocco

**Gibet Tani Hicham,**  
Abdelmalek Essaadi University, Morocco

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

**Abderrahim Ayad,**  
Abdelmalek Essaadi University, Morocco

**Sara Teidj,**  
Moulay Ismail University Meknes, Morocco

**Gbadamassi Fousséni,**  
Université de Parakou, Benin

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

**Haounati Redouane,**  
Ibn Zohr Agadir, Morocco

**Hicham Es-soufi,**  
Moulay Ismail University, Morocco

**Imad Ait Lhassan,**  
Abdelmalek Essaâdi University, Morocco

**Givi Makalatia,**  
Ivane Javakhishvili Tbilisi State University, Georgia

**Adil Brouri,**  
Moulay Ismail University, Morocco



**Noureddine El Baraka,**  
Ibn Zohr University, Morocco

**Ahmed Aberqi,**  
Sidi Mohamed Ben Abdellah University, Morocco

**Oussama Mahboub,**  
Queens University, Kingston, Canada

**Markela Muca,**  
University of Tirana, Albania

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

**Kledi Xhaxhiu,**  
University of Tirana, Albania

**Saleem Iqbal,**  
University of Balochistan Quetta, Pakistan

**Dritan Topi,**  
University of Tirana, Albania

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

**Adil Youssef Sayeh,**  
Chouaib Doukkali University, Morocco

**Zineb Tribak,**  
Sidi Mohammed Ben Abdellah University, Morocco

**Ngwengeh Brendaline Beloke,**  
University of Biea, Cameroon

**El Agy Fatima,**  
Sidi Mohamed Ben Abdelah University, Morocco

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

**Nato Durglishvili,**  
University of Georgia, Georgia

**Abdelkrim Salim,**  
Hassiba Benbouali University of Chlef, Algeria

**Omar Kchit,**  
Sidi Mohamed Ben Abdellah University, Morocco

**Isaac Ogundu,**  
Ignatius Ajuru University of Education, Nigeria

**Giuseppe Lanza,**  
University of Catania, Italy

**Monssif Najim,**  
Ibn Zohr University, Morocco

**Luan Bekteshi,**  
“Barleti” University, Albania

**Malika Belkacemi,**  
Djillali Liabes, University of Sidi Bel Abbas, Algeria

**Oudani Hassan,**  
University Ibn Zohr Agadir, Morocco

**Merita Rumano,**  
University of Tirana, Albania

**Mohamed Chiban,**  
Ibn Zohr University, Morocco

**Tal Pavel,**  
The Institute for Cyber Policy Studies, Israel

**Jawad Laadraoui,**  
University Cadi Ayyad of Marrakech, Morocco

**El Mourabit Youssef,**  
Ibn Zohr University, Morocco

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

**Krzysztof Nesterowicz,**  
Ludovika-University of Public Service, Hungary

**Laamrani El Idrissi Safae,**  
Ibn Tofail University, Morocco

**Suphi Ural,**  
Cukurova University, Turkey

**Emrah Eray Akca,**  
Istanbul Aydin University, Turkey

**Selcuk Poyraz,**  
Adiyaman University, Turkey

**Ocak Gurbuz,**  
University of Afyon Kocatepe, Turkey

**Umut Sener,**  
Aksaray University, Turkey

**Mateen Abbas,**  
Capital University of Science and Technology, Pakistan

**Muhammed Bilgehan Aytac,**  
Aksaray University, Turkey

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

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

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

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

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

**Atif Ali,**  
COMSATS University Islamabad, Pakistan

**Shahzda Adnan,**  
Pakistan Meteorological Department, Pakistan

**Waqar Ahmed,**  
Johns Hopkins University, USA

**Faizan ur Rehman Qaiser,**  
COMSATS University Islamabad, Pakistan

**Choua Ouchemi,**  
Université de N'Djaména, Tchad

**Syed Tallataf Hussain Shah,**  
COMSATS University Islamabad, Pakistan

**Saeed Ahmed,**  
University of Management and Technology, Pakistan

**Hafiz Muhammad Arshad,**  
COMSATS University Islamabad, Pakistan

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

**Mujeeb Ur Rehman,**  
York St John University, UK

**Noshaba Zulfiqar,**  
University of Wah, Pakistan

**Muhammad Imran Shah,**  
Government College University Faisalabad, Pakistan

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

**Titilayo Olotu,**  
Kent State University, Ohio, USA

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

**Sajjad Ali,**  
Karakoram International University, Pakistan

**Hiqmet Kamberaj,**  
International Balkan University, Macedonia

**Sanna Ullah,**  
University of Central Punjab Lahore, Pakistan

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

**Heba Mostafa Mohamed,**  
Beni Suef University, Egypt

**Abdul Basit,**  
Zhejiang University, China

**Karim Iddouch,**  
International University of Casablanca, Morocco

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

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

**Dolantina Hyka,**  
Mediterranean University of Albania

**Yaya Dosso,**  
Alassane Ouattara University, Ivory Coast

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

**Ahmed Aberqi,**  
Sidi Mohamed Ben Abdellah University, Morocco

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

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

# Table of Contents:

**Application of Nanotechnology in a Novel Air Purifier for Remediation of Airborne Pathogen and to Prevent the Spread of COVID-19.....1**

*Nabarun Ghosh*

*Shaily Goyal*

*Aubrey Howard*

*Prabir Banerjee*

*Jay Vitale*

**Nivel de Conocimiento Sobre Cuidados Paliativos del Personal de Enfermería en un Hospital de Segundo Nivel.....17**

*Carolina Jazmín Uranga Montero*

*Elizabeth Ruiz González*

*Gabriela Palomé Vega*

**Sécurité Alimentaire au Bénin: Les Grandes Familles de Pratiques Agro-écologiques Adoptées dans les Zones Cotonnières.....32**

*Soumanou Babio*

*Alexis Hougni*

*Jacob Afouda Yabi*

**Tri phytochimique et activité antibactérienne des extraits hydroacétoniques de *Baphia nitida* (Fabaceae) sur *Shigella* spp et *E. coli*, deux entérobactéries impliquées dans les diarrhées infantiles à Daloa, Côte d'Ivoire.....48**

*Djako Sosthène Thierry Akré*

*Kan Benjamin Kouamé*

*Obou Constantin Okou*

*Daouda Diakité*

*Jacques Auguste B. A. Ackah*

*Allico Joseph Djaman*

**Diagnostic et Traitement des Complications des Suites de Couches au Centre Hospitalier Universitaire de Kara.....70**

*Assiaham Walawita Ténéte*

*Kossi Edem Logbo-Akey*

*Kambote Yendoubé*

*Abdoul-Samadou Aboubakari*

*Dédé Régine Diane Ajavon*

**Charge de Travail, Soutien Social et Bien-être Psychologique au Travail chez des Agents de Santé des Services de Pédiatrie des Centres Hospitaliers Universitaires (CHU) d'Abidjan (Côte d'Ivoire).....85**

*Kouadio Kouamé Jean Sébastien*

*Kouassi N'Goran Edouard*

*Yao Koffi Constant*

**Evolution des patients en insuffisance rénale chronique stade V et  
facteurs prédictifs d'initiation de la dialyse.....99**

*Mina Agrou*

*Meryem Birrou*

*Ouafaa Assal*

*Nisrine Hikki*

*Naima Ouzeddoun*

*Rabia Bayahia*

*Loubna Benamar*

**Survey of the Use of Phytosanitary Products in Vegetable Crops in the  
District of Abidjan, Côte d'Ivoire.....114**

*Anne-Edwige Coulibaly*

*Gilles Alex Pakora*

*Ler-N'Ogn Dadé Georges Elisée Amari*

*Ako Aristide Berenger Ako*

*Joseph Allico Djaman*



**Troponine Ultra-sensible: Quelles Indications et Comment Interpréter les Résultats en Gériatrie Un Cas d'Élévation de la Troponine chez une Octogénaire.....131**

*Seydou Moussa Youssoufa*

*Daou Maman*

*Andia Abdoukader*

*Saidou Amadou*

*Al-Azhari Amal*

*Brah Souleymane*

*Hamadou Adamou*

*Adehossi Eric*

**Effet Répulsif de Faibles Concentrations de l'Huile Essentielle de Clausena anisata (Rutaceae) Contre les Moustiques Adultes (Diptera: Culicidae).....139**

*Ayaba Z. Abagli*

*Lydia Hangnilo*

*Thiery B. C. Alavo*

**Nutritional Impact on the Productivity of Ready-Made Garment Workers.....152**

*Md. Monirul Islam (Rajib)*

*Farjana Tasnim Nadila*

*Tasnia Quamar Arpa*

*Md. Shafiul Arefin*

*Tarana Haque Popy*

*Proshun Chowdhury Emon*

**Distribution and Carbon Sequestration Potential of Cola laurifolia Mast.:  
A Dominant Native Riparian Species along Permanent Rivers in Sub-  
Saharan Africa.....166**

*Gouwidida Elice Kabore*

*Philippe Bayen*

*Sidzabda Djibril Dayamba*

*Adjima Thiombiano*

**Landslide Soil Failure Parameters Characterization Using Geoelectrical  
Resistivity Methods in Uruagu, Nnewi, Anambra State, Nigeria.....193**

*Charles Chinedu Uwaezuoke*

*Osariere John Airen*

**Secuelas Pulmonares y Neuromusculares Posterior a Infección Por  
Covid-19 en Población con y sin Diabetes Tipo 2.....222**

*Lalané Lira Tania*

*Ericka Esther Cadena Moreno*

*Leticia Blanco Castillo*

*Ma. Azucena Bello Sánchez*



ESJ Natural/Life/Medical Sciences

## **Application of Nanotechnology in a Novel Air Purifier for Remediation of Airborne Pathogen and to Prevent the Spread of COVID-19**

*Nabarun Ghosh, PhD, MAAAI, Sigma Xi*

*Shaily Goyal, PhD*

*Aubrey Howard MS*

*Prabir Banerjee, MD, MS*

Life, Earth and Environmental Sciences

West Texas A&M University, Canyon, Texas

*Jay Vitale*

Air for Life UK LTD, Suite 402 Milton Keynes Business Centre,

Foxhunter Drive, Hayley Court, Linford Wood

MK 14 6GD, Milton Keynes, U.K.

[Doi:10.19044/esj.2023.v19n12p1](https://doi.org/10.19044/esj.2023.v19n12p1)

Submitted: 12 September 2022

Accepted: 18 April 2023

Published: 30 April 2023

Copyright 2023 Author(s)

Under Creative Commons BY-NC-ND

4.0 OPEN ACCESS

*Cite As:*

Ghosh N., Goyal S., Howard A., Banerjee P. & Vitale J. (2023). *Application of Nanotechnology in a Novel Air Purifier for Remediation of Airborne Pathogen and to Prevent the Spread of COVID-19*. European Scientific Journal, ESJ, 19 (12), 1.

<https://doi.org/10.19044/esj.2023.v19n12p1>

### **Abstract**

The spread of COVID-19 occurs via airborne transmission. With a constant and variable spread of COVID-19, indoor air-quality has become a major concern all over the world. People who are infected with COVID can release particles and droplets of respiratory fluids that contain the SARS CoV-2 virus into the air when they exhale (e.g., quiet breathing, speaking, singing, exercise, coughing, sneezing). Once infectious droplets are exhaled, they move outward from the person (the source) into the surrounding environment; these droplets carry the virus and transmit infection. Indoors, the very fine droplets and particles will continue to spread through the air in the room or space and can accumulate. Harmful pathogenic organisms like fungi, bacteria and viruses, as the one responsible for causing contagious diseases like the ongoing pandemic of COVID-19 can also be successfully destroyed and neutralized. We have developed and studied the efficiency of the AFL Mini

Sanifier II® in a simulated environment of a fiberglass chamber using various types of meters to assess the suspended particulate matter (PM) in the ambient air. We also report the development of a novel face mask that was assessed for safety measures and further improvement by the researchers in the West Texas A&M University. The mask is user friendly and portable, equipped with a small internal fan that supplies a continuous air to the user preventing the suffocating effect caused by the other masks. The novel mini air purifier is equipped with the advanced nanotechnology that cleans and sanitizes both the air and surfaces and subsequently has been shown to reduce common allergy, asthma and hay fever related symptoms. This mask and the mini air purifier function in an advanced way to combat all forms of airborne pathogens including the bacteria, viruses, mold spores and harmful Volatile Organic Compounds (VOC) present in the air.

---

**Keywords:** Air Quality, Particulate Matter 2.5 (PM2.5), air purifier, advanced mask

## Introduction

The aerosolized solid, liquid, or mix-phased particles in the air are commonly referred to as *Particulate Matter* or *PM* and usually note the average particle size due to subsequent health impacts. The body has various barriers to prevent the entry of foreign particles, but the finer the particle the easier they are able to enter the body and travel to deeper tissues in the lungs. This is also true for the ultramicroscopic size of SARS CoV-2 that facilitates entry into the human body via respiratory droplets from infected individuals. These particles and droplets can travel throughout the room and accumulate in a space, suspended for variable time periods (EPA, 2016).

Ambient air quality in the Texas Panhandle affects everyone, especially the young, elderly, and those who are ill. It has been reported that the air in the Texas Panhandle has a unique mixture of pollutants that can negatively influence human health. Some of these things can occur naturally from sources such as pollen and mold spores, or from anthropogenic sources including automobile exhaust, oil and gas operations, and agricultural activities and feedlots. Many of these substances are from local sources but can also be transported from other distant locations. This is due to the specialized geographical terrain with unique meteorological air patterns. Examples of particulate matter that seasonally travels to this area includes the particulates emitted from wildfires in the western United States including states such as California. It is important to have a grasp on common air pollutants in the area to provide a record of seasonal fluctuations and trends, and provide the public with knowledge of options to empower individuals with

steps they can take to improve air quality, thereby improving their health (Howard, 2022).

A healthy individual breathes in just over 2,000 gallons of air-enough to fill up a normal-sized swimming pool (American Lung Association, 2017). According to the WHO (2018), in addition to outdoor air pollution, indoor smoke from household air pollution is a serious health risk for some 2.6 billion people who cook and heat their homes with biomass fuels and coal. According to WHO, (2018) 3.8 million premature deaths were attributable to indoor air pollution. Among these 3.8 million deaths: 27% are due to pneumonia, 18% from stroke, 27% from ischemic heart disease, 20% from chronic obstructive pulmonary disease (COPD), 8% from lung cancer (FIRS, 2019). Others studies also show that kids are more vulnerable to the detrimental effects of pollution. Every day around 93% (1.8 billion) of the world's children under the age of 15 years breathe air that is so polluted, puts their health and development at serious risk (Banerjee, 2018).

In the recent years with the spread of the COVID-19 pandemic, it became a necessity that the scientific world comes forward with an objective of developing more equipment for air purification with novel technology to combat airborne pathogens, aeroallergens and viruses. The average human breathes 11,000 liters of air daily. It is essential each liter of air is free of pollutants such as PMs, CO, NO<sub>x</sub>, SO<sub>x</sub> and O<sub>3</sub>. This is especially important for higher risk populations and athletes that breathe more than 20,000 liters of air per day. Air quality is an important factor for overall health. Photocatalytic oxidation (PCO) is a very powerful air purification technology and has the ability to destroy particles as small as 0.001 microns (nanometer) such as carbon based impurities in air like bad odor, volatile organic compounds (VOC), allergens like household dust mites and their droppings, mold, pollen and fungal spores.

At our Aerobiology Lab at the West Texas A&M University, we have acquired various equipment to sample the air including mobile handheld air monitors like the *Light House Handheld Particle Counter* (Fig.1) that sample specific locations at points in time, and stationary sampling units such as the Burkard Volumetric Spore Trap. We have focused on different sources of particulate matters and tested various air purifying units to evaluate the effectiveness of improving indoor air quality.

Particulate matter often abbreviated as PM is everything in the air that is not a gas. Particulate Matter is a mixture of solid and liquid particles suspended in air composed of different sizes, shapes and chemical substances. They are subsequently divided into different categories depending on the aerodynamic diameter of the particles (Table 1). The *particle pollution* influences the capability of the PM to penetrate deeply in the lung. Particle pollution refers to a mix of tiny solid and liquid particles that are in the air we

breathe. Many of the particles are so small as to be invisible, but when levels are high, the air becomes opaque. Nothing about particle pollution is simple. In fact, it is so dangerous that it can shorten one's life. (American Lung Association, 2017).

Primary and secondary PM present in the atmosphere can be transported over long distances and their removal may occur via rainfall, gravitational sedimentation or coagulation with other particles. PM is usually made up of both anthropogenic and natural sources. While primary forms are directly emitted from sources like agricultural and industrial processes, vehicles, construction sites and forest fires, secondary forms are derived from complex chemical reactions of substances suspended in the atmosphere.

**Table 1.** Particulate Matter (PM) Basic. (EPA, 2016)

Table 1: Characteristics and Sources of Various PM Fractions		
PM fraction	Characteristics	Sources
PM 10 ( <i>Inhalable PM</i> )	diameter $\leq 10 \mu\text{m}$	Outdoor Sources like Vehicular traffic, Organic matter and Fossil fuel combustion and Power stations/industry
PM (10-2.5 ) ( <i>Coarse particles</i> )	diameter ranging from 2.5 to 10 $\mu\text{m}$ able to penetrate into the upper respiratory tract	Outdoor Sources like Marine aerosol, Soil erosion, Volcanic eruptions
PM2.5 ( <i>Fine PM</i> )	diameter $\leq 2.5 \mu\text{m}$ able to penetrate into the tracheobronchial tract	Outdoor Sources like Windblown dust from roadways, agriculture and construction, Bushfires/dust storms
PM 0.1 ( <i>Ultrafine PM</i> )	diameter $\leq 0.1 \mu\text{m}$ able to penetrate into alveolar region	Indoor Sources like Wood stoves, Organic matter and fossil fuel combustion, Tobacco Smoke

Particulate Matters (PM) adversely affect health due to its ability to bypass bodily defenses and reach deeper into the tissues of the lung. The human respiratory airway is particularly susceptible to the integration of toxins into the body. Inhalation of aero-toxins may lead to a quick dispersion of that toxin to the other parts of the body via the bloodstream. This is due to the highly vascularized alveoli and soft tissues of the lungs that easily absorb molecules from various substances, leading them to travel to different organs of the human body. Typical physiological defenses like nose hairs, secreted mucus, and cilia in the respiratory tract trap larger particles. Additionally there is a ninety-degree bend in the airway to deposit and expel foreign substances out of the body (Howard, 2022). Particulate matters of sizes ranging from 0.1 to 10 micron have been particularly in focus in recent years. Our objective was to develop and assess equipment and PPE (Personal Protection Equipment, like advanced masks) that will protect individuals from COVID-19. A collaboration between industry and academia is mutually beneficial. In order

to foster this environment, we have been working on the development and assessment of the devices that use Photo Catalytic Oxidation Nanotechnology to combat airborne pathogens and different forms of impurities and pollutants present in the indoor air. Nanotechnology promises significant improvements of advanced materials and manufacturing techniques, which are critical for the future competitiveness of national industries (Miyazaki & Islam, 2007). New world trade and economies are based on the application of innovative technology, developing novel products that are in great demand. We are in need of a more advanced air purifier that works on airborne pathogens and improves the air quality with a greater extent than existing air purifiers in the market. The collaborative research team has come forward with a novel nanotechnology to develop unique air purifiers to combat aeroallergens, PM 2.5 to PM 10, bacterial and fungal spores, and viruses. The target is to improve the air quality for remediation or alleviate respiratory ailments.

Some studies show a significant correlation between air pollution and increasing heart rate and blood pressure (Langrish et al., 2019). Wearing a facemask could therefore potentially help maintain healthy rates of blood pressure and heart rates in susceptible people due to reduction of environmental pollution exposure.

Bleakley et al. (2021) show that many people are reluctant to wear face masks due to the following reasons:

1. They feel psychological effects of feeling suffocated and cannot breathe properly,
2. In many cases, there is leakage on the sides of the mask, reducing effectiveness,
3. Wearing a mask improperly would fail to prevent the entry of pathogen, especially the tiny particulate matters and viruses,
4. Many people experience re-inhalation of CO<sub>2</sub> upon wearing a facemask that may lead to an increase in blood pressure and toxemia.

There are reports finding that the wearer can develop physiological stress from the long-term wearing of the N95 masks. Healthcare providers may develop headaches following the use of the N95 facemask. Shorter duration of facemask use may reduce the frequency and severity of these headaches (Lim et al., 2006; Bolashikov et al., 2009). Wearing a mask may be harmful to some people with heart or lung disease because it can make the lungs work harder to breathe. Some masks like the N95 give exhaled moisture breathing resistance if wore for more than four hours (Roberge et al., 2010). We proposed to develop a user friendly mask that would allow the user completely filtered air preventing the suffocation.

## Materials and method: Lighthouse Handheld 3016 IAQ

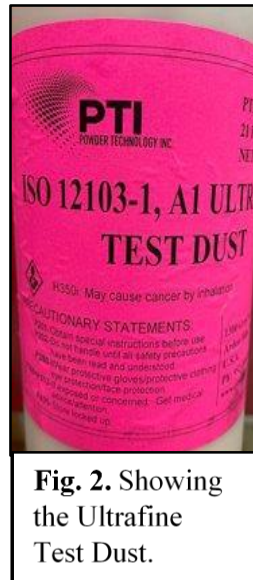


**Fig. 1.** Lighthouse Handheld Monitor used for assessing the indoor air quality.

This equipment measures the PM concentration of varying sizes (Fig. 1). The number “3016” indicates a 0.3  $\mu\text{m}$  minimum channel size at 0.1 CFM with up to 6 channels. The instrument uses a laser-diode light source and collection optics for particle detection. Particles scatter light from the laser diode. The collection optics collect and focus the light on to a photo diode that converts the bursts of light into electrical pulses. The pulse height is a measure of particle size. Pulses are counted and their amplitude is measured for particle sizing. Results are displayed as particle counts in the specified size channel. We have tested the efficiency of the novel facemask and the mini air purifier in a custom-built fiberglass chamber. To test the efficiency of the novel facemask, we have divided the chamber into two sub-chambers: C1 and C2. We have placed the novel facemask at the junction in a custom-built hole to which the mask would fit properly. We used rubber tubing, silicone grease and tape to seal the sides of the mask with the fiberglass partition (Fig. 6D).



## Dust, Fan and Fiberglass chamber and assessing the mask



We have obtained the ISO 12103-1 ultrafine dust particle (Fig. 2.) with an average size of 2.75 micron from PTI Powder Tech., Minnesota. We used this powder as a source of PM 2.5 and to create a PM 2.5 rich environment in the fiberglass chamber. We then have used a fan to circulate air in the chamber to uniformly spread the PM towards saturation (Fig.3). In this experiment, we used this dust to evaluate any reduction of the particle concentration.

The fiberglass chamber has three airtight lids, two on the top and one on the side to maintain the equipment. It has a volume of 12.45ft<sup>3</sup>. In this custom-made Fiberglass chamber, a slot was made to fit the mask and sealed to make the sub-chambers airtight. We placed Petri plates in 24-hour increments on both the C1 and C2 sides and counted the microbial colonies formed while keeping the mask running. The exposed Petri plates were sealed and incubated in an incubator at 37°C for 48 hours. Once the visible colonies emerged we placed the Petri plates on a colony counter and counted the number of colonies emerged in each set. The number of microbial colonies in the Petri plates on side C1 (No filtered air) were compared with the C2 (Filtered air passed through the mask) (Fig. 5 B, D, 6E) Petri plates. Every 24-hour interval showed variable counts of the microbial colonies (Fig. 6D, F) with lower colony counts in the C2 side.

In the next part of the experiment we compared the PM 2.5 count in both of the chambers, C1 and C2, after 24, 48, 72, 96, and 120 hours. We have calculated the natural rate of decay of the PM represented by the ISO 12103-1 Ultrafine Dust Particle by placing a meter, the *LightHouse Handheld*

*Particle Counter*, in the chambers after aerosol saturation in 24-hour periods. Using fans, we spread the PM<sub>2.5</sub> in the chamber (C1) uniformly and waited for 72 hours to develop an equilibrium in the suspended aerosol. All chamber doors and the slot where the mask was fitted were sealed airtight using silicone grease. We have recorded the number of PM<sub>2.5</sub> floating inside the chambers C1 and C2 by using the mobile handheld air monitor to sample the airborne particles (Fig. 5D). We have recorded the particle concentrations in the divided chamber at various intervals to determine the percentage of the particles prevented entering into the other chamber when the mask was placed in the chamber junction.

### Mini Filter-less Germicidal Air Purifier



**Fig. 3.** Mini Filter-less Germicidal Air Purifier.

The novel mini air-purifier (Mini Sanifier) cleans and sanitizes both the air and surfaces. It can reduce common allergies, asthma, and hay fever related symptoms. It can eliminate allergens such as household dust, dust mites, pollen, bacteria (including MRSA), viruses, PM<sub>2.5</sub>, bathroom odors, pet dander, pet smells, cooking smells and cigarette smoke. It produces low doses of human friendly negative ions that have been shown to improve alertness, concentration levels, mood and sleep. Controlled low doses of negative ions are sometimes referred to as the “vitamins of the air” due to observed positive effects (Mindell, 2016).

We have tested the mini air purifier on its efficiency to reduce the concentration of particulate matters, pollen and mold spores present in indoor air. Using the ISO 12103-1 Ultrafine Dust we have calculated the rate of natural decay of the PM and compared that with the rate when using the Mini Filter-less Germicidal Air Purifier. We weighed the particulate matter on a chemical balance and placed it on a Petri plate in the fiberglass sub-chamber marked as C1. We used a fan to spread the particulate matters in that sub-chamber uniformly. We have recorded the rate of the decay of the PM<sub>2.5</sub> and compared that to when the Mini air purifier was on. The decay rate for both the sets were recorded at 24h, 48h, 72h and 120h time intervals.

The main aim of this study was to test the efficacy of the Mini air purifier in decaying the suspended artificially generated PM<sub>2.5</sub>. For all sets of experiments, we used a fiberglass chamber of volume 12.45ft<sup>3</sup> to assess the Mini air purifier in terms of reduction of PM<sub>2.5</sub>. The chamber was first cleaned using Clorox wipes and was dried for 24 hours. About 2 grams of dust was spread from the top lid of the chamber to create a high concentration PM<sub>2.5</sub> environment. In all of the experiments, temperature was maintained between 22°C-25°C and humidity between 20%-30%. Experiments were done in five replicates. For all the PM<sub>2.5</sub> decaying experimental data was recorded until the PM<sub>2.5</sub> concentration reached 30µg/m<sup>3</sup>, as 35µg/m<sup>3</sup> is the acceptable range by EPA.

### **Comparison of PM 2.5 decaying rate with and without using air purifier under no air circulation**

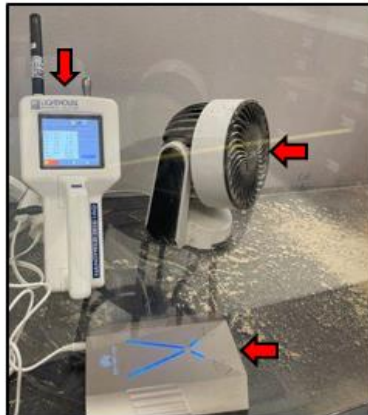
For the first set of experiments no fan was used, this was done to create a still air environment inside the chamber. Firstly, the Lighthouse handheld meter was placed in the chamber. It was set at 30 minute-intervals to record the change in PM<sub>2.5</sub> concentration. For the control, no air purifier units were on inside the chamber. Then, the dust was spread from the top lid of the chamber. The data recorded reflected the natural decay rate of PM<sub>2.5</sub>, which was considered the control. This experiment was repeated twice with the Mini air-purifier and the average PM<sub>2.5</sub> decay rate for the experimental replicates with no air circulation then compared with the control. We have used another air purifier named IonicAir unit that follows the same nanotechnology to determine the efficiency of the Mini air-purifier.

### **Analyzing the decay rate of high concentration PM2.5 using the air purifiers and control**

To test the working capacity of air purifier in decaying high concentration PM<sub>2.5</sub>, firstly a Lighthouse handheld was placed in the chamber. It was set at 30 minute-intervals to record the change in PM<sub>2.5</sub> concentration. A fan was also placed inside for the continuous airflow in the chamber. For control, no air purifier units were run inside the chamber. Both the equipment were turned on, and then 2g dust was spread from the top lid of the chamber. Within one minute, the chamber concentration reached 2000 µg/m<sup>3</sup>.

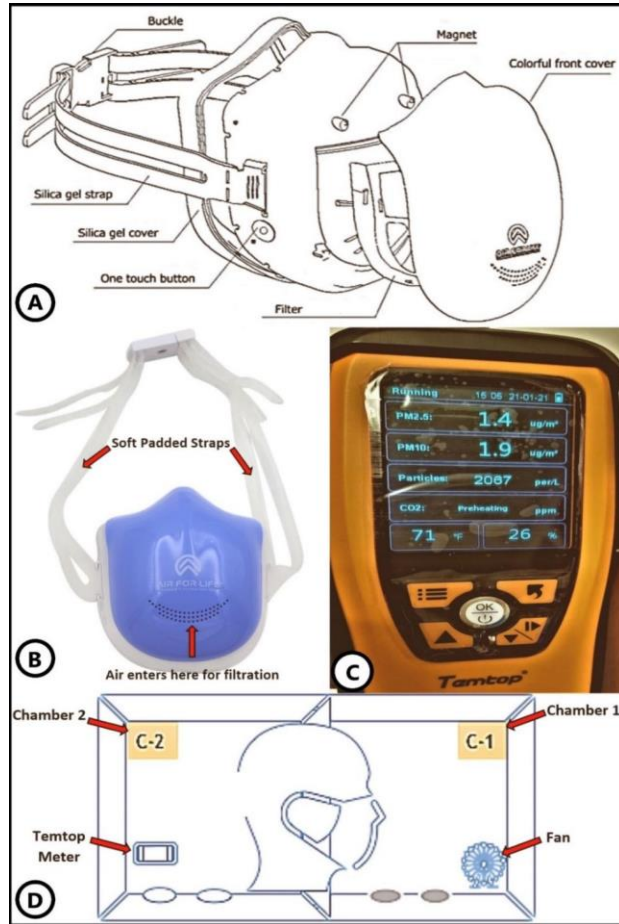
This concentration was ideal to record high concentration decay. The data recorded gave the natural decay rate of PM<sub>2.5</sub>, which was considered as the control. This experiment was repeated with IonicAir and then Mini air-purifier using the same PM<sub>2.5</sub> concentration range of 2000µg/m<sup>3</sup> to 2140µg/m<sup>3</sup>. Time taken for PM<sub>2.5</sub> decaying by the air purifier was recorded and compared with the control.

## Comparing the PM2.5 decaying rate of air purifiers and with the control



**Fig. 4.** Lighthouse handheld was placed (Pointing with arrow) in the chamber. A fan was used to circulate air in the chamber. The sidewise arrow points the Mini Air purifier.

To test the working capacity of the air purifiers' influence on the decay rate for PM2.5 concentration, firstly a Lighthouse handheld meter was placed in the chamber. It was set at 30 minute-intervals to record the change in PM2.5 concentration. A fan was also placed inside for the continuous airflow in the chamber. For the control, no air purifier units were on inside the chamber. For the experimental set, both equipment were turned on and then 1g of dust was spread from the top lid of the chamber. We began collecting our data once the PM2.5 concentration reached between  $92 \mu\text{g}/\text{m}^3$ - $105 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . This experiment was repeated with the IonicAir unit and the Mini air-purifier using the same PM2.5 concentration range of  $92 \mu\text{g}/\text{m}^3$ - $105 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . The times for the PM2.5 rates of decay were recorded and compared with the control taken by both of the air purifiers. For further analysis and comparison of the data obtained from the controlled exposure, we used Petri plates to compare microbial colony count when exposed to the indoor air, with (experimental) and without the air purifying units (control).



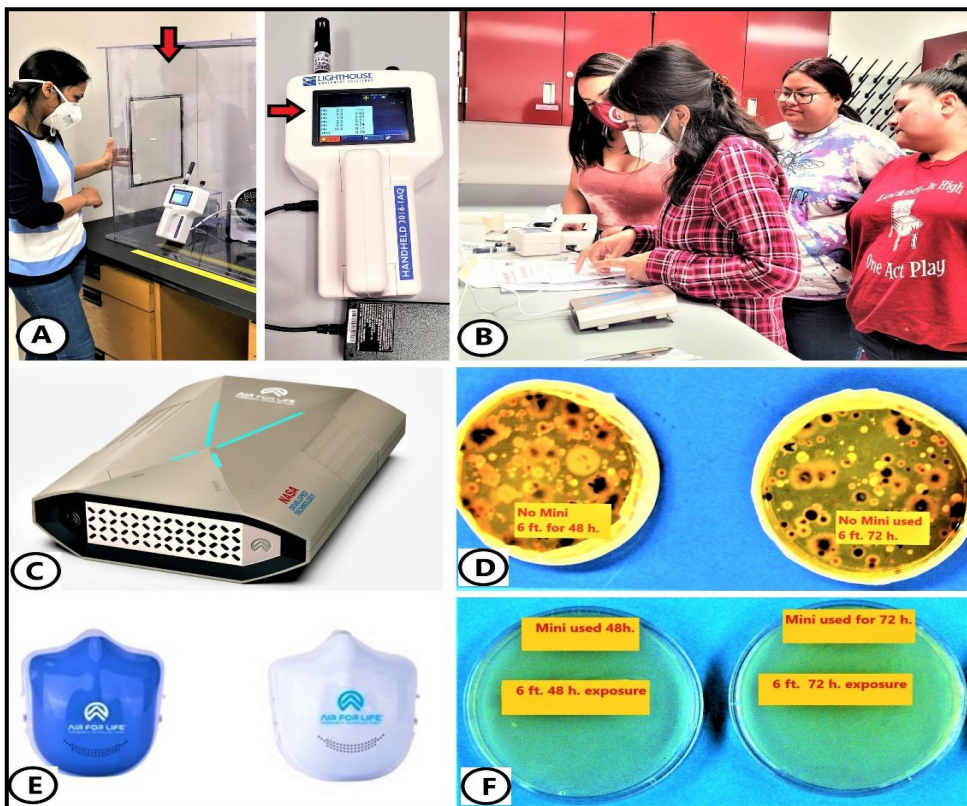
**Fig. 5.** A. Components and design of the novel face mask, B. Air inlet and soft padded straps of the facemask, C. Temtop Air Quality Meter, D. Organization inside the fiberglass chamber. D shows the diagram of the fiberglass chamber that was divided into sub chambers C1 and C2 for testing the efficiency of the mask. On the C1 side, the fan and the Petri plates were kept to assess the composition of the air on the C1 before using the mask. On the C2 side, the Petri plates and the *Temtop monitor* were placed to assess the air after it passed through the mask.

Figures 5A to D show the design of the novel facemask including the one-touch button to control the operation, the front cover, the magnets to attach the front cover, and the four filters, all attached together. The back of the mask is padded with a silica gel cover. The silica gel strap provides a comfort fitting of the mask to the users face. Figure 5B is showing the whole mask with the soft padded straps. From the front of the mask, the air flows inside through a series of holes. Then, the air passes through the 4-

staged filtration system in the mask. The air is filtered before entering into the users nostrils.

Fig. 5C showing the *Temtop air quality monitor* that provides the reading of the concentrations of the PM<sub>2.5</sub>, PM<sub>10</sub>, particles and CO<sub>2</sub> in the ambient air. This multi-functional air quality monitor has an easy calibration module and it also records the ambient temperature.

Figures 6A-F showing the steps followed during the experimentation to assess the air quality on using that mini air purifier and the novel mask. Fig. 6A showing the investigator recording the reading and collecting data from the Lighthouse Handheld 3016 IAQ air quality monitor placed in the researchers analyzing the data collected from the experiment. Figure 6C showing the mini air purifier and 6E showing the novel mask.

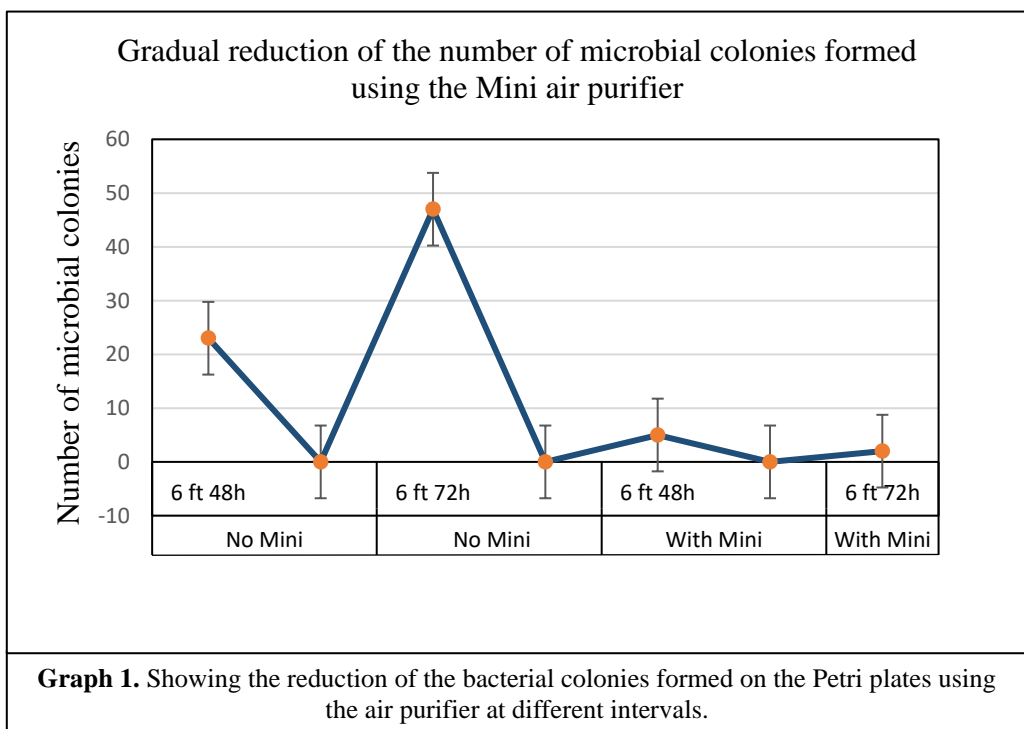


**Fig. 6. A-F** Showing the experimental steps to assess the indoor air quality.  
A. Sampling the air using the air monitor, the *Lighthouse Handheld Particle Counter*.  
B. Analyzing the data collected for the indoor air. C. Mini air purifier. D & F. Petri

## Results and Discussion

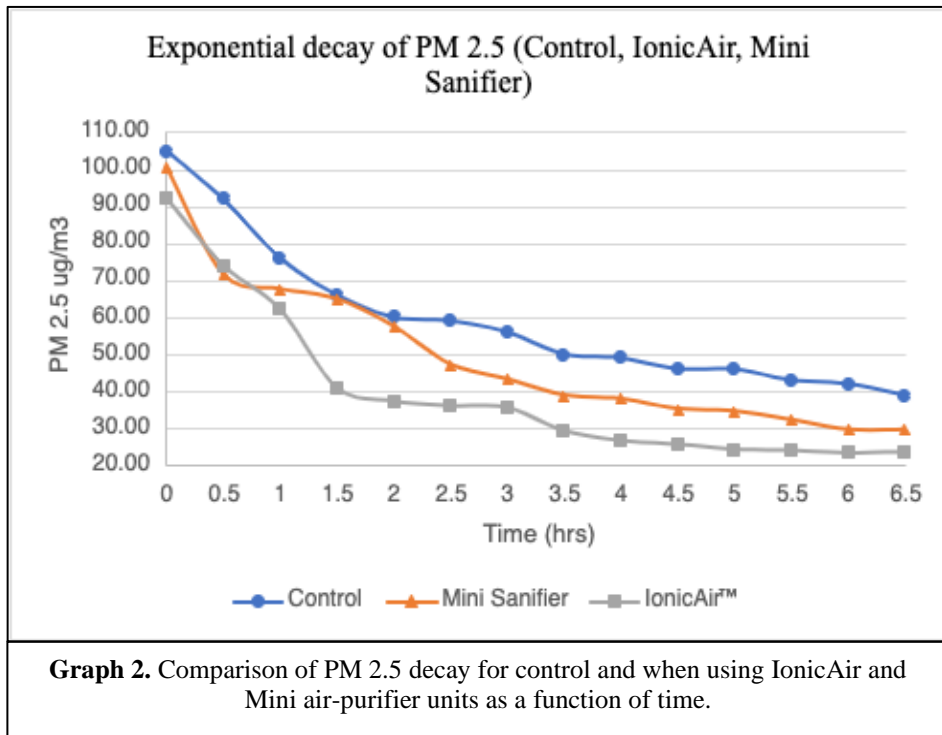
We have collected the data using the air quality monitors and from the colony counts from the exposed Petri plates (Figs. 6A-F). The data from the Petri plates were collected after the 24h, 48h and 72h of exposures (Figs. 6D, F). The rate of infection varied with the distance and the period of exposures (Graph 1).

Temtop M2000C CO<sub>2</sub> Air Quality Monitor Detects CO<sub>2</sub> PM<sub>2.5</sub> PM<sub>10</sub> and Temperature and humidity. This multi-functional air quality monitor has an easy calibration module. It can detect the counts for PM<sub>2.5</sub>, PM<sub>10</sub>, other particles, CO<sub>2</sub> and it records the ambient temperature. Using this multi-functional air quality monitor we have collected the data on particulate matters from the ambient air on simulated running of the experiments within the fibreglass chamber (Fig. 5D).



Graph 1 is showing the comparative account between the two sets of Petri plates exposed to air with and without using the mini air purifier. The graph clearly shows a decline in the formation of the microbial colonies on using the mini air purifier. The Petri plates were placed 6 feet apart, equidistant from the air purifier and were exposed to the air on running the air purifier for 24, 48 and 72 hours to test for any reduction in the air borne microbes.

Graph 2 shows the comparison of the PM<sub>2.5</sub> decay rate for the control (no air purifier was used) and experimental set in which two air purifiers, the mini and the IonicAir units were used. The graph shows a faster reduction of the PM<sub>2.5</sub> on using the two air purifiers (Goyal, 2022). The overall collected data exhibit the efficiency of the air purifier in reducing the airborne microbes with the advanced nanotechnology applied. It is very clear from the graph that the air purifiers were able to clean the air more efficiently by reducing the PM<sub>2.5</sub> with a gradual, faster decay. On running the air purifiers for 6.5 hours, the PM<sub>2.5</sub> count was reduced from 100 to a range of 22 to 30 per cubic meter. From the results, we can conclude the use of the air purifier technology shows an effective reduction of particulates in the indoor air. Usage of these air purifiers will reduce the symptoms of allergy, asthma, and other respiratory ailments due to reduction of irritants and aeroallergen concentration (Ghosh et. al, 2021).



The facemask is an effective way to protect the wearer from the particulate exposure and provide filtered, clean air to the wearer. From the data that we collected from the fiberglass simulation experiment, it can be concluded that the newly devised mask is very efficient in protecting an individual from all kinds of airborne pathogens and PM<sub>2.5</sub>. This mask can



provide an internal air supply within the mask and maximum comfort with its ergonomic design and improved filtration technology (Ghosh et. al, 2020). The advanced technology used in that mask can provide maximum comfort to the user with its soft gel-filled straps, continuous supply of the internal air that is filtered with 4-staged filtration system ensuring the protection from all kinds of pathogens and particulate matters.

### References:

1. American Lung Association (2017). *How Your Lungs Get the Job Done*. Each Breath: A Blog by the American Lung Association. <https://www.lung.org/blog/how-your-lungs-work>
2. Banerjee, Prabir (2018). MS thesis, West Texas A&M University. Pp 4-29.
3. Bleakley, G., Steen, C., Freeman, S. (2021). *Essentials of Nursing Critically Ill Adults*. 2021 - Sage Publications Ltd. 100 p.
4. Bolashikov, Z. D., and Melikov, A. K. (2009). Methods for air cleaning and protection of building occupants from airborne pathogens. *Building and Environment*, 44(7), 1378-1385.
5. EPA (2016). *Particulate Matter (PM) Basics*. United States Environmental Protection Agency. <https://www.epa.gov/pm-pollution/particulate-matter-pm-basics>
6. EPA (2021). *Indoor Air and Coronavirus (COVID-19)*. United States Environmental Protection Agency. <https://www.epa.gov/coronavirus/indoor-air-and-coronavirus-covid-19>
7. FIRS (2019). *Air Pollution: What air you are breathing?* Forum of International Respiratory Societies. <https://www.firsnet.org/news-and-events/news-article/120-air-pollution-what-air-are-you-breathing> visited on Sept.1, 2022.
8. Ghosh, N., Vitale, J., Bell, J., Goyal, S., A. Howard, Banerjee, P. (2020). An Assessment of the AFL Mask® and LUNA Wallmount, the new developments in the Air-Purifier industry for preventing the airborne pathogens. *European Scientific Journal*, September 2020 edition Vol.16, No.27 ISSN: 1857-7881 (Print) e - ISSN 1857-743: 1-16
9. Ghosh, N., Vitale, J., Bell, J., Goyal, S., A. Howard, Banerjee, P., S. Mitra. (2021). An Assessment of the AFL Mini Sanifier II® in terms of reducing the incidence of canine allergy. June 2021 Art, Humanities, Social Sciences, STEAM and Education Conference Proceedings. Hawaii University Place, Hawaii.
10. Goyal, Shaily (2022). MS thesis, West Texas A&M University. Pp 2-5.

11. Howard, A. (2022). MS thesis, West Texas A&M University. Pp 1-19.
12. Langrish J. P., Mills N. L., Chan J. K., et al. (2009). Beneficial cardiovascular effects of reducing exposure to particulate air pollution with a simple facemask. *Part Fibre Toxicol.* 2009; 6:8. Published 2009 Mar 13. doi:10.1186/1743-8977-6-8
13. Lim, E.C.H., Seet, R.C.S., Lee K-H, Wilder-Smith, E.P.V., Chuah, B.Y.S., Ong, B.K.C. (2006). Headaches and the N95 face-mask amongst healthcare providers. *Acta Neurol Scand* 2006; 113: 199–202 DOI: 10.1111/j.1600- 0404.2005.00560.
14. Mindell, E., (2016). *The Happiness Effect*. Chapter 3. Square One Pub. EBook.
15. Miyazaki, K. and Islam, N. (2007). Nanotechnology systems of innovation—An analysis of industry and academia research activities. *Technovation*, Volume 27, Issue 11, November 2007, Pages 661-675.
16. Roberge, R. J. Emily B., Jeffrey B. P., Aitor C., Marc R. R., Stacey M. (2010). Effect of exhaled moisture on breathing resistance of N95 filtering face-piece respirators. Browsed on 7.7.2020 at <https://netec.org>
17. Sharma, B., Adhikari, A. P. ed. (2020). *Covid-19 Pandemic and Nepal: Issues and Perspectives*, Ch. 9, P. 100. Asta-Ja USA
18. Tsai, J., Homa, D.M., Neff, L.J., et al. (2021). Trends in Secondhand Smoke Exposure, 2011-2018: Impact and Implications of Expanding Serum Cotinine Range. *Am J Prev. Med.*, 61(3): e109-e117. doi:10.1016/j.amepre.2021.04.004
19. Texas Agrilife Extension (2022). Ambient Air Quality in the Texas Panhandle. <https://agrilifeextension.tamu.edu/asset-external/ambient-air-quality-in-the-texas-panhandle/>
20. WHO (2018). *Air pollution and child health: prescribing clean air*. Summary. Geneva: World Health Organization. (WHO/CED/PHE/18.01). License: CC BY-NC-SA 3.0 IGO.



ESJ Natural/Life/Medical Sciences

## **Application of Nanotechnology in a Novel Air Purifier for Remediation of Airborne Pathogen and to Prevent the Spread of COVID-19**

*Nabarun Ghosh, PhD, MAAAI, Sigma Xi*

*Shaily Goyal, PhD*

*Aubrey Howard MS*

*Prabir Banerjee, MD, MS*

Life, Earth and Environmental Sciences

West Texas A&M University, Canyon, Texas

*Jay Vitale*

Air for Life UK LTD, Suite 402 Milton Keynes Business Centre,

Foxhunter Drive, Hayley Court, Linford Wood

MK 14 6GD, Milton Keynes, U.K.

[Doi:10.19044/esj.2023.v19n12p1](https://doi.org/10.19044/esj.2023.v19n12p1)

Submitted: 12 September 2022

Accepted: 18 April 2023

Published: 30 April 2023

Copyright 2023 Author(s)

Under Creative Commons BY-NC-ND

4.0 OPEN ACCESS

*Cite As:*

Ghosh N., Goyal S., Howard A., Banerjee P. & Vitale J. (2023). *Application of Nanotechnology in a Novel Air Purifier for Remediation of Airborne Pathogen and to Prevent the Spread of COVID-19*. European Scientific Journal, ESJ, 19 (12), 1.

<https://doi.org/10.19044/esj.2023.v19n12p1>

### **Abstract**

The spread of COVID-19 occurs via airborne transmission. With a constant and variable spread of COVID-19, indoor air-quality has become a major concern all over the world. People who are infected with COVID can release particles and droplets of respiratory fluids that contain the SARS CoV-2 virus into the air when they exhale (e.g., quiet breathing, speaking, singing, exercise, coughing, sneezing). Once infectious droplets are exhaled, they move outward from the person (the source) into the surrounding environment; these droplets carry the virus and transmit infection. Indoors, the very fine droplets and particles will continue to spread through the air in the room or space and can accumulate. Harmful pathogenic organisms like fungi, bacteria and viruses, as the one responsible for causing contagious diseases like the ongoing pandemic of COVID-19 can also be successfully destroyed and neutralized. We have developed and studied the efficiency of the AFL Mini

Sanifier II® in a simulated environment of a fiberglass chamber using various types of meters to assess the suspended particulate matter (PM) in the ambient air. We also report the development of a novel face mask that was assessed for safety measures and further improvement by the researchers in the West Texas A&M University. The mask is user friendly and portable, equipped with a small internal fan that supplies a continuous air to the user preventing the suffocating effect caused by the other masks. The novel mini air purifier is equipped with the advanced nanotechnology that cleans and sanitizes both the air and surfaces and subsequently has been shown to reduce common allergy, asthma and hay fever related symptoms. This mask and the mini air purifier function in an advanced way to combat all forms of airborne pathogens including the bacteria, viruses, mold spores and harmful Volatile Organic Compounds (VOC) present in the air.

---

**Keywords:** Air Quality, Particulate Matter 2.5 (PM2.5), air purifier, advanced mask

## Introduction

The aerosolized solid, liquid, or mix-phased particles in the air are commonly referred to as *Particulate Matter* or *PM* and usually note the average particle size due to subsequent health impacts. The body has various barriers to prevent the entry of foreign particles, but the finer the particle the easier they are able to enter the body and travel to deeper tissues in the lungs. This is also true for the ultramicroscopic size of SARS CoV-2 that facilitates entry into the human body via respiratory droplets from infected individuals. These particles and droplets can travel throughout the room and accumulate in a space, suspended for variable time periods (EPA, 2016).

Ambient air quality in the Texas Panhandle affects everyone, especially the young, elderly, and those who are ill. It has been reported that the air in the Texas Panhandle has a unique mixture of pollutants that can negatively influence human health. Some of these things can occur naturally from sources such as pollen and mold spores, or from anthropogenic sources including automobile exhaust, oil and gas operations, and agricultural activities and feedlots. Many of these substances are from local sources but can also be transported from other distant locations. This is due to the specialized geographical terrain with unique meteorological air patterns. Examples of particulate matter that seasonally travels to this area includes the particulates emitted from wildfires in the western United States including states such as California. It is important to have a grasp on common air pollutants in the area to provide a record of seasonal fluctuations and trends, and provide the public with knowledge of options to empower individuals with

steps they can take to improve air quality, thereby improving their health (Howard, 2022).

A healthy individual breathes in just over 2,000 gallons of air-enough to fill up a normal-sized swimming pool (American Lung Association, 2017). According to the WHO (2018), in addition to outdoor air pollution, indoor smoke from household air pollution is a serious health risk for some 2.6 billion people who cook and heat their homes with biomass fuels and coal. According to WHO, (2018) 3.8 million premature deaths were attributable to indoor air pollution. Among these 3.8 million deaths: 27% are due to pneumonia, 18% from stroke, 27% from ischemic heart disease, 20% from chronic obstructive pulmonary disease (COPD), 8% from lung cancer (FIRS, 2019). Others studies also show that kids are more vulnerable to the detrimental effects of pollution. Every day around 93% (1.8 billion) of the world's children under the age of 15 years breathe air that is so polluted, puts their health and development at serious risk (Banerjee, 2018).

In the recent years with the spread of the COVID-19 pandemic, it became a necessity that the scientific world comes forward with an objective of developing more equipment for air purification with novel technology to combat airborne pathogens, aeroallergens and viruses. The average human breathes 11,000 liters of air daily. It is essential each liter of air is free of pollutants such as PMs, CO, NO<sub>x</sub>, SO<sub>x</sub> and O<sub>3</sub>. This is especially important for higher risk populations and athletes that breathe more than 20,000 liters of air per day. Air quality is an important factor for overall health. Photocatalytic oxidation (PCO) is a very powerful air purification technology and has the ability to destroy particles as small as 0.001 microns (nanometer) such as carbon based impurities in air like bad odor, volatile organic compounds (VOC), allergens like household dust mites and their droppings, mold, pollen and fungal spores.

At our Aerobiology Lab at the West Texas A&M University, we have acquired various equipment to sample the air including mobile handheld air monitors like the *Light House Handheld Particle Counter* (Fig.1) that sample specific locations at points in time, and stationary sampling units such as the Burkard Volumetric Spore Trap. We have focused on different sources of particulate matters and tested various air purifying units to evaluate the effectiveness of improving indoor air quality.

Particulate matter often abbreviated as PM is everything in the air that is not a gas. Particulate Matter is a mixture of solid and liquid particles suspended in air composed of different sizes, shapes and chemical substances. They are subsequently divided into different categories depending on the aerodynamic diameter of the particles (Table 1). The *particle pollution* influences the capability of the PM to penetrate deeply in the lung. Particle pollution refers to a mix of tiny solid and liquid particles that are in the air we

breathe. Many of the particles are so small as to be invisible, but when levels are high, the air becomes opaque. Nothing about particle pollution is simple. In fact, it is so dangerous that it can shorten one's life. (American Lung Association, 2017).

Primary and secondary PM present in the atmosphere can be transported over long distances and their removal may occur via rainfall, gravitational sedimentation or coagulation with other particles. PM is usually made up of both anthropogenic and natural sources. While primary forms are directly emitted from sources like agricultural and industrial processes, vehicles, construction sites and forest fires, secondary forms are derived from complex chemical reactions of substances suspended in the atmosphere.

**Table 1.** Particulate Matter (PM) Basic. (EPA, 2016)

Table 1: Characteristics and Sources of Various PM Fractions		
PM fraction	Characteristics	Sources
PM 10 ( <i>Inhalable PM</i> )	diameter $\leq 10 \mu\text{m}$	Outdoor Sources like Vehicular traffic, Organic matter and Fossil fuel combustion and Power stations/industry
PM (10-2.5 ) ( <i>Coarse particles</i> )	diameter ranging from 2.5 to 10 $\mu\text{m}$ able to penetrate into the upper respiratory tract	Outdoor Sources like Marine aerosol, Soil erosion, Volcanic eruptions
PM2.5 ( <i>Fine PM</i> )	diameter $\leq 2.5 \mu\text{m}$ able to penetrate into the tracheobronchial tract	Outdoor Sources like Windblown dust from roadways, agriculture and construction, Bushfires/dust storms
PM 0.1 ( <i>Ultrafine PM</i> )	diameter $\leq 0.1 \mu\text{m}$ able to penetrate into alveolar region	Indoor Sources like Wood stoves, Organic matter and fossil fuel combustion, Tobacco Smoke

Particulate Matters (PM) adversely affect health due to its ability to bypass bodily defenses and reach deeper into the tissues of the lung. The human respiratory airway is particularly susceptible to the integration of toxins into the body. Inhalation of aero-toxins may lead to a quick dispersion of that toxin to the other parts of the body via the bloodstream. This is due to the highly vascularized alveoli and soft tissues of the lungs that easily absorb molecules from various substances, leading them to travel to different organs of the human body. Typical physiological defenses like nose hairs, secreted mucus, and cilia in the respiratory tract trap larger particles. Additionally there is a ninety-degree bend in the airway to deposit and expel foreign substances out of the body (Howard, 2022). Particulate matters of sizes ranging from 0.1 to 10 micron have been particularly in focus in recent years. Our objective was to develop and assess equipment and PPE (Personal Protection Equipment, like advanced masks) that will protect individuals from COVID-19. A collaboration between industry and academia is mutually beneficial. In order

to foster this environment, we have been working on the development and assessment of the devices that use Photo Catalytic Oxidation Nanotechnology to combat airborne pathogens and different forms of impurities and pollutants present in the indoor air. Nanotechnology promises significant improvements of advanced materials and manufacturing techniques, which are critical for the future competitiveness of national industries (Miyazaki & Islam, 2007). New world trade and economies are based on the application of innovative technology, developing novel products that are in great demand. We are in need of a more advanced air purifier that works on airborne pathogens and improves the air quality with a greater extent than existing air purifiers in the market. The collaborative research team has come forward with a novel nanotechnology to develop unique air purifiers to combat aeroallergens, PM 2.5 to PM 10, bacterial and fungal spores, and viruses. The target is to improve the air quality for remediation or alleviate respiratory ailments.

Some studies show a significant correlation between air pollution and increasing heart rate and blood pressure (Langrish et al., 2019). Wearing a facemask could therefore potentially help maintain healthy rates of blood pressure and heart rates in susceptible people due to reduction of environmental pollution exposure.

Bleakley et al. (2021) show that many people are reluctant to wear face masks due to the following reasons:

1. They feel psychological effects of feeling suffocated and cannot breathe properly,
2. In many cases, there is leakage on the sides of the mask, reducing effectiveness,
3. Wearing a mask improperly would fail to prevent the entry of pathogen, especially the tiny particulate matters and viruses,
4. Many people experience re-inhalation of CO<sub>2</sub> upon wearing a facemask that may lead to an increase in blood pressure and toxemia.

There are reports finding that the wearer can develop physiological stress from the long-term wearing of the N95 masks. Healthcare providers may develop headaches following the use of the N95 facemask. Shorter duration of facemask use may reduce the frequency and severity of these headaches (Lim et al., 2006; Bolashikov et al., 2009). Wearing a mask may be harmful to some people with heart or lung disease because it can make the lungs work harder to breathe. Some masks like the N95 give exhaled moisture breathing resistance if wore for more than four hours (Roberge et al., 2010). We proposed to develop a user friendly mask that would allow the user completely filtered air preventing the suffocation.

## Materials and method: Lighthouse Handheld 3016 IAQ



**Fig. 1.** Lighthouse Handheld Monitor used for assessing the indoor air quality.

This equipment measures the PM concentration of varying sizes (Fig. 1). The number “3016” indicates a 0.3  $\mu\text{m}$  minimum channel size at 0.1 CFM with up to 6 channels. The instrument uses a laser-diode light source and collection optics for particle detection. Particles scatter light from the laser diode. The collection optics collect and focus the light on to a photo diode that converts the bursts of light into electrical pulses. The pulse height is a measure of particle size. Pulses are counted and their amplitude is measured for particle sizing. Results are displayed as particle counts in the specified size channel. We have tested the efficiency of the novel facemask and the mini air purifier in a custom-built fiberglass chamber. To test the efficiency of the novel facemask, we have divided the chamber into two sub-chambers: C1 and C2. We have placed the novel facemask at the junction in a custom-built hole to which the mask would fit properly. We used rubber tubing, silicone grease and tape to seal the sides of the mask with the fiberglass partition (Fig. 6D).



## Dust, Fan and Fiberglass chamber and assessing the mask



**Fig. 2.** Showing the Ultrafine Test Dust.

We have obtained the ISO 12103-1 ultrafine dust particle (Fig. 2.) with an average size of 2.75 micron from PTI Powder Tech., Minnesota. We used this powder as a source of PM 2.5 and to create a PM 2.5 rich environment in the fiberglass chamber. We then have used a fan to circulate air in the chamber to uniformly spread the PM towards saturation (Fig.3). In this experiment, we used this dust to evaluate any reduction of the particle concentration.

The fiberglass chamber has three airtight lids, two on the top and one on the side to maintain the equipment. It has a volume of 12.45ft<sup>3</sup>. In this custom-made Fiberglass chamber, a slot was made to fit the mask and sealed to make the sub-chambers airtight. We placed Petri plates in 24-hour increments on both the C1 and C2 sides and counted the microbial colonies formed while keeping the mask running. The exposed Petri plates were sealed and incubated in an incubator at 37°C for 48 hours. Once the visible colonies emerged we placed the Petri plates on a colony counter and counted the number of colonies emerged in each set. The number of microbial colonies in the Petri plates on side C1 (No filtered air) were compared with the C2 (Filtered air passed through the mask) (Fig. 5 B, D, 6E) Petri plates. Every 24-hour interval showed variable counts of the microbial colonies (Fig. 6D, F) with lower colony counts in the C2 side.

In the next part of the experiment we compared the PM 2.5 count in both of the chambers, C1 and C2, after 24, 48, 72, 96, and 120 hours. We have calculated the natural rate of decay of the PM represented by the ISO 12103-1 Ultrafine Dust Particle by placing a meter, the *LightHouse Handheld*

*Particle Counter*, in the chambers after aerosol saturation in 24-hour periods. Using fans, we spread the PM<sub>2.5</sub> in the chamber (C1) uniformly and waited for 72 hours to develop an equilibrium in the suspended aerosol. All chamber doors and the slot where the mask was fitted were sealed airtight using silicone grease. We have recorded the number of PM<sub>2.5</sub> floating inside the chambers C1 and C2 by using the mobile handheld air monitor to sample the airborne particles (Fig. 5D). We have recorded the particle concentrations in the divided chamber at various intervals to determine the percentage of the particles prevented entering into the other chamber when the mask was placed in the chamber junction.

### Mini Filter-less Germicidal Air Purifier



**Fig. 3.** Mini Filter-less Germicidal Air Purifier.

The novel mini air-purifier (Mini Sanifier) cleans and sanitizes both the air and surfaces. It can reduce common allergies, asthma, and hay fever related symptoms. It can eliminate allergens such as household dust, dust mites, pollen, bacteria (including MRSA), viruses, PM<sub>2.5</sub>, bathroom odors, pet dander, pet smells, cooking smells and cigarette smoke. It produces low doses of human friendly negative ions that have been shown to improve alertness, concentration levels, mood and sleep. Controlled low doses of negative ions are sometimes referred to as the “vitamins of the air” due to observed positive effects (Mindell, 2016).

We have tested the mini air purifier on its efficiency to reduce the concentration of particulate matters, pollen and mold spores present in indoor air. Using the ISO 12103-1 Ultrafine Dust we have calculated the rate of natural decay of the PM and compared that with the rate when using the Mini Filter-less Germicidal Air Purifier. We weighed the particulate matter on a chemical balance and placed it on a Petri plate in the fiberglass sub-chamber marked as C1. We used a fan to spread the particulate matters in that sub-chamber uniformly. We have recorded the rate of the decay of the PM<sub>2.5</sub> and compared that to when the Mini air purifier was on. The decay rate for both the sets were recorded at 24h, 48h, 72h and 120h time intervals.

The main aim of this study was to test the efficacy of the Mini air purifier in decaying the suspended artificially generated PM<sub>2.5</sub>. For all sets of experiments, we used a fiberglass chamber of volume 12.45ft<sup>3</sup> to assess the Mini air purifier in terms of reduction of PM<sub>2.5</sub>. The chamber was first cleaned using Clorox wipes and was dried for 24 hours. About 2 grams of dust was spread from the top lid of the chamber to create a high concentration PM<sub>2.5</sub> environment. In all of the experiments, temperature was maintained between 22°C-25°C and humidity between 20%-30%. Experiments were done in five replicates. For all the PM<sub>2.5</sub> decaying experimental data was recorded until the PM<sub>2.5</sub> concentration reached 30µg/m<sup>3</sup>, as 35µg/m<sup>3</sup> is the acceptable range by EPA.

### **Comparison of PM 2.5 decaying rate with and without using air purifier under no air circulation**

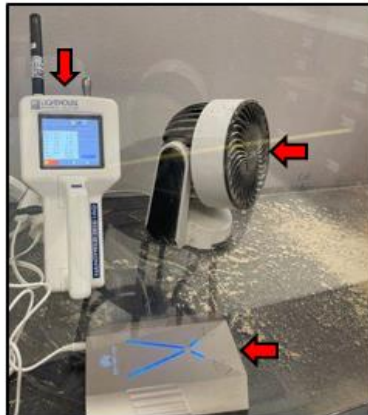
For the first set of experiments no fan was used, this was done to create a still air environment inside the chamber. Firstly, the Lighthouse handheld meter was placed in the chamber. It was set at 30 minute-intervals to record the change in PM<sub>2.5</sub> concentration. For the control, no air purifier units were on inside the chamber. Then, the dust was spread from the top lid of the chamber. The data recorded reflected the natural decay rate of PM<sub>2.5</sub>, which was considered the control. This experiment was repeated twice with the Mini air-purifier and the average PM<sub>2.5</sub> decay rate for the experimental replicates with no air circulation then compared with the control. We have used another air purifier named IonicAir unit that follows the same nanotechnology to determine the efficiency of the Mini air-purifier.

### **Analyzing the decay rate of high concentration PM2.5 using the air purifiers and control**

To test the working capacity of air purifier in decaying high concentration PM<sub>2.5</sub>, firstly a Lighthouse handheld was placed in the chamber. It was set at 30 minute-intervals to record the change in PM<sub>2.5</sub> concentration. A fan was also placed inside for the continuous airflow in the chamber. For control, no air purifier units were run inside the chamber. Both the equipment were turned on, and then 2g dust was spread from the top lid of the chamber. Within one minute, the chamber concentration reached 2000 µg/m<sup>3</sup>.

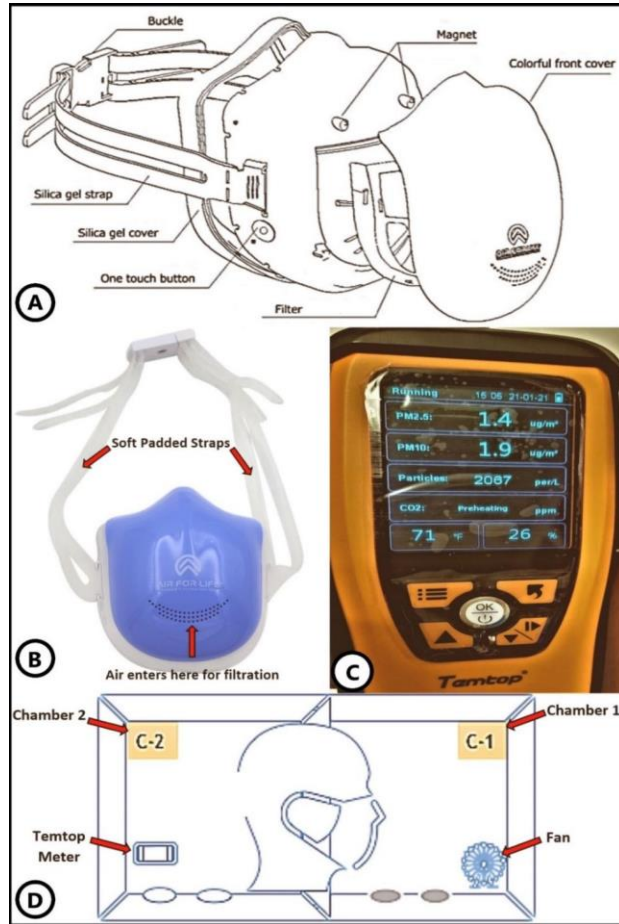
This concentration was ideal to record high concentration decay. The data recorded gave the natural decay rate of PM<sub>2.5</sub>, which was considered as the control. This experiment was repeated with IonicAir and then Mini air-purifier using the same PM<sub>2.5</sub> concentration range of 2000µg/m<sup>3</sup> to 2140µg/m<sup>3</sup>. Time taken for PM<sub>2.5</sub> decaying by the air purifier was recorded and compared with the control.

## Comparing the PM2.5 decaying rate of air purifiers and with the control



**Fig. 4.** Lighthouse handheld was placed (Pointing with arrow) in the chamber. A fan was used to circulate air in the chamber. The sidewise arrow points the Mini Air purifier.

To test the working capacity of the air purifiers' influence on the decay rate for PM2.5 concentration, firstly a Lighthouse handheld meter was placed in the chamber. It was set at 30 minute-intervals to record the change in PM2.5 concentration. A fan was also placed inside for the continuous airflow in the chamber. For the control, no air purifier units were on inside the chamber. For the experimental set, both equipment were turned on and then 1g of dust was spread from the top lid of the chamber. We began collecting our data once the PM2.5 concentration reached between  $92 \mu\text{g}/\text{m}^3$ - $105 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . This experiment was repeated with the IonicAir unit and the Mini air-purifier using the same PM2.5 concentration range of  $92 \mu\text{g}/\text{m}^3$ - $105 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . The times for the PM2.5 rates of decay were recorded and compared with the control taken by both of the air purifiers. For further analysis and comparison of the data obtained from the controlled exposure, we used Petri plates to compare microbial colony count when exposed to the indoor air, with (experimental) and without the air purifying units (control).



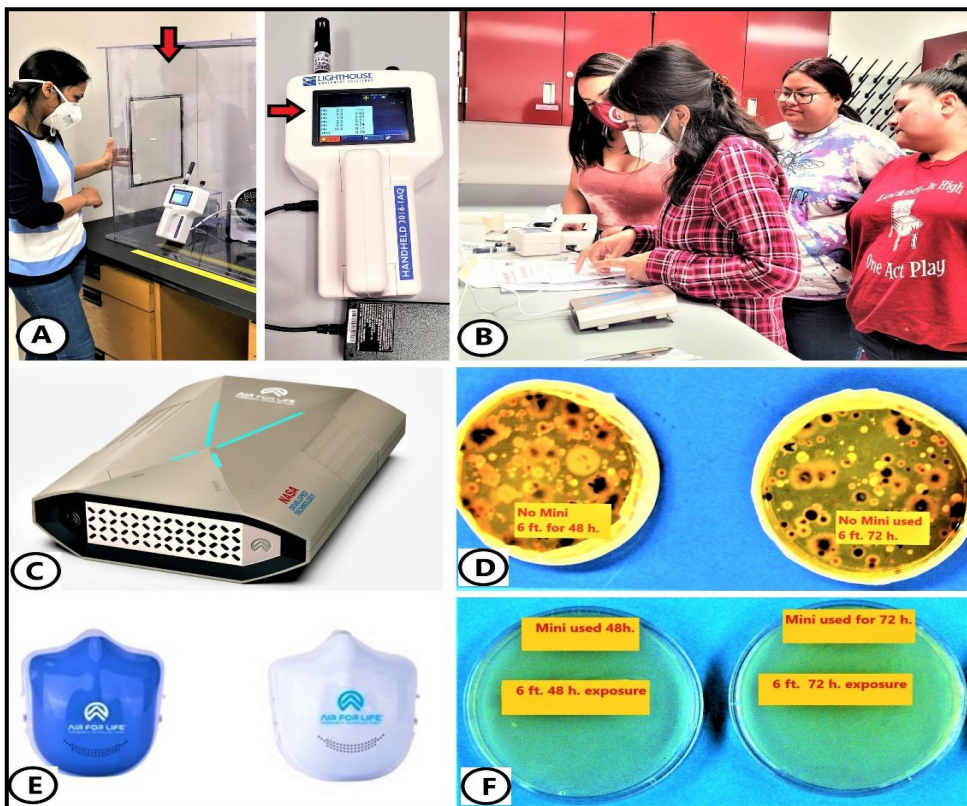
**Fig. 5.** A. Components and design of the novel face mask, B. Air inlet and soft padded straps of the facemask, C. Temtop Air Quality Meter, D. Organization inside the fiberglass chamber. D shows the diagram of the fiberglass chamber that was divided into sub chambers C1 and C2 for testing the efficiency of the mask. On the C1 side, the fan and the Petri plates were kept to assess the composition of the air on the C1 before using the mask. On the C2 side, the Petri plates and the *Temtop monitor* were placed to assess the air after it passed through the mask.

Figures 5A to D show the design of the novel facemask including the one-touch button to control the operation, the front cover, the magnets to attach the front cover, and the four filters, all attached together. The back of the mask is padded with a silica gel cover. The silica gel strap provides a comfort fitting of the mask to the users face. Figure 5B is showing the whole mask with the soft padded straps. From the front of the mask, the air flows inside through a series of holes. Then, the air passes through the 4-

staged filtration system in the mask. The air is filtered before entering into the users nostrils.

Fig. 5C showing the *Temtop air quality monitor* that provides the reading of the concentrations of the PM<sub>2.5</sub>, PM<sub>10</sub>, particles and CO<sub>2</sub> in the ambient air. This multi-functional air quality monitor has an easy calibration module and it also records the ambient temperature.

Figures 6A-F showing the steps followed during the experimentation to assess the air quality on using that mini air purifier and the novel mask. Fig. 6A showing the investigator recording the reading and collecting data from the Lighthouse Handheld 3016 IAQ air quality monitor placed in the researchers analyzing the data collected from the experiment. Figure 6C showing the mini air purifier and 6E showing the novel mask.

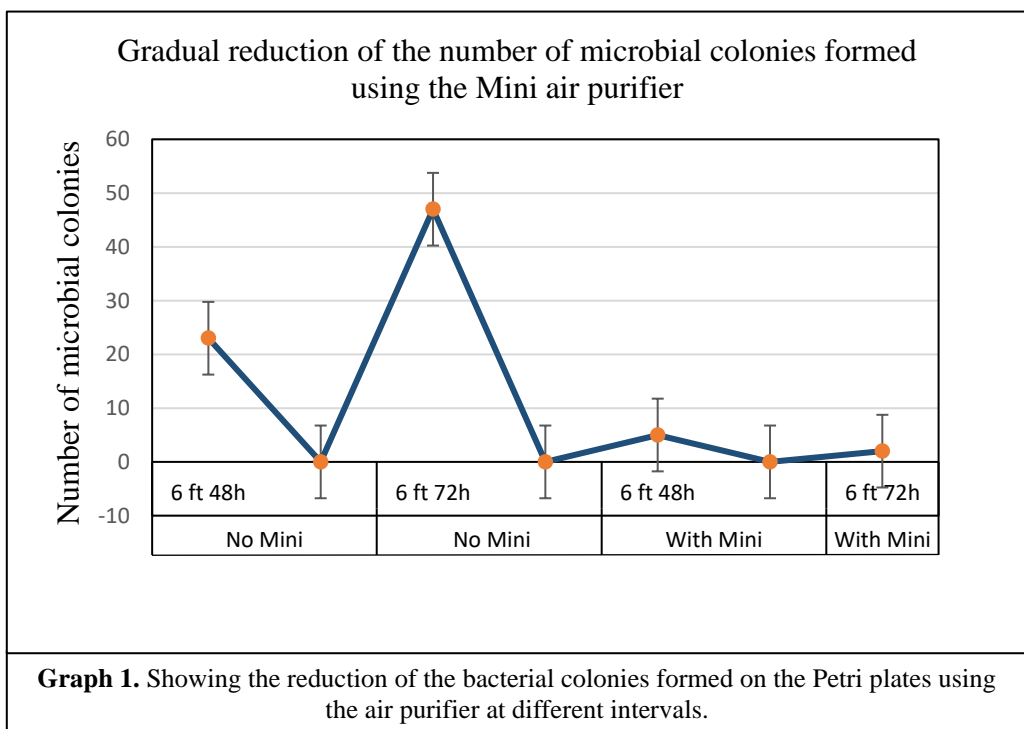


**Fig. 6. A-F** Showing the experimental steps to assess the indoor air quality.  
A. Sampling the air using the air monitor, the *Lighthouse Handheld Particle Counter*.  
B. Analyzing the data collected for the indoor air. C. Mini air purifier. D & F. Petri

## Results and Discussion

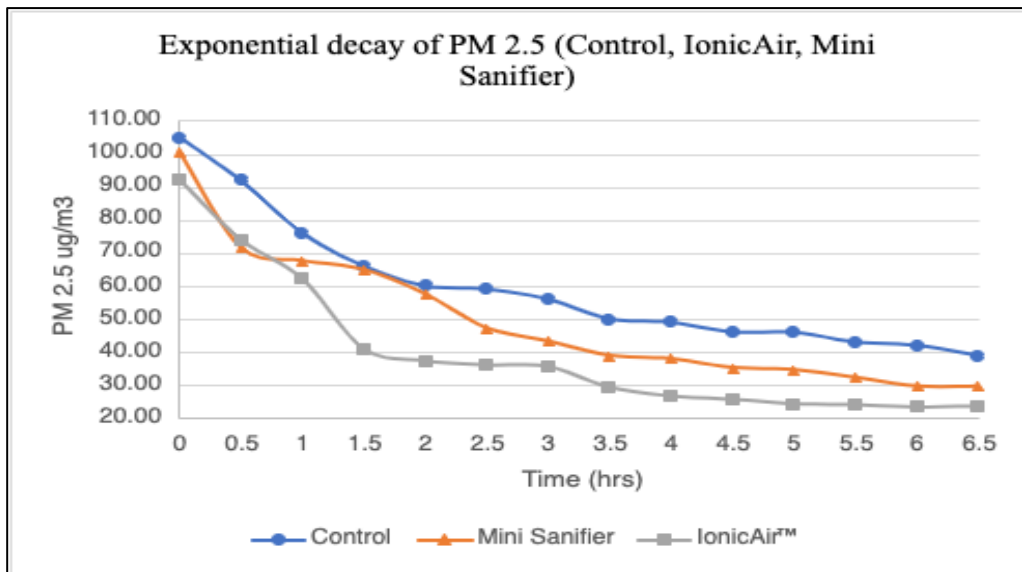
We have collected the data using the air quality monitors and from the colony counts from the exposed Petri plates (Figs. 6A-F). The data from the Petri plates were collected after the 24h, 48h and 72h of exposures (Figs. 6D, F). The rate of infection varied with the distance and the period of exposures (Graph 1).

Temtop M2000C CO<sub>2</sub> Air Quality Monitor Detects CO<sub>2</sub> PM<sub>2.5</sub> PM<sub>10</sub> and Temperature and humidity. This multi-functional air quality monitor has an easy calibration module. It can detect the counts for PM<sub>2.5</sub>, PM<sub>10</sub>, other particles, CO<sub>2</sub> and it records the ambient temperature. Using this multi-functional air quality monitor we have collected the data on particulate matters from the ambient air on simulated running of the experiments within the fibreglass chamber (Fig. 5D).



Graph 1 is showing the comparative account between the two sets of Petri plates exposed to air with and without using the mini air purifier. The graph clearly shows a decline in the formation of the microbial colonies on using the mini air purifier. The Petri plates were placed 6 feet apart, equidistant from the air purifier and were exposed to the air on running the air purifier for 24, 48 and 72 hours to test for any reduction in the air borne microbes.

Graph 2 shows the comparison of the PM<sub>2.5</sub> decay rate for the control (no air purifier was used) and experimental set in which two air purifiers, the mini and the IonicAir units were used. The graph shows a faster reduction of the PM<sub>2.5</sub> on using the two air purifiers (Goyal, 2022). The overall collected data exhibit the efficiency of the air purifier in reducing the airborne microbes with the advanced nanotechnology applied. It is very clear from the graph that the air purifiers were able to clean the air more efficiently by reducing the PM<sub>2.5</sub> with a gradual, faster decay. On running the air purifiers for 6.5 hours, the PM<sub>2.5</sub> count was reduced from 100 to a range of 22 to 30 per cubic meter. From the results, we can conclude the use of the air purifier technology shows an effective reduction of particulates in the indoor air. Usage of these air purifiers will reduce the symptoms of allergy, asthma, and other respiratory ailments due to reduction of irritants and aeroallergen concentration (Ghosh et. al, 2021).



**Graph 2.** Comparison of PM<sub>2.5</sub> decay for control and when using IonicAir and Mini air-purifier units as a function of time.

The facemask is an effective way to protect the wearer from the particulate exposure and provide filtered, clean air to the wearer. From the data that we collected from the fiberglass simulation experiment, it can be concluded that the newly devised mask is very efficient in protecting an individual from all kinds of airborne pathogens and PM<sub>2.5</sub>. This mask can provide an internal air supply within the mask and maximum comfort with its ergonomic design and improved filtration technology (Ghosh et. al, 2020).



The advanced technology used in that mask can provide maximum comfort to the user with its soft gel-filled straps, continuous supply of the internal air that is filtered with 4-staged filtration system ensuring the protection from all kinds of pathogens and particulate matters.

**Funding Statement:** This research has been funded with a KRC Grant, 2021-2022\_Grant entitled: A Survey and assessment of AFL nanotechnology on viral remediation and insect repellence by Shaily Goyal and a McNair Scholar's Grant, 2019-2020, entitled: Evaluation of PM 2.5 and Mold Spores in the Texas Panhandle Atmosphere using the i-Adapt Unit and Burkard Volumetric Spore Trap.

**Conflict of Interest:** The co-author of this article Jay Vitale is CEO and Founder of Air for Life UK LTD.

**Data availability:** All of the data are available in the content of the paper.

#### References:

1. American Lung Association (2017). *How Your Lungs Get the Job Done*. Each Breath: A Blog by the American Lung Association. <https://www.lung.org/blog/how-your-lungs-work>
2. Banerjee, Prabir (2018). MS thesis, West Texas A&M University. Pp 4-29.
3. Bleakley, G., Steen, C., Freeman, S. (2021). *Essentials of Nursing Critically Ill Adults*. 2021 - Sage Publications Ltd. 100 p.
4. Bolashikov, Z. D., and Melikov, A. K. (2009). Methods for air cleaning and protection of building occupants from airborne pathogens. *Building and Environment*, 44(7), 1378-1385.
5. EPA (2016). *Particulate Matter (PM) Basics*. United States Environmental Protection Agency. <https://www.epa.gov/pm-pollution/particulate-matter-pm-basics>
6. EPA (2021). *Indoor Air and Coronavirus (COVID-19)*. United States Environmental Protection Agency. <https://www.epa.gov/coronavirus/indoor-air-and-coronavirus-covid-19>
7. FIRS (2019). *Air Pollution: What air you are breathing?* Forum of International Respiratory Societies. <https://www.firsnet.org/news-and-events/news-article/120-air-pollution-what-air-are-you-breathing> visited on Sept.1, 2022.
8. Ghosh, N., Vitale, J., Bell, J., Goyal, S., A. Howard, Banerjee, P. (2020). An Assessment of the AFL Mask® and LUNA Wallmount, the new developments in the Air-Purifier industry for preventing the

- airborne pathogens. *European Scientific Journal*, September 2020 edition Vol.16, No.27 ISSN: 1857-7881 (Print) e - ISSN 1857-743: 1-16
9. Ghosh, N., Vitale, J., Bell, J., Goyal, S., A. Howard, Banerjee, P., S. Mitra. (2021). An Assessment of the AFL Mini Sanifier II® in terms of reducing the incidence of canine allergy. June 2021 Art, Humanities, Social Sciences, STEAM and Education Conference Proceedings. Hawaii University Place, Hawaii.
  10. Goyal, Shaily (2022). MS thesis, West Texas A&M University. Pp 2-5.
  11. Howard, A. (2022). MS thesis, West Texas A&M University. Pp 1-19.
  12. Langrish J. P., Mills N. L., Chan J. K., et al. (2009). Beneficial cardiovascular effects of reducing exposure to particulate air pollution with a simple facemask. *Part Fibre Toxicol.* 2009; 6:8. Published 2009 Mar 13. doi:10.1186/1743-8977-6-8
  13. Lim, E.C.H., Seet, R.C.S., Lee K-H, Wilder-Smith, E.P.V., Chuah, B.Y.S., Ong, B.K.C. (2006). Headaches and the N95 face-mask amongst healthcare providers. *Acta Neurol Scand* 2006; 113: 199–202 DOI: 10.1111/j.1600- 0404.2005.00560.
  14. Mindell, E., (2016). *The Happiness Effect*. Chapter 3. Square One Pub. EBook.
  15. Miyazaki, K. and Islam, N. (2007). Nanotechnology systems of innovation—An analysis of industry and academia research activities. *Technovation*, Volume 27, Issue 11, November 2007, Pages 661-675.
  16. Roberge, R. J. Emily B., Jeffrey B. P., Aitor C., Marc R. R., Stacey M. (2010). Effect of exhaled moisture on breathing resistance of N95 filtering face-piece respirators. Browsed on 7.7.2020 at <https://netec.org>
  17. Sharma, B., Adhikari, A. P. ed. (2020). *Covid-19 Pandemic and Nepal: Issues and Perspectives*, Ch. 9, P. 100. Asta-Ja USA
  18. Tsai, J., Homa, D.M., Neff, L.J., et al. (2021). Trends in Secondhand Smoke Exposure, 2011-2018: Impact and Implications of Expanding Serum Cotinine Range. *Am J Prev. Med.*, 61(3): e109-e117. doi:10.1016/j.amepre.2021.04.004
  19. Texas Agrilife Extension (2022). Ambient Air Quality in the Texas Panhandle. <https://agrilifeextension.tamu.edu/asset-external/ambient-air-quality-in-the-texas-panhandle/>
  20. WHO (2018). *Air pollution and child health: prescribing clean air. Summary*. Geneva: World Health Organization. (WHO/CED/PHE/18.01). License: CC BY-NC-SA 3.0 IGO.

## Nivel de Conocimiento Sobre Cuidados Paliativos del Personal de Enfermería en un Hospital de Segundo Nivel

*Carolina Jazmín Uranga Montero*

*Elizabeth Ruiz González*

*Gabriela Palomé Vega, Doctora en Tecnología Educativa*

Facultad De Enfermería Universidad Autónoma De Querétaro,  
Querétaro, México

[Doi:10.19044/esj.2023.v19n12p17](https://doi.org/10.19044/esj.2023.v19n12p17)

Submitted: 10 February 2023

Accepted: 06 April 2023

Published: 30 April 2023

Copyright 2023 Author(s)

Under Creative Commons BY-NC-ND

4.0 OPEN ACCESS

*Cite As:*

Montero C.J.U., González E.R. & Vega G.P. (2023). *Nivel de Conocimiento Sobre Cuidados Paliativos del Personal de Enfermería en un Hospital de Segundo Nivel*. European Scientific Journal, ESJ, 19 (12), 17. <https://doi.org/10.19044/esj.2023.v19n12p17>

### Resumen

**Introducción:** Los cuidados paliativos son intervenciones del equipo de salud; aumentan la calidad de vida en pacientes con enfermedades graves o mortales, previniendo y aliviando el dolor físico, psicológico y espiritual. El perfil del personal de enfermería resulta idóneo para desarrollar estas intervenciones. **Objetivo:** Identificar nivel de conocimiento del personal de Enfermería del Hospital General de Querétaro de la Secretaría de Salud del Estado sobre el cuidado paliativo. **Metodología:** Estudio cuantitativo, descriptivo, observacional y transversal realizado en un hospital de segundo nivel; muestra de 20 participantes del personal de enfermería del servicio de medicina interna, turnos matutino y vespertino. Se aplicó el cuestionario “Palliative Care Quiz For Nursing”; los datos fueron procesados mediante estadística descriptiva e inferencial, se aplicó la prueba estadística U de Mann Whitney para buscar relación entre las variables sociodemográficas. **Resultados:** La media de la edad fue de 32.3 años, predomina el sexo femenino (85%) y el 65% de los participantes cuentan con estudios de licenciatura. El nivel de conocimiento es insuficiente (inferior a 14 puntos), debido a que 95% de los resultados de los cuestionarios se agrupan en este nivel. El 5% representa a los cuestionarios que obtuvieron una calificación de 15 a 17 puntos. El valor estimado de los resultados es: menos de 14 puntos = nivel de conocimiento insuficiente; "entre 15 y 17 puntos" = nivel de conocimiento

suficiente. Conclusiones: El nivel de conocimiento del personal de enfermería resulta deficiente; para mejorar esta situación es necesario aplicar intervenciones educativas con el personal de enfermería en materia de cuidados paliativos durante el proceso de educación, así como durante la práctica profesional, para de esta manera brindar cuidados enfermeros de calidad.

---

**Palabras clave:** Cuidados paliativos, conocimiento, enfermería, pacientes terminales

---

## **Palliative Care Knowledge of Nurses in a Second Level Hospital**

*Carolina Jazmín Uranga Montero*

*Elizabeth Ruiz González*

*Gabriela Palomé Vega, Doctora en Tecnología Educativa*

Facultad De Enfermería Universidad Autónoma De Querétaro,  
Querétaro, México

---

### **Abstract**

**Introduction:** Palliative care is an intervention by the health team that increases the quality of life in patients with serious or fatal illnesses, preventing and relieving physical, psychological, and spiritual pain. The profile of the nursing staff is ideal for developing these interventions. **Objective:** To identify the level of knowledge of the Nursing staff of the General Hospital of Querétaro of the State Health Secretariat on palliative care. **Methodology:** A quantitative, descriptive, observational and cross-sectional study in a second level hospital, a sample of 20 participants from the nursing staff of the internal medicine service, morning and evening shifts. The "Palliative Care Quiz for Nursing" questionnaire was applied, data was processed through descriptive and inferential statistics, the Mann Whitney U statistical test was applied to find a relationship between the sociodemographic variables. **Results:** The statical average of age was 32.3 years, the female sex predominates (85%) and 65% of the participants have a bachelor's degree. The level of knowledge is insufficient (less than 14 points), because 95% of the results of the questionnaires are grouped at this level. The 5% represents the questionnaires that obtained a score of 15 to 17 points. **Conclusions:** The level of knowledge of the nursing staff is deficient, to improve this situation it is necessary to apply educational interventions with the nursing staff regarding

palliative care during the education process, as well as during professional practice, in order to provide nursing care of quality.

---

**Keywords:** Palliative care, knowledge, nursing, terminal patients

## **Introducción**

Los cuidados paliativos nacen frente a la necesidad de buscar un aumento de la calidad de vida en aquellos pacientes que cursan por enfermedades graves o mortales; su principal objetivo es el de prevenir y aliviar el dolor, mediante la identificación temprana, evaluación correcta y tratamiento adecuado del dolor, además, se busca dar alivio a los problemas físicos, psicológicos, sociales o espirituales inherentes a la enfermedad que se está cursando. Si bien, estos son enfocados principalmente al paciente, se involucra a la familia para brindar un cuidado integral (Instituto Nacional de Ciencias Médicas y Nutrición Salvador Zubirán, 2017). Son definidos como: una guía de cuidados asistenciales que se brindan a los enfermos y sus familiares, igualmente se busca la prevención y el tratamiento del sufrimiento, se fundamentan en la intervención para el manejo y control del dolor, afecciones físicas, psicológicas, sociales y existenciales, generados a causa del cercano encuentro con la muerte (Trujillo-De Los Santos et al., 2018).

A consecuencia del alarmante aumento de los índices de morbilidad y mortalidad a causa de enfermedades no transmisibles, enfermedades degenerativas y cáncer, así como el aumento de la esperanza de vida, se hace tangible la necesidad de la intervención temprana de un equipo multidisciplinario, con el objetivo de paliar los signos, síntomas, sentimientos y emociones producidos como consecuencia del curso de estas enfermedades, ya que el proceso de muerte es biopsicosocial y no solamente biológico (Asencio Huertas et al., 2014).

Un gran número de enfermedades precisan de atención paliativa, siendo las más numerosas las enfermedades cardiovasculares (38%), los procesos oncológicos ocupan el segundo lugar (34%), enfermedades respiratorias crónicas (10%), SIDA (5%) y diabetes (5%). Algunas otras patologías en las cuales es fundamental aplicar cuidados paliativos son: insuficiencia renal, enfermedades hepáticas crónicas, esclerosis múltiple, enfermedad de Parkinson, artritis reumatoide, afecciones neurológicas, demencia, anomalías congénitas y tuberculosis resistente a los medicamentos (Organización Mundial de la Salud, 2020a) (Organización Mundial de la Salud, 2020a).

La Organización Mundial de la Salud en el documento publicado en 2021 “Evaluación del desarrollo de los cuidados paliativos en el mundo: conjunto de indicadores factibles”, informa que cada año aproximadamente 56.8 millones de personas precisan de la aplicación de este tipo de

intervenciones, sin embargo, el 78% de estos pacientes habita en países de ingresos bajos y medios, dificultando que se brinden intervenciones adecuadas y de calidad. Adicional a lo anteriormente mencionado, se resalta que solamente el 39% de los países declaran contar con disponibilidad general para la aplicación de cuidados paliativos, generando que el acceso se limite a una pequeña porción de los pacientes (Organización Mundial de la Salud, 2021). El aumento de los requerimientos de cuidados paliativos está directamente relacionado con el aumento de las patologías crónico-degenerativas y con el incremento de la esperanza de vida (Organización Mundial de la Salud, 2020b).

De forma similar a las tendencias mundiales, México se ubica en una transición epidemiológica en donde el aumento de muertes por enfermedades crónicas no transmisibles y procesos oncológicos ha aumentado en los últimos años, incrementando a su vez el número de pacientes que necesita este tipo de cuidado, necesidades que no son cubiertas, ya que, respecto al presupuesto en materia de salud, la mayor parte de los recursos económicos, humanos y de infraestructura son destinados a la prevención y el tratamiento de estas enfermedades, dejando casi por completo sin cobertura a los pacientes que solicitan atención paliativa (Consejo de Salubridad General, 2018).

Los datos registrados sobre México en el Atlas de Cuidados Paliativos en Latinoamérica en su segunda edición elaborado por la Asociación Latinoamericana de Cuidados Paliativos, menciona que durante 2021 se contabilizaron 120 equipos de cuidados paliativos siendo 41 intrahospitalarios, 29 extrahospitalarios y 50 mixtos. En cuanto al área normativa, los cuidados paliativos de encuentran respaldados mediante el artículo 184 de la Ley General de Salud. Respecto al área educativa no se presentaron datos sobre del número total de facultades de enfermería en donde se imparte la asignatura de cuidados paliativos de manera independiente. Referente a la distribución de opioides, se registró un total de 223.1 kilos de distribución nacional de opioides, siendo el más utilizado en este año el fentanilo, con un total de 164.4kg, seguido de la morfina con 47.8kg y la oxicodona con 28.7 kg. Los cuidados paliativos se encuentran avalados en México mediante el Colegio Nacional de Cuidados Paliativos y de Soporte (Asociación Latinoamericana de Cuidados Paliativos, 2021).

La aplicación de cuidados paliativos se inició en México desde hace más de cuatro décadas, principalmente en aquellos hospitales especializados en enfermedades terminales, como el Instituto Nacional de Cancerología (INCAN); a pesar de esto, los pacientes que son atendidos bajo este enfoque son una porción mínima del total que la requieren. Las principales razones por las cuales no se brinda una atención adecuada en los pacientes son: falta de recursos, altos índices de pobreza de los usuarios, poca información sobre la finalidad de los cuidados paliativos, falta de conocimiento del personal de

salud en la materia, falta de la derivación a los servicios indicados, criterios restrictivos por parte de los servicios de cuidados paliativos, así como una evaluación incorrecta de los síntomas (Alcalde-Castro et al., 2020).

A causa de la etiología de estas enfermedades y su cambiante naturaleza, los cuidados paliativos necesitan iniciarse en el momento en el que el tratamiento curativo es detenido, generando una necesidad más grande de atención y monitoreo, abarcando intervenciones de rehabilitación, nutricionales y de terapia ocupacional, a fin de no dejar al paciente sin apoyo. Estos cuidados pueden ser un complemento que beneficie el tratamiento para el control de la enfermedad, actuando de manera temprana y no solo en los últimos días de vida (López Mantecón & Reyes Méndez, 2013).

Identificar oportunamente al paciente que requiere atención paliativa permite que las intervenciones realizadas sean adecuadas, logrando manejo analgésico, acompañamiento psicológico y bienestar espiritual idóneo para el paciente, respetando su cultura, tradición y religión, logrando las condiciones más humanas y confortables posibles para el paciente y su círculo cercano (Larrañaga et al., 2019). Los pacientes que padecen enfermedades terminales precisan de personal capacitado para brindar los cuidados convenientes, es aquí cuando resalta el perfil del personal de enfermería.

La profesión de enfermería se encarga de brindar cuidados integrales con fundamento científico sólido, mediante modelos y teorías, aplicados a pacientes sanos o enfermos, siendo esto una función intrínseca con un alto sentido humanista es por lo que la aplicación de cuidados paliativos resulta una tarea apropiada, oportuna y obligatoria para el personal de enfermería (De Arco-Canoles & Suarez-Calle, 2018). Si bien, la enfermera debe ser un pilar en el desarrollo de los cuidados paliativos, este tipo de intervenciones requieren la participación de los miembros que integran el equipo del cuidado a la salud, con el fin de brindar un enfoque holístico a la atención.

Todos los miembros del equipo interdisciplinario de salud deben garantizar y participar activamente en los cuidados paliativos de aquellos pacientes que los precisen, asegurando que todo enfermo será atendido bajo este paradigma. Para que el equipo brinde los cuidados adecuados se hace indispensable la adquisición de habilidades y conocimientos, al menos básicos, respecto al cuidado paliativo (Wenk et al., 2016).

Se reconoce la aplicación de cuidados paliativos como un derecho fundamental del ser humano, haciendo obligatorio su desarrollo en las instituciones de salud en donde se manejen pacientes con padecimientos terminales, ya que sus beneficios impactan de manera positiva al paciente y su familia, mediante el desarrollo de cuidados físicos, psicológicos, sociales, emocionales y espirituales durante el transcurso de la enfermedad (Laabar et al., 2021). La falta de formación y de concientización con respecto a estos por parte de los profesionales de la salud es un obstáculo importante a los

programas de mejoramiento del acceso a esos cuidados (Covarrubias-Gómez et al., 2019).

Se han llevado a cabo diferentes estudios referentes al tema, a continuación, se mencionan los más relevantes.

Se realizó un estudio a un grupo de enfermeras de la policlínica Ángel Ortiz Vázquez, titulado Cuidados paliativos en personal de enfermería, en el periodo de mayo 2016 a junio 2017. De 230 enfermeras se seleccionó una muestra constituida por la totalidad de enfermeras (50) ubicadas en los consultorios médicos de familia que poseían pacientes con enfermedades en etapa terminal. Los resultados de dicho estudio arrojaron que los profesionales de enfermería no tenían los conocimientos suficientes sobre el cuidado paliativo, las bases terapéuticas, así como lo básico para mejorar la calidad de vida de los pacientes (Rodríguez et al., 2016).

De manera internacional, se elaboró un estudio correlacional descriptivo transversal realizado en Seúl, Corea, bajo el título del Knowledge, attitude, confidence, and educational needs of palliative care in nurses caring for non-cancer patients: a cross-sectional, descriptive study, en el cual participaron 102 enfermeras que laboraban en unidades de cuidados intensivos, se demostró que la necesidad de intervenciones educativas en materia de CP era grande, ya que el nivel de conocimientos que presentó la muestra en ese momento era bajo. Sin embargo, se descubrió que las capacidades del personal en el manejo del dolor y los síntomas eran significativas. El estudio señaló que las enfermeras cuentan con las aptitudes necesarias para aplicar esta clase de intervenciones, no obstante, resulta preciso incrementar la formación relacionada con CP en el gremio (Kim et al., 2020).

El presente estudio midió el nivel de conocimiento con respecto a los cuidados paliativos del personal de enfermería que labora en un hospital público de segundo nivel.

## **Métodos**

Se realizó un estudio transversal, el tamaño de la muestra involucró a 20 enfermeras de los turnos matutino y vespertino, pertenecientes al servicio de medicina interna del Hospital General de Querétaro de la Secretaría de Salud del Estado de Querétaro. Los criterios de inclusión fueron: personal de enfermería con contrato vigente, nivel de estudios técnico, licenciatura, especialidad y maestría. Los criterios de exclusión fueron: ser personal ajeno al área de enfermería, personal que cuente con menos de seis meses de antigüedad laboral, personal con un nivel de estudios inferior a técnico en enfermería, personal que no haya tenido pacientes que requieran este tipo de cuidados y los criterios de eliminación: personal que no contestó la totalidad del cuestionario.



En primera instancia, se realizó una prueba piloto en dicho nosocomio, dicha prueba se llevó a cabo con el personal asignado al turno sabatino con el fin de no contaminar la muestra definitiva. Se buscó la participación del personal de enfermería asignado a todos los servicios del hospital, sin embargo, la respuesta fue deficiente y solamente participaron 18 enfermeras. Se aplicó el cuestionario “Palliative Care Quiz for Nursing” sin modificaciones relevantes, además, se anexó un cuestionario en donde se obtuvieron datos sociodemográficos, así como un consentimiento informado.

Referente a los resultados de la prueba piloto, arrojó que de 18 enfermeras (81.1%) consideran que tienen conocimientos a cerca de los cuidados paliativos y (4%) reconocen que no los poseen. En cuanto a la concurrencia a cursos, platicas y diplomados sobre cuidados paliativos, 13 enfermeras (59.1%) han acudido a este tipo de ponencias (40.9%) nunca han acudido. En relación con la aplicación de cuidados paliativos 16 enfermeras (72.7%) determinan que aplican intervenciones paliativas en su práctica diaria mientras que 6 (27.3%) consideran que no lo hacen.

La recolección definitiva de datos se realizó durante el segundo semestre del 2022, acudiendo directamente al servicio de medicina interna con el personal de enfermería en donde a través del departamento de Enseñanza del hospital se obtuvo el acceso para hacer la recolección. Primero se presentó el proyecto ante el comité de investigación del hospital, quienes ellos aprobaron la investigación y el poder recolectar los datos. Se explicó a los participantes la finalidad del estudio realizado y la importancia de su participación, posteriormente se solicitó la firma del consentimiento informado, así como la resolución de una ficha de identificación sociodemográfica, posteriormente se aplicó el cuestionario “Palliative Care Quiz For Nursing” de Ross, M.M., Mc Donald, & McGuinness, (1986), en su versión para la lengua española, el cual está constituido por 20 ítems con respuesta dicotómica (verdadero/falso), el cual evalúa los principales aspectos sobre cuidados paliativos: filosofía y principios de los cuidados paliativos, aspectos psicosociales, y control del dolor y síntomas. El nivel de validez de contenido global de este instrumento es CVI= 0.83, la validez interna es de .78 por test de KR-20 y el coeficiente Alpha de Cronbach es de 0.69 (Chover-Sierra et al., 2017). A cada pregunta resuelta correctamente se le asignó el valor de un punto, equivaliendo 20 respuestas correctas a un 100%, por lo tanto, se ponderó los resultados de la siguiente manera: <14 puntos (70%) deficiente, 15> puntos (75%) adecuado y 18> puntos (90%) excelente.

En cuanto al proceso y análisis de los datos se utilizó la estadística descriptiva mediante el software SPSS para calcular la media de los resultados correctos de cada participante y la media global de los resultados correctos del cuestionario.

Previo a la intervención con la población el protocolo fue sometido ante el Comité de Ética e Investigación de la Facultad de Enfermería de la Universidad Autónoma de Querétaro, obteniendo su aprobación, posteriormente fue presentado ante el subcomité de Investigación del Hospital General de Querétaro de la Secretaría de Salud del Estado de Querétaro el cual brindó el consentimiento para aplicarlo. Durante el desarrollo de toda la investigación se fundamentó bióticamente en la declaración del Helsinki, el código Nüremberg y los artículos 13, 14 17 y 100 de la Ley General de Salud en materia de Investigación.

## Resultados

El 85% de los participantes son mujeres y el resto pertenecen al sexo masculino. La media de la edad de los involucrados es de 32.3 años (D.E. 10.3). El nivel de estudios predominante es de licenciatura (65%). Respecto a los años de antigüedad laboral en enfermería, los rangos más representativos son de 2 años y de 3 a 5 años, con un 25% cada uno (tabla 1).

**Tabla 1.** Datos sociodemográficos: sexo, nivel de estudios y antigüedad laboral

<b>Sexo</b>		
	Frecuencia	Porcentaje
Femenino	17	85
Masculino	3	15
Total	20	100
<b>Nivel de estudios</b>		
Técnica	2	10
Licenciatura	13	65
Especialidad	1	5
Maestría	4	20
Total	20	100
<b>Antigüedad laboral</b>		
1 año o menos	2	10
2 años	5	25
De 3 a 5 años	5	25
De 6 a 10 años	2	10
De 11 a 15 años	2	10
15 años o mas	4	20
Total	20	100

**Nota:** Elaboración propia

Con respecto al conocimiento previo sobre cuidados paliativos, 85% reconoce que cuenta con sapiencias sobre el tema, 15% niega que posee este tipo de conocimientos. Un total de 65% afirma que en algún momento de su formación académica ha asistido a ponencias, cursos, platicas o diplomados sobre el tema, mientras que 35% niega que ha tenido este tipo de adiestramiento. Finalmente, 90% determina que aplica intervenciones de tipo asistencial enfocadas a los cuidados paliativos durante su práctica profesional

diaria, por el contrario, 10% menciona que no realiza este tipo de intervenciones.

Englobando los resultados del Palliative Care Quiz For Nursing, el número de respuestas correctas general fue de 10.95 (D.E. 2.11), siendo la calificación más baja de 7 (5%) y la más elevada de 15 (5%) (tabla 2).

**Tabla 2.** *Número de respuestas correctas del cuestionario*

Numero de respuestas correctas	Frecuencia	Porcentaje válido
7	1	5
8	1	5
9	1	5
10	8	40
11	3	15
12	1	5
13	1	5
14	3	15
15	1	5
Total	20	100

**Nota:** Datos que fueron arrojados del cuestionario aplicado Palliative Care Quiz For Nursing en el Hospital General de Querétaro

Por otro lado, mediante la aplicación de la prueba estadística no paramétrica U de Mann Whitney, se determinó que no existe relación entre el nivel de conocimientos y el nivel de estudios.

Esta prueba se utilizó por: 1) la muestra proviene de grupos independientes (matutino y vespertino), 2) no existe una distribución normal en los datos y 3) es una muestra pequeña (Rivas-Ruiz et al., 2013).

De forma general, el nivel de conocimiento de la muestra se determina como insuficiente (inferior a 14 puntos), debido a que el 95% de los resultados de los cuestionarios se agrupan en este nivel. El porcentaje restante (5%) representa a los cuestionarios que obtuvieron una calificación de 15 a 17 puntos, lo cual se traduce como un nivel de conocimiento suficiente (tabla 3).

**Tabla 3.** *Nivel de conocimientos del cuestionario*

Nivel de conocimiento	Frecuencia	Porcentaje
Nivel de conocimiento suficiente (15-17pts)	1	5
Nivel de conocimiento insuficiente (<14pts)	19	95
Total	20	100

**Nota:** Datos que fueron arrojados del cuestionario aplicado Palliative Care Quiz For Nursing en el Hospital General de Querétaro

## Discusión

La función de enfermería es indispensable en los cuidados paliativos, siendo una parte del equipo de cuidados paliativos vital. La falta de este tipo

de intervenciones repercute negativamente en la percepción y calidad de vida de los pacientes con enfermedades de índole terminal.

El 85% de los encuestados refiere tener conocimientos en cuidados paliativos y 15% lo niega, de los resultados obtenidos se deduce que es necesario contar con el conocimiento de este tipo de cuidados, ya que en la práctica profesional el personal de enfermería, el contacto con pacientes que los requieran es cotidiano, por ello, es indispensable actualizar el conocimiento, así como mejorar las actitudes y las habilidades para proporcionar cuidados a los pacientes de forma segura y eficaz. Estudios similares como el de Hernández-Sánchez y Aguilar-García, refieren la importancia de “tener un personal calificado que brinde una atención de calidad y también estos cuidados estén basados en el análisis de la evidencia científica” (Hernández-Sánchez & Aguilar-García, 2016).

Un 90% de los encuestados menciono aplicar intervenciones de tipo asistencial relacionadas con cuidados paliativos en su práctica laboral diaria, sin embargo, los resultados del estudio reflejan datos distintos, las intervenciones clínicas en enfermería van dirigidas en su mayoría al cuidado del paciente. “Los cuidados de enfermería en Cuidados paliativos han sido concebidos en el doble sentido del significado del cuidar de la profesión: los cuidados como aplicación de un tratamiento técnico y especializado, los cuidados a través de la preocupación por la persona y sus necesidades como enfoque global o integral” (Codorniu et al., 2011).

Los resultados indican que el personal de enfermería de la muestra tiene un conocimiento insuficiente (inferior a 14 puntos), debido a que el 95% de los resultados de los cuestionarios se agrupan en este nivel, no se alcanzó el porcentaje de respuestas correctas necesario para ser catalogado como suficiente, ya que solo el 5 % obtuvo una calificación de 15 a 17 puntos, lo cual se traduce como un nivel de conocimiento suficiente. El porcentaje de respuestas correctas observado en esta investigación es inferior al reportado por Guevara-Valtier y colaboradores (Guevara-Valtier et al., 2017), quienes se enfocaron en determinar los conocimientos relacionados con filosofía, dolor, síntomas gastrointestinales y psicosociales, obteniendo un 35% de respuestas correctas. Otro estudio como el de Ortega-Guerrero y colaboradores (Ortega-Guerrero et al., 2019), donde se reportó un porcentaje de 65,5%; igualmente Medina y colaboradores obtuvieron un porcentaje menor al 60% (Medina Zarco et al., 2012), al igual que Chover-Sierra y colaboradores (Chover-Sierra et al., 2017) en donde se realizó un estudio en un hospital de tercer nivel en España, igualmente se aplicó el Palliative Care Quiz for Nursing (PCQN) y se obtuvo un 54% de respuestas correctas sobre el conocimiento de cuidados paliativos.

Así mismo Iranmanesh, Razban y colaboradores (Iranmanesh et al., 2014) decidieron utilizar el Cuestionario de Cuidados Paliativos para

Enfermería (PCQN), donde se evaluó el conocimiento sobre cuidados paliativos de enfermeras pertenecientes a las unidades de oncología y unidades de cuidados intensivos en tres hospitales, las respuestas con un número mayor de aciertos fueron en la categoría de manejo del dolor y otros síntomas con un 46,07%. Las respuestas en donde se obtuvo un mayor número de respuestas incorrectas fueron en la categoría de atención psicosocial y espiritual con un 19,3%.

Otro estudio similar de Medina Zarco y colaboradores quienes realizaron su investigación en los tres niveles de atención demostraron que la evaluación de conocimientos sobre cuidados paliativos reconoció como nivel de conocimiento aceptable un porcentaje de 75%, sólo 7% logró dicho resultado en conocimientos totales y 28.5% lo obtuvo en conocimientos generales sobre cuidados paliativos (Medina Zarco et al., 2012).

También Rodríguez López y colaboradores quienes efectuaron un estudio de intervención educativa en una clínica familiar con los profesionales, se observó que el conocimiento general de enfermería sobre las buenas prácticas de los cuidados paliativos al iniciar el estudio fue evaluado como inadecuado en el 60% de las enfermeras hecho que se modificó de forma adecuada en un 92% de los profesionales de enfermería mediante la aplicación del programa educativo. Estos hallazgos sugieren que el conocimiento de las enfermeras sobre los cuidados paliativos puede mejorarse mediante el establecimiento de unidades de cuidados paliativos (Rodríguez López et al., 2018).

## **Conclusion**

La necesidad de cuidados paliativos de calidad se ha incrementado en los últimos años debido a la transición epidemiológica, generando la obligatoriedad de que las enfermeras, al ser el personal que está en mayor contacto con el paciente, adquieran las habilidades, destrezas y conocimiento para aplicarlos de manera oportuna y adecuada. Para lograr lo anteriormente mencionado resulta indispensable que durante la educación formal del personal se ahonde más en estos temas, así como la capacitación constante al personal de los centros hospitalarios, para de esta manera incrementar la calidad de los cuidados enfermeros brindados.

Para el personal de enfermería, el aumento de pacientes que requieren cuidados paliativos es todo un reto por el hecho de que es muy difícil manejar el proceso de la enfermedad ante la muerte, por ello, la importancia de que el personal de enfermería que se encuentra en el servicio de medicina interna y otros servicios críticos tenga un nivel de conocimientos suficiente de lo que son los cuidados paliativos para así poder ofrecer a los pacientes y familia una mejor atención.

Con base en los resultados y el porcentaje insuficiente obtenido, se identifica la necesidad de capacitar al personal de enfermería sobre cuidados paliativos. Se recomienda continuar con la investigación sobre este tema, así como el uso de una muestra más grande con más estudios de enfoque cuantitativo y cualitativo sobre el tema en diversos servicios del hospital, así como en distintos niveles de atención para identificar el nivel de conocimiento sobre cuidados paliativos en otros centros hospitalarios y de esta forma tener un mayor panorama sobre el tema para planear intervenciones adecuadas.

Respecto al cumplimiento de los objetivos planteados para esta investigación, fue posible obtener la caracterización sociodemográfica del estudio, así como determinar el nivel de conocimiento del personal de enfermería del hospital general de Querétaro.

Cabe resaltar por último que a la fecha de redacción de este artículo no se encuentra ningún estudio sobre este tema en el estado de Querétaro.

**Financiamiento:** El artículo fue financiado por las autoras en su totalidad.

**Conflictos de intereses:** Este artículo no presenta conflicto de interés de las autoras.

### References:

1. Alcalde-Castro, M. J., Soto-Perez-de-Celis, E., Covarrubias-Gómez, A., Sánchez-Román, S., Quiróz-Friedman, P., Navarro-Lara, Á., Ramos-Lopez, W. A., Moreno-García, M. L., Contreras-Garduño, S., Perez-Montessoro, V., Goss, P. E., & Chávarri-Guerra, Y. (2020). Symptom Assessment and Early Access to Supportive and Palliative Care for Patients With Advanced Solid Tumors in Mexico. *Journal of Palliative Care*, 35(1), 40–45. <https://doi.org/10.1177/0825859719834920>
2. Asencio Huertas, L., Allende Pérez, S. R., & Verastegui Avilés, E. (2014). Creencias, actitudes y ansiedad ante la muerte en un equipo de cuidados paliativos oncológicos. *Psicooncología*, 11(1). [https://doi.org/10.5209/rev\\_PSIC.2014.v11.n1.44920](https://doi.org/10.5209/rev_PSIC.2014.v11.n1.44920)
3. Asociación Latinoamericana de Cuidados Paliativos. (2021). *Atlas de Cuidados Paliativos de Latinoamérica 2020*. <https://cuidadospaliativos.org/recursos/publicaciones/atlas-de-cuidados-paliativos-de-latinoamerica/>
4. Chover-Sierra, E., Martínez-Sabater, A., Lapeña-Moñux, Y., & Asociado, P. (2017). Conocimientos en cuidados paliativos de los profesionales de enfermería de un hospital español. *Revista Latinoamericana de Enfermagem*. <https://doi.org/10.1590/1518-8345.1610.2847>

5. Codorniu, N., Bleda, M., Alburquerque, E., Guanter, L., Adell, J., García, F., & Barquero, A. (2011). Cuidados enfermeros en Cuidados Paliativos: Análisis, consensos y retos. *Index de Enfermería*, 20(1–2), 71–75. <https://doi.org/10.4321/s1132-12962011000100015>
6. Consejo de Salubridad General. (2018). *Guía de manejo integral de cuidados paliativos*. [http://geriatria.salud.gob.mx/descargas/publicaciones/Guia\\_cuidados\\_paliativos\\_completo.pdf](http://geriatria.salud.gob.mx/descargas/publicaciones/Guia_cuidados_paliativos_completo.pdf)
7. Covarrubias-Gómez, A., Otero-Lamas, M., Templos-Esteban, L. A., & Soto-Pérez-De-Elis, E. (2019). Antecedentes de la medicina paliativa en México: Educación continua en cuidados paliativos. *Revista Mexicana de Anestesiología*, 42(2), 122–128. <https://www.medigraphic.com/cgi-bin/new/resumen.cgi?IDARTICULO=86662>
8. De Arco-Canoles, O. del C., & Suarez-Calle, Z. K. (2018). *Rol de los profesionales de enfermería en el sistema de salud colombiano*. 171–182. <https://doi.org/10.22267/rus.182002.121>
9. Guevara-Valtier, M., Santos-Flores, J. M., Santos-Flores, I., Julieta Valdez-Ramírez, F., Yazmany Garza-Dimas, I., De Los, M., Paz-Morales, Á., & Mercedes Gutiérrez-Valverde, J. (2017). Conocimiento de enfermería sobre cuidados paliativos en centros de primer y segundo nivel de atención para la salud Nursing knowledge about palliative care in first and second level health care centers. *Revista CONAMED*, 22, 649–2017. <https://www.medigraphic.com/pdfs/conamed/con-2017/con174d.pdf>
10. Hernández-Sánchez, M. L., & Aguilar-García, C. R. (2016). Conocimiento del personal de enfermería sobre cuidados paliativos en pacientes hospitalizados de medicina interna. *Revista de Enfermería Del Instituto Mexicano Del Seguro Social*, 24(2), 87–90.
11. Instituto Nacional de Ciencias Médicas y Nutrición Salvador Zubirán. (2017, December 28). *¿Qué son los cuidados paliativos?* <https://www.incmnsz.mx/opencms/contenido/investigacion/ComiteInvestigacion/cuidadosPaliativos.html>
12. Iranmanesh, S., Razban, F., Tirgari, B., & Zahra, G. (2014). Nurses' knowledge about palliative care in Southeast Iran. *Palliative & Supportive Care*, 12(3), 203–210. <https://doi.org/10.1017/S1478951512001058>
13. Kim, S., Lee, K., & Kim, S. (2020). Knowledge, attitude, confidence, and educational needs of palliative care in nurses caring for non-cancer patients: a cross-sectional, descriptive study. *BMC Palliative Care* 2020, 19(1), 1–14. <https://doi.org/10.1186/S12904-020-00581-6>
14. Laabar, T. D., Saunders, C., Auret, K., & Johnson, C. E. (2021).

- Palliative care needs among patients with advanced illnesses in Bhutan. *BMC Palliative Care*, 20(1), 8. <https://doi.org/10.1186/s12904-020-00697-9>
15. Larrañaga, I., Millas, J., Soto-Gordoa, M., Arrospide, A., San Vicente, R., Irizar, M., Lanzeta, I., & Mar, J. (2019). The impact of patient identification on an integrated program of palliative care in Basque Country. *Atencion Primaria*, 51(2), 80–90. <https://doi.org/10.1016/j.aprim.2017.05.017>
16. López Mantecón, A., & Reyes Méndez, M. (2013). Cuidados Paliativos. Una necesidad en la atención reumatológica. *Revista Cubana de Reumatología*, 15(1), 25–29. <http://www.revreumatologia.sld.cu/index.php/reumatologia/article/view/60/298>
17. Medina Zarco, L. E., María De La, A., Casas, C., Elba, M., Santaella, S., González, A., & Avilés, P. (2012). Nivel de conocimientos del personal de salud sobre cuidados paliativos. *Revista de Especialidades Médico-Quirúrgicas*, 17(2), 109–114. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=47323278008>
18. Organización Mundial de la Salud. (2020a, July 20). *Cuidados paliativos*. <https://www.who.int/es/news-room/factsheets/detail/palliative-care>
19. Organización Mundial de la Salud. (2020b, August 20). *Cuidados paliativos*. <https://www.who.int/es/news-room/factsheets/detail/palliative-care>
20. Organización Mundial de la Salud. (2021). *Evaluación del desarrollo de los cuidados paliativos en el mundo: conjunto de indicadores factibles*. <https://www.who.int/es/publications/i/item/9789240033351>
21. Ortega-Guerrero, D., Ortega-Cantero, J.-A., & Guerrero-Castañeda, R.-F. (2019). Conocimientos sobre cuidados paliativos en un grupo de enfermeras en México. *Revista Colombiana de Enfermería*, 18(1), 1–8. <https://doi.org/10.18270/rce.v18i1.2368>
22. Rivas-Ruiz, R., Moreno-Palacios, J., & Talavera, J. O. (2013). Diferencias de medianas con la U de Mann-Whitney. *Rev Med Inst Mex Seguro Soc*, 51(4), 414–423.
23. Rodríguez López, N., León León, I., Montero Ramírez, G., Torres García, M., & Salgado Selema, G. (2018). Cuidados Paliativos en el Personal de Enfermería. *Multimed. Revista Médica. Granma*. <https://www.medigraphic.com/pdfs/multimed/mul-2018/mul181h.pdf>
24. Rodríguez, N., León, I., Montero, G., & Salgado, G. (2016). Cuidados paliativos en personal de enfermería. Manzanillo. *MULTIMED*, 22(1), 91-103. <http://www.revmultimed.sld.cu/index.php/mtm/article/view/781>



25. Trujillo-De Los Santos, Z., Paz-Rodríguez, F., Corona, T., & Alejandra Sánchez-Guzmán, M. (2018). Investigación sobre Cuidados Paliativos en México. Revisión Sistemática Exploratoria. *Revista Mexicana de Neurociencia*, 19(2), 74–85. <https://www.medigraphic.com/cgi-bin/new/resumen.cgi?IDARTICULO=78785>
26. Wenk, R., De Lima, L., Mutto, E., Berenguel, M. D. R., & Centeno, C. (2016). Encuentro sobre educación de cuidado paliativo en Latinoamérica. Recomendaciones sobre enseñanza en el pregrado y en el primer nivel de atención de salud. *Medicina Paliativa*, 23(1), 42–48. <https://doi.org/10.1016/j.medipa.2013.11.002>



ESJ Natural/Life/Medical Sciences

## **Sécurité Alimentaire au Bénin: Les Grandes Familles de Pratiques Agro-écologiques Adoptées dans les Zones Cotonnières**

*Soumanou Babio*

Ecole Doctorale des Sciences Agronomiques et de l'Eau (EDSAE) et  
Laboratoire d'Analyse et de Recherche sur les Dynamiques Economiques et  
Sociales (LARDES) / Faculté d'Agronomie  
Université de Parakou (UP), Parakou, Bénin

*Alexis Hougni*

Institut National de Recherche Agricole du Bénin (INRAB)

*Jacob Afouda Yabi*

Ecole Doctorale des Sciences Agronomiques et de l'Eau (EDSAE) et  
Laboratoire d'Analyse et de Recherche sur les Dynamiques Economiques et  
Sociales (LARDES) / Faculté d'Agronomie  
Université de Parakou (UP), Parakou, Bénin

[Doi:10.19044/esj.2023.v19n12p32](https://doi.org/10.19044/esj.2023.v19n12p32)

Submitted: 13 November 2021

Accepted: 10 April 2023

Published: 30 April 2023

Copyright 2023 Author(s)

Under Creative Commons BY-NC-ND

4.0 OPEN ACCESS

*Cite As:*

Babio S., Hougni A. & Yabi J.A. (2023). *Sécurité Alimentaire au Bénin: Les Grandes Familles de Pratiques Agro-écologiques Adoptées dans les Zones Cotonnières* European Scientific Journal, ESJ, 19 (12), 32. <https://doi.org/10.19044/esj.2023.v19n12p32>

### **Résumé**

Dans le but de contribuer de façon durable à la sécurité alimentaire des ménages, cinq (05) grandes familles de pratiques agro-écologiques (Gestion Intégrée de l'Agriculture et de l'Elevage (GIAE), Gestion Intégrée de la Fertilité des Sols (GIFS), Agro-Foresterie (AF), Conservation des Eaux et du Sol (CES), Agriculture de Conservation (AC)) ont été introduites, depuis les années 90, dans les zones cotonnières au Bénin. Trente ans après leur introduction, il importe d'identifier les grandes familles de pratiques agro-écologiques réellement adoptées par les producteurs. Ainsi, à travers un questionnaire semi-structuré, les données ont été collectées auprès de 300 producteurs de coton choisis au hasard et répartis dans trois communes (Banikoara, Sinendé et Djidja) représentatives des trois zones cotonnières

(haut nord, centre-nord et sud) du Bénin. Une Analyse Factorielle des Correspondantes (AFC) a été réalisée avec le logiciel R i386 4.0.4. Les résultats de l'AFC montrent que, sur les cinq (05) grandes familles de pratiques agro-écologiques introduites dans les zones cotonnières au Bénin, trois (03) grandes familles ((GIFS), (GIAE) et (AF)) ont été fortement adoptées. Par contre, les pratiques de la grande famille du CES ont été marginalement adoptées et celles de l'AC n'ont pas du tout été adoptées dans ces zones.

---

**Mots-clés:** Sécurité alimentaire, pratiques agro-écologiques, AFC, zones cotonnières, Bénin

---

## **Food Security in Benin: The Main Families of Agro-ecological Practices Adopted in Cotton-growing Areas**

*Soumanou Babio*

Ecole Doctorale des Sciences Agronomiques et de l'Eau (EDSAE) et  
Laboratoire d'Analyse et de Recherche sur les Dynamiques Economiques et  
Sociales (LARDES) / Faculté d'Agronomie  
Université de Parakou (UP), Parakou, Bénin

*Alexis Hougni*

Institut National de Recherche Agricole du Bénin (INRAB)

*Jacob Afouda Yabi*

Ecole Doctorale des Sciences Agronomiques et de l'Eau (EDSAE) et  
Laboratoire d'Analyse et de Recherche sur les Dynamiques Economiques et  
Sociales (LARDES) / Faculté d'Agronomie  
Université de Parakou (UP), Parakou, Bénin

---

### **Abstract**

In order to contribute in a sustainable way to household food security, five (05) major families of agro-ecological practices (Integrated Management of Agriculture and Livestock (GIAE), Integrated Management of Soil Fertility (GIFS), Agro-Forestry (AF), Water and Soil Conservation (CES), Conservation Agriculture (CA)) have been introduced since the 1990s in the cotton-growing areas of Benin. Thirty years after their introduction, it is important to identify the main families of agro-ecological practices actually adopted by producers. Thus, through a semi-structured questionnaire, data were collected from 300 cotton producers chosen at random and distributed in three communes (Banikoara, Sinendé and Djidja) representative of the three cotton-growing areas (upper north, center-north and south ) from Benin. A

Corresponding Factor Analysis (FCA) was performed with R i386 4.0.4 software. The results of the AFC show that, out of the five (05) large families of agro-ecological practices introduced in cotton-growing areas in Benin, three (03) large families ((GIFS), (GIAE) and (AF)) have been strongly adopted. On the other hand, the practices of the large SWH family have been marginally adopted and those of CA have not been adopted at all in these areas.

---

**Keywords:** Food security, agro-ecological practices, AFC, cotton zones, Benin

## Introduction

En Afrique, la sécurité alimentaire a longtemps été considérée à l'aune des quantités d'aliments disponibles pour les différentes couches de la population. Ainsi, pendant des décennies, la forte augmentation de la productivité agricole a été permise grâce à la génétique, à l'agrochimie et à la mécanisation. L'objectif de production était d'augmenter les rendements des plantes cultivées tout en éliminant les adventices et surtout les maladies cryptogamiques et ravageurs de ces plantes, contre toutes considérations agronomiques et écologiques. Ainsi, les intrants chimiques (herbicides et insecticides) très efficaces, ont été appliqués durant cette période de façon excessive sans tenir compte de la santé des écosystèmes et de celle des humains (Pelt, 2001 ; Angelliaume-Descamps and Tulet, 2005).

Les conséquences de cette utilisation excessive des intrants chimiques sont la contamination des eaux et des sols (Van der Werf, 1996). Le drainage des pesticides agricoles depuis les parcelles d'épandage vers les cours d'eau, ne sont plus à démontrer (Aubertot et al., 2011). La toxicité des molécules de synthèse, dont certaines cancérigènes, mutagènes, reprotoxiques pour les utilisateurs, les riverains notamment est désormais avérée (Baldi et al., 2012). Les pesticides ont des effets nuisibles directs et indirects pour de nombreux organismes non cibles (Gouraud et al., 2001; Dorioz & Ombredane, 2004).

Au Bénin, la lutte contre la pauvreté et l'insécurité alimentaire particulièrement dans le monde rural constitue une préoccupation majeure des acteurs de développement. Cette lutte est rendue difficile dans le monde rural par une faible productivité agricole (Seye et al., 2017).

Le coton est l'une des cultures de rentes qui apporte plus de devises au Bénin. Elle constitue un facteur important de développement agricole, et reste la source de revenu pour de nombreux agriculteurs. Chaque année, le coton fournit près de 70 milliards de francs CFA à environ 2 millions de producteurs, procure 80 % des recettes d'exportation et contribue à 3,8 % au PIB (INSAE, 2015).

Cette culture est à la limite de la rentabilité et ses impacts sociaux et environnementaux ne peuvent plus être ignorés (Abbas et al., 2006 ; Pichot et al., 2006).

Ainsi, l'agriculture doit aujourd'hui relever un certain nombre de défis cruciaux : nourrir une population croissante et de plus en plus urbaine, lutter contre la pauvreté et les inégalités et assurer une gestion durable des ressources naturelles et de l'environnement.

Face à ces défis, les recherches agronomiques ont conduit à changer les pratiques paysannes, notamment celles de protection contre les ravageurs avec la mise en œuvre de traitements ciblés (Silvie et al., 2009). Ces changements dans les pratiques de gestion des sols sont en revanche plus difficiles à mettre en œuvre (Vall et al., 2006 ; Uphoff, 2008). Les travaux de recherches privilégient alors, la voie agronomique qui vise à insérer plus harmonieusement la culture cotonnière dans les paysages agricoles à biodiversité entretenue, afin de favoriser les régulations écologiques et de réduire l'usage des intrants conventionnels (Dueguine et al., 2008). Des pratiques dites agro-écologiques ont donc vu le jour et ont été introduites dans les zones cotonnières depuis les années 1990.

Trente ans après leur introduction, il importe d'identifier les pratiques agro-écologiques réellement adoptées dans les zones cotonnières.

## **1. Matériel et méthodes**

Cette partie rend compte du milieu d'étude, de la méthode et des outils de collecte et d'analyse des données.

### **1.1. Milieu d'étude**

La présente étude a été réalisée dans les zones de production cotonnière au Bénin, représentées par les communes de Banikoara, Sinendé et Djidja (cf. figure 1).

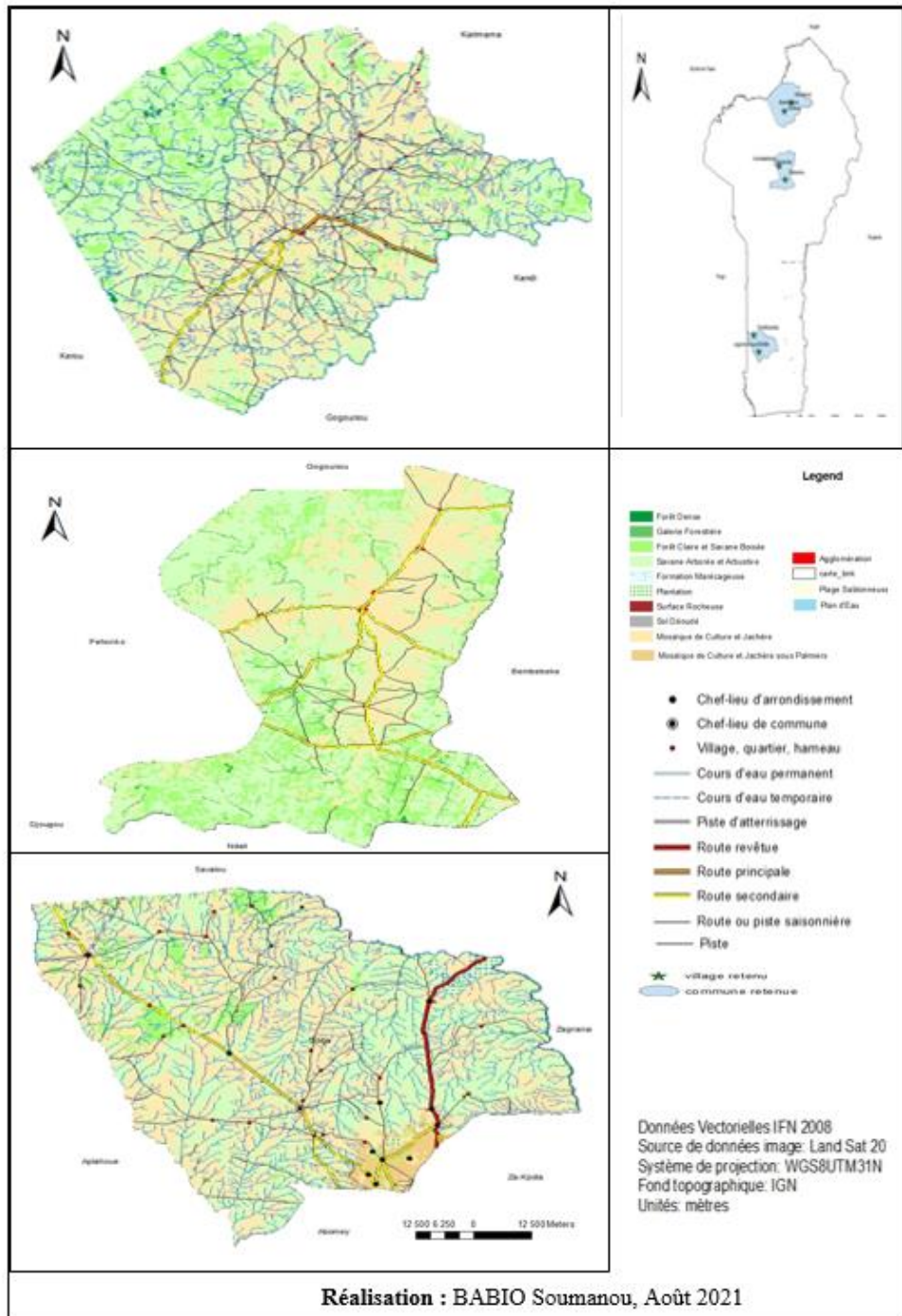
En effet, avec des productions respectives de 174187,37 tonnes, 37690,93 tonnes et 23186,59 tonnes pour la campagne 2019-2020 (AIC, 2020), ces communes ont été les meilleures communes productrices de coton, respectivement dans le haut-nord, le centre-nord et le sud. C'est fort de ces statistiques que ces communes ont été retenues.

La Commune de Banikoara est située dans le Département de l'Alibori au Nord-Ouest du Bénin. Elle s'étend entre les parallèles 11° 02' et 11° 34' de latitude Nord et entre le méridien 2° 06' et 2° 46' de longitude Est. Elle est limitée au Nord par la Commune de Karimama, au Sud par les Communes de Gogounou et de Kérou, à l'Est par la Commune de Kandi et à l'Ouest par le Burkina Faso. Elle compte neuf Arrondissements ruraux (Founougo, Gomparou, Goumori, Kokey, Kokiborou, Ounet, Sompérékou, Soroko et Toura) et un Arrondissement urbain (Banikoara). Elle est composée

essentiellement des Baatonou, des Peulhs et de beaucoup d'autres ethnies venues du Niger (Djerma et Haoussa) du Burkina (Gourmantché) du Nigeria (Yoruba et Ibo) (INSAE, 2015). La Commune couvre une superficie de 4.383 km<sup>2</sup> répartie en 69 villages et quartiers de ville (INSAE, 2015).

Située à l'extrême nord du département du Borgou, la commune de Sinendé couvre une superficie de 2 289 km<sup>2</sup>, soit environ 8,85 % de la superficie du département et 1,99 % du territoire national. Comprise entre 10°20'41" et 10°34' latitude Nord et entre 2°22'45" et 2°38' de longitude Est, elle est limitée au nord par la commune de Gogounou dans le département de l'Alibori, au sud par la commune de N'Dali, à l'est par celle de Bembéréké et à l'ouest par la commune de Péhunco dans le département de l'Atacora. Elle compte quatre arrondissements que sont : Fô-Bourè, Sèkèrè, Sikki et Sinendé et est peuplée en majorité de Baatonou qui représente 59,9% de la population et des peulhs (35,3%). On y rencontre également d'autres groupes socioethniques : Otamari, Yoruba, Dendi, Fon, Adja, Yom et Lokpa.

La Commune de Djidja est située entre les parallèles 7°10' et 7°40' de latitude Nord, et les méridiens 1°04' et 2°10' de longitude Est. Administrativement, elle est composée de douze arrondissements à savoir: Djidja-Centre, Outo, Agouna, Monsourou, Setto, Gobaix, Dohuimè, Mougnon, Oungbèga, Zounkon, Agondji et Dan. Sa population est de 123 542 habitants. Les principaux groupes ethniques rencontrés sont les Fon (82%), les Adja (10%), les Mahi (5%) et les autres ethnies (Peulh et Haoussa, etc) (INSAE, 2015). Elle jouit d'un climat de type subéquatorial tendant vers le soudano-guinéen dans les parties septentrionales. Le régime pluviométrique est de type bimodal avec une hauteur moyenne de pluie de 1300 mm de 1980 à 2012 (ASECNA, 2012). La commune de Djidja est située sur la pénéplaine cristalline et couverte presque entièrement de sols ferrugineux tropicaux (Igué, 2000).



**Figure 1.** Situation géographique de la zone d'étude

## **1.2. Collecte de données**

L'unité d'observation de la recherche est constituée de cotonculteurs représentés par le chef d'exploitation. Dans chaque commune, deux villages ont été retenus de façon raisonnée. Par village sélectionné, un échantillon de 50 producteurs de coton a été constitué de manière aléatoire. Ceci fait au total 100 producteurs par commune et 300 producteurs pour toute la zone d'étude, dont 150 ayant adopté au moins une pratique agro-écologique (adoptants) et 150 non adoptants. Les enquêtes de terrain ont été réalisées en deux phases essentielles : la phase exploratoire et la phase de collecte de données.

La phase exploratoire, dans un premier temps a été enrichie par les discussions menées avec les différents acteurs impliqués dans la promotion des pratiques agro-écologiques dans les zones cotonnières, dans un second temps, elle a permis de prendre contact avec les autorités politico-administratives, les personnes ressources, les organisations paysannes et enfin de mieux échantillonner la population à enquêter.

Concernant la phase de collecte de données, elle a permis de collecter les données et informations qualitatives et quantitatives relatives aux différents aspects de la problématique. Les entretiens individuels (questionnaire) et collectifs (focus groups) et les observations sont les principales méthodes utilisées pour la collecte des données.

## **1.3. Analyse des données**

L'Analyse Factorielle des Correspondances (AFC) a été réalisée pour déterminer les grandes familles de pratiques agro-écologiques adoptées dans les zones cotonnières au Bénin.

Ensuite, une analyse descriptive des pratiques agro-écologiques par grande famille et par zone de production cotonnière a été réalisée, conformément à N'Guessan et al. (2019) et Sanou et al. (2018) pour mieux évaluer les pratiques adoptées par grande famille et par zone.

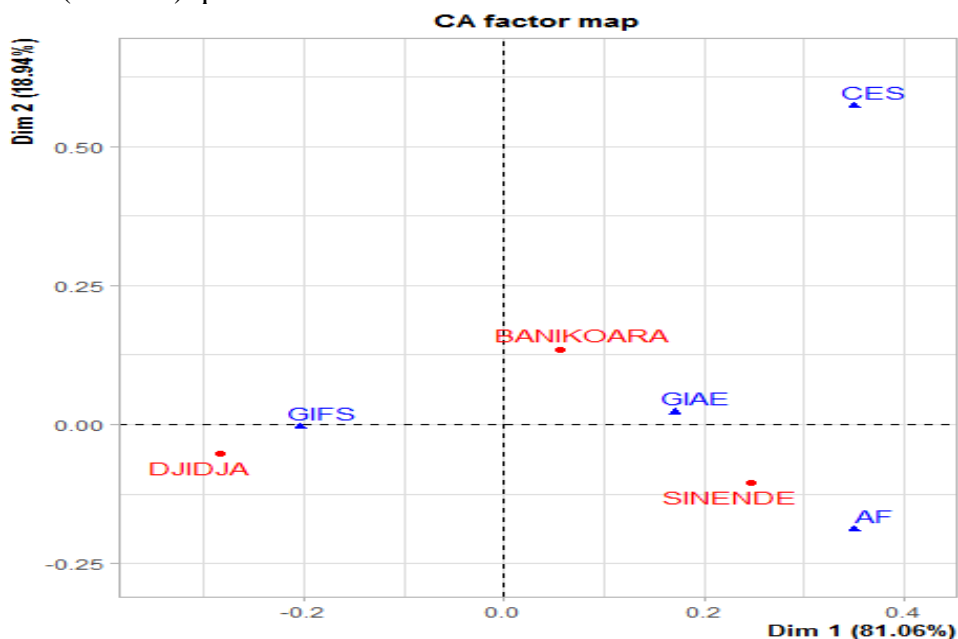
## **2. Résultats**

### **2.1. Les grandes familles de pratiques agro-écologiques adoptées dans les zones cotonnières au Bénin**

Il ressort des résultats de l'Analyse Factorielle des Correspondances (figure 2), que des cinq (05) grandes familles de pratiques agro-écologiques introduites dans les zones cotonnières au Bénin, seulement trois (03) grandes familles (GIAE, GIFS et AF) sont fortement adoptées, la grande famille des pratiques de Conservation des Eaux et du Sol (CES) a été marginalement adoptée et celle des pratiques de l'Agriculture de Conservation (AC) n'a pas du tout été adoptée dans ces zones. Aussi, les pratiques de la GIFS ont été plus adoptées dans la zone sud (Djidja) que dans les zones nord (haut nord et centre nord). Quant aux pratiques de la GIAE et de l'AF, elles ont été plus adoptées



dans les zones nord, respectivement au haut nord (Banikoara) et au centre-nord (Sinendé) que dans la zone sud.



**Figure 2.** Les grandes familles de pratiques agro-écologiques adoptées dans les zones cotonnières

**Source :** données d'enquêtes, Jan-Fév, 2021.

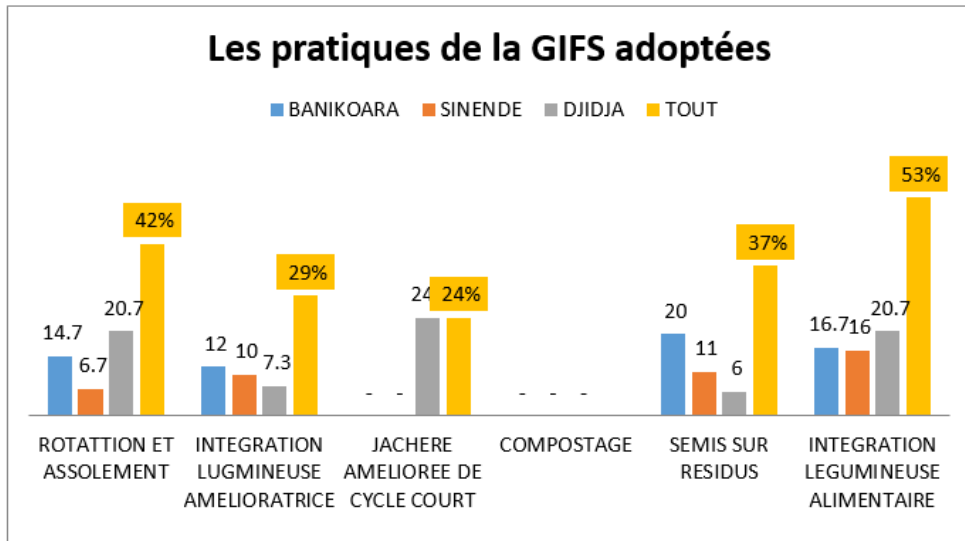
## 2.2. Les pratiques de la GIFS adoptées dans les zones cotonnières au Bénin

Dans la grande famille des pratiques de Gestion Intégrée de la Fertilité des Sols (GIFS), les pratiques d'intégration des légumineuses amélioratrices et alimentaires, de rotation et d'assolement, de semis sur résidus sont adoptées dans toutes les zones de l'étude. Quant à la pratique de la jachère améliorée de cycle court, elle est seulement adoptée dans la commune de Djidja. Dans cette famille, le compostage n'a été adopté dans aucune zone de production cotonnière (cf. figure 3).

Aussi, les pratiques de rotation et d'assolement, d'intégration des légumineuses alimentaires et de la jachère améliorée de cycle court sont plus adoptées dans la zone sud (Djidja) avec des taux d'adoption respectifs de 20,7% ; 20,7% et 24% que dans les zones nord (Banikoara et Sinendé) contrairement à la pratique de semis sur résidus qui a un taux d'adoption respectif de 20% et 11% dans les deux communes du nord.

La pratique de l'intégration des légumineuses alimentaires vient en tête des pratiques de la GIFS avec un taux d'adoption de 53% pour toute la zone de l'étude. Elle est suivie de la pratique de rotation et assolement (42%), du

semis sur résidus (37%), de l'intégration des légumineuses amélioratrices (29%) et de la jachère améliorée de cycle court (24%).

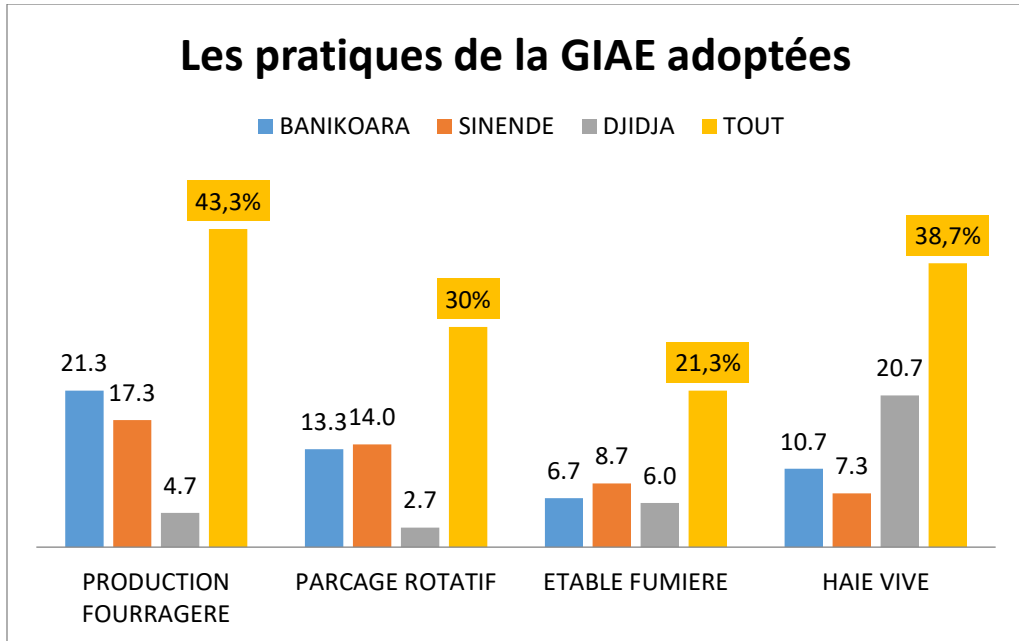


**Figure 3.** Les pratiques de la GIFS adoptées dans les zones cotonnières au Bénin  
 Source : données enquêtes, Jan-Fév, 2021.

### 2.3. Les pratiques de la GIAE adoptées dans les zones cotonnières au Bénin

Toutes les pratiques de Gestion Intégrée de l'Agriculture-Elevage (GIAE) ont été adoptées dans l'ensemble de notre zone d'étude. Dans cette zone, la production fourragère vient en tête des pratiques de la GIAE, avec 43,3% de taux d'adoption, suivi de la haie vive (38,7%), du parcage rotatif (30%) et de l'étable fumièrre (21,3%) (cf. Figure 4).

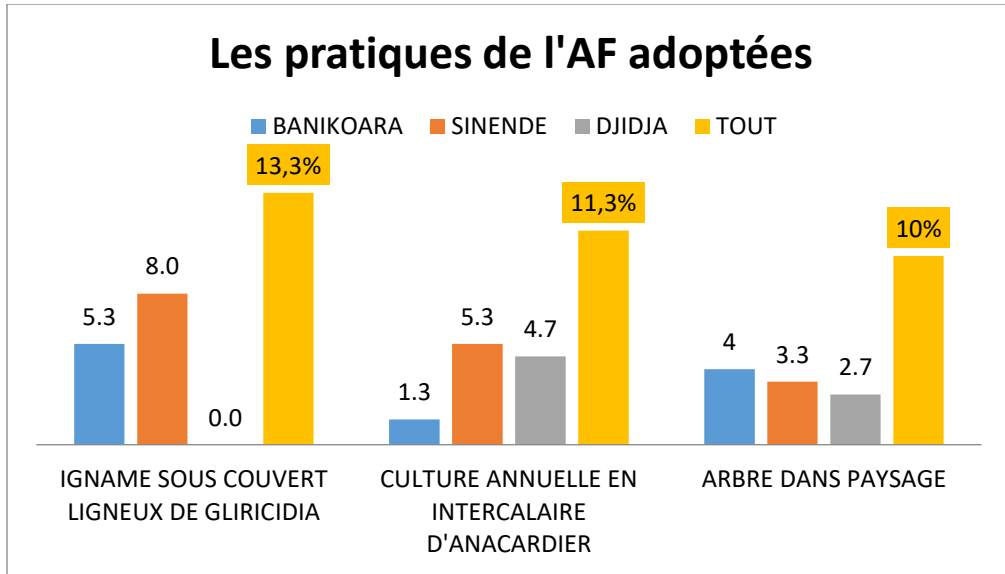
Les pratiques de parcage rotatif, de l'étable fumièrre et de la production fourragère sont fortement adoptées dans les communes de Banikoara et de Sinendé avec des taux d'adoption respectifs de 21,3% et 17,3% pour la production fourragère, 13,3% et 14% pour le parcage rotatif et 6,7% et 8,7% pour l'étable fumièrre, alors qu'à Djidja c'est la pratique de la haie vive qui est fortement adoptée avec un taux d'adoption de 20,7% contre 10,7% et 7,3% respectivement pour les communes de Banikoara et de Sinendé.



**Figure 4.** Les pratiques de la GIAE adoptées dans les zones cotonnières au Bénin  
**Source :** données enquêtes, Jan-Fév, 2021.

### 3.4- Les pratiques de l'AF adoptées dans les zones cotonnières au Bénin

Les pratiques de cultures annuelles en intercalaire d'anacardiers et d'arbres dans le paysage sont adoptées dans les trois zones de production cotonnières. Quant à la pratique d'ignames sous couvert ligneux de *Gliricidia*, elle n'est adoptée que seulement dans les zones nord (Banikoara et Sinendé). Elle vient en tête des pratiques de l'AF adoptées dans la zone de l'étude avec 13,3% de taux d'adoption suivi de la culture annuelle en intercalaire d'anacardier (11,3%) et de l'arbre dans le paysage (10%) (cf. Figure 5).

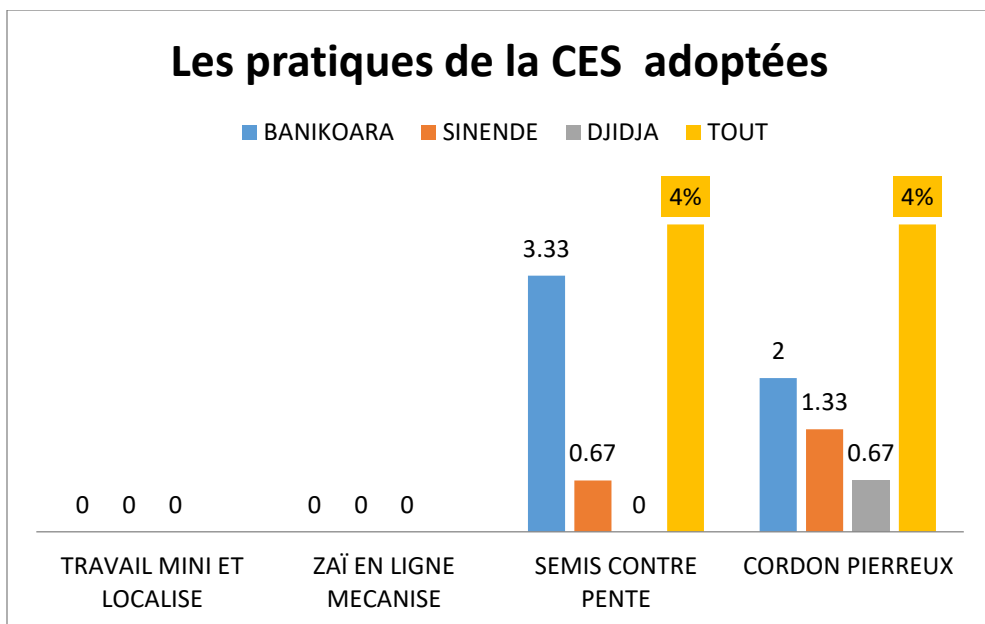


**Figure 5.** Les pratiques de l'AF adoptées dans les zones cotonnières au Bénin  
**Source :** données d'enquêtes, Jan-Fév, 2021.

### 3.5. Les pratiques de la CES adoptées dans les zones cotonnières au Bénin

Les pratiques de semis à contre pente et de cordon pierreux ont été adoptées dans cette famille de pratique agro-écologique (Figure 6). La pratique de semis à contre pente a été adoptée seulement par 4% des producteurs de la zone d'étude, notamment dans la zone haut nord (3,3%) et dans la zone centre-nord (0,7%). Quant à la pratique de cordon pierreux, elle a été adoptée dans toute la zone de production cotonnière. Son taux d'adoption est de 4% soit 2% dans la zone haut nord, 1,33% dans la zone centre nord et 0,67% dans la zone sud.

Les pratiques du travail minimum localisé et du Zai en ligne mécanisé n'ont pas du tout été adoptées dans les zones de production cotonnière. Bien que marginale, la grande famille des pratiques de conservation des eaux et du sol a été plus adoptée dans les zones nord que dans la zone sud.



**Figure 6.** Les pratiques de la CES adoptées dans les zones cotonnières au Bénin  
 Source : données d'enquêtes, Jan-Fév, 2021.

### 3. Discussion

Les résultats de cette étude ont révélé que les pratiques agro-écologiques introduites dans les zones cotonnières au Bénin, n'ont pas toutes été adoptées.

Les pratiques de l'Agriculture de Conservation (AC), le compostage, le Zaï en ligne mécanisé, le travail minimum et localisé du sol n'ont pas du tout été adoptés. Cela serait dû à leur complexité. En effet, la mise en œuvre de ces pratiques nécessite des moyens financiers et matériels (équipements appropriés) dont les producteurs ne disposent pas toujours. Aussi, ces pratiques nécessitent un travail minimum des sols avec le maintien permanent du couvert végétal sur le sol. Alors que, travailler la terre dans de telles conditions n'est pas aisé sans un niveau de mécanisation approprié. Et le niveau de mécanisation dans les zones de production cotonnières au Bénin est très bas, ce qui n'a pas permis aux producteurs d'adopter ces pratiques. Ces résultats corroborent ceux de Dugué (2018) qui a trouvé que les techniques agro-écologiques existent mais sont rarement adoptées ou adaptées sur une grande échelle.

Les pratiques de la famille « gestion intégrée de la fertilité des sols » et celles de la famille « gestion intégrée agriculture-élevage » ont été mieux adoptées dans les zones cotonnières. Ce résultat corrobore ceux de Akpatcho et al. (2019) qui ont trouvé que les technologies de la famille dite "Gestion Intégrée de la Fertilité des Sols (GIFS)" dominent les choix des producteurs

de la zone d'intervention du projet de Transition Agro-écologique dans les Zones Cotonnières au Bénin (TAZCO), suivies des technologies de la famille "Gestion Intégrée Agriculture/Elevage (GIAE)". Cela, permet de dire que dans les zones de production cotonnières, les producteurs sont conscients des problèmes de baisse de fertilité et ses conséquences sur leurs exploitations. Aussi, ces producteurs pour la plupart élevant et utilisant la force animale pour certains travaux champêtres, sont conscients de l'importance de combiner les deux systèmes de production. Ainsi, ils ont adopté ces deux familles de pratiques agro-écologiques qui valorisent les résidus de récolte et restaurent la fertilité du sol. Ce résultat corrobore ceux de Djenontin et al. (2003) et FAO (2008), qui ont montré l'importance de la valorisation des résidus de récolte et le système de parage rotatif des animaux sur l'amélioration de la fertilité des sols.

Des résultats obtenus, il ressort également, que les technologies pratiquées ne sont pas les mêmes, d'une commune à l'autre. Ces résultats vont dans le même sens que ceux d'Akpatcho et al. (2019) qui ont trouvé que les technologies agro-écologiques pratiquées dans le cadre de la mise en œuvre du projet TAZCO, varient d'une commune à une autre. Ainsi, les pratiques de rotation et d'assolement, d'intégration des légumineuses alimentaires, de la jachère améliorée de cycle court et de la haie vive sont plus adoptées dans la zone sud (Djidja) que dans la zone nord (Banikoara et Sinendé). Cela serait dû aux systèmes de productions prédominants dans les différentes régions. Ce résultat corrobore ceux de Galliano et Nadel (2013) qui ont prouvé dans leurs travaux sur « Les déterminants de l'adoption de l'éco-innovation selon le profil stratégique de la firme : le cas des firmes industrielles françaises » que des caractéristiques externes telle que le système de production du milieu influence le choix des technologies.

Les pratiques de parage rotatif, de l'étable fumière et de la production fourragère, quant à elles, sont fortement adoptées dans la zone nord (Banikoara et Sinendé) que dans la zone sud (Djidja). En effet, la production animale est plus prépondérante allant du nord vers le sud. Ainsi, Il y a plus d'animaux dans les communes de Banikoara et Sinendé que dans la commune de Djidja qui est au Sud de la zone de production cotonnière. Aussi, les conflits agriculteurs et éleveurs sont plus fréquents dans la zone nord et pour faciliter la cohabitation entre ces deux couches socio-professionnelles, l'adoption de ces pratiques s'avère importante.

## **Conclusion**

L'objectif de cette étude est d'identifier les pratiques agro-écologiques réellement adoptées dans les zones cotonnières au Bénin.

Les résultats de l'AFC montrent que, sur les cinq (05) grandes familles de pratiques agro-écologiques introduites dans les zones cotonnières au Bénin,

trois (03) grandes familles (Gestion Intégrée de la Fertilité des Sols (GIFS), Gestion Intégrée de l'Agriculture et de l'Élevage (GIAE) et l'Agro-Foresterie (AF)) ont été fortement adoptées. Par contre, les pratiques de la grande famille de Conservation des Eaux et du Sol (CES) ont été marginalement adoptées et celles de l'Agriculture de Conservation (AC) n'ont pas du tout été adoptées dans ces zones. De façon plus précise, les pratiques de la GIFS ont été plus adoptées dans la zone sud (Djidja) que dans les zones nord (Banikoara et Sinendé). Quant aux pratiques de la GIAE et de l'AF, elles ont été plus adoptées dans les zones nord, respectivement au haut nord (Banikoara) et au centre-nord (Sinendé) que dans la zone sud (Djidja).

Il ressort aussi de cette étude que les pratiques agro-écologiques adoptées diffèrent d'une zone à une autre.

### References:

1. Abbas A. A., Hoffs, J. L., & Mergeai, G. (2006). *Relever les difis environnementaux pour les filières cotonnières d'Afrique de l'Ouest et du Centre. Biotechno.Agron.Soc.Envir.*, 10 (4) ,351-359, <http://popups.ulg.ac.be/Base/document.php?id=632>,.
2. AIC. (2020). *Statistiques de production cotonnière de la campagne 2019-2020. Tonnages commercialisées par commune jusqu'au 30/04/2020; 30p*
3. Akpatcho L. H., Gérard C. Z., & Fifanou G. V. (2019). *Adoption des Technologies Agro-Écologiques : Perception et Préférence des Agriculteurs de la Zone Cotonnière du Bénin. European Scientific Journal October 2019 edition Vol.15, No.30 ISSN: 1857 – 7881 (Print) e—ISSN 1857- 7431*. <https://doi.org/10.19044/esj.2019.v15n30p146>
4. Angelliaume-Descamps A., & Tulet J. C. (2005). *Agriculture et environnement, in Environnement sociétés :and B. Desail Mainar Pyrénées, Toulouse, pp. 143 -154*. [www.google.fr](http://www.google.fr) (consulté le 27/10/2017).
5. Aubertot J.-N., Guichard L., Jouy L., Mischler P., Omon B., Petit M.-S. & Pleyber E. (2011). *Guide pratique pour la conception de systèmes de culture plus économes en produits phytosanitaires, Ministère en charge de l'agriculture, 115 p*. [www.google.com](http://www.google.com) (consulté le 27/10/2017)
6. Baco M. N., Djenontin J. A. & Amidou M. (2007). *Gestion de la fertilité des sols dans le nord du Bénin et incidences économiques pour les exploitations agricoles. 2003. Hal-00133339*. [www.google.com](http://www.google.com) (consulté le 22/07/2018)
7. Baldi I., Lebailly P., Rondeau V., Bauchard V. & Blanc-Lapierre A. (2012). *Levels and determinants of pesticide exposure in operators involved in treatment of vineyards : Results of the PESTEXPO Study -*

- Journal of Exposure Science and Environmental Epidemiology -Vol., n° pp. 1-8.*
8. Djenontin J. A., Amidou M. & Wennink B. (2003). *Valorisation des résidus de récolte dans l'exploitation agricole au nord du Bénin : Production de fumier dans le parc de stabulation des boeufs.* 2003, 8 p. Hal-00137951. [www.google.com](http://www.google.com) (consulté le 22/07/2018)
  9. Dorioz J.-M. & Ombredane D. (2004). *Bassin Versant et Qualité Biologique des cours d'eau. Effets de la gestion des bassins versants sur les transferts particuliers et dissous et sur la qualité biologique des eaux de surface en zone d'élevage. Action structurante INRA-Cemagref " AQUAE ", Rapport de travaux de recherches pour la gestion des agrosystèmes et les conséquences sur les hydrosystèmes,* 51 p. [www.google.fr](http://www.google.fr) (consulté le 22/07/2018)
  10. Dueguine J. P., Ferron, P. & Russell D. (2008). *Protection des cultures. De l'agrochimie à l'agroécologie.* Versailles, France : Editions Quae.
  11. Dugué P. (2018). *Rapport de la mission d'expertise du CIRAD « Transition agroécologique et changement d'échelle » 19 au 27 mars 2018, 58p; Bénin.*
  12. FAO. (2008). *Investing in Sustainable Agricultural Intensification, the role of Conservation Agriculture. Part III – a framework for action. An international technical workshop investing in sustainable crop intensification : The case for improving soil health, FAO, Rome : 22-24 July 2008. Integrated Crop Management, 6-2008.* [www.google.com](http://www.google.com)
  13. Galliano D. & Nadel S. (2013). *Les déterminants de l'adoption de l'éco-innovation selon le profil stratégique de la firme : Le cas des firmes industrielles françaises. Revue Economique et Industrielle 2ème trimestre 2013, 77-110.* [www.google.com](http://www.google.com) (consulté le 22/07/2018)
  14. Gouraud V., Bagliniere J. L., Baran P., Sabaton C., Lim, P. & Ombredane, D. (2001). *Factors regulating brown trout populations in two French rivers : Application of a dynamic population model - Regulated Rivers-Research & Management -Vol. 17, n° 4-5, pp. 557-569.*
  15. INSAE. (2015). *Les échanges extérieurs du Bénin en 2014, grands traits du commerce extérieur au Bénin, 26p.*
  16. N'Guessan K. A., Kouakou K. E., Alui K. A. & YAO K. A. (2019). *Stratégies et pratiques paysannes de gestion durable de la fertilité des sols dans le département de Korhogo au Nord de la Côte d'Ivoire. Afrique SCIENCE 15(4) (2019) 245—258 ISSN 1813-548X, <http://www.afriquescience.net>.*



17. Pelt J. M. (2001). *La terre en héritage*. Fayard, 280 p. [www.google.com](http://www.google.com) (consulté le 22/07/2018).
18. Pichot J. P., Sedego M., & Deguine J.-P. (2006). *De nouveaux défis pour la recherche cotonnière dans un contexte difficile*. *Cah. Agric.*, 15(1), 150-157, [http://www.john-libbey-eurotext.fr/fr/revues/agro\\_biotech/agr/edocs](http://www.john-libbey-eurotext.fr/fr/revues/agro_biotech/agr/edocs).
19. Sanou K., Amadou S., Adjegan K. & Tsatsu K. D. (2018). *Perception et stratégies d'adaptation des producteurs agricole aux changements climatiques au nord-ouest de la région des savanes du Togo*. *Agronomie Africaine* 30 (1) : 87—97 (2018).
20. Seye B., Arouna A., Sall S. N. & Ndiaye, A. A. (2017). *Impact de l'adoption des semences certifiées des variétés améliorées de riz sur le taux de pauvreté: Cas du Bénin*. *Cahiers du Centre Béninois de la Recherche Scientifique et de l'Innovation*, 11:96 – 103.
21. Silvie P., Martin J. & Debru J. (2009). *Contraintes agronomiques*, *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.* 2010 14(2),311-320.
22. Uphoff N. (2008). *Opportunities for overcoming productivity constraints with biologically-based approaches*;
23. Vall E., Dugue P. & Blanchard M. (2006). *Le tissage des relations agriculture-élevage au fil du coton*. *Cah. Agric.*, 15(1), 72-79, [http://www.john-libbey-eurotext.fr/fr/revues/agro\\_biotech/agr/edocs](http://www.john-libbey-eurotext.fr/fr/revues/agro_biotech/agr/edocs).
24. Van der Werf H. M. G. (1996). *Assessing the impact of pesticides on the environment -Agriculture, Ecosystems & Environment -Vol. 60, n° 2-3, pp. 81-96*. [www.google.com](http://www.google.com) (consulté le 22/07/2018).

**Tri phytochimique et activité antibactérienne des extraits hydroacétoniques de *Baphia nitida* (Fabaceae) sur *Shigella* spp et *E. coli*, deux entérobactéries impliquées dans les diarrhées infantiles à Daloa, Côte d'Ivoire**

*Djako Sosthène Thierry Akré*

*Kan Benjamin Kouamé*

*Obou Constantin Okou*

*Daouda Diakitè*

*Jacques Auguste B. A. Ackah*

UFR Agroforesterie Département de Biochimie-Microiologie

Laboratoire d'Agrovalorisation,

Université Jean Lorougnon Guedé de Daloa, Côte d'Ivoire

*Allico Joseph Djaman*

UFR Biosciences Université Félix Houphouet Boigny, Abidjan,

Côte d'Ivoire. Institut Pasteur de Côte d'Ivoire

[Doi:10.19044/esj.2023.v19n12p48](https://doi.org/10.19044/esj.2023.v19n12p48)

Submitted: 16 September 2023

Accepted: 24 April 2023

Published: 30 April 2023

Copyright 2023 Author(s)

Under Creative Commons BY-NC-ND

4.0 OPEN ACCESS

*Cite As:*

Akré D.S.T., Kouamé K.B., Okou O.C., Diakitè D., Ackah J.A.B.A. & Djaman A.J. (2023). *Tri phytochimique et activité antibactérienne des extraits hydroacétoniques de Baphia nitida* (Fabaceae) sur *Shigella* spp et *E. coli*, deux entérobactéries impliquées dans les diarrhées infantiles à Daloa, Côte d'Ivoire. *European Scientific Journal, ESJ*, 19 (12), 48.

<https://doi.org/10.19044/esj.2023.v19n12p48>

## Résumé

**Introduction :** Dans le but de contribuer à une prise en charge efficiente des diarrhées infantiles et des troubles gastrointestinales, nous avons évalué l'activité antibactérienne des extraits des organes (feuilles tiges et racines) de *Baphia nitida*, une plante de la pharmacopée ivoirienne. **Méthodes :** Ainsi, un tri phytochimique des extraits hydroacétoniques d'organes de *B. nitida* à partir des réactions de précipitations et de colorations suivi des tests de sensibilité antimicrobienne sur *Shigella* spp et *E. coli* ATCC 25922 ont été réalisés. **Resultats :** Les résultats obtenus ont montré que les trois organes de plante étaient riches en polyphénols, flavonoïdes, alcaloïdes et tanins cathéchiques.

En plus, les extraits des feuilles de *B. nitida* ont présenté une plus grande diversité avec d'autres métabolites secondaires qui étaient faiblement représentés. Les extraits de *B. nitida* se sont révélés bactéricides pour les deux souches testées. Ces actions seraient dose –dépendante avec une inhibition maximale à  $c = 100$  mg/mL. Les extraits des feuilles ont montré une activité antibactérienne plus efficace que les extraits de tiges, eux mêmes plus actifs que les extraits de racines. *Conclusion* : Les souches d'*E. coli* testées se sont révélées plus sensibles que celles de *Shigella spp* pour les trois types d'organes de *B. nitida*. Les extraits des organes de *B. nitida* (en particulier les feuilles) pourraient constituer une alternative pour le traitement des diarrhées et une nouvelle source de molécules naturelles antiinfectieuses.

---

**Mots-clés:** Tri phytochimique, *Baphia nitida*, CMI, *E. coli*, *Shigella sp.*

---

## **Phytochemical Screening and Antibacterial Activity of Hydroacetone Extracts of Baphia Nitida (Fabaceae) on Shigella spp and E. coli, Two Enterobacteria Associated with Children's Diarrhea in Daloa, Côte d'Ivoire**

*Djako Sosthène Thierry Akré*

*Kan Benjamin Kouamé*

*Obou Constantin Okou*

*Daouda Diakité*

*Jacques Auguste B. A. Ackah*

UFR Agroforesterie Département de Biochimie-Microiologie

Laboratoire d'Agrovalorisation,

Université Jean Lorougnon Guedé de Daloa, Côte d'Ivoire

*Allico Joseph Djaman*

UFR Biosciences Université Félix Houphouet Boigny, Abidjan,

Côte d'Ivoire. Institut Pasteur de Côte d'Ivoire

---

### **Abstract**

*Introduction* : In order to contribute to an efficient management of infantile diarrhea and gastrointestinal disorders, we evaluated the antibacterial activities of extracts of organs (leaves, stems and roots) of *Baphia nitida*, a plant of the Ivorian pharmacopoeia. *Methods* : Thus, a phytochemical screening of hydroacetone extracts of *B. nitida* organs based on precipitations and staining reactions followed by antimicrobial susceptibility tests on *Shigella spp* and *E. coli* ATCC 25922 were performed. *Results* : The results obtained revealed that the three plant organs were abundant in polyphenols,

flavonoids, alkaloids and catechic tannins. In addition, the extracts from the leaves of *B. nitida* exhibited a greater diversity of other secondary metabolites that were weakly represented. *B. nitida* extracts were found to be bactericidal for both strains tested. These actions appeared to be dose-dependent with maximum inhibition at  $c = 100$  mg/mL. The leaves extracts showed a more effective antibacterial activity than the stem extracts, which were more effective than the root extracts. *Conclusion* : The *E. coli* strains tested were more sensitive than *Shigella* spp. for all three types of *B. nitida* organs. The extracts of *B. nitida* organs (especially the leaves) could be an alternative for the treatment of diarrhoea and a new source of natural antibacterial molecules.

---

**Keywords:** Phytochemical screening, *Baphia nitida*, MIC, *E. coli*, *Shigella* sp.

## Introduction

La diarrhée est la 2<sup>ème</sup> cause de mortalité chez les enfants de moins de 5 ans dans le monde dont la plupart sont originaires des pays en voie de développement d'Afrique subsaharienne ou d'Asie du sud (MSF, 2016, OMS, 2017). En effet, il existerait environ 1,7 milliard de cas de diarrhées infantiles par an à l'échelle mondiale. Les diarrhées infectieuses sont courantes dans le monde. Les agents pathogènes les plus incriminés sont les *Rotavirus*, *E. coli*, *Shigella* et *Cryptosporidium* (OMS, 2017). Malgré les progrès enregistrés grâce à la sensibilisation et à la vaccination, le nombre de décès infantiles lié aux cas de diarrhées reste toujours élevé (soit 525.000 décès/an) (OMS, 2017). Aussi, l'émergence des nombreux cas de résistances bactériennes aux antibiotiques va amener les scientifiques à explorer d'autres sources de molécules thérapeutiques (Fatna et al, 2009 ; Ben & Khedher, 2010).

Les populations africaines a u x revenus modestes vont se tourner résolument vers l'utilisation des plantes pour leurs problèmes de santé. En effet, la flore tropicale africaine riche et diversifiée, contient une multitude de plantes qui contribuent à la satisfaction des besoins nutritionnels, médicinales et à l'activité économique des populations. Mais, on constate que ces ressources agricoles sont insuffisamment valorisées. Plusieurs investigations vont être réalisées au plan ethnobotanique et phytochimique, afin d'apporter une justification scientifique quant à l'utilisation traditionnelle des plantes médicinales (Perez *et al*, 2006 ; Terra *et al*, 2007 ; Burta *et al*, 2008 ; Cazarolli *et al*, 2008 ; Yang *et al*, 2008). Les composés extraits de ces plantes médicinales assuraient la prévention et le traitement de certains cancers, des maladies inflammatoires, les maladies de la reproduction, les maladies cardiovasculaires et neurodégénératives (Li-Weber, 2009 ; Bonfili *et al.*, 2008, Houmènou *et al.*, 2017). Certains de ces composés sont également utilisés comme additifs dans les industries

agroalimentaires, pharmaceutiques et cosmétiques (Teillet *et al.*, 2008).

La grande majorité des plantes ou principes actifs utilisés en médecine traditionnelle reste encore peu étudiée voire inconnue. Parmi ces plantes médicinales étudiées figure *Baphia nitida* utilisée en phytothérapie en Côte d'Ivoire pour divers maux (Koné, 2005). *B. nitida* est une espèce de Fabaceae retrouvée dans toutes les savanes et les forêts d'Afrique de l'ouest. A l'instar des autres plantes médicinales, les feuilles et les écorces de *Baphia nitida* sont douées d'activités antihelminthiques, anti diarrhéiques et anticancéreuses (Koné, 2005; Adeyemi & Akindele, 2008 ; Kablan *et al.*, 2011). A notre connaissance, aucune étude scientifique exhaustive concernant les propriétés antibactériennes des extraits totaux de *B. nitida* n'a encore été réalisée. C'est pourquoi cette étude qui s'est intéressée à l'activité antibactérienne des extraits d'organes (feuilles, tiges et racines) de *B. nitida* a trouvé tout son sens. L'objectif général de cette étude était de mettre en évidence l'activité antibactérienne des extraits des organes de *B. nitida*. Pour ce faire, nous allons identifier les groupes chimiques des métabolites secondaires présents dans ces organes par les tris phytochimiques et évaluer l'activité antibactérienne des extraits de ces trois organes sur la croissance des souches de *Shigella spp* et d'*E. coli*.

## **1. Matériel et Méthodes**

### **1.1. Cadre d'étude**

Cette étude s'est déroulée sur une période de quatre mois allant de Novembre 2019 à Février 2020. Le matériel végétal était constitué de feuilles, de tiges et de racines de *B. nitida* (Figure 1). Ces organes de plante ont été récoltés dans une jachère près de la forêt aux singes du village de Gbétitapéa sur l'axe Issia-Daloa, à 10 km de la ville de Daloa. Ces échantillons ont été transportés au Laboratoire d'Agrovalorisation à l'Université Jean Lorougnon Guédé de Daloa (Côte d'Ivoire) où l'identification a été réalisée par un enseignant-chercheur de l'Unité d'Enseignement de Botanique.

### **1.2. Matériel**

#### **1.2.1. Matériel technique**

L'essentiel du matériel technique est composé des appareillages nécessaires pour les extractions des principes actifs ; des réactifs pour les tests d'identification des composés et des milieux de cultures pour l'étude des propriétés antibatériennes.

#### ***Appareillage***

L'appareillage était composé d'un broyeur mécanique (Retchsk 100), d'un mixeur (Moulinex®) pour les macérations, d'une étuve (Prolabo®)

pour les séchages des extraits, d'une balance de précision (Ohaus®) pour les différentes pesées, d'un autoclave (Mammoth Newmed®) et d'un bain-marie (Polystest 12).

### ***Les réactifs***

Plusieurs réactifs ont été utilisés pour le triphytochimique. Ainsi, pour la recherche des polyphénols on a le chlorure ferrique ( $\text{FeCl}_3$ ) à 2% qui donne une coloration bleu-noirâtre ou verte. Pour rechercher des flavonoïdes on a utilisé la cyanidine (alcool chlorhydrique + alcool n-amylique + magnésium). La recherche des tanins a été réalisée en présence de chlorure ferrique ( $\text{FeCl}_3$ ) à 1% + eau distillée et le réactif de Stiasny, donnant une coloration verdâtre ou bleu noir (tanins galliques) ou des flocons (tanins cathéchiques). La solution d'acide chlorhydrique donne un précipité rouge en présence de phlobatanins. Les solutions d'acide sulfurique et d'hydroxyde d'ammonium donnent une coloration bleue violacée en présence d'anthocyanes. Les solutions de KOH ou NaOH en présence d'antraquinones donnent une coloration rouge. Le réactif de Bornstraeger donne une coloration rouge ou violette en présence des composés quinoniques ou anthracénosides. Les solutions d'anhydride et d'acide sulfurique donnent une coloration violette virant au bleu puis au vert en présence de stérols et polyterpènes. Le réactif de Dragendorff donne une coloration orangée ou des précipités en présence des alcaloïdes. Les saponosides produisent une mousse abondante dans l'eau distillée. Les acides aminés produisent une coloration bleue – violette par action de la ninhydrine. Les indoles précipitent en jaune par action du réactif de Salkowski (mélange de 3 mL d'une solution aqueuse de chlorure de fer (III) à 1,5 mol/L, 100 mL d'eau distillée et 60 mL d'acide sulfurique concentré). La cyanidine réagit avec les leucoanthocyanes pour donner une coloration rouge cerise ou violacée.

### ***Milieux de cultures***

Les milieux d'identifications tels que les géloses SS et Rapid *E. coli* 2, ont été utilisées pour confirmer la nature des souches bactériennes. La gélose Mueller Hinton (MH) (Conda Pronadisa®) et le bouillon (BK048), préparés à partir de milieux déshydratés, ont été utilisés respectivement pour les tests de sensibilités et la vivification des souches.

## **1.2.2. Matériel biologique**

### ***Matériel végétal***

La récolte des organes de plantes a été effectuée le dimanche 03 Novembre 2019 de 07 h à 09 h 00 (GMT). Une fois récoltée, la plante a été identifiée par un enseignant-chercheur en Botanique de l'UFR Agroforesterie de l'Université Jean Lorougnon Guédé de Daloa. Les feuilles,

les écorces et les racines de *B. nitida* récoltées ont été séchées à température ambiante à l'abri de la lumière au Laboratoire d'Agrovalorisation, durant 21 jours pour les feuilles, 30 jours pour les écorces de tige et 35 jours pour les racines. La matière sèche obtenue est réduite en poudre à l'aide d'un broyeur électrique (Retschsk100) pour faciliter l'extraction des principes actifs. Les différentes poudres obtenues sont conservées à l'abri de la lumière dans des boîtes en verre pour servir ensuite à la préparation des différents extraits végétaux.



### ***Souches bactériennes.***

La souche clinique de *Shigella spp.* 1055 a été isolée de selles de patient au Laboratoire d'Analyses Médicales du Centre Hospitalier Régional (CHR) de Daloa et la souche de référence *E. coli* ATCC 25922 a été fournie par le Laboratoire de Bactériologie-Virologie de l'Institut Pasteur de Côte d'Ivoire.

## **1.3. Méthodes**

### **1.3.1. Extraction du matériel végétal**

L'extraction solide-liquide a consisté à extraire une substance solide à l'aide d'un solvant par macération. Ainsi, 100 g de poudre de chaque organe de *B. nitida* ont été extraits dans un volume de 1L de solution hydroacétonique (70/30 ; v/v), après homogénéisation dans un mixeur. L'extraction par macération a été effectuée à froid à 37°C pendant 24 heures. Cette opération a été répétée 2 fois durant 48 heures. Les filtrats obtenus ont été scindés en 2 parties. Une partie a servi à la caractérisation des familles des composés actifs et l'autre partie évaporée et séchée à l'étuve à la température de 60 °C servira à l'évaluation de l'activité antimicrobienne. Le rendement qui représente le pourcentage d'extrait sec obtenu à partir de la masse de

poudre végétale utilisée, a été calculé selon la formule suivante:

$$R (\%) = M_1 \times 100 / M_0.$$

R représente le rendement de l'extrait exprimé en pourcentage (%),  $M_1$  est la masse moyenne de l'extrait sec obtenu (en g) et  $M_0$  la masse de poudre végétale sèche initiale (en g) utilisée au cours de l'extraction (Dinzedi, 2015).

### 1.3.2. Caractérisation qualitative des métabolites secondaires

La mise en évidence des métabolites secondaires était réalisée à partir des réactions de précipitation ou de coloration à l'aide des réactifs spécifiques développés par Wagner (1983), Houghton & Raman (1998) et Edeoga *et al.* (2005). Les réactions des précipitations ont mis en évidence les tanins et les alcaloïdes. Les réactions de coloration ont révélé la présence des polyphénols, des flavonoïdes, des anthocyanes, des terpènes, des quinoniques et des anthraquinones.

#### *Détection des polyphénols*

Elle a été réalisée à partir de 2 mL de l'extrait hydroacétonique des différentes parties de *B. nitida* (feuille, racine, tige) réparties dans des tubes étiquetés auxquels sont additionnés une goutte de solution aqueuse de chlorure ferrique ( $FeCl_3$ ) à 2%. La présence des polyphénols est mise en évidence par l'apparition d'une couleur bleu-noirâtre ou verte (Wagner, 1983).

#### *Détection des flavonoïdes*

Dans un tube à essai, à 2 ml d'infusé sont ajoutés 2 mL d'alcool chlorhydrique (mélange équimoléculaire d'éthanol à 95%, d'eau distillée et d'acide chlorhydrique concentré), 1 mL d'alcool n-amylique puis quelques copeaux de magnésium. L'apparition d'une coloration rose-orangée (flavones) ou rose-violacée (flavanones) ou rouge (flavonones, flavanonols) rassemblée dans la couche surnageante d'alcool isoamylique indique la présence d'un flavonoïde libre (génine). Les colorations sont moins intenses avec les hétérosides flavoniques (Wagner, 1983).

#### *Détection des tanins*

Dans un Erlenmeyer, on met 5 g de poudre dans 100 mL d'eau bouillante. Après infusion pendant 15 mn, on filtre et on complète le filtrat à 100 mL avec de l'eau distillée. Cinq (5) mL d'infusée à 5% est placé dans un tube à essai, puis on y ajoute 1 mL d'une solution aqueuse de  $FeCl_3$  à 1%. En présence des tanins galliques, il se développe une coloration verdâtre ou bleue noir. Les tanins catéchiques sont révélés à partir du réactif de Stiasny (Edeoga *et al.*, 2005 ; Koffi *et al.*, 2015).



### ***Détection des phlobatanins***

On fait bouillir l'extrait aqueux contenant 1% d'une solution d'acide chlorhydrique. L'apparition d'un précipité rouge traduit la présence de phlobatanins (Wagner, 1983).

### ***Détetion des anthocyanes***

A 5 mL d'infusé à 5% présentant une coloration plus ou moins foncée, on ajoute 5 mL d'acide sulfurique puis 5 mL d'hydroxyde d'ammonium. Si la coloration s'accroît par acidification puis vire au bleu violacé en milieu basique, on peut conclure la présence d'anthocyanes (Wagner, 1983).

### ***Détection des anthraquinones***

A 5 mL d'extrait des broyats, on ajoute un volume équivalent d'hydroxyde de potassium (KOH) aqueux 10%. Après agitation, la présence des anthraquinones est confirmée par un virage de la phase aqueuse au rouge. Le KOH peut être remplacé par le NaOH (Wagner, 1983).

### ***Détection des quinones***

On utilise le réactif de Borntraeger (ammoniaque dilué 2 fois), qui permet la mise en évidence des substances quinoniques. On évapore 2 mL d'extrait de ces trois organes. Le résidu est repris avec 5 mL de HCl (1/5) puis mis à ébullition pendant 30 min au bain-marie dans un tube à essai. Après refroidissement sous courant d'eau froide, l'hydrolysate est extrait avec 20 mL de chloroforme dans un tube à essai. A la phase organique recueillie, on ajoute 0,5 mL d'ammoniaque dilué 2 fois. Le virage de la coloration au rouge ou violet indique la présence de composés quinoniques (Wagner, 1983).

### ***Détection des anthracénosides***

Cinq gramme (5g) de broyat de chaque organe de la plante sont macérés à l'hydro-acétone dans un tube à essai pendant 15 min, en agitant toutes les 5 min. La solution est ensuite filtrée sur du papier filtre avec du coton hydrophile dans un tube puis additionnée de 2 mL d'ammoniaque. Après agitation, l'apparition d'une coloration rouge indique la présence d'anthracénosides (Wagner, 1983).

### ***Stérols et triterpènes***

Un volume de 5 mL de la solution à analyser est évaporé à sec dans une capsule sur un bain de sable. Le résidu obtenu est dissout à chaud dans 1 mL d'anhydride acétique puis transvasé dans un tube à essai auquel est ajouté 0,5 mL d'acide sulfurique concentré. La réaction est positive s'il y

a apparition d'un anneau pourpre ou violet virant au bleu puis au vert (Wagner, 1983).

### ***Détection des alcaloïdes***

A 2 mL d'extrait on ajoute quelques gouttes de réactif de Dragendorff. L'apparition de coloration orangée ou de précipité indique la présence d'alcaloïdes. Si le test est positif, il faut confirmer cette présence de polyphénols par le test Réactif de Nessler. A 2 mL d'extrait, on ajoute deux à trois gouttes de réactif de Nessler. L'apparition d'un précipité jaunâtre indique la présence d'alcaloïdes (Harbone, 1973 ; Wagner, 1983).

### ***Détection des saponosides***

Introduire 1 g de poudre végétale dans un erlenmeyer de 250 mL. Ajouter 100 mL d'eau distillée. Chauffer légèrement le mélange. Filtrer, refroidir et compléter à 100 ml avec de l'eau distillée. Dans un tube à essai, introduire 10 mL du filtrat et agiter vigoureusement pendant 15 secondes. Placer le tube verticalement pendant 15 min. Si la mousse persiste au bout de cette période, la drogue végétale contient des saponines (Wagner, 1983).

### ***Détection des acides aminés***

Mettre 1 mL de la solution à tester (extrait) dans un tube à essai, puis y ajouter 1 mL de solution de ninhydrine fraîchement préparée. Si la coloration n'apparaît pas de suite, chauffer au bain marie ou au bec bunsen. Si une coloration bleu-violet apparaît, alors le test est positif : il y a présence d'acides aminés. La solution de ninhydrine est obtenue par mélange de 0,2 g de Ninhydrine, 95 mL de butan-1-ol et 10 mL d'acide acétique à 0,1 mol/L. Le tryptophane est utilisé comme témoin positif (Wagner, 1983).

### ***Détection des indoles***

A 2 mL d'extrait contenu dans un tube à essai, on ajoute deux à trois gouttes de réactif de Salkowski. L'apparition d'un précipité jaunâtre indique la présence d'indoles (Wagner, 1983).

### ***Détection des leucoanthocyanes***

Les leucoanthocyanes sont caractérisés par la réaction à la cyanidine sans ajout de copeaux de magnésium avec un chauffage pendant 15 min au bain-marie. En présence de leucoanthocyanes, il se développe une coloration rouge cerise ou violacée. Les catéchols donnent une teinte brun-rouge (Wagner, 1983).

### **1.3.3. Evaluations des activités antibactériennes des extraits de *B. nitida***

L'étude de l'activité antibactérienne a été réalisée suivant 2 méthodes: la méthode de diffusion sur milieu solide afin de déterminer la concentration efficace des extraits et la méthode de dilution en milieu liquide pour déterminer les paramètres antibactériens (CMI et CMB) (Koné *et al.*, 2007).

#### ***Méthode de diffusion en milieu gélosé.***

L'inoculum bactérien est ensemencé par inondation de la surface de la gélose MH. L'excès d'inoculum est rejeté puis la gélose est séchée pendant 3h à l'étuve à 37°C. Ensuite, faire des puits à l'aide d'une pipette pasteur de diamètre 6 mm et ajouté une goutte du milieu (40µL) dans chaque puits. Enfin, ajouté une goutte (40µL) de concentrations d'extraits préparées et mettre à l'étuve pour incubation. Après 18H à 24H d'incubation des boîtes, la présence ou non d'une zone d'inhibition a été observée. Puis le diamètre a été mesuré à l'aide d'une règle graduée. Les résultats ont été exprimés en millimètre puis interprétés.

#### ***Méthode de dilution en milieu liquide***

##### ***Dénombrement de l'inoculum bactérien***

Les souches bactériennes ont été revitalisées par deux passages successifs par la méthode des stries sur des boîtes de géloses de Mueller Hinton (M.H). L'inoculum pur a été préparé selon la méthode de Toty *et al.* (2013). Cet inoculum pur a été utilisé pour réaliser le dénombrement (ou numération) des souches de  $10^{-1}$  à  $10^{-4}$ . Ainsi, une goutte (soit 40µL) de chaque suspension diluée et l'inoculum pur ont été ensemencés par stries parallèles sur une gélose M.H puis incubée à 37 °C / 24H. Cette boîte de dénombrement permettra de déterminer la CMB par lecture comparative de l'abondance des colonies à  $10^{-4}$  et les cultures réalisées à partir des tubes de CMI (avec absence de trouble).

#### ***Détermination de la Concentration Minimale Inhibitrice (CMI)***

La CMI se définit comme étant la plus petite concentration d'extrait de *B. nitida* pour laquelle il n'y a pas de croissance visible à l'œil nu (Okou & Yapo, 2018). Pour chaque essai 2 séries de 8 tubes ont été préparées (une série témoin et une série test).

Pour la série test, les sept (7) premiers tubes ont été numérotés de 1 à 7 dont le dernier tube codifié TC a servi de tube témoin de croissance du germe bactérienne. Pour la réalisation de ce test, 1 ml d'eau distillée est distribuée dans chaque tube d'expérience (T1 à T6) et le tube TC. Par la suite, 1 mL d'extrait concentré de *B. nitida* à 200 mg/mL est incorporé au tube T1 ( $C_1=100$  mg/mL). Une série de double dilution est obtenue de T2

à T<sub>6</sub> par addition de 1mL de mélange (T<sub>1</sub>) dans T<sub>2</sub> puis T<sub>2</sub> à T<sub>3</sub> et ainsi de suite jusqu'à T<sub>6</sub>. On obtient une concentration finale à T<sub>6</sub> (C<sub>6</sub>=3,125 mg/mL). Au tube témoin d'extraction (TE) on ajoute 2 mL d'extrait total à 200 mg/mL. Après la réalisation de cette gamme de dilution 1 mL d'*inoculum* bactérien est incorporé dans chaque tube (de T<sub>1</sub> à T<sub>6</sub>) et TC.

Pour la réalisation de la série de référence, l'opération précédente a été répétée. Cependant, en lieu et place de l'*inoculum* pur, l'eau distillée stérile a été utilisée. Aussi, à la place du tube de contrôle de croissance de la série test, il y a un tube témoin de contrôle de stérilité (TS). Les tubes de la série test et de la série de référence ont été incubés pendant 18 h à 24 h à 37 °C.

Les CMI des différents extraits pour les souches ont été déterminées par comparaison des tubes de mêmes concentrations entre les tubes de la série de référence et ceux de la série test. Cette concentration a été déterminée par lecture à l'œil nu, contre une source de lumière du jour, à la recherche d'une absence de turbidité (Okou & Yapo, 2018).

#### ***Détermination de la Concentration Minimale Bactéricide (CMB)***

La CMB est considérée comme la plus petite concentration d'extrait de plante pour laquelle, il y a 1/10000 des bactéries survivantes, comparativement à la numération de l'*inoculum* de départ (Okou & Yapo, 2018). Ainsi, les tubes où il y a une absence de croissance visible à l'œil nu après la détermination de la CMI et le tube témoin de croissance (TC) ont étéensemencés par des stries parallèles de 5 cm sur une gélose M.H. Un dénombrement a été réalisé pour le tube témoin de croissance (TC) de 10<sup>-1</sup> jusqu'à la dilution 10<sup>-4</sup>. Les différentes dilutions ont été par la suiteensemencées suivant les stries de 5 cm, dans une autre boîte gélosée de M.H. Les boîtesensemencées ont été incubés à 37 °C pendant 18 H à 24 H. La CMB correspond à la concentration qui présente une densité de culture semblable à celle de la dilution 10<sup>-4</sup> du témoin de croissance (TC). Ensuite, le rapport CMB/CMI qui permet de démontrer l'efficacité d'un médicament a été évalué. Selon Marmonier (1990), lorsque ce rapport est inférieur ou égal à 4, la drogue testée est bactéricide, mais s'il est supérieur à 4, la substance testée est bactériostatique.

#### **1.4. Analyses statistiques**

Les valeurs des paramètres mesurées ont été exprimées sous forme de série statistique. Les analyses statistiques des résultats ont été réalisées dans la base de donnée générée en excel. Les test de khi2 de Pearson a été utilisée pour comparer les moyennes au seuil  $\alpha= 5\%$ .

## 2. Résultats et discussion

### 2.1. Résultats

#### 2.1.1. Rendements de l'extraction des différents organes de *B. nitida*.

Les rendements en extraits secs ont été déterminés pour 100 g de matière végétale (broyat) ( $M_0$ ). Les masses moyennes des extraits secs ( $M_1$ ) ont été déterminées après pesages (Tableau 1). La masse d'extrait sec obtenue pour les feuilles est supérieure à celle obtenue pour les écorces de tiges et les racines. D'après les test de Khi2 de comparaison des moyennes, nous pouvons affirmer que les extraits des feuilles ont été plus concentrés en principes actifs que les tiges et les racines.

**Tableau 1.** Rendement d'extraction des différents organes de *B. nitida*

Organes de <i>B. nitida</i>	Masse de matière sèche végétale ( $M_0$ ) en (g)	Masse moyenne de l'extrait sec ( $M_1$ ) en (g)	Rendement (%)
Feuilles	100	20,7 ± 0,07	20,7
Tiges	100	15,1 ± 0,05	15,1
Racines	100	13,9 ± 0,03	13,9

$M_0$  : masse de la poudre avant l'extraction.  $M_1$  : masse moyenne de l'extrait sec obtenu. Le test khi2 avec les paramètres suivants degré de liberté (dl) est égale à 2, seuil de probabilité choisi est 5% et la valeur critique est de 5,9915 (voir la table). Le calcul de khi2 pour les feuilles, la tige et la racine sont respectivement 0.7569, 3.9601 et 4.9729. La valeur de khi2 pour le test est de 9,5728 contre 5,9915. La valeur de khi2 étant supérieur à la valeur critique des paramètres obtenus, on peut affirmer que les paramètres obtenus sont dépendant des uns et autres.

#### 2.1.2. Profilage phytochimique des extraits de *B. nitida*

Le tri phytochimique de l'extrait hydroacétonique de *B. nitida* a mis en évidence la présence de plusieurs composés phytochimiques. Les polyphénols, les alcaloïdes, les tannins catéchiques et les flavonoïdes sont les composés majoritaires et présents dans tous les organes. L'indole est le seul composé présent dans les tiges et les racines alors que les stérols et les terpènes sont les composés communs aux feuilles et aux racines. Les phlobatanins, les leucoanthocyanes et anthraquinones sont présents dans les feuilles. Les anthracénoïdes présents dans les racines. Les glycosides cardiolipidiques, les composés quinoniques, les aminoacides, les saponosides et les anthocyanes n'ont pas été détectés. Les résultats des criblages phytochimiques sont résumés dans le Tableau 2.

**Tableau 2.** Tri phytochimique sur les extraits hydroacétoniques d'organes de *B. nitida*

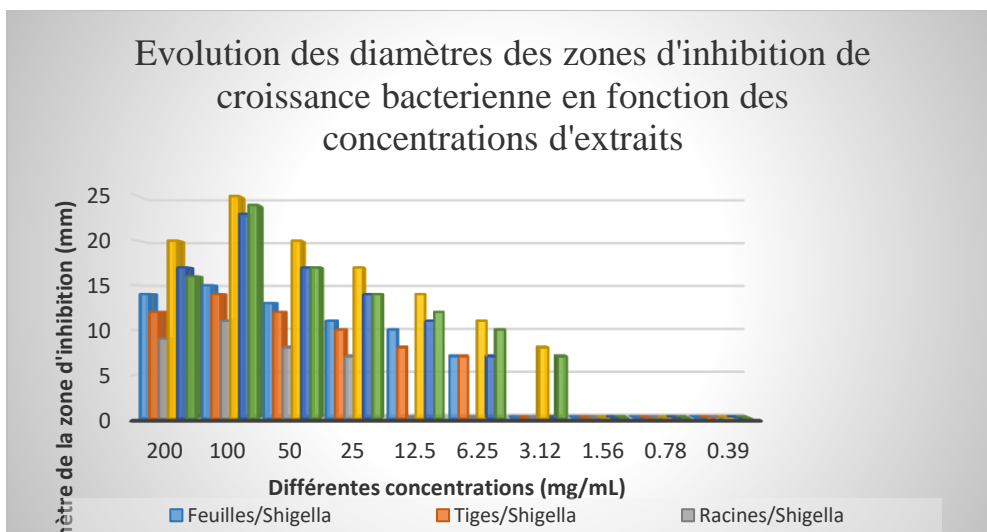
Familles de métabolites secondaires	Extraits aqueux des différents organes de <i>B. nitida</i>		
	Feuille	Tige	Racine
Polyphénols	++	+++	+++
Flavonoïdes	+	+	-
Alcaloïdes	+++	++	+
Tanin catéchique	+	+	+
Tanin gallique	-	-	-
Anthracénosides	-	-	-
Stérols et polyterpènes	+	-	+
Phlobatanin	+	-	-
Glycosides cardiotoniques	-	-	-
Quinones	-	-	-
Acides aminés	-	-	-
Saponosides	-	-	-
Anthocyane	-	-	-
Leucoanthocyane	+	-	-
Anthraquinone	+	-	-
Indole	-	+	+

(+) = présence, (-) = absence, (++)= abondant ; (+++)= très abondant

### 2.1.3. Evaluation de l'action des différentes concentrations des extraits sur la croissance bactérienne

La **Figure 2** présente l'évolution des diamètres d'inhibition de la croissance des bactéries en fonction des concentrations des extraits des organes de *B. nitida*. Les extraits de *B. nitida* ont été plus actives sur la souche d'*E. coli* que sur *Shigella sp.* Les diamètres d'inhibition diminuaient lorsque le facteur de dilution augmentait. Ceci traduit un effet dose dépendant en fonction des concentrations croissantes des extraits d'organes pour les 2 souches étudiées. Ainsi, pour la souche de *Shigella sp.*, on observe une variation importante au niveau des activités des différentes fractions d'organes. De plus, l'effet d'inhibition de la croissance bactérienne disparaît totalement à la concentration  $c = 3,12$  mg/mL (pour la dilution  $d = 1/64$ ). L'inhibition maximale est obtenue à la concentration  $c = 100$  mg/mL avec un diamètre d'inhibition  $D = 15$  mm pour les extraits des feuilles. Pour cette souche, les extraits de racines ont été moins actives.

Pour la souche d'*E. coli*, les activités sont très proches car les diamètres d'inhibition sont peu variables pour des concentrations d'extraits identiques. Néanmoins, l'inhibition disparaît lorsque la concentration atteint un seuil minimum de  $c = 1,56$  mg/mL ( $d = 1/128$ ) pour les extraits de feuilles et racines. Cette inhibition est maximale à la concentration de  $c = 100$  mg/mL pour les extraits de feuilles avec un diamètre d'inhibition  $D = 25$  mm.



**Figure 2.** Evolution de l'inhibition de la croissance des souches en fonction des concentrations des extraits d'organes de *B. nitida*

#### 2.1.4. Détermination de la CMI et de la CMB des extraits des extraits

L'évolution de la croissance des souches de *Shigella spp* et d'*E. coli* en milieu liquide à différentes concentrations d'extraits a permis de déterminer les CMI pour les souches de *Shigella spp* ( $c = 12,5$  mg/mL pour les feuilles et tige et  $c = 50$  mg/mL pour les racines) et pour *E. coli* ( $c = 6,25$  mg/mL pour les feuilles et racine et  $c = 12,5$  mg/mL pour la tige). Les rapports CMI/CMB ont montré que les extraits hydroacétoniques de *B. nitida* étaient bactéricides (Tableau 3).

**Tableau 3.** Evaluation du rapport CMI/CMB en fonction des activités des extraits

Souches microbiennes	Organes	CMI (mg/mL)	CMB (mg/mL)	CMI/CMB	Interprétation
<i>Shigella spp</i> 1055	F	12,5	12,5	1	Bactéricide
	T	12,5	12,5	1	Bactéricide
	R	50	50	1	Bactéricide
<i>E. coli</i> ATCC 25922	F	6,25	12,5	1/2	Bactéricide
	T	12,5	25	1/2	Bactéricide
	R	6,25	12,5	1/2	Bactéricide

## 2.2. Discussion

La tige de *Baphia nitida* a révélé une présence abondante en polyphénols, alcaloïdes, flavonoïdes, tanins cathéchiques et en indoles qui pourraient expliquer son action action antidiarrhéique. Ces résultats sont en accord avec les travaux de Bruneton (1999) qui a montré l'utilisation des tanins comme antidiarrhéique sur les diarrhées infectieuses de moins de 3 a

4 jours. Selon Biaye (2002) les tanins auraient aussi des activités antiseptiques, bactéricides et antioxydantes. Les résultats de cette étude sont similaires à ceux de Kablan et *al.* (2011) réalisés sur 10 plantes médicinales utilisées dans le traitement traditionnel du cancer de sein en Côte d'Ivoire. Ces auteurs ont aussi isolés dans les feuilles de *Baphia nitida* les stérols, les polyterpènes, les tanins, les composés phénoliques et les flavonoïdes.

Environ 20 % des espèces de plantes produisent des alcaloïdes. Dans nos travaux, les alcaloïdes ont été retrouvés dans tous les organes de la plante. Les alcaloïdes en général sont biologiquement actifs. Ils entrent dans la composition de nombreux médicaments comme principe actif. Les plantes les utilisent dans leur système de défense contre les herbivores et les pathogènes, car ces composés sont toxiques. Du fait de leurs rôles physiologiques ou de leurs activités biologiques spécifiques, les alcaloïdes restent d'importants réactifs biologiques. Elles présentent un intérêt toujours actuel en thérapeutique. Les alcaloïdes connus sont des produits de base en pharmacie. Comme exemple on a la nicotine, la ryanodine (Lacampagne *et al.*, 2008).

Selon Xiao et *al.* (2014), les flavonoïdes auraient des activités antibactériennes, diurétiques, oestrogéniques et cardioprotectrice. Akroum (2011) a mis en évidence leur activité antistreptococcique dans les poumons de rats. Cette activité a révélée des réponses plus intéressantes que celles de l'amoxicilline utilisée comme antibiotique de référence qui montrait des taux de résistances élevés pour *E. coli* (Fatna et *al.*, 2009 ; Ben & Kehdher, 2010).

Les leucoanthocyanes ont été identifiés uniquement dans les feuilles. Par ailleurs, ils traitent les affections capillaires, oculaires et veineuses. Les terpénoïdes et les stéroïdes qui dérivent des terpénoïdes constituent le plus vaste ensemble connu des métabolites secondaires des végétaux (Yamunadevi *et al.*, 2011). Les stéroïdes sont des métabolites secondaires connus pour leurs propriétés analgésiques et cardiotoniques. Ils régularisent le métabolisme des protéines et des glucides, favorisent la synthèse des muscles et des os. Chez les femmes, ces stéroïdes ont été associés au contrôle hormonal de la reproduction (Bruneton, 1999 ; Hossain et *al.*, 2013).

Les tanins, flavonoïdes, leuco-anthocyanes sont les composés phénoliques ayant de puissantes propriétés antioxydantes qui agissent comme des capteurs de radicaux libres en prévenant et en arrangeant les dommages causés par ceux-ci (Ebrahimzadeh et *al.*, 2010). Ces antioxydants peuvent ainsi activer la défense immunitaire et réduire les risques de cancer et des maladies dégénératives (M'pondo et *al.*, 2012).

Contrairement à ces résultats, les travaux de Kablan et *al.* (2011) ont



mis en évidence la présence des saponosides dans les feuilles de *Baphia nitida*. Cette différence peut s'expliquer par les types de solvants utilisés dans les différentes études (chloroforme vs mélange hydroacétonique) ou période de récolte (à différents moments de l'année). En effet, selon les conditions abiotiques que subit une plante, celle-ci synthétise certains métabolites secondaires pour se protéger contre les agressions extérieures. Les différents extraits ont la même concentration efficace 100 mg/mL sur les souches bactériennes et présentent des zones d'inhibitions différentes. La zone d'inhibition décrite autour de chaque extrait est fonction de la concentration utilisée. Cette action est dose-dépendante. Il est possible de dire que la méthode de diffusion en milieu gélosé est un pré-test ou un test d'efficacité qui permet de détecter l'existence d'activité antibactérienne d'une substance (Oussou et al., 2008). Cette méthode est une méthode présomptive pour l'étude de l'activité antimicrobienne des extraits. Elle est peu fiable à cause du problème de diffusion des extraits et la stabilité de leurs effets surtout lorsque les principes actifs sont volatiles.

Les flavonoïdes ont une activité antibactérienne très vaste et très diversifiée. En effet, ils s'attaquent à un grand nombre de bactéries avec une intensité différente selon le microorganisme et l'écosystème dans lequel il se trouve. Ces travaux sont en accords avec ceux de plusieurs auteurs qui stipulent que les flavonoïdes sont capables d'inhiber la croissance de différents types de bactéries : *E. coli* (Ulanowska et al., 2006), *E. faecalis*, *E. cloacae*, *H. sinuatum*, *P. mirabilis*, *Shigelles spp* (Okigbo et al. 2005; Mamatha, 2006). Cette activité antimicrobienne serait due principalement à la capacité de ces molécules à inhiber l'expression de l'ADN et la synthèse de certaines enzymes et protéines membranaires des microorganismes (Ulanowska et al., 2006).

Les extraits de feuilles sont plus actives que ceux des tiges, plus actives que ceux des racines. Cependant, sur la souche d'*E. coli*, les extraits des feuilles seraient plus actifs que ceux des racines, plus actifs que ceux des tiges. Par ailleurs, sous l'action des différentes concentrations de *B. nitida*, la souche d'*E. coli* est plus sensible que la souche de *Shigella spp*. Les valeurs des rendements obtenues sont en accord avec celles indiquées par la Pharmacopée Ouest Africaine (OOAS, 2013).

Le résultat de la dilution de l'inoculum pur révèle que l'épaisseur des nappes des colonies diminue en fonction de la dilution jusqu'à avoir des colonies isolées à la dilution  $10^{-4}$ . Selon Toty et al. (2013), cela signifierait que les travaux ont été effectués dans les conditions standards de culture, respectant un inoculum de  $10^6$  UFC /mL. Cela vérifie les résultats des zones d'inhibitions et tri-phytochimique des différents extraits. Les feuilles ont été plus efficaces que les tiges et les racines sur les deux souches confondues. Les CMI d'*E. coli* sont inférieures à celles de *Shigelles*.

De même les valeurs des CMB de *E. coli* sont les petites que celles de *Shigella* traduisant que les *E. coli* ont été plus sensibles aux extraits de *B. nitida* que les *Shigella spp.* Le rapport CMB/CMI de chaque extrait est égal à 1 pour les *Shigella spp.* alors que pour *E. coli* a un rapport égal à 0,5. Cette forte activité corrobore celui de Kouadio (2018) qui a montré qu'aux valeurs plus petites des CMI, les extraits de racines sont plus efficaces que ceux des tiges sur la souche d'*E. coli* alors que sur la souche de *Shigella* les extraits des tiges sont plus actifs que ceux des racines. Donc les extraits hydroacétoniques ont une activité antibactérienne bactéricide sur ces souches testées. Les résultats de ces travaux concordent avec ceux de Sirot (1990) et de Marmonier (1990). Ces auteurs ont montré que lorsque ce rapport est inférieur ou égal à 4 l'extrait est de nature bactéricide alors que supérieur à 4 celui-ci est de nature bactériostatique. Pour lutter contre les entérobactéries, *B. nitida* est une des meilleures plantes. Ces trois extraits (feuilles, tiges et racines) sont efficaces pour lutter contre les entérites mais à des quantités (ou doses) différentes.

Les diamètres d'inhibitions enregistrés ont montré que les souches d'entérobactéries (*E. coli* et *Shigella spp.*) étaient sensibles aux différentes concentrations des extraits de *B. nitida* à des degrés variables. Cependant, les souches de *Shigella spp.* et *E. coli* sont sensibles aux concentrations les plus élevées [200 – 100 mg/mL] et résistances aux concentrations inférieures à 100 mg/mL. Cette activité est valable pour les organes feuilles et tiges. Par contre, l'on note que la souche de *Shigella spp.* est résistance aux extraits de racine de *B. nitida* tandis que la souche d'*E. coli* est sensible à ces extraits racinaires. Les tests antimicrobiens en milieu liquide montrent que les extraits étaient bactéricides. De plus, la souche d'*E. coli* a été plus sensible que la souche de *Shigella spp.* selon les diamètres d'inhibitions et les concentrations des activités obtenues. Les valeurs obtenus des paramètres sont sensiblement égaux à ceux de Kablan et al. (2011). Bien que présentant beaucoup de contraintes liées à l'inoculum, la méthode de diffusion en gélose reste un bon test pour mettre en évidence l'activité des extraits de plante. La méthode d'inondation n'étant plus recommandée à cause des biais qu'elle suscite, il apparaît important pour la suite de l'étude d'utiliser la méthode par écouvillonnage.

## Conclusion

L'étude tri phytochimique des extraits hydroacétoniques de *Baphia nitida* a montré la présence des composés qui appartiennent à la plante entière qui sont à l'origine des activités antibactériennes de nature bactéricide sur les souches de *Shigella spp.* et *E. coli*. Cette action bactéricide observée est plus importante dans les feuilles que dans les écorces de tiges et les racines. L'usage de cette plante par les guérisseurs ou

tradipraticiens contre les douleurs gastro-intestinales et la diarrhée serait dû à sa teneur en polyphénols, flavonoïdes, alcaloïdes, stérols et polyterpènes. Les extraits des organes de *B. nitida* (en particulier les feuilles) pourraient constituer une alternative pour le traitement des diarrhées et une nouvelle source de molécules naturelles antiinfectieuses. Ces résultats pourraient contribuer à la valorisation de la médecine traditionnelle et pourraient constituer une base de données dans le monde scientifique.

### Remerciements

Nous tenons à remercier l'Institut Pasteur de Côte D'Ivoire et le CHR de Daloa pour nous avoir fourni les souches bactériennes d'*E. coli* ATCC 25922 et *Shigella spp* pour cette étude.

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

**Contribution aux travaux:** Tous les auteurs ont participé à toutes les étapes de manipulation et de rédaction cet article.

### References:

1. Adeyemi, O. O. & Akindele, A. (2008). *Antidiarrhoeal activity of the ethyl acetate extract of Baphia nitida (Papilionaceae)*. Journal of Ethnopharmacology, 116(3), 407-12.
2. DOI:10.1016/j.jep.2007.12.004.
3. Akroum, S. (2011), *Etude Analytique et Biologique des Flavonoïdes Naturels*, Thèse, Université Mentouri de Constantine (Algerie), Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, Département de Biologie Animale, 115 p.
4. Ben, A. & Khedher, M. (2010). *Frequency and antibiotic resistance in uropathogenic bacteria in the university hospital tahar sfar*. Revue Tunisienne d'Infectiologie, 4, 57-61.
5. Biaye, M. (2002). *Actions pharmacologiques des tanins*. Thèse de pharmacie, Université Cheikh Anta Diop de Dakar, Département de pharmacie. 162p.
6. Bonfili, L., Cecarini, V., Amici, M., Cuccioloni, M., Angeletti, M., Keller, J. N., Eleuteri, A. M. (2008). *Natural polyphenols as proteasome modulators and their role as anti-cancer compounds*. Federation of European Biochemical Societies Journal, 275, 5512–5526.
7. Bruneton, J. (1999). *Pharmacognosie, Phytochimie – Plantes médicinales*. Edition technique et documentation, 3<sup>ème</sup> édition, Paris. p 227-785.

8. Burta, O., Tirlea, F., Burta, O. L., Qadri, S. M. (2008). *Phytotherapy in cardiovascular diseases: From ethnomedicine to evidence based medicine*. Journal of Biological Sciences, 8(2), 242-247.
9. Cazarolli, L. H., Zanatta L., Alberton, E. H., Figueiredo, M. S., Folador, P., Damazio, R. G., Pizzolatti, M. G. & Silva, F. R. (2008). *Flavonoids: prospective drug candidates*. Mini review medicine Chemistry, 8, 1429-1440.
10. Dinzedi, M. R. (2015). *Activités antibactériennes de extraits de Terminalia catappa et Thonningia sanguinea sur Escherichia coli, Klebsiella pneumoniae et Staphylococcus aureus multiresistantes d'origine humaine*. Thèse de Doctorat de l'Université Félix Houphouët- Boigny, Abidjan, Côte d'Ivoire, 133 p.
11. Ebrahimzadeh, M. A., Nabavi, S. M., Nabavi, S. F., Bahramian, F. & Bekhradnia, A. R. (2010). *Antioxidant and free radical scavenging activity of H. Officinalis L. Var Angustifolius, V. Odorata, B. hyrcana et C. Speciosum*. Pakistan Journal of Pharmaceutical Sciences, 23 (1), 29-34.
13. Edeoga, H. O., Okwu, D. E., & Mbaebie, B. O. (2005). *Phytochemical constituent of some Nigerian medicinal plants*. African Journal of biotechnology, 4(7), 685-68. DOI: 10.5897/AJB2005.000-3127.
14. Fatna, B., Nourredine, D., Brahim, B., Hamid, A. & Mohammed, T. (2009). *Profil de résistance aux antibiotiques des Escherichia coli uropathogènes communautaires au Maroc*. European Journal of Scientific Research, 38, 57-62.
15. Harborne, J. B. (1973). *Phytochemical Methods: A Guide to Modern Technique of Plant Analysis*. Ed. Chapman and Hall, London, 107-150.
16. Hossain, H., Jahan, I. A., Howlader, S. I., Dey, S. K., Hira, A., & Ahmed, A. (2013). *Phytochemical Screening and Antinociceptive Properties of the Ethanolic Leaf Extract of Trema Cannabina Lour*. Advanced Pharmaceutical Bulletin, 3(1), 103-108.
17. Houghton, P. J., & Raman, A. (1998). *Laboratory Handbook for the Fractionation of Natural Extracts*. 1ère édition, Chapman and Hall, 244 p.
18. Houmènou, V., Adjatin, A., TOssou, T. G., Yedomonhan, H., Dansi, A., Gbenou, J., & Akoegninou, A. (2017). *Etude ethnobotanique des plantes utilisées dans le traitement de la stérilité féminine dans les départements de l'Ouémé et du plateau au Sud Bénin*. International Journal of Biological and Chemical Sciences, 11(4), 1851-1871. DOI: <http://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v11i4.34>.

19. Kablan, G. R., Ambeu, N. C., Mamyrbékova, B. J. A., Békro, Y. A. (2011). *CCM D'extraits Selectifs de 10 Plantes Utilisees Dans le Traitement Traditionnel du Cancer du Sein en Côte d'Ivoire*. European Journal of Scientific Research, 63(4), 592 – 603.
20. Koffi, A. J., Bla, K. B., Yapi, H. F., Bidie, A. P., & Djaman, A. J. (2015). *Phytochemical Screening of Some Medicinal Plants in Côte D'ivoire and Evaluation of their Extraction Efficiency*. International Journal of Pharmacognosy and Phytochemical Research, 7(3), 563-569.
21. Koné, M. W. (2005). *Potentiel des plantes médicinales de Côte-d'Ivoire dans le contrôle des haemonchoses chez les ovins*. Thèse de Doctorat de Côte d'Ivoire, UFR Biosciences, Laboratoire de Botanique, 202 p.
22. Koné, W. M., Atindehou, K. K., Kacou-N'douba, A., & Dosso, M. (2007). *Evaluation of 17 medicinal plants from Northern Côte d'Ivoire for their in vitro activity against Streptococcus pneumoniae*. African Journal Traditional Complement Alternative Medicine, 4: 17-22.
23. Kouadio, L. M. (2018). *Evaluation de l'activité antibactérienne d'Euphorbia hirta sur deux souches cliniques de Shigella sp*. Mémoire de Master Université Jean Lorougnon Guédé, 40 p.
24. Lacampagne A., Fauconnier J., Richard S. (2008). *Récepteur de la ryanodine et dysfonctionnement myocardique*. Médecine/Sciences, 24 : 399-405
25. Li-Weber, M. (2009). *New therapeutic aspects of flavones: The anticancer properties of Scutellaria and its main active constituents Wogonin, Baicalein and Baicalin*. Cancer Treatment Review, 35, 57-68.
26. M'pondo, M. E., Dibong, S. D., Ladoh, Y. C. F., Priso, R. J., & Ngoye A. (2012). *Les plantes à phénols utilisées par les populations de la ville de Douala*. Journal of Animal and Plant Sciences, 15, 2083-2098.
27. Mamatha, B. (2006). *Screening of medicinals plants used in Rural Indian Folk medicine for treatment of diarrhea*. Pharmaceutical Reviews. <https://www.researchgate.net> > 2657.
28. Marmonier, A. A. (1990). *Introduction aux techniques d'étude des antibiotiques*. Bactériologie Médicale, technique usuelle. 227-236.
29. M. S. F. (2016). *Maladies diarrhéiques : des milliers d'enfants meurent chaque jour*. Rapport d'activité international 2016. <https://www.msf.ch/nos-actions/maladies/maladies-diarrheiques>.
30. OMS. (2017). *Principaux répères sur les maladis diarrhéiques*.

- <https://www.who.int/fr/news-room/fact-sheets/detail/diarrhoeal-disease>.
31. O. O. A. S. (2013). *Tetrapleura tétraptera* ; dans Pharmacopée Ouest Africaine, 215-218.
  32. Okigbo, R. N., Mbajinka, C. S., & Njoku, C. O. (2005). *Antimicrobial potentials of (UDA) Xylopiya aethopica and Occinum gratissimum L. some pathogenous of man*. International Journal of Molecular Medicine and Advance Sciences, 1 (4), 392-7.
  33. Okou, O. C., Yapou, E-S., Kporou, K. E., Guy, L. B., Monthaut, S., & Djaman, A. J. (2018). *Évaluation de l'activité antibactérienne des extraits de feuilles de Solanum torvum Swartz (Solanaceae) sur la croissance in vitro de 3 souches d'entérobactéries*. Journal of Applied Biosciences, 122, 12287-12295.
  34. Oussou, K. R., Yolou, S., Boti, J. B., Guessennd, K. N., Kanko, C., Ahibo, C., & Casanova, J. (2008). *Etude Chimique et Activite Antidiarrheique des Huiles Essentielles de Deux Plantes Aromatiques de la Pharmacopee Ivoirienne*. European Journal of Scientific Research, 24 : 94-103.
  35. Perez V. F., Duarte J. & Andriantsitohaina R. (2006). *Endothelial function and cardiovascular disease: Effects of quercetin and wine polyphénols*. Free Radical Research., 40, 1054-1065.
  36. Sirot, J. (1990). *Evaluation de l'activité antibactérienne des antibiotiques in vitro*. In Bactériologie médicale, 2ème édition/Flammarion, 297-315.
  37. Teillet, F., Boumendjel, A., Boutonnat, J. & Ronot, X. (2008). *Flavonoids as RTK inhibitors and potential anticancer agents*. Medicine Research Review, 28 : 715-745.
  38. Terra, X., Valls, J., Vitrac, X., Mérrillon, J.-M., Arola, L., Ardèvol, A., Bladé, C., Fernad-Larrea, J., Pujadas, G., Salvadó, J., & Blay M. (2007). *Grape-seed procyanidins act as antiinflammatory agents in endotoxin-stimulated RAW 264.7 macrophages by inhibiting NFkB signaling pathway*. Journal of Agriculture Food Chemistry, 55, 4357-4365.
  39. Toty, A. A., Guessennd, N., Bahi, C., Kra, A. M., Otokore, D. A., & Dosso, M. (2013). *Evaluation in-vitro de l'activité antibactérienne de l'extrait aqueux de l'écorce de tronc de Harungana madagascariensis sur la croissance de souches multi-résistantes*. Bulletin de la Société Royale des Sciences de Liège, 5(82), 12-21.
  40. ULanowska, K., Traczyk, A., Konopa, G., & Wegrzym, G. (2006). *Differential antibacterial activity of genistein arising from global*

- inhibition of DND, RNA and protein synthesis in some bacterial strains*. Archives of Microbiology, 184(5), 271-8.
41. Wagner, H. (1983). *Drogen analyse, Dünnschicht chromatographische Analyse von Arzneidrogen*. Springer Verlag Berlin Heidelberg New York, 522 p.
  42. Xiao, Z. T., Zhu, Q., & Zhang, H. Y. (2014). *Identifying antibacterial targets of flavonoids by comparative genomics and molecular modeling*. Open journal of genomics, N<sup>o</sup>3. DOI:10.13055/OJGEN\_3\_1\_1.140317.
  43. Yamunadevi, M., Wesely, E. G., & Johnson, M. (2011). *Phytochemical studies on the terpenoids of medicinally important plant Aerva lanata L. using HPTLC*. Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine, 1(2), 220-225. [https://doi.org/10.1016/S2221-1691\(11\)60159-7](https://doi.org/10.1016/S2221-1691(11)60159-7).
  44. Yang, Q., Yin, X., Lil, M. A., Danielson, M. L., Freiser, H., Huang, J. (2008). *Long-chain carboxychromanols, metabolites of vitamin E, are potent inhibitors of cyclooxygenases*. Production Natural Academic Science, 105, 20464-20469.

## Diagnostic et Traitement des Complications des Suites de Couches au Centre Hospitalier Universitaire de Kara

*Assiaham Walawita Ténété*

Service de maternité,

Hôpital Mère et Enfants Kara, Togo

*Kossi Edem Logbo-Akey*

*Kambote Yendoubé*

*Abdoul-Samadou Aboubakari*

Service de Gynécologie obstétrique,

Centre Hospitalier Universitaire-Kara, Togo

*Dédé Régine Diane Ajavon*

Service de Gynécologie Obstétrique,

Centre Hospitalier Régional Tomdè-Kara, Togo

[Doi:10.19044/esj.2023.v19n12p70](https://doi.org/10.19044/esj.2023.v19n12p70)

Submitted: 16 January 2023

Accepted: 10 April 2023

Published: 30 April 2023

Copyright 2023 Author(s)

Under Creative Commons BY-NC-ND

4.0 OPEN ACCESS

*Cite As:*

Ténété A.W., Logbo-Akey K.E., Yendoubé K., Aboubakari A. & Ajavon D.R.D. (2023). *Diagnostic et Traitement des Complications des Suites de Couches au Centre Hospitalier Universitaire de Kara*. European Scientific Journal, ESJ, 19 (12), 70.

<https://doi.org/10.19044/esj.2023.v19n12p70>

### Résumé

Introduction : Le but de cette étude est de déterminer les principales complications des suites de couches à la maternité du CHU-Kara. Patientes et Méthodes : Il s'est agi d'une étude rétrospective et descriptive menée du 1er janvier 2017 au 31 décembre 2020 portant sur les complications des suites de couches. Résultats : Parmi les accouchées nous avons enregistré 300 cas de complications du post partum soit une fréquence de 3,13%. La majorité des patientes était référée (59,33% n=178) avec une tranche d'âge comprise entre 18 et 30 ans (49% n=147). Les complications hémorragiques représentaient 59,31%(n=178), l'anémie du post partum 17%(n=51), l'endométrite 9,33% (n=28) et l'éclampsie du post partum 6,30 % (n=20). Toutes ces complications ont nécessité une prise en charge médicale et chirurgicale. L'hystérectomie et la triple ligature vasculaire ont été effectuées respectivement dans 1,69% (n=5) et 3%(n=9) des cas. Nous avons enregistré 17 décès maternels soit 6%.



Conclusion : Il ressort de cette étude que les complications hémorragiques étaient les plus fréquentes en suites de couche au CHU Kara. La meilleure prise en charge de ces complications du post partum passerait par une meilleure réorganisation du système de prise en charge et un renforcement du plateau technique de toutes les structures sanitaires.

---

**Mots-clés:** Togo, suites de couches, complications, maternité, hémorragie

---

## **Diagnosis and Treatment of Complications Following Childbirth at the University Hospital of Kara**

*Assiaham Walawita Ténété*

Service de maternité,  
Hôpital Mère et Enfants Kara, Togo

*Kossi Edem Logbo-Akey*

*Kambote Yendoubé*

*Abdoul-Samadou Aboubakari*

Service de Gynécologie obstétrique,  
Centre Hospitalier Universitaire-Kara, Togo

*Dédé Régine Diane Ajavon*

Service de Gynécologie Obstétrique,  
Centre Hospitalier Régional Tomdè-Kara, Togo

---

### **Abstract**

**Introduction:** The aim of this study is to determine the main complications of the postpartum period at the maternity hospital of CHU-Kara. **Patients and Methods:** This was a retrospective and descriptive study conducted from January 1, 2017, to December 31, 2020, on the complications of postpartum. **Results:** Among the women who gave birth, we recorded 300 cases of postpartum complications, i.e. a frequency of 3.13%. The majority of patients were referred (59.33% n=178) with an age range between 18 and 30 years (49% n=147). Bleeding complications represented 59.31% (n=178), postpartum anemia 17% (n=51), endometritis 9.33% (n=28), and postpartum eclampsia 6.30% (n=20). All these complications required medical and surgical management. Hysterectomy and triple vascular ligation were performed in 1.69% (n=5) and 3% (n=9) of cases respectively. We recorded 17 maternal deaths (6%). **Conclusion:** This study shows that hemorrhagic complications were the most frequent complications of childbirth at Kara University Hospital. The best management of these post-partum complications

would require a better reorganization of the management system and a strengthening of the technical platform of all health facilities.

---

**Keywords:** Togo, post-partum, complications, maternity, hemorrhage

## **Introduction**

La grossesse est un état normal et sain auquel aspire la plupart des femmes à un moment ou à un autre de leur existence. Ce processus normal et créateur de vie, peut s'avérer très «coûteux» parce que dans certaines circonstances la femme donnera une vie au détriment de la sienne.

Au cours de cette période surviennent des bouleversements physiologiques et psychiques qui peuvent être émaillés de complications hémorragiques, thromboemboliques, infectieuses, mammaires et psychiques (Horovitz et al.,2010).

En Afrique de l'ouest, les complications Hémorragiques du Post-Partum (HPP) demeurent l'une des principales causes de mortalité maternelle, représentant près d'un quart des décès maternels dans le monde (34%) (Makosso, 2020).

L'anémie du post partum occupait une fréquence de 34,2% des complications des suites de couche dans une étude tanzanienne menée en 2022 ( Mremi et al.,2022).

Au Togo, en 2015 toutes les huit heures une femme meurt suite à une complication après l'accouchement (Douti et al.,2018). En 2016 selon l'Annuaire des Statistiques sanitaires, 1697 cas de complications en suite de couche ont été recensés (Guaniou et al.,2016).

Au Centre Hospitalier Universitaire de Kara, aucune étude sur les complications survenant en suites de couche n'a été menée auparavant.

Face à ce constat, nous avons décidé de mener ce travail afin d'étudier les complications survenant en suites de couches dans le service de gynécologie-obstétrique du CHU-Kara. Plus spécifiquement il s'agit de déterminer la fréquence des principales complications dans les suites de couches, de décrire leur prise en charge et d'établir le pronostic maternel.

## **1. Patientes et méthodes**

Il s'est agi d'une étude rétrospective à visée descriptive allant du 1<sup>er</sup> janvier 2017 au 31 décembre 2020 soit une durée de 4 ans.

L'étude a concerné toutes les accouchées présentes dans le Service de Gynécologie-Obstétrique (SGO) du CHU-Kara durant la période d'étude.

Etaient inclus dans cette étude : le dossier des femmes admises pour travail d'accouchement au CHU-Kara et ayant présenté des complications en suite de couches et les dossiers des accouchées référées ou évacuées vers le CHU-Kara pour une complication en post partum.

N'ont pas été inclus les dossiers des femmes ayant eu une suite de couche physiologique.

Quarante-neuf (49) dossiers des accouchées présentant des complications du post-partum ont été exclus pour les informations socio démographiques (âge), antécédents obstétricaux (gestité, parité) et prise en charge non mentionnée dans le dossier médical.

Les données ont été collectées à partir d'une revue documentaire des dossiers médicaux des patientes, des comptes rendu opératoires et le registre d'accouchement. La collecte a été faite durant la période allant du mois de mars au mois de juillet 2021.

Les variables étudiées étaient :

- Les caractéristiques socio démographiques : âge, niveau d'instruction,
- Le suivi prénatal : nombre de consultation prénatal,
- Le mode d'admission : référées, évacuées et admises,
- La voie d'accouchement : voie basse et voie haute,
- Les complications des suites de couches : hémorragiques, infectieuses, cardio-vasculaires,
- La prise en charge : soins médicaux, soins obstétricaux,
- Le pronostic maternel : décès, morbidité,
- La durée du séjour.

La saisie, le traitement et l'analyse des données ont été faits grâce aux logiciels Microsoft office Word 2019 et épi info version 3.5.4. Les figures et les tableaux ont été conçus avec le logiciel Microsoft office Excel 2019.

Le problème d'archivage des dossiers non classés et numérisés était la difficulté à laquelle nous étions confrontés.

## **Résultats**

### **2. Fréquence des complications en suites de couches**

Durant la période d'étude, 300 Complications en suites de couches ont été étudiées sur 9556 accouchements effectués dans le Service de Gynécologie-Obstétrique du CHU Kara soit une fréquence de 3,13%.

### **3. Caractéristiques sociodémographiques**

#### **Age des accouchées**

L'âge moyen des accouchées était de 29,1 ans avec des extrêmes de 15ans et 44ans. Les tranches d'âges de [20 à 24 ans [et de [25 à 29 ans [ont été plus représentées avec, respectivement 22% et 21,66% (Tableau I).

**Tableau I. Répartition des accouchées selon les tranches d'âge en année**

	Effectifs	Pourcentages (%)
[15-19ans]	57	19
[20-24ans]	<b>65</b>	<b>21,66</b>
[25-29ans]	<b>66</b>	<b>22</b>
[30-34ans]	63	21
[35-39ans]	44	14,67
[40-44ans]	5	1,67
<b>Total</b>	<b>300</b>	<b>100</b>

### Provenance des accouchées

Cinquante-trois virgule trois pour cent (53,3%) venaient du milieu rural et celles qui résidaient en milieu urbain représentaient quarante-six virgule sept pour cent (46,7%)

### Mode d'admission

Concernant le mode d'admission, cinquante-neuf virgule trente-trois pourcent (59,33%) étaient référées, vingt-un virgule trente-trois pourcent (21,33%) évacuées et dix-neuf virgule trente-quatre pourcent (19,34%) admises.

### Antécédents obstétricaux

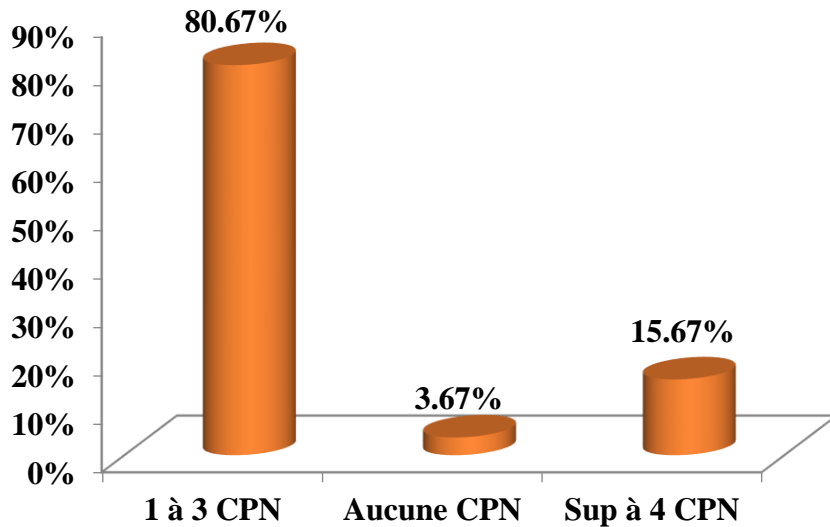
Concernant les antécédents liés à la parité, cinquante-cinq virgule soixante-six pourcent (55,66%) étaient des multipares (4-6 accouchements) (Tableau II).

**Tableau II. Répartition des accouchées selon la parité**

	Effectif	Pourcentage (%)
1	44	14,67
2	56	18,67
3	29	9,67
<b>4</b>	<b>78</b>	<b>26</b>
<b>5</b>	<b>82</b>	<b>27,33</b>
<b>6</b>	<b>7</b>	<b>2,33</b>
> 6	4	1,33
<b>TOTAL</b>	<b>300</b>	<b>100</b>

### Suivi de la grossesse

Les accouchées avaient fait moins de 4 CPN (Consultations Périnatales) dans 80,67% des cas et 3,67% n'avaient fait aucune CPN (figure 1).



**Figure 1.** Répartition des accouchées selon le suivi de la grossesse

### Voie d'accouchement

La voie basse était la voie la plus représentée dans 85,67% des cas et la césarienne ne représentait que 14,33% des cas.

### 4. Complications des suites de couches

L'hémorragie du post-partum a été retrouvée chez 178 accouchées soit 59,33% suivie de l'anémie du post-partum dans 51 cas (17%), de l'endométrite dans 30 cas (9,33%) et de l'éclampsie du post-partum dans 19 cas (6,30%). (Tableau III)

**Tableau III.** Répartition selon les pathologies des suites de couches

	Effectif	Pourcentage (%)
<b>Hémorragie</b>	<b>178</b>	<b>59,33</b>
<b>Anémie</b>	<b>51</b>	<b>17,00</b>
<b>Endométrite</b>	<b>30</b>	<b>9,33</b>
<b>Eclampsie</b>	<b>19</b>	<b>6,33</b>
Engorgement mammaire	11	3,67
Infection urinaire	4	1,33
Abcès mammaire	2	0,67
Thrombus vaginal	2	0,66
Thrombose hémorroïdaire	1	0,33
Thrombophlébite des MI	1	0,33
Incontinence urinaire	1	0,33

<b>Total</b>	<b>300</b>	<b>100</b>
--------------	------------	------------

## 5. Traitement

### Complications hémorragiques

La plupart des accouchées (59%) qui ont présenté une hémorragie du post partum ont bénéficié de la révision utérine et d'un massage utérin. Elles ont aussi reçu un traitement médical à base d'utéro toniques (31,94%). Quatorze accouchées (4,69%) ont bénéficié d'un traitement chirurgical dans le cadre de la prise en charge des complications hémorragiques.

La transfusion sanguine était indiquée chez 41 accouchées (34,5%). La moyenne était de 2 poches avec des extrêmes d'une à 3 poches. Sur cinquante-et une accouchées qui présentaient l'anémie du post partum, 31 ont bénéficié de la transfusion sanguine et 20 accouchées ont reçu les traitements anti anémiques.

### Complications infectieuses

Dans les cas d'endométrite, il a été prescrit des antibiotiques plus des antalgiques et des utéro-toniques chez 40% des accouchées (Tableau IV).

**Tableau IV.** Répartition selon le traitement des accouchées dans le cas d'endométrite

	<b>Effectifs</b>	<b>Pourcentage (%)</b>
<b>Antibiotique +Antalgique+Utérotonique</b>	<b>12</b>	<b>40</b>
<b>Antibiotique +Antalgique</b>	<b>6</b>	<b>20</b>
Antibiotique+Antalgique+Anti-inflammatoire	3	10
Antibiotique+Antalgique+Anti-inflammatoire+Utérotonique	3	10
Antibiotique	2	6,67
Antibiotique+ Utérotonique	4	13,33
<b>Total</b>	<b>30</b>	<b>100</b>

Deux cas de thrombus génital ont nécessité un traitement chirurgical (0.66%). Il a été réalisé une incision de l'hématome et un traitement à base d'antibiotiques, d'antianémiques et d'antalgiques.

Les cas d'infection urinaire ont été traités grâce aux antibiotiques soit 5% des patientes.

Dans notre étude nous avons enregistré un cas d'incontinence urinaire qui a bénéficié d'une rééducation périnéale.

### Complications cardio-vasculaire

L'éclampsie du postpartum était notée chez 19 accouchées (6,33%). Un traitement a été fait à base du sulfate de magnésium, d'antihypertenseurs chez toutes les patientes concernées. L'oxygénothérapie a été réalisée chez 3 accouchées (1%).

## **Complications mammaires**

Dans les cas d'engorgements mammaires, 11 accouchées (3.67%) avaient reçu un traitement à base d'anti inflammatoire non stéroïdien, d'antibiotiques et d'antalgiques associés au massage mammaire.

## **6. Pronostic maternel**

### **Morbidité**

Parmi les 300 accouchées présentant les complications des suites de couches, 14(4,67%) ont subi une intervention chirurgicale. L'hystérectomie a été pratiquée chez 1.69% des accouchées et la triple ligature vasculaire chez 3%. Le reste des accouchées avaient reçu un traitement médical.

### **Mortalité**

Nous avons enregistré 17 cas de décès dont 8 cas de décès pour l'hémorragie du post partum, 7 cas pour anémie du post-partum et 2 cas pour des complications d'endométrite.

## **7. Durée du séjour**

La durée moyenne du séjour était de 7 jours avec des extrêmes de 3 à 19 jours. Les patientes ayant accouché par voie basse et présentant des complications avaient une durée moyenne de 7jours, celles ayant été césarisées duraient en moyenne 16 jours.

## **Discussion**

### **Fréquence des complications**

Durant la période d'étude, la fréquence des complications des suites de couches était de 3,13%. Saizonou et al. (2014) dans leur étude portant sur l'épidémiologie et la prise en charge des affections du post-partum à la maternité du centre hospitalier de l'Ouémé-Plateau au Bénin en 2014 avaient rapporté un taux de 5,9%, et Sawadogo et al.(2012) à la maternité du CHU Yalgado Ouedraogo au Burkina avaient retrouvé une fréquence de 9,67% dans son étude portant sur les complications directes du post-partum.

Le taux de complications élevé dans cette série s'expliquerait par le fait que le CHU- Kara est l'un des centres de référence de la partie septentrionale du Togo. De plus il y'a un retard de prise de décision d'évacuation dans les centres à compétences limitées.

## **Caractéristiques sociodémographiques**

### **Age**

L'âge moyen était de 29,1ans avec des extrêmes de 15 et 44 ans. La moyenne d'âge retrouvée dans cette étude concorde avec les données de la littérature : au Maroc, Ed-dukar (2018) dans son étude portant sur l'évaluation

de la qualité de prise en charge des parturientes en post partum 2018 a rapporté 28,5 ans et Dolbeau (2012) en France sur les modalités de suivi des primipares dans les 24 premières heures rapportait 27,1ans. Les patientes avaient un âge compris entre 15 et 44 ans. La tranche d'âge comprise entre 25 et 29 ans a été la plus touchée avec un taux de 22% ce résultat est similaire à ceux de Samba (2014) au Mali qui a trouvé 26%. La fréquence dans cette tranche d'âge peut s'expliquer par le fait qu'il s'agit d'une période d'activité sexuelle accrue, et de fécondité.

### **Provenance**

Les accouchées résidaient majoritairement en milieu rural dans 53,3 % des cas. Les mêmes tendances ont été rapportées dans des études menées par Keita (2016) portant sur la fréquence des pathologies médicales chez les femmes enceintes et en post-partum en médecine interne au CHU du Point G. Ceci pourrait s'expliquer par le manque d'équipement et l'insuffisance du personnel qualifié pour une prise en charge adéquate de ces complications dans les milieux ruraux.

### **Mode d'entrée dans le service**

La majorité des accouchées 59,33% étaient référées et 21,33% évacuées, taux nettement supérieur à celui trouvé par Ongoiba (2006) dans le service de gynécologie-obstétrique du district de Bamako qui avait rapporté 47,9% . Cette différence pourrait s'expliquer par les cadres d'études. En effet, le Centre de Santé de Référence de la Commune V du district de Bamako étant un hôpital de district, les références sont moins que le CHU-Kara qui est au sommet de la pyramide sanitaire.

### **Antécédents obstétricaux**

Dans cette étude 55,66% des accouchées présentant des complications des suites de couches étaient des multipares. Cela pourrait s'expliquer dans notre contexte par le fait que ces gestantes se croient plus expérimentées et accordent moins d'importance aux CPN. Cette même tendance est retrouvée chez Sacko (2015) ainsi que dans les documents des recommandations de l'OMS (OMS, 2014) selon lesquelles la multiparité est toujours considérée comme facteur de risque des HPP.

Ainsi, des efforts doivent être consentis par les agents de santé afin de minimiser les risques encourus par ces femmes surtout quand on sait que la multiparité constitue un facteur de risque important de morbidité et de mortalité maternelle, notamment les présentations vicieuses, la rupture utérine et l'hémorragie de la délivrance



### **Suivi des grossesses**

Lors de cette étude 80,47% des accouchées avaient fait moins de 4 CPN. Le même constat a été fait par Delannoy (2014) qui a trouvé un taux de 81% dans son étude portant sur les complications maternelles et néonatales dans les 24 premières heures. Ceci s'expliquerait par l'ignorance de la population sur l'importance des CPN. Or, les CPN sont d'une importance capitale dans la détection précoce des facteurs de risque d'où la nécessité d'intensifier les sensibilisations sur les CPN.

### **Voie d'accouchement**

Quatre-vingt-cinq virgule trente-trois pour cent (85,33%) des accouchées ayant présenté des complications en suites de couches avaient accouché par voie basse. La césarienne ne représentait que 14,77% des cas. Ces résultats sont similaires à ceux de Ongoiba (2006) au Mali qui avait rapporté 94,4% des patientes accouchées par voie basse et 5,5% des cas après une césarienne. Le taux élevé des complications dans l'accouchement par voie basse pourrait s'expliquer par le fait que la voie basse est la voie la plus pratiquée d'une part et d'autre part parce qu'elle serait un facteur favorisant de la survenue des HPP. Par ailleurs lors de la césarienne la révision utérine est certainement plus systématique, et donc une rétention placentaire est peu probable.

### **Complications des suites de couches**

Dans cette étude, l'hémorragie du post-partum a été diagnostiquée chez 59,33% des accouchées, suivi de l'anémie du post-partum (17%), de l'endométrite (9,33%) et de l'éclampsie du post-partum (6,30%). Maiga (2009) au Mali a rapporté 50,5% des HPP.

La prédominance des HPP pourrait trouver son explication dans les étiologies suivantes : l'atonie utérine, les rétentions placentaires, les anomalies de l'insertion placentaire, les ruptures utérines et les lésions de la filière génitale.

Une surveillance rigoureuse des parturientes lors de l'expulsion, la maîtrise de la technique de la délivrance artificielle et mieux encore la gestion active de la troisième phase de l'accouchement (GATPA) permettront de réduire les complications traumatiques de l'accouchement, et prévenir les rétentions placentaires plus l'atonie utérine.

L'anémie du post-partum : elle constitue une des principales complications du post-partum. Elle vient en 2<sup>e</sup> position après la morbidité hémorragique. Nous relevons 51 cas d'anémie soit 17% de l'ensemble de notre série. Diallo (2005) à Bamako a trouvé 13,14% au CHU du Point G.

La morbidité maternelle liée à l'anémie est très variée dans la littérature ; l'anémie constatée en post opératoire ou après un accouchement

par voie basse est le plus souvent liée soit à une anémie chronique ; soit aux pertes sanguines anormalement élevées (supérieur à 1000cc) au cours de l'accouchement /intervention. La fréquence de la morbidité maternelle liée à l'anémie du post-partum est plus élevée dans les pays en voie de développement que dans les pays développés. Cela est dû le plus souvent aux mauvaises conditions socio-économiques et à une alimentation mal équilibrée chez la plupart des femmes enceintes et accouchées des dits pays.

Notre critère d'appréciation de l'anémie était essentiellement basé sur la biologie (taux d'hémoglobine) et l'examen clinique.

S'agissant de l'endométrite une proportion de 9,33% des accouchées avait présenté l'endométrite. Diallo (2005) a trouvé 12,9% comme taux de complication infectieuse du postpartum à Bamako au CHU Point G. Sacko (2015) quant à lui rapportait 6,4%. Ce taux s'expliquerait par le fait que la rupture prématurée des membranes, la prolongation de la durée du travail d'accouchement, associées à des touchers vaginaux répétés multipliaient le risque d'infection. Domande (2002) a fait le même constat dans son étude portant sur l'endométrite du post-partum en Côte d'Ivoire en y ajoutant le liquide amniotique fétide, l'accouchement par césarienne, la révision utérine et l'inobservance de l'antibiothérapie après l'accouchement étaient aussi des facteurs de risques. Dans la revue de littérature, le taux de morbidité maternelle lié à l'infection varie en fonction du milieu d'étude, de la population d'étude et de la taille de l'échantillon.

## **8. Traitement**

L'HPP est une urgence obstétricale mettant en jeu le pronostic vital. Le pronostic de la mère dépend avant tout de la rapidité de la prise en charge. La mise en œuvre simultanée des méthodes obstétricale, médicamenteuse et de réanimation suffit à arrêter l'hémorragie.

De l'étude il ressort que 178 accouchées ayant présentés les HPP ont bénéficié de la révision utérine et du massage utérin. Amouh (2016) à la maternité du CHR Kara a enregistré 80% des accouchées ayant bénéficié du même traitement. Sema (2003) a rapporté 56,50% des patientes ayant bénéficié d'une révision utérine, et 18,8% de massage utérin. Cela reflète une forte application de l'algorithme de prise en charge d'une accouchée qui saigne et aussi du fait que ces pratiques ne nécessitent aucun coût financier.

Au CHU-Kara, dès que le diagnostic de l'HPP est posé, la prise d'une voie veineuse périphérique de bon calibre est systématique.

La transfusion sanguine a été indiquée dans 34,5%, constat semblable fait par Teguate (2014) au Mali qui avait retrouvé 16,9% de transfusion effective pour 42,6% de besoins transfusionnels.

Les utérotoniques, les antianémiques, les antalgiques et les antibiotiques étaient les médicaments les plus prescrits aux accouchées présentant

l'hémorragie de la délivrance au CHU-Kara. Panbou et al.(1996) au CHU de Brazzaville et Takpara et al.(1969) au CHU de Cotonou faisaient les mêmes remarques. La fréquence élevée d'utilisation des utérotoniques interpelle sur l'importance de ces molécules dans la prévention et le traitement des HPP recommandés par l'OMS.

Les accouchées présentant l'anémie du post-partum ont bénéficié des antianémiques et la transfusion sanguine a été indiquée chez 31 cas (60,8%). Les besoins transfusionnels non couverts étaient précisés dans 3 cas (9%). Ceci s'expliquerait par la forte demande en produits sanguins qui n'est pas toujours en adéquation avec la disponibilité des produits sanguins. Le taux de réalisation était de 51,8%. Constat semblable fait par Sanou (2003) au Burkina-Faso qui a retrouvé un taux de réalisation de 47,4 % dans son étude. Les antibiotiques, les antalgiques et les utérotoniques ont été administrés chez 40% des accouchées qui présentaient une endométrite. Domande (2002) a rapporté 54,7%.

Au CHU KARA l'utilisation de l'antibiotique est systématique dans les endométrites et la classe la plus utilisée était les bêtalactamines. Les utérotoniques étaient utilisés dans le cas d'utérus mal involué et pour aider l'utérus à évacuer les sécrétions purulentes. Les antalgiques et anti pyrétiques sont utilisés dans le cas d'apparition de la fièvre et de la douleur.

Dans cette étude toutes les accouchées ayant présenté une éclampsie du post-partum (6,33%) ont bénéficié d'un traitement à base de sulfate de magnésium et de l'alpha méthyl dopa. Ceci s'expliquerait par le fait que le sulfate de magnésium reste le traitement de choix dans le traitement de cette pathologie.

## **9. Durée de séjour**

Selon les recommandations de l'OMS en 2013, après un accouchement par voie basse sans complication dans un établissement de santé, la mère et le nouveau-né en bonne santé devraient être pris en charge au sein de l'établissement pendant au moins 24 heures (OMS,2013).

Les patientes qui avaient fait plus de 2 jours dans notre étude sont celles ayant accouché par voie basse et présenté une complication dans les 24 heures du post-partum. La durée d'hospitalisation normale après une césarienne était de 5 à 6 jours. Celles qui ont fait plus de 6 jours sont celles qui ont été césarisées et qui ont présenté une complication en cours d'hospitalisation (HTA du post-partum ou endométrite). L'amélioration des conditions d'hospitalisation devrait permettre une prolongation de l'hospitalisation dans le post-partum afin de détecter les complications et de prendre en charge correctement les patientes.

## 10. Pronostic maternel

L'hystérectomie d'hémostase et la triple ligature vasculaire de Tsirulnikov ont été pratiquées respectivement dans 1,69% et 3% des cas. Nayama et Boukerrou (2006) rapportait 1,25% de cas d'hystérectomie d'hémostase. L'hystérectomie d'hémostase étant un geste radical, elle ne se réalise qu'en cas d'échec des traitements conservateurs.

Au cours de notre étude, nous avons enregistré un taux de mortalité maternelle de 2,6% liée à HPP. Ce taux est inférieur à ceux de Kassambara (2014) et Maiga(2009) qui ont trouvé respectivement 2,7% et 6%. Même si ce taux a baissé, des efforts restent encore à faire car il est supérieur aux normes de l'OMS qui est de 1%. Le taux de mortalité demeure élevé en Afrique.

L'HPP est un accident non négligeable dans la contribution des décès maternels. Sa prise en charge adéquate réduirait considérablement le taux de mortalité maternelle dans nos contrées. Les facteurs liés à cette mortalité étaient :

- Le retard dans la prise en charge lié au manque d'équipements (moyens de transport, de matériels d'oxygénation)
- Le manque de sang
- Le manque de moyens financiers pour honorer les ordonnances.

La disponibilité des kits complets SONU (Soins Obstétricaux et Néonataux d'Urgence), la couverture des besoins transfusionnels, l'affectation en nombre suffisant d'un personnel compétent en soins obstétricaux d'urgence à tous les niveaux du système de santé et la mise en place d'une unité sociale fonctionnelle à la maternité sont indispensables pour une prise en charge adéquate et précoce des complications pour éviter une issue fatale.

## Conclusion

Notre étude a permis d'identifier les principales complications du post-partum à la maternité du CHU Kara de 2017 à 2020. La fréquence de ces complications est non négligeable avec une prédominance des complications hémorragiques. Le profil épidémiologique de la femme sujette à ces complications est celui d'une femme jeune dont l'âge est compris entre 18 et 30 ans ayant accouchées par voie basse, au foyer, et multipare. La symptomatologie clinique était faite d'hémorragie, de pâleur conjonctivale, d'élévations des chiffres tensionnels, de lochies fétides et d'hyperthermie. Les autres complications des suites de couche les plus retrouvées étaient l'anémie du post-partum, l'endométrite et l'éclampsie du post-partum. Ces complications constituent les premières causes de décès dans le monde. Malgré la subvention des soins obstétricaux et néonataux d'urgence, le pronostic des femmes reste réservé. Le taux de létalité est encore élevé et reste supérieur aux normes respectées par l'OMS.

## References:

1. Horovitz, J., Coatleven, F., Roux, D. (2010). Suites de couches normales et pathologiques. Bordeaux : Elsevier Masson.
2. Makosso M. Hémorragie du post partum en Afrique une urgence signalée. (2020). Disponible sur [www.womenofafrica.biz](http://www.womenofafrica.biz)
3. Mremi, A., Rwenyagila, D., Mlay, J. (2022) Prevalence of post-partum anemia and associated factors among women attending public primary health care facilities: An institutional based cross-sectional study. Plos one. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0263501>
4. Douti, M., Ouwade, A., Tagba, L.(2018). Les complications maternelles au CHU Kara après un accouchement par voie basse[Memoire]. Kara : Ecole Nationale des Sages-Femmes ; PG56.
5. Guaniou, T., Nassirou, O., Héssou, A. (2016). Annuaire des statistiques sanitaires au Togo. Disponible sur [www.afro.who.int](http://www.afro.who.int)
6. Saizonou, J. (2014) Epidémiologie et prise en charge des infections du post-partum à la maternité du centre hospitalier de l’Ouémé-Plateau Bénin[Thèse de medecine]. Ouémé-Plateau : Université Abomey-Calavi.
7. Sawadogo, A. (2012). Les complications directes du post partum à la maternité du CHU yalgado Ouedraogo[thèse de medecine]. Ouagadougou : Université de Ouagadougou .
8. Ed-dukar, H. (2018). Evaluation de la qualité de prise en charge des parturientes en post partum[Thèse de medecine]. Tétouan : Université Mohammed V de Rabat.
9. Dobleau, M. (2012). Différentes modalités de suivi des primipares[Mémoire].Nancy : Université Henri Poincaré .
10. Samba, S. (2014). Hémorragie du post-partum immédiat au centre de santé de référence de la commune de Bamako. Bamako : Université de Bamako.
11. Keita, K.(2016). Fréquence des pathologies médicales chez les femmes enceintes et en post partum en médecine interne au CHU du Point G[Thèse de medecine]. Bamako : Université de Bamako.
12. Ongoiba,I. (2006).Les hémorragies du post-partum immédiat dans le service de gynécologie-obstétrique du centre de santé de référence de la commune V du district de Bamako à propos de 144 cas[Thèse de medecine]. Bamako : Université de Bamako.
13. Sacko, I. (2015). Etude des suites de couches post césariennes du district de Bamako [Thèse de medecine]. Bamako : Université des sciences, des techniques et des technologies de Bamako.
14. OMS.(2014). Recommandations pour la prévention et le traitement de l’hémorragie du post-partum.

15. Delannoy, S. (2014). Accouchement inopiné extrahospitalier : y'a-t-il des complications maternelles et néonatales dans les 24 premières heures ? Lille : Université Lille 2 Droit Et Sante.
16. Maiga, I. (2009). Hémorragie du post partum immédiat au centre de sante de référence de la commune I du district de Bamako. Bamako : Université de Bamako.
17. Diallo, A. K. (2005). Facteurs de risque des complications maternelles post césariennes à l'Hôpital Gabriel Touré et à l'Hôpital du Point G .Bamako: Université de Bamako.
18. Domande, M. (2002). Endométrite du post partum. Abidjan : Université de Cocody.
19. Teguate, I. et al. (2014). Hémorragie du post-partum au Mali : fréquences causes, facteurs de risques et pronostic. Collège National des Gynécologues et Obstétriciens Français (CNGOF) Quatrième partie gynécologie-obstétrique du monde. Paris.
20. Amouh, E. et al (2016). Aspect Epidémiologique Des Hémorragies Du Post Partum Immédiat à la maternité du CHR Kara. Kara : ENSF.
- Sema, K. (2003). Etude des hémorragies du post-partum dans le service de gynécologie-obstétrique de l'Hôpital du Point G. Bamako : Université de Bamako.
21. Pambou, O., Ekoudzola, J., Yoca, G. Uzan, S. Noire.(1996). Les hémorragies graves de la délivrance au CHU de Brazzaville. Méd.Afr .43(7) :418-422.
22. Takpara, I., Coco B., Chobli ,M., Alihonou, E. (1969). Prise en charge des hémorragies graves en obstétrique à la clinique universitaire de gynécologie et d'obstétrique du CHU de Cotonou, *Le Bénin Médical*.
23. Sanou, A. (2003). Hémorragie de la délivrance à la maternité du Centre hospitalier national Yalgado Ouédraogo:Etude des aspects épidémiologique, clinique et thérapeutique .[Thèse médecine].Ouagadougou :Université de Ouagadougou.
24. Département Santé de La Mère, du Nouveau-Né, de L'enfant et de l'adolescent de l'OMS. (2013). Soins postnatals de la mère et du nouveau-né ; grandes lignes des Recommandations de l'Organisation mondiale de la santé [En ligne] [Cité le 13 juin 2022]. disponible sur :<https://apps.who.int>.
25. Nayama, N.,Boukerrou, M. (2006). Les hystérectomies d'hémostase en pays sous-équipé :Etude prospective dans une maternité de référence au Niger. Gynécologie Obstétrique et fertilité.;34 :900-905.
26. Kassambara, N. (2014). Etude épidémio-clinique et thérapeutique des hémorragies du post-partum au CS Réf de commune II du district de Bamako [thèse de medecine].Bamako.Université des Sciences ,des Techniques,et des Technologies de Bamako.



ESJ Natural/Life/Medical Sciences

## **Charge de Travail, Soutien Social et Bien-être Psychologique au Travail chez des Agents de Santé des Services de Pédiatrie des Centres Hospitaliers Universitaires (CHU) d'Abidjan (Côte d'Ivoire)**

*Kouadio Kouamé Jean Sébastien*

*Kouassi N'Goran Edouard*

*Yao Koffi Constant*

Département de Psychologie,

Université Félix Houphouët-Boigny, Abidjan, Côte d'Ivoire

[Doi:10.19044/esj.2023.v19n12p85](https://doi.org/10.19044/esj.2023.v19n12p85)

Submitted: 24 February 2023

Accepted: 03 April 2023

Published: 30 April 2023

Copyright 2023 Author(s)

Under Creative Commons BY-NC-ND

4.0 OPEN ACCESS

*Cite As:*

Kouadio K.J.S., Kouassi N.E. & Yao K.C.(2023). *Charge de Travail, Soutien Social et Bien-être Psychologique au Travail chez des Agents de Santé des Services de Pédiatrie des Centres Hospitaliers Universitaires (CHU) d'Abidjan (Côte d'Ivoire)*. European Scientific Journal, ESJ, 19 (12), 85. <https://doi.org/10.19044/esj.2023.v19n12p85>

### **Résumé**

La présente étude examine la relation entre la charge de travail, le soutien social et le bien-être psychologique au travail. L'échantillon est composé de 180 agents de santé âgés de 21 à 52 ans dont 41 Médecins, 113 Infirmiers/Sages-femmes et 26 Aides-Soignants. Les données sont collectées à partir d'un questionnaire incluant les échelles de la charge de travail, du soutien social et du bien-être psychologique au travail ainsi qu'un guide d'entretien semi-directif, et analysées à l'aide de l'analyse de variances (ANOVA). Les résultats indiquent, d'une part, qu'il n'existe pas de différence significative entre la charge de travail et le bien-être psychologique des participants. D'autre part, le soutien social ainsi que son interaction avec la charge de travail ont un effet positivement significatif sur le bien-être psychologique au travail des agents de santé des services de pédiatrie des CHU d'Abidjan. Ces résultats suggèrent aux dirigeants des structures sanitaires de promouvoir le travail en équipe des agents de santé afin de favoriser leur bien-être psychologique au travail gage de la qualité de l'offre de soins.

**Mots-clés:** Soutien social, charge de travail, bien-être psychologique, agent de santé

---

## **Workload, Social Support and Psychological Well-Being at Work among Health Workers in the Pediatric Wards of The University Hospital Centers (CHU) of Abidjan**

*Kouadio Kouamé Jean Sébastien*

*Kouassi N'Goran Edouard*

*Yao Koffi Constant*

Département de Psychologie,  
Université Félix Houphouët-Boigny, Abidjan, Côte d'Ivoire

---

### **Abstract**

This study examines the relationship between workload, social support and psychological well-being at work. The sample is composed of 180 health workers aged between 21 and 52 years, including 41 doctors, 113 nurses/midwives and 26 nurses' aides. The data were collected using a questionnaire including workload, social support and psychological well-being at work scales as well as a semi-directive interview guide, and analysed using analysis of variance (ANOVA). The results indicate, on the one hand, that there is no significant difference between the participants' workload and psychological well-being. On the other hand, social support and its interaction with workload had a significant positive effect on the psychological well-being at work of health workers in the paediatric departments of the Abidjan University Hospital. These results suggest that the managers of health facilities should promote teamwork among health workers in order to foster their psychological well-being at work, which is a guarantee of the quality of the care provided.

---

**Keywords:** Social support, Workload, psychological well-being, health care workers

### **Introduction**

Les services de santé représentent l'un des piliers fondamentaux des services sociaux qui contribuent au maintien du capital humain et au fondement de base pour le développement des nations (Djediati, 2018). En Côte d'Ivoire, au cours des quinze dernières années, ce secteur d'activités a connu d'importantes transformations à travers la mise en place d'un Plan National de Développement Sanitaire (PNDS). Ce plan vise à améliorer l'état



de santé de la population par le biais d'une offre des services de santé de qualité.

Dans ce cadre, plusieurs défis majeurs sont réalisés. Par exemple, le budget du Ministère de la santé a connu une hausse avec un taux d'accroissement annuel de 18%. Les services d'offre ont été largement renforcés par la construction, la réhabilitation et l'équipement des structures sanitaires. Ainsi, de 2014 à 2016, le taux de réalisation est passé de 44% à 65%. Ce plan a favorisé également un recrutement massif du personnel de santé en vue de combler le déficit en ressources humaines. On note aussi le renforcement de la disponibilité et de l'accessibilité des produits pharmaceutiques ainsi que les vaccins et autres intrants stratégiques de qualité par les Pharmacies de la Santé Publique (PSP). De plus, des guides de supervision intégrée au niveau central des services extérieurs et les documents de contractualisation sont élaborés pour améliorer les capacités des prestations.

Par ailleurs, ce plan a permis de revaloriser toutes les composantes du système sanitaire et devrait avoir des impacts positifs sur la performance et l'efficacité des soins. Toutefois, des travaux réalisés dans ce secteur montrent une relative insatisfaction des bénéficiaires de soins (Gokoué&Opadou, 2013 ; N'Guessan&Meité, 2018). Ces études semblent mettre en évidence que les populations déplorent la qualité d'accueil des agents de santé et l'absence d'abnégation dans les soins, laissant entrevoir un manque de motivation ou de bien-être psychologique des travailleurs de ce secteur.

Le bien-être psychologique au travail définit une expérience subjective positive où le travailleur tend à exprimer le meilleur de soi. Il se construit à travers le travailleur lui-même, ses relations sociales au travail et dans les interactions avec son organisation (Dagenais-Desmarais, 2010). Cet état est reconnu par de nombreux chercheurs comme un facteur de performance professionnelle et une protection de la santé (Bernard, 2019 ; Delobbe, 2012 ; Laraqui& al., 2017 ; Wright, Cropanzano & Bonett, 2007). Les travaux portant sur le bien-être au travail cherchent à identifier les déterminants de cet état (Orabi&Bentaleb, 2020). Ces auteurs affichent en effet, deux types de facteurs, l'un dit objectif, composé des caractéristiques sociodémographiques et l'autre, relatif aux facteurs subjectifs, dont les caractéristiques liées à l'emploi, pouvant expliquer le bien-être au travail. D'autres auteurs par contre, portent leur classification sur des facteurs individuels (personnalité, sexe, âge...) et des facteurs organisationnels (caractéristiques du milieu de travail, de l'emploi et de relation sociale) (Tremblay, 2012). Cette auteure par exemple, insiste sur le fait que les facteurs organisationnels sont incontournables à tous ceux qui fréquentent les structures sanitaires.

La charge de travail fait partie des caractéristiques d'emploi susceptible d'influencer le bien-être au travail. Elle définit, dans le milieu

professionnel, comme l'intensité de l'effort demandé et fourni par un travailleur pour répondre aux exigences de la tâche dans des conditions déterminées (Fournier, Montreuil & Villa 2013). À cet effet, des travaux ont été menés sur les facteurs organisationnels en relation avec le bien-être au travail dans plusieurs domaines d'activités. D'abord, de nombreuses études indiquent que la charge de travail a un effet sur la santé psychologique au travail (Mansour 2012, Györkös et al., 2015 ; Mhiri, 2019). Ainsi, une étude réalisée par Kouamé & Ouattara (2016) sur les conditions de travail et le stress professionnel chez des conducteurs des autobus de la Société de Transport Abidjanaise (SOTRA) indiquent que les exigences élevées de travail engendrent le stress chez les conducteurs. Dans ce même ordre d'idées, Györkös et al., (op.cit) examinent la relation entre les conditions psychosociales du travail et bien-être en comparant deux échantillons de travailleurs Suisse et en Afrique du Sud en prenant en compte la charge de travail. Les résultats de cette recherche montrent que la charge de travail élevée entraîne une baisse de l'engagement au travail chez les Africains du Sud, alors qu'elle favorise plus d'engagement au travail chez les Suisses. En dehors cet aspect organisationnel, les travailleurs accordent une importance à l'aide effectivement apportée à un individu par son entourage (amis, famille, collègue, supérieur). Dans ce cas, on le qualifie de soutien social (Ruiller, 2012). Il désigne ici toute interaction qui apporte une aide (technique ou émotionnelle) au travail, tant de la part des collègues que de la part du supérieur.

Dans ce contexte, les chercheurs montrent que le soutien social a une influence importante sur le bien-être des travailleurs. Ainsi, NTsame, Desrumaux, Lemoine et Moundjiegout (2014) évaluent le bien-être au travail à travers les facteurs organisationnels, notamment le conflit de rôle, l'autonomie au travail et le soutien social auprès d'enseignants français et Gabonais. Ces auteurs aboutissent aux résultats selon lesquels les niveaux de soutien social et de l'autonomie au travail sont plus élevés chez les enseignants gabonais et garantissent ainsi leur bien-être au travail.

Il ressort de ce qui précède que la charge de travail et le soutien social sont des facteurs organisationnels qui ont un effet sur le bien-être des travailleurs. Certains chercheurs semblent mettre en évidence que le soutien social permet d'atténuer la charge de travail afin de préserver la santé et le bien-être des travailleurs (Hall, Dollard, Winefield, Dormann & Bakker, 2013). D'ailleurs, ces deux variables font partie des prédicteurs de la santé selon le modèle de Karasek et Theorell (1990).

Par ailleurs, dans le milieu hospitalier ivoirien, il est couramment observé dans certains CHU d'Abidjan et notamment dans les services pédiatriques, de longues files d'attente, ce qui traduirait les pressions physique, psychologique et émotionnelle que subissent les prestataires de

soins. Ces observations semblent montrer que ces agents sont soumis à une importante charge de travail. Ainsi, quand bien même il existe des équipes de travail, il est constaté chez ces agents le manque d'entraide véritable. Or, au service de pédiatrie, les agents ont en charge des soins des enfants qui constituent une cible vulnérable et spécifique.

De cette analyse, il ressort qu'à l'état actuel de nos connaissances, les variables sus-évoquées ne semblent pas avoir été examinées simultanément dans une étude, encore moins auprès du personnel de soins des services pédiatriques. Dans cette perspective, il s'avère opportun qu'une étude puisse s'intéresser au bien-être psychologique des agents de santé en relation avec la charge de travail et le soutien social.

Une telle étude pourrait constituer un apport à la littérature scientifique notamment à la psychologie de la santé et la médecine des informations sur les conditions de travail contribuant au bien-être des travailleurs. Du point de vue pratique, elle pourrait instruire les acteurs du système hospitalier sur des comportements susceptibles de favoriser la performance et la qualité des soins chez des agents de santé.

En définitive, à travers cette étude, nous proposons donc d'analyser la relation entre la charge de travail, le soutien social et le bien-être psychologique au travail chez des agents des services pédiatriques des CHU sur la base des hypothèses formulées ci-après :

- Hypothèse 1 : Les agents de santé des services de pédiatrie qui perçoivent une faible charge de travail, ont un bien-être psychologique au travail supérieur à celui de leurs homologues percevant une forte charge de travail.
- Hypothèse 2 : Les agents de santé ayant une perception forte de soutien social ont un bien-être psychologique au travail supérieur à celui de leurs pairs qui ont une perception faible de soutien social.
- Hypothèse 3 : Les agents de santé des services de pédiatrie qui perçoivent une faible charge de travail et un fort soutien social ont un bien-être psychologique au travail supérieur à celui de leurs pairs qui perçoivent une forte charge de travail et un faible soutien social.

## **1- Méthodologie**

L'étude examine la relation entre la charge de travail perçue, le soutien social et bien-être psychologique au travail chez des agents de santé en pédiatrie. Dans ce cadre, nous adoptons une démarche méthodologique qui nous permet de présenter les sujets et le matériel utilisé.

Les participants de l'étude sont des agents de santé regroupant des médecins, des Infirmiers, des Sages-Femmes et des Aides-soignantes des

services de pédiatrie médicale des CHU d'Abidjan (Yopougon, Treichville et Cocody). Ce sont au total 180 prestataires de soins dont 28 hommes et de 152 femmes, âgés de 23 à 59 ans qui constituent l'échantillon de l'étude.

## **2- Matériel et procédure**

Le matériel est constitué des échelles de la charge de travail, du soutien social et du bien-être psychologique au travail. Il renvoie donc aux instruments au moyen desquels nous mesurons ces différentes variables. L'ensemble de ces instruments est complété par un guide d'entretien semi-directif.

### **2-1- Echelle de mesure de la charge de travail**

La charge de travail est appréciée par l'échelle de NTsame-Sima (2012). La version utilisée dans cette étude comprend vingt-deux (21) items. Cette échelle est de type Likert, le sujet entoure son choix de réponse allant de 1 « pas du tout d'accord » à 5 « extrêmement d'accord ». Nous retenons par conséquent ces trois dimensions qui représentent 42,07% de la variance totale avec un indice alpha de Cronbach estimé à  $\alpha = ,81$ .

### **2-2- Échelle de mesure du soutien social**

Cette échelle est inspirée de celui de Karasek et al. (1998) et mesure deux sous-dimensions du soutien social, notamment le soutien des collègues et le soutien du supérieur. Les répondants doivent choisir une réponse sur échelle de type Likert à quatre (4) modalités allant de 1 « pas du tout d'accord » à 4 « tout à fait d'accord ». Nous retenons par conséquent deux dimensions qui représentent 59,65% de la variance totale. Le calcul de l'indice alpha de Cronbach est de ,85.

### **2-3- Échelle de Bien-être Psychologique au Travail**

Pour mesurer le bien-être psychologique au travail, nous avons utilisé l'instrument proposé par Dagenais-Desmarais et Savoie (2012). Cet instrument évalue cinq dimensions. Les répondants doivent choisir une réponse sur échelle de type Likert à quatre (5) modalités allant de 1 « pas du tout d'accord » à 5 « tout à fait d'accord ». Le test de fiabilité est de ,92. Ces indices indiquent un niveau de consistance interne pour chacune des dimensions ainsi que pour l'ensemble des facteurs.

## **2- Résultats**

Les données sont qualitatives pour les variables indépendantes et quantitatives concernant la variable dépendante. Notons aussi que les variables explicatives sont distribuées selon la loi normale. Alors, ces données sont traitées à l'aide de l'analyse de variance simple pour l'examen de l'effet d'une variable explicative sur la variable expliquée et l'analyse de variance

multivariée dans l’optique d’examiner l’effet interactif de la charge de travail et du soutien social sur le bien-être psychologique au travail chez les soignants des services de pédiatrie.

Nous appliquons dans ce cadre, l’analyse de variance et de test de Tukey pour apprécier l’effet et le sens de variation des variables à l’étude.

- **Comparaison de la charge de travail et bien-être psychologique**

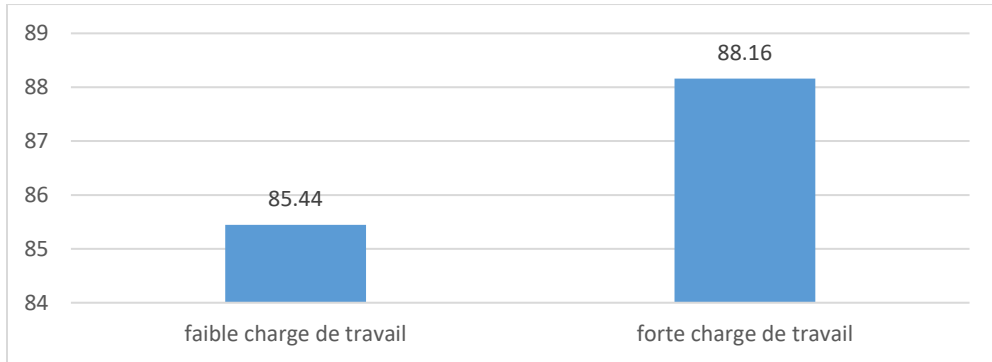
**Tableau 1.** Le bien-être psychologique au travail des agents de santé ayant une perception de la charge de travail faible ou forte

source	ddl	Moy. Carrés	F	Pr >Diff	sig
<b>Charge de travail (C.T)</b>	1	216,80	2,04	0,16	Non
<b>Contraste</b>	Diff	T	Val.cri	Pr >Diff	Sig
<b>Forte C.T vs faible C.T</b>	-2,71	-1,74	1,97	0,08	Non
<b>Modalité</b>	Moy	E.S	inf (95%)	supé 95%)	Groupe
<b>faible C.T</b>	85,44	1,09	83,29	87,60	A
<b>forte C.T</b>	88,16	1,11	85,97	90,35	A

Ce tableau montre que l’analyse de variance calculée pour la charge de travail (analyse de variance simple) est de 2,04. Cette valeur n’est pas significative dans l’intervalle de confiance établi à 95% traduisant que la charge de travail n’est pas prédicteur du bien-être psychologique au travail chez les agents de santé des services de pédiatrie des CHU d’Abidjan.

L’analyse des différences du bien-être psychologique au travail chez des soignants percevant une faible charge et une forte charge de travail est effectuée par le test T de Tukey. Ce test indique une valeur calculée de -1,74 et non significative à l’intervalle de confiance établi à 95%. Ce résultat révèle qu’il n’existe pas de différence significative entre les deux groupes comparés. Ainsi, notre hypothèse qui stipule le bien-être psychologique au travail des agents de santé percevant une faible charge de travail est supérieure à celui de leurs homologues ayant une forte charge de travail, n’est pas vérifiée.

L’examen des scores moyens du bien-être psychologique au travail des deux groupes indiquent que la moyenne des agents percevant une faible charge (m = 85,44) de travail est supérieure à celle de ceux ayant une forte charge de travail (m = 88,16). C’est d’ailleurs ce qu’affiche l’histogramme de ci-dessous.



**Graphique 1.** Score moyen du bien-être psychologique au travail selon les niveaux de la charge de travail

La figure 1 indique que le score moyen de bien-être psychologique au travail est plus élevé chez les agents de santé des services de pédiatrie percevant une forte charge de travail que celui de ceux ayant une perception faible de charge de travail. Nous pouvons alors soutenir à l'examen du présent graphique que les prestataires de soins qui perçoivent une faible charge de travail n'ont pas un bien-être psychologique au travail supérieur à ceux percevant une forte charge de travail. Cette différence infirme notre hypothèse H<sub>1</sub>.

Nous présentons dans la partie qui suit l'effet du soutien social sur le bien-être psychologique au travail.

- **Comparaison du soutien social et bien-être psychologique au travail**

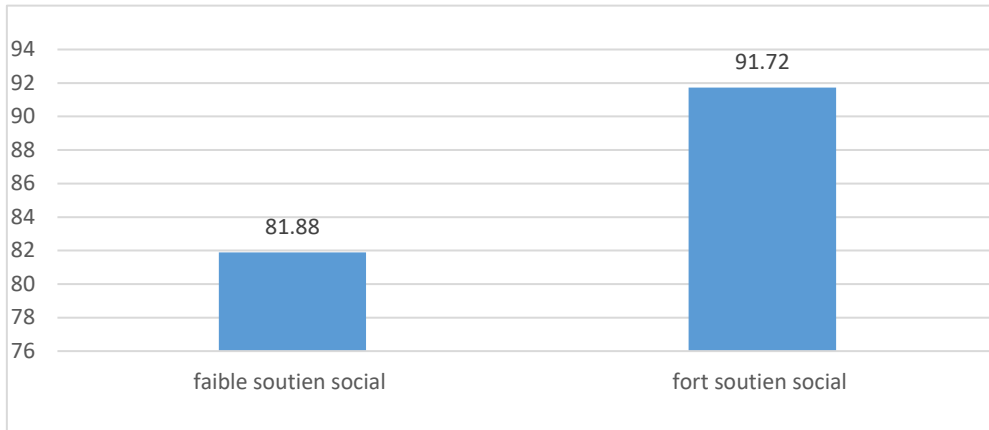
**Tableau 2.** Score moyen de bien-être psychologique au travail des agents de santé avec soutien social faible ou fort

Source	ddl	Moy. carrés	F	Pr >Diff	sig
Soutien social (S.S)	1	4765,5	44,84	< 0,0001	Oui
Contraste	Diff	T	Val.	Pr >Diff	Sig
faible S.S vs forte S.S	-9,84	-6,32	1,97	< 0,0001	Oui
Modalité	Moy	E.S	Infér (95%)	Supér (95%)	Group
Faible S.S	81,88	1,10	79,71	84,05	A
Fort S.S	91,72	1,10	89,55	93,89	B

Ce tableau affiche la valeur de F de Snedecor calculée pour le soutien social (analyse de variance simple) est de 44,84. Cette valeur est significative dans l'intervalle de confiance établi à 95% traduisant que le soutien social prédit le bien-être psychologique au travail chez ces agents de santé.

La comparaison des scores du bien-être psychologique au travail des agents de santé qui perçoivent un faible soutien avec ceux qui perçoivent un fort soutien social donne un T Tukey calculé d'une valeur de - 6,32. La

différence est significative entre les deux groupes comparés. L'hypothèse H<sub>2</sub> se trouve alors confirmée. En outre, le score moyen de bien-être enregistré chez les agents de santé ayant un fort soutien social perçu (m = 91,72) est bien supérieur à celui de leurs homologues percevant un faible soutien social. C'est ce qu'indique le graphique qui suit.



**Graphique 2.** Score moyen du bien-être psychologique au travail selon les niveaux de soutien social

La figure 2 démontre que le niveau de bien-être au travail des agents de santé percevant un fort soutien social est largement au-dessus de celui de leur homologue ayant de faible soutien social. Cette différence vérifie dès lors l'hypothèse opérationnelle H<sub>2</sub>.

Il ressort de ce qui précède que l'analyse des effets simples de la charge de travail et du soutien social sur le bien-être psychologique révèle que seul le soutien perçu influence le bien-être psychologique au travail chez les prestataires de soins des services de pédiatrie médicale des CHU d'Abidjan. Il apparaît donc nécessaire d'approfondir cette relation en procédant à l'effet interactif des variables explicatives sur le bien-être psychologique au travail.

- **Comparaison de la charge de travail, du soutien social sur le bien-être psychologique au travail.**

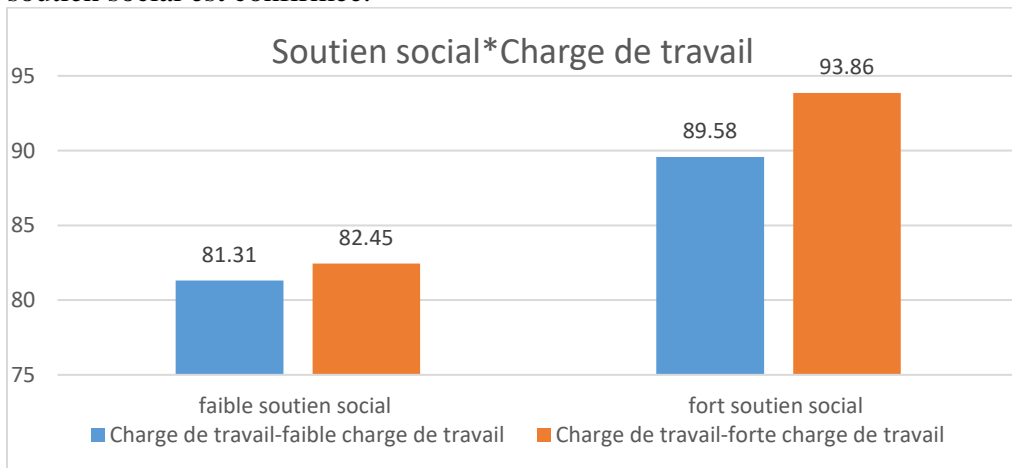
**Tableau 3.** Le bien-être psychologique au travail des agents de santé ayant des perceptions de charge de travail et du soutien social

Source	ddl	Moy.C.	F	Pr > F	sig
<b>Soutien social (S.S)*Charge de travail (C.T)</b>	1	122,7	1,16	0,28	Non
<b>Contraste</b>	Diff	T	V c	Pr>Diff	Sig
<b>faible S.S * forte C.T vs fort S.S * faible C.T</b>	-7,13	-3,17	1,97	0,00	Oui
<b>Modalité</b>	Moyenne	E.S	Inf 95%	Supé 95%	Groupes

<b>faible S.S *forte C.T</b>	82,45	1,61	79,28	85,62	A
<b>-fort S.S * -faible C.T</b>	89,58	1,58	86,47	92,69	B

Nous rappelons que le F de Snedecor, résultant de l'analyse multi variées destinée à tester l'effet interactif du soutien social et de la charge de travail, n'est pas significatif (F= 1,16). Nous pouvons dire que la combinaison de ces deux variables n'est pas un bon prédicteur du bien-être psychologique au travail chez les agents de santé des services de pédiatrie des CHU d'Abidjan.

L'examen des différentes combinaisons de modalité des deux variables permet de montrer que la plupart des différences observées sont significatives au seuil de probabilité .05. En effet, la comparaison de moyennes affiche un t de Tukey de - 3,17 significatif à 5%. Ainsi l'hypothèse qui stipule que le bien-être psychologique au travail des prestataires de soins des services de pédiatrie percevant une faible charge de travail et un fort soutien social est supérieur à celui de leurs confrères qui perçoivent une forte charge de travail et un faible soutien social est confirmée.



**Graphique 3.** Score moyen du bien-être psychologique au travail selon les niveaux de charge de travail et du soutien social

En observant la figure 3, l'on remarque que le graphique du score moyen le bien-être psychologique au travail des agents de santé percevant à la fois une forte charge de travail et un faible soutien social est moins élevé comparativement à celui de leurs pairs qui perçoivent une faible charge de travail et un fort soutien social. Cette différence est donc significative confirmant notre hypothèse 3.



## Discussion

L'objectif de la présente recherche est d'étudier la relation entre la charge de travail et le soutien social sur le bien-être psychologique au travail chez des agents de santé des services de pédiatrie médicale des CHU à Abidjan. Les résultats obtenus montrent d'une part que le bien-être psychologique au travail des agents de santé n'est pas influencé par la perception de la charge de travail. D'autre part, il ressort que le soutien social perçu explique le bien-être psychologique au travail chez le personnel soignant des services de pédiatrie. Par ailleurs, l'effet interactif bien-être psychologique au travail est supérieur chez les agents de santé percevant une faible charge de travail et un fort soutien social que ceux ayant une forte charge de travail et un faible soutien social.

Ainsi, il est donc noté que le soutien social et l'effet combiné de la charge de travail et du soutien social favorisent le bien-être psychologique au travail chez les agents de santé des services de pédiatrie des Centres Hospitaliers Universitaires d'Abidjan.

Les théories d'exigence-contrôle-soutien de Karasek et Theorell (1990), nous permettent d'expliquer l'implication de la charge de travail et du soutien social dans la manifestation du bien-être psychologique au travail chez les agents de santé des services de pédiatrie médicale. Selon ce modèle, le diagnostic du bien-être au travail se fait à partir des aspects de travail (charge de travail, le contrôle et soutien social) et leur interaction. Pour ce qui est de la charge de travail, elle porte à la fois sur des aspects quantitatifs et qualitatifs. Autrement dit, la charge de travail reflète les exigences imposées aux travailleurs en termes de quantité de travail, de complexité de la tâche, des contraintes temporelles et contradictoires. Ce modèle postule que la forte charge de travail est associée aux tensions entraînant un faible niveau de bien-être au travail. Par contre, le travailleur confronté à une faible charge de travail ressent une faible tension lui permettant de développer de nouvelles compétences et de répondre efficacement aux exigences du métier.

Le premier résultat ne confirme pas cette spéculation. En effet, le niveau de bien-être psychologique au travail est élevé malgré la forte charge perçue par ces agents de santé. Cette forte charge de travail peut être appréciée comme un défi d'autant plus que nous sommes dans le domaine médical. En outre, le modèle exigence-contrôle-soutien n'évoque pas les facteurs liés à la personnalité. Ce résultat s'oppose également aux travaux réalisés par Kouamé et Ouattara (2016) ainsi que Györkös et al., (2015). Par exemple, l'étude effectuée à la SOTRA par Kouamé et Ouattara (op.cit) a montré que chez les conducteurs des autobus de cette société de transport la forte pression des exigences de travail entraîne un niveau élevé de stress au travail. Quant à la recherche interculturelle de Györkös et al., (op.cit), les résultats sont mitigés car la forte charge de travail a un effet néfaste sur le bien-être au travail des

travailleurs Sud-africain alors que chez les travailleurs Suisse cette forte charge de travail n'agit pas sur leur bien-être au travail. Ce dernier résultat concorde avec celui de notre première hypothèse

Les deux autres résultats viennent renforcer les conclusions des études déjà réalisées en ce sens que le bien-être psychologique au travail serait lié aux soutiens sociaux tels que le soutien des collègues et du supérieur hiérarchique. Par ailleurs, le soutien social permet d'atténuer l'effet de la forte charge de travail comme le modèle de Karasek et Theorell (1990). Les présents résultats corroborent avec ceux de N'Tsame et al., (2014) réalisés auprès des enseignants gabonais. En effet, cette investigation soutient que les pays d'Afrique sont régis d'une culture collectiviste (Hofstede, 1991). Cette situation renforce l'entraide au sein de la société. En outre, Hall, Dollard, Winfield, Dormann & Bakker, 2013 ont montré dans une étude sur un échantillon de 2343 travailleurs australiens que le soutien social modère la charge de travail pour favoriser les comportements organisationnels positifs (engagement et satisfaction au travail).

## Conclusion

La présente étude fait apparaître qu'il existe des relations significatives entre le soutien social ainsi que son interaction avec la charge de travail et le bien-être psychologique au travail chez des agents de santé des services de pédiatrie des CHU d'Abidjan. Ainsi, face aux enjeux de la performance et de la qualité de soins dans un contexte de manque de personnels, nous suggérons l'entraide entre les collègues et les supérieurs hiérarchiques pour combler cette insuffisance afin de procurer le bien-être des travailleurs. En outre, il est important pour les acteurs de la santé, l'emploi des fonctions d'intervenants tels les psychologues dans les centres de santé.

Cette recherche ouvre cependant des perspectives d'étude sur les dimensions de la charge de travail notamment la charge émotionnelle, la charge psychologique dans le développement de bien-être au travail surtout chez le personnel soignant. Car le métier de soignant est reconnu pour la confrontation quotidienne à la souffrance, à la maladie et bien souvent à la mort.

## References:

1. Dagenais-Desmarais, V., & Savoie, A. (2012). What is psychological well-being, really? A grassroots approach from the organizational sciences. *Journal of Happiness Studies*, 13(4), 659-684.
2. Dagenais-Desmarais, V. (2010). *Du bien-être psychologique au travail : Fondements théoriques, conceptualisation et instrumentation du construit*. Thèse de doctorat de psychologie, au Canada

3. Delobbe, N. (2012). Le bien-être au travail est-il un facteur de performance organisationnelle?. *Une étude multi-niveaux dans le secteur de la distribution alimentaire belge*. Louvain: Université de Louvain
4. Djediat, A. (2018). *Les exigences du travail et le bien-être dans la profession infirmière: le rôle des ressources émotionnelles* (Doctoral dissertation, Bordeaux).
5. Fournier, P. S., Montreuil, S., & Villa, J. (2013). Contribution à un modèle explicatif de la charge de travail: le cas du service à la clientèle. *Relations industrielles*, 68(1), 46-70.
6. Gakoué, A., & Koudou, O. (2013). Réaction sociale de l'opinion publique face aux prestations de soins au CHU de Treichville (Abidjan). *Rivista di Criminologia, Vittimologia e Sicurezza*, 7(1), 160-171
7. Györkös, C., MassoudI, K., Rossier, J., Pocnet, C., Debruin, G., & Becker, J. (2015). Le rôle des conditions psychosociales du travail, des caractéristiques individuelles et culturelles sur le bien-être au travail. *Santé et bien-être au travail*, 127.
8. Hall, G. B., Dollard, M. F., Winefield, A. H., Dormann, C., & Bakker, A. B. (2013). Psychosocial safetyclimate buffers effects of job demands on depression and positive organizational behaviors. *Anxiety, Stress & Coping*, 26(4), 355-377.
9. Karasek, R., Brisson, C., Kawakami, N., Houtman, I., Bongers, P., & Amick, B. (1998). The Job Content Questionnaire (JCQ): an instrument for internationally comparative assessments of psychosocial job characteristics. *Journal of occupational health psychology*, 3(4), 322.
10. Kouamé, K. F., & Ouattara, M (2016) :Conditions de travail et stress professionnel chez des conducteurs des autobus de la Société Abidjanaise du Transport SOTRA : *Cahier Ivoirien de Psychologie*, 6, 33- 47
11. Theorell, T., Karasek, R. A., & Eneroth, P. (1990). Job strain variations in relation to plasma testosterone fluctuations in workingmen-a longitudinal study. *Journal of internal medicine*, 227(1), 31-36
12. Laraoui, O., Manar, N., Laraoui, S., Boukili, M., Ghailan, T., Deschamps, F., & Laraoui, C. E. H. (2017). Perception du travail et bien-être chez le personnel de santé au Maroc. *Sante Publique*, 29(6), 887-895;
13. Mansour, S. (2012). L'influence des Conditions de Travail sur le Stress Professionnel du Personnel en Contact avec la Clientèle: Le cas du Secteur Hôtelier en Syrie. *Nancy: XXIIIème Congrès de l'AGRH*

14. Mhiri, S. (2019). Les effets de la charge de travail et du plafonnement de carrière sur les trois dimensions de l'implication organisationnelle des cadres. *Revue de gestion des ressources humaines*, (1), 35-55.
15. N'Guessan, A.G. &Meité, 2018 Besoin de reconnaissance du travailleur et estime de soi : cas des agents de santé du Centre Hospitalier de Cocody à Abidjan. *Revue Internationale de recherches et d'étude pluridisciplinaires* n 27
16. Ntsame-Sima, M., Desrumaux, P., Lemoine, C., &Moundjiegout, T. (2015). Le rôle de l'assertivité dans la détresse et le bien-être psychologiques: une application aux enseignants Français et Gabonais.. *Psychologie du travail et ressources Humain*, 20(2), 141-154)
17. Ntsame Sima M. N. (2012) Pour un modèle explicatif de l'épuisement professionnel et du bien-être psychologique au travail: vers une validation prévisionnelle et transculturelle. Thèse de doctorat, Université de lille3.
18. Orabi, M., &Bentaleb, C. (2020). Bien-être au travail des cadres du secteur pharmaceutique au Maroc: Etude qualitative par entretiens semi-directifs. *International Journal of Management Sciences*, 3(2).
19. Ruiller, C. (2012). L'implication affective chez les soignants: l'étude des effets tensions du travail, du burnout et du soutien social du management intermédiaire et de l'équipe. *Psychologie du Travail et des Organisations*, 18(4), 346-367
20. Tremblay, É. (2012). *Le bien-être psychologique au travail dans une perspective de psychologie positive: ses antécédents, ses caractéristiques, ses résultats individuels et organisationnels* (Doctoral dissertation, Université du Québec en Outaouais).
21. Wright, T. A., Cropanzano, R., &Bonett, D. G. (2007). The moderatingrole of employee positive wellbeing on the relation between job satisfaction and job performance. *Journal of occupationalhealthpsychology*, 12(2), 93

## Evolution des patients en insuffisance rénale chronique stade V et facteurs prédictifs d'initiation de la dialyse

*Mina Agrou*  
*Meryem Birrou*  
*Ouafaa Assal*  
*Nisrine Hikki*  
*Naima Ouzeddoun*  
*Rabia Bayahia*  
*Loubna Benamar*

Service de Néphrologie, Dialyse et Transplantation rénale ; CHU Ibn Sina ;  
Université Mohammed V, Rabat, Maroc

[Doi:10.19044/esj.2023.v19n12p99](https://doi.org/10.19044/esj.2023.v19n12p99)

Submitted: 20 April 2022

Accepted: 14 April 2023

Published: 30 April 2023

Copyright 2023 Author(s)

Under Creative Commons BY-NC-ND

4.0 OPEN ACCESS

*Cite As:*

Agrou M., Birrou M., Assal O., Hikki N., Ouzeddoun N., Bayahia R. & Benamar L. (2023). *Evolution des patients en insuffisance rénale chronique stade V et facteurs prédictifs d'initiation de la dialyse.* European Scientific Journal, ESJ, 19 (12), 99.

<https://doi.org/10.19044/esj.2023.v19n12p99>

### Resume

**Introduction :** L'insuffisance rénale chronique stade V constitue un véritable problème de santé publique dans le monde. L'objectif de cette étude est de décrire le profil épidémiologique et évolutif de l'insuffisance rénale chronique (IRC) stade V, ainsi que de déterminer les facteurs prédictifs d'initiation de la dialyse. **Matériel et méthodes :** Etude rétrospective descriptive s'étalant sur une année de Novembre 2019 à Novembre 2020, incluant les patients avec un débit de filtration glomérulaire (DFG) inférieur à 15ml/min/1.73m<sup>2</sup> depuis plus de 3 mois. Les paramètres cliniques et biologiques à l'admission ont été analysés, et au moment de l'initiation du traitement de suppléance, ainsi que le suivi néphrologique. Le déclin annuel du DFG a été calculé et comparé selon 2 groupes, soit déclin « modéré » et déclin « rapide », afin de déterminer les facteurs prédictifs de dialyse. **Résultats :** Cent patients ont été inclus dans l'étude, dont l'âge moyen était de 62 ans ± 17 ans, avec un Sexe ratio de 0,53 in favor of a female predominance. L'étude démontre que le suivi néphrologique est associé significativement à

un meilleur contrôle tensionnel. La moyenne de déclin du DFG est de 3 ml/min/1,73m<sup>2</sup> par an, l'hypoalbuminémie est associée significativement au déclin rapide du DFG (p=0,04). Le traitement de suppléance est initié chez 62% des patients, avec un DFG moyen de  $7 \pm 2,3$  ml/min/1,73m<sup>2</sup>.  
**Conclusion :** L'arrivée au stade terminal est une évolution imprévisible pour les patients en insuffisance rénale chronique. Toutefois, la décision d'initiation de la dialyse est une approche qui doit être personnalisée pour chaque patient tout en tenant compte de son état clinique, biologique et évolutif.

---

**Mots clés :** Déclin, suppléance rénale, suivi néphrologique

---

## **Evolution of Patients with Stage V Chronic Renal Failure and Factors Predicting Dialysis**

*Mina Agrou*  
*Meryem Birrou*  
*Ouafaa Assal*  
*Nisrine Hikki*  
*Naima Ouzeddoun*  
*Rabia Bayahia*  
*Loubna Benamar*

Service de Néphrologie, Dialyse et Transplantation rénale ; CHU Ibn Sina ;  
Université Mohammed V, Rabat, Maroc

---

### **Abstract**

**Introduction :** Stage V chronic renal failure is a real public health problem around the world. The objectives of this study are to describe the epidemiological and evolutionary profile of stage V of chronic renal failure (CRF), as well as to determine the predictive factors of dialysis. **Material and methods :** Retrospective descriptive study, conducted over a period from November 2019 to November 2020 including patients with a glomerular filtration rate (GFR) less than 15ml / min / 1.73m<sup>2</sup> for more than 3 months. The clinical and laboratory parameters on admission, and at the time of initiation of replacement therapy have been analysed, as well as nephrological follow-up. The annual decline in glomerular filtration rate have been calculated, then two groups are compared, "moderate" decline and "rapid" decline, to determine predictors of dialysis. **Results:** One hundred patients were included in the study. Their average age is  $62 \pm 17$  years [22-101], with a sex ratio of 0.53 in favor of a female predominance. The study shows that nephrological monitoring is significantly associated with better blood pressure

control. The mean decline in glomerular filtration rate is 3 ml / min / 1.73m<sup>2</sup> per year, hypoalbuminemia is significantly associated with rapid decline in GFR (p = 0.04). The replacement therapy is initiated in 62% of patients, with an average glomerular filtration rate of 7 ± 2.3 ml / min / 1.73m<sup>2</sup>. **Conclusion:** Arriving at the end stage is an unpredictable course for patients with chronic renal failure. However, the decision to initiate dialysis is an approach that must be personalized for each patient while taking into account their clinical, biological and evolutionary status.

---

**Keywords:** Decline, renal replacement, nephrological follow-up

## Introduction

L'insuffisance rénale chronique (IRC) stade V constitue un véritable problème de santé publique dans le monde, à cause d'une augmentation régulière de son incidence, sa prévalence, et de ses conséquences médicales, sociales et économiques (Atkins,2005).

L'offre de soins reste inadaptée à la demande, malgré les efforts déployés ces dernières années, d'où l'intérêt d'une prise en charge de la maladie rénale chronique à un stade précoce. (Landais et al, 2002) Objectifs de l'étude :

- Décrire le profil épidémiologique et clinico-biologique des patients au stade V de l'IRC ainsi qu'au moment de l'initiation du traitement de suppléance.
- Déterminer l'évolution en précisant le déclin du débit de filtration glomérulaire (DFG) au stade V de l'IRC, et analyser ainsi les facteurs prédictifs d'initiation de la dialyse.

## Matériel et méthodes

Il s'agissait d'une étude transversale, descriptive, , s'étalant sur une période d'une année allant de Novembre 2019 à Novembre 2020, menée au service de Néphrologie-Dialyse-Transplantation rénale du centre hospitalier universitaire Ibn Sina.

Les dossiers des patients suivis en consultation ayant une IRC stade V, quel que soit son étiologie, font partie de l'échantillon à l'étude L'IRC stade V est définie par une diminution permanente et chronique (au-delà de 3 mois) du DFG en dessous de 15ml/min/1,73m<sup>2</sup> (*Recommandations des bonnes pratiques médicales. Ald n°17 : l'insuffisance rénale chronique terminale, 2013*).

Les paramètres démographiques observés étaient l'âge et le sexe. les paramètres cliniques au stade V de l'IRC à savoir, les antécédents (diabète, hypertension artérielle, cardiopathie), la néphropathie causale (diabétique, vasculaire, glomérulaire, tubulo-interstitielle, héréditaire, indéterminée), les

données de l'examen clinique (la pression artérielle, la diurèse, la présence des œdèmes des membres inférieurs.

Une hypertension artérielle (HTA) est définie par une pression artérielle systolique (PAS)  $\geq 140$  et/ou une pression artérielle diastolique (PAD)  $\geq 90$  mmHg, une altération de l'état général est définie par une asthénie et/ou nausée et/ou vomissement et /ou anorexie et une surcharge réfractaire est définie par la présence d'œdèmes des membres inférieurs et d'HTA malgré l'optimisation du traitement diurétique.

Deux groupes de patients ont été déterminés, un groupe avec un suivi néphrologique avant le stade V et un groupe sans suivi. Le suivi néphrologique est défini par une durée minimale de suivi de 6 mois avant le stade V de l'IRC. Les paramètres biologiques relevés à l'admission, sont : l'urée plasmatique, la créatininémie, la natrémie, la kaliémie, les réserves alcalines, la calcémie, la phosphorémie, l'albuminémie, la parathormone (PTH), la 25-OH Vitamine D, la numération formule sanguine.

Les différentes anomalies biologiques ont été définies selon les KDIGO et les normes de référence du laboratoire, ainsi, une anémie est définie par un taux d'hémoglobine inférieur à 11 g/dl, une hypocalcémie par un taux de calcium inférieur 85 mg/l, une hyperphosphorémie par un taux de phosphore supérieur à 45 mg/l, une hyperparathyroïdie est définie par une PTH supérieure à 9 fois la normale (PTH normale entre 2 à 9 fois la normale [130-585]), un taux de vitamine D inférieur à 30 ng/ml est considéré comme insuffisant, une acidose est définie par un taux de réserves alcalines inférieur à 22 mEq/l et une hypoalbuminémie est définie par un taux d'albumine inférieur à 35g/l.

Afin de déterminer l'impact du suivi néphrologique avant le stade V sur la qualité de la prise en charge initiale en dialyse, une comparaison des caractéristiques cliniques et biologiques des patients confiés tardivement au néphrologue avec ceux ayant un suivi de plus de 6 mois a été faite.

Les différents traitements reçus au cours du suivi : médicaments antihypertenseurs, diurétiques, érythropoïétine, fer, bicarbonate de sodium, carbonate de calcium, chélateurs du phosphore, vitamine D ont été aussi notés. Les patients vaccinés contre l'hépatite virale B et ceux ayant bénéficié d'une séance d'éducation thérapeutique relative aux méthodes de suppléance rénale ont été relevés.

Afin d'étudier le profil évolutif de l'insuffisance rénale au stade V, nous avons calculé le déclin annuel du DFG de nos patients par la formule suivante :  $\text{DFG année } n - \text{DFG année } n+1$  Deux groupes : déclin annuel « modéré » et déclin annuel « rapide » ont été comparés afin de déterminer les facteurs prédictifs de dialyse.



Groupe 1 caractérisé par un déclin annuel « modéré » :  $< 5 \text{ ml/min/1,73m}^2/\text{an}$  et le groupe 2 caractérisé par un déclin annuel « rapide » :  $\geq 5 \text{ ml/min/1,73m}^2/\text{an}$

Pour les patients ayant initié un traitement de suppléance, nous avons précisé la modalité choisie, le DFG et les paramètres cliniques et biologiques au moment de l'initiation de l'épuration extrarénale.

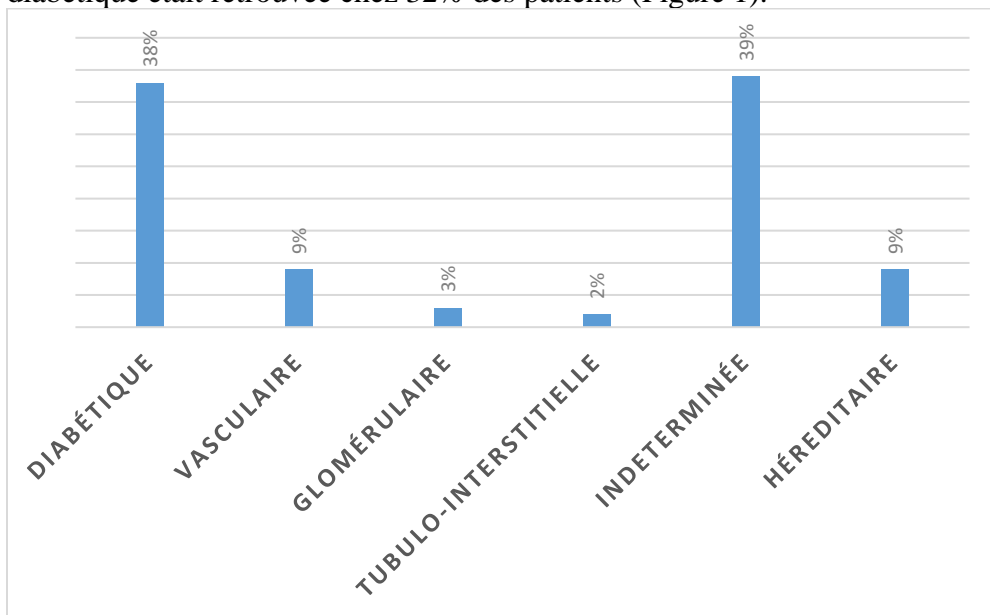
Méthodes statistiques :

-La saisie et l'analyse des données ont été réalisées en utilisant le logiciel SPSS 20.

-Les variables selon leurs distributions sont exprimées en moyennes  $\pm$  écarts type ou en médiane (interquartile) et la comparaison des variables est réalisée par des tests paramétriques.

## Résultats

L'étude a inclus 100 patients présentant un DFG  $\leq 15 \text{ ml/min/1,73m}^2$ . L'âge moyen était de  $62 \pm 17$  ans avec des extrêmes allant de 22 à 101 ans, et un Sexe ratio de 0,53 avec une prédominance féminine. La néphropathie diabétique était retrouvée chez 32% des patients (Figure 1).



**Figure 1.** Répartition des patients en fonction de la néphropathie causale

Au stade V de l'IRC, l'examen clinique à l'admission a objectivé une hypertension artérielle chez 52% des patients avec une moyenne de PAS (pression artérielle systolique) de  $156 \pm 20 \text{ mmHg}$  et PAD (pression artérielle diastolique) de  $84 \pm 15 \text{ mmHg}$ .

Les œdèmes des membres inférieurs ont été retrouvés chez 23% des patients, avec une diurèse conservée chez toute la population étudiée.

Sur le plan biologique, l'anémie était normochrome normocytaire chez 88 patients, hypochrome microcytaire chez 10 patients, et macrocytaire chez 2 patients, avec un taux moyen d'hémoglobine de  $10,4 \pm 1,7$  g/dl.

Le traitement a consisté en l'administration du fer par voie orale ou intraveineuse chez 95% des patients, et de l'érythropoïétine chez 78%.

L'hyperparathyroïdie était retrouvée chez 27% des patients au stade V, avec une hypocalcémie dans 26% des cas, et une hyperphosphorémie dans 52% des patients.

L'insuffisance en vitamine D était retrouvée chez 61% des patients, et la carence chez 23% des patients, avec un taux moyen de la 25 OH vitamine D de 19 ng/ml.

L'acidose était retrouvée chez 59% des patients.

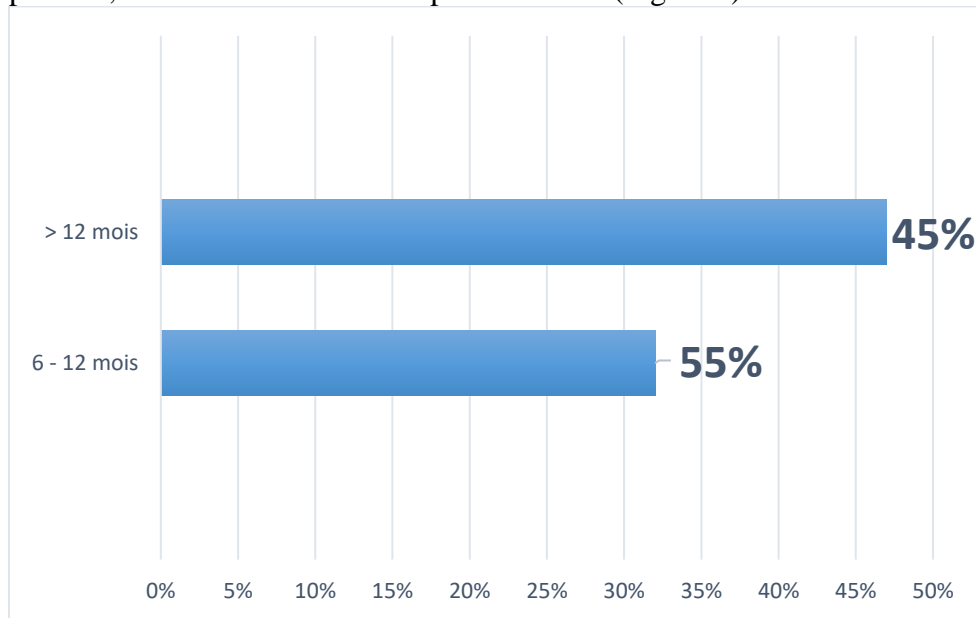
Au cours du suivi, les sels du calcium ont été prescrits dans 88% des cas, pour corriger l'hypocalcémie ou l'hyperphosphorémie ou les deux. Une supplémentation par la vitamine D a été utilisée chez 77% des patients. Les sels de bicarbonate ont été utilisés pour corriger l'acidose chez 79% des patients.

Les différents paramètres biologiques à l'admission sont résumés dans le tableau 1.

**Tableau 1.** Paramètres biologiques à l'admission au stade V de l'IRC

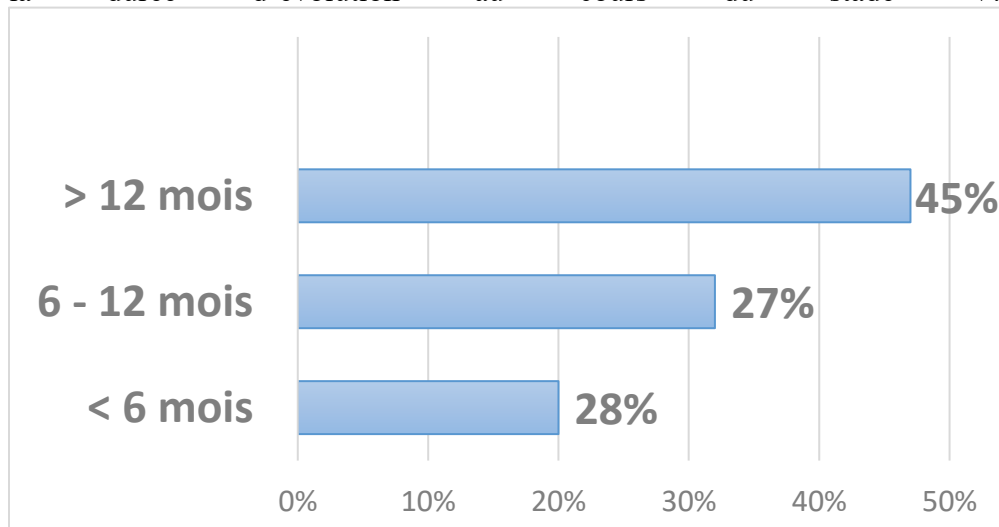
Stade V de L'IRC	Moyenne $\pm$ écart type Médiane [quartiles]
<b><u>Fonction rénale</u></b>	
Créatinine	48 $\pm$ 15 mg/l
Urée	1,5 $\pm$ 0,5 g/l
<b><u>Bilan hydro-électrolytique</u></b>	
Natrémie	137 $\pm$ 4,6 mmol/l
Kaliémie	4,8 $\pm$ 0,7 mEq/l
Réserves alcalines	20 $\pm$ 3,6 mEq/l
<b><u>Bilan phospho-calcique</u></b>	
Calcémie	87 $\pm$ 10 mg/l
Phosphorémie	47 $\pm$ 11 mg/l
Phosphatases alcalines	119 $\pm$ 63 UI/l
Vitamine D	19 $\pm$ 11 ng/l
Parathormonémie	318 pg/l [205-650]
<b><u>Bilan hématologique :</u></b>	
Hémoglobine	10,4 $\pm$ 1,7 g/dl
Ferritine	238 $\pm$ 197 $\mu$ g/l
Coefficient de saturation de la transferrine (%)	28 $\pm$ 15

Concernant le suivi, trente-huit patients avaient un suivi néphrologique avant le stade V, avec une durée médiane de 10 mois [6-37]. Parmi ces 38 patients, 45% avaient un suivi supérieur à 1 an (Figure 2).



**Figure 2.** Durée du suivi néphrologique avant le stade V (n=38)

Au cours du stade V, 72% des patients avaient un recul médian de 12 mois [6-29] avant l'initiation du traitement de suppléance. La figure 3 précise la durée d'évolution au cours du stade V.



**Figure 3.** Durée d'évolution au cours du stade V avant l'initiation du traitement de suppléance

Le tableau 2 montre les différentes caractéristiques cliniques et biologiques des patients confiés tardivement au néphrologue et ceux ayant un suivi de plus de 6 mois.

La moyenne du déclin du DFG est de  $3 \pm 1,6$  ml/min/1,73m<sup>2</sup>, avec un déclin modéré chez 82% des patients, et un déclin rapide chez 18% des cas. Tableau 2. Tableau comparatif des caractéristiques cliniques et biologiques des patients avec et sans suivi néphrologique au moment de l'initiation du traitement de suppléance.

La comparaison des 2 groupes afin de déterminer les facteurs prédictifs d'initiation de la dialyse montre que l'hypoalbuminémie est un facteur associé significativement au déclin rapide du débit de filtration glomérulaire (Tableau 3).

**Tableau 3.** Tableau comparatif des deux groupes déclin modéré et déclin rapide déterminant les facteurs prédictifs d'initiation de la dialyse

	Suivi avant le stade V	Pas de suivi avant le stade V	<i>p</i>
<b>Durée d'évolution Après le stade V (mois)</b>	26± 30	18±17	0,103
<b>PAS (mmHg)</b>	133±19	142±25	<b>0,041</b>
<b>PAD (mmHg)</b>	74±10	78±18	0,188
<b>Déclin annuel (ml/min/1,73m<sup>2</sup>)</b>	3±1	2,9±1	0,519
<b>Education thérapeutique</b>	94%	88%	0,307
<b>Vaccination</b>	60%	32%	<b>0,007</b>
<b>Erythropoïétine</b>	86%	72%	0,221
<b>Initiation EER</b>			
<b>-Hémoglobine (g/dl)</b>	10,4±1	10,2±2	0,643
<b>-Calcémie (mg/l)</b>	86±9	86±8	0,987
<b>-Phosphorémie (mg/l)</b>	51±14	51±13	0,841
<b>-Réserves alcalines (mEq/l)</b>	19±5	19±4	0,750

\*Exprimé en (pourcentage) \*\*moyenne ± écart type

Nous n'avons pas relevé de différences significatives entre les 2 groupes concernant l'âge, le sexe, le diabète, l'hypertension artérielle, l'anémie ou l'acidose.

Tous les patients ont bénéficié au cours de leurs suivis des séances d'éducation thérapeutique sur les différentes modalités de suppléance.

Pour le choix initial à l'issue de ces séances, 43% des patients ont choisi l'hémodialyse conventionnelle, 32% la dialyse péritonéale, 17% ont demandé un temps de réflexion avant de décider et 8% ont préféré un traitement conservateur.

Concernant le traitement de suppléance, 62 patients ont initié l'épuration extrarénale, au moment de l'étude, dont 40 patients en hémodialyse conventionnelle, et 22 patients en dialyse péritonéale.

Le débit de filtration glomérulaire (DFG) moyen au moment de l'initiation du traitement de suppléance est de  $7 \pm 2,3$  ml/min/1,73m<sup>2</sup>.

Pour les critères cliniques au moment de l'initiation, 63% des patients avaient une altération de l'état général faite essentiellement d'une asthénie et/ou une anorexie, 43% avaient des signes de surcharge réfractaires. Parmi ces patients 6% avaient les deux critères.

Sur le plan biologique, le taux moyen d'urée était de  $2 \pm 0,7$  g/l, la kaliémie moyenne était de  $4,9 \pm 0,7$  mmol/l, le taux moyen des réserves alcalines était de  $19 \pm 5$  mmol/l, la calcémie moyenne était de  $86 \pm 8$  mmol/l, la phosphorémie moyenne était de  $51 \pm 14$  mg/l, et le taux moyen d'hémoglobine était de  $10 \pm 1,8$ g/dl.

L'abord de dialyse était une fistule artériovoineuse chez 30 patients dont 24 avaient un suivi néphrologique avant le stade V de l'IRC, un cathéter veineux central chez 10 patients dont 4 n'avaient pas de suivi, tandis qu'un cathéter de dialyse péritonéale a été posé chez 22 patients dont 20 avaient un suivi avant le stade V.

## Discussion

Le profil épidémiologique de l'IRC stade V est très variable dans le monde, ceci peut être expliqué par plusieurs facteurs notamment : l'existence et la qualité des registres nationaux, l'incidence des causes de l'IRC qui varie d'un pays à l'autre, les facteurs génétiques, l'inégalité d'accès au traitement de suppléance ainsi que les mesures adaptées pour prévenir la progression de l'IRC (Webster et al.,2017).

Au Maroc, selon des données récentes de la société marocaine de néphrologie, l'évolution de la prévalence en hémodialyse est passée de 162 cas (pmh) en 2005 à 883 cas en 2020, avec des perspectives de progression de la demande de dialyse arrivant jusqu'à 1413 cas (pmh) en 2030 (Squalli,2020). La néphropathie diabétique est la cause la plus fréquente d'IRC stade V dans notre étude suivie de la cause indéterminée avec respectivement 32%, et 31%. Ceci rejoint les données du registre Magredial (Maroc greffe dialyse) qui a permis de préciser les néphropathies causales d'IRC stade V auprès des patients prévalent en dialyse au niveau de quatre régions du Royaume et de confirmer le rôle prédominant du diabète et de la cause indéterminée (Maoujoud, 2017).

La prise en charge de l'IRC est confrontée à une situation fréquente qui est la référence tardive des patients en consultation spécialisée, dont la fréquence est très variable en fonction des pays et des études entre 20 et 82 %, mais aussi en fonction de la définition retenue de la référence tardive (Bahadi et al., 2017) , (Yoon et al., 2009). De nombreuses études ont montré qu'elle est associée à un pronostic défavorable, et incriminée dans la mortalité précoce des malades dialysés (Stack et al.,2003), (Smart et al.,2011).

Par ailleurs, l'absence de suivi néphrologique peut être à l'origine de plusieurs conséquences, notamment une fréquence plus élevée des néphropathies de cause indéterminée car diagnostiquées à un stade trop tardif (Goransson & Bergrem., 2001). D'autres complications peuvent survenir notamment une anémie plus sévère par rapport aux patients suivis (Hoffman et al., 2006). Ceci peut être expliqué par le fait que les patients suivis sont déjà mis sous érythropoïétine avant le stade de dialyse.

Dans notre étude, la fréquence de la néphropathie d'origine indéterminée était similaire dans les 2 groupes. Par contre, elle a démontré que le suivi néphrologique est associé significativement à un meilleur contrôle tensionnel, ce dernier peut être expliqué par un dépistage précoce de l'HTA, l'éducation thérapeutique et l'instauration des mesures de néphroprotection visant à ralentir la progression de l'IRC.

Le déclin du DFG au cours de l'IRC est très variable. Il dépend de plusieurs facteurs notamment, la néphropathie causale, les mesures de néphroprotection, et des facteurs génétiques et environnementaux (Mignon, 2003). Au cours du stade V, le déclin reste très variable d'un individu à l'autre ce qui peut expliquer la variabilité du moment d'initiation du traitement de suppléance.

Dans notre étude, la moyenne du déclin annuel du DFG était de -3 ml/min/1,73m<sup>2</sup>/an, ce qui rejoint les données de la littérature (Reichel et al., 2020) ; (Stephen, 2013).

Selon les études, plusieurs facteurs peuvent être associés au déclin rapide du DFG notamment, le degré de contrôle de la protéinurie, de l'hypertension artérielle, du diabète, un antécédent d'évènement cardiovasculaire, l'hypoalbuminémie, et l'acidose (Vigil et al., 2015 ; Evans et al., 2018 ; Lee et al., 2018 ; Brito-Ashurt et al., 2009 ; Phisitkul et al., 2010). Notre étude a pu mettre en évidence une association entre le déclin rapide de la fonction rénale et l'hypoalbuminémie, cette dernière constitue un marqueur puissant de la malnutrition, et de l'inflammation, complications très fréquentes au cours de l'IRC. Elle est également associée à un risque important de mortalité selon plusieurs études (Vigil et al., 2015), (UAA et al., 2016) .

La compréhension de la notion du déclin du DFG permet de définir des objectifs, anticiper et décider le moment optimal de l'initiation du traitement de suppléance (Murtagh et al., 2008) .

Les données de la littérature divergent quant au bénéfice de l'initiation précoce par rapport à une initiation tardive du traitement de suppléance. Une étude rétrospective multicentrique randomisée, contrôlée, incluant 828 patients, a comparé un groupe Initiation précoce avec un groupe Initiation tardive (Cooper et al., 2010). Les résultats n'ont pas objectivé de différence significative en terme de survie, de complications cardiovasculaires, d'infection et de complications liées à la dialyse (Cooper et al., 2010).

L'étude a montré que l'initiation de la dialyse était basée sur des critères cliniques, notamment une altération de l'état général chez 63% des patients et une surcharge hydrosodée réfractaire chez 43%, en plus du DFG qui était en moyenne de 7 ml/min/1,73m<sup>2</sup> au moment de l'initiation.

Les recommandations KDIGO 2012 et les KDOQI 2015 (Kidney Disease Outcomes Quality Initiative) stipulent une initiation de la dialyse basée essentiellement sur les symptômes cliniques plutôt que le DFG seul (Chan et al., 2019) (*KDOQI clinical practice guideline for hemodialysis adequacy, 2015*). Tandis qu'un début planifié tout en restant asymptomatique peut être préférable chez les patients à haut risque (diabétiques / déclin rapide) lorsqu'une surveillance étroite n'est pas réalisable selon les recommandations européennes (2011) (Chan et al., 2010).

Selon les recommandations marocaines de bonne pratique médicale (ALD 17), le démarrage de la suppléance rénale est indiqué dès une clairance de créatinine à 15 ml/min/1,73 m<sup>2</sup> si apparition de signes d'intoxication urémique non jugulés par le traitement conservateur. Pour les patients diabétiques, la suppléance rénale peut être envisagée plus tôt si complications. Alors que le début est systématique quand la clairance de créatinine est inférieure à 8 ml/min/1,73m<sup>2</sup> (« *Recommandations des bonnes pratiques médicales. Ald n°17 : l'insuffisance rénale chronique terminale* », 2013).

Le DFG ne doit pas être le seul critère d'initiation de la dialyse, en raison de l'imprécision des équations de calcul qui ne reflète pas le DFG réel (Grootendorst et al., 2011). La décision d'initiation doit être personnalisée, tout en tenant compte de plusieurs facteurs notamment les signes cliniques, biologiques, le DFG et le terrain (âge, comorbidités) (Evans et al., 2020).

Le choix de la modalité de suppléance est influencé par plusieurs facteurs, ce qui explique la grande disparité dans la répartition des différentes modalités dans le monde.

Dans la présente étude 62 patients ont initié un traitement de suppléance, par hémodialyse chez 40 patients, et par dialyse péritonéale chez 22 patients.

La France se situe parmi les pays européens avec le plus faible recours à la dialyse péritonéale mais avec une part importante des patients porteurs du greffon (*ERA-EDTA Registry Annual Report, 2012*).

Dans les pays du Nord de l'Europe plus de la moitié des patients sont transplantés avec un maximum en Norvège (*ERA-EDTA Registry Annual Report, 2012*), (*Conseil de l'Europe. International figures on donation and transplantation, 2010*).

Le recours à la dialyse péritonéale ou à l'hémodialyse est également variable d'un pays à l'autre : près de 80 % des patients sont pris en charge par dialyse péritonéale à Hong Kong et au Mexique, alors que cette technique était

utilisée à moins de 5 % au Japon, au Bangladesh et au Luxembourg (Caskey et al., 2010).

Le choix de la modalité de suppléance dépend de plusieurs facteurs notamment, le niveau socio-économique, les contraintes géographiques, la référence précoce au néphrologue, l'expérience du néphrologue et le choix du patient (Machowska et al., 2016).

## Conclusion

Au cours du stade V, le déclin du débit de filtration glomérulaire varie d'un patient à l'autre, il dépend de plusieurs facteurs notamment le suivi néphrologique, le contrôle du diabète et de l'hypertension artérielle qui représentent les premières causes d'IRC.

Cet étude a mis en évidence un facteur de risque du déclin DFG qui est l'hypoalbuminémie; elle a pu démontrer aussi qu'un suivi néphrologique avant le stade V permet un contrôle significatif de la pression artérielle, facteur de progression de la MRC. La décision d'initiation de la dialyse est une approche qui doit être personnalisée pour chaque patient, en tenant compte de son état clinique, biologique et évolutif d'où l'intérêt d'un suivi néphrologique.

**Conflit d'intérêt :** Les auteurs déclarent qu'il n'y a aucun conflit d'intérêt à cette étude.

## References:

1. Atkins, RC. (2005). The epidemiology of chronic kidney disease. *Kidney int.* 67(suppl 94) : s14-s18.
2. Bahadi, A., El Farouki, MR., Zajjari, Y., & El Kabbaj, D. (2017). La mise en hémodialyse au Maroc : intérêt du suivi néphrologique. *Néphrol ther.*
3. Brito-Ashurst, I., Varaganam, M., Raftery, MJ., Yaqoob, M. (2009). Bicarbonate supplementation slows progression of CKD and improves nutritional status. *J Am Soc Nephrol.* 20 :2075-84.
4. Caskey, FJ., Stel, VS., Elliott, RF., Jager, KJ., Covic, A., Cusumano, A., Geue, C., Kramer, A., Stengel, B., & MacLeod, AM. (2010). The EVEREST study : an international collaboration. *Nephrol Dial Transplant.* 3 :28-36.
5. Chan, CT., Blankestijn, PJ., Dember, LM., Gallieni, M., Harris, DC., Lok, CE., Mehrotra, R., Stevens, PE., Yee-Moon Wang, A., Cheung, M., Wheeler, DC., Winkelmayer, WC., Pollock, CA., & Conference Participants. (2019). Dialysis initiation, modality choice, access, and prescription : conclusions from a Kidney Disease:



- Improving Global Outcomes (KDIGO) Controversies Conference. Kidney International.
6. Conseil de l'Europe. International figures on donation and transplantation - 2010. Newsletter Transplant. 2011 ;16(1).
  7. Cooper, BA., Branley, P., Bulfone, L., Pharm, B., John F., Colins, JF., Craig, JC., Fraenkel, MB., Harris, A., Johnson, DW., Kesselhut, J., Li, JJ., Pharm, B., Com, B., Luxton, G., Pilmore, A., Sc, B., Tiller, DJ., Harris, DJ., & Pollock, CA.(2010). A Randomized, Controlled Trial of Early vs Late Initiation of Dialysis. *N engl j.* Vol. 363, No. 7, p. 616.
  8. European Renal Association, European Dialysis and transplant Association. ERA-EDTA registry. Annual report 2012. Amsterdam : Academic Medical Center, Department of Medical Informatics. 2014.
  9. Evans, M., Grams, ME., Sang, Y., Astor, BC., Blankestijn, PT., Brunskill, NJ., Collins, JF., Kalra, PA., Kovesdy, CP. , Levin, A., Mark, PB., Moranne, O., Rao, P., Rios, PG., Schneider, MP., Shalev, V., Zhang, V, Chang, AR., Gansevoort, RT., Matsushita, K., ... , & Wheeler DC. (2018). Risk Factors for Prognosis in Patients With Severely Decreased GFR. *Kidney International Reports.* 3, 625–637.
  10. Evans M., & Lopau. (2020). The transition clinic in chronic kidney disease care. *Nephrol Dial Transplant.* 35 : ii4–ii10.
  11. Goransson, LG., & Bergrem, H. (2001). Consequences of late referral of patients with end stage renal disease. *J Intern Med.* 250 :154–9.
  12. Grootendorst, DC., Wieneke, MM., Richardson, JD., Jager, KJ., Boeschoten, EW., Dekker, FW., Krediet, RT., & NECOSAD Study Group. (2011) The MDRD formula does not reflect GFR in ESRD patients. *Nephrol Dial Transplant.* 26 :1932-1937.
  13. Hoffmann, M., Binaut, R., Maisonneuve, N., Bacri, JL., Fleury, D., Vanhille, P., & Lemaître, V.(2006). Suivi néphrologique et niveau de prise en charge des patients en insuffisance rénale terminale. *Nephrol Ther.* 2 :15–23.
  14. KDOQI clinical practice guideline for hemodialysis adequacy: 2015 update. (2015). *Am J Kidney Dis.* 66(5) :884-930.
  15. Landais, P., Simonet, A., Guillon, D., Jacquelinet, C., Ben Saïd, M., Mugnier, C., Simonet, M. (2002). SIMS@REIN : un système d'information multi-sources pour l'insuffisance rénale terminale. *C. R. Biologies.* 325 515–528
  16. Lee, WC., Lee, YT., Li, LC., Ng, HY., Kuo, WH., Lin, PT., Liao, YC., Chiou, TT., & Lee, CT. (2018). The Number of Comorbidities Predicts Renal Outcomes in Patients with Stage 3–5 Chronic Kidney Disease. *J. Clin. Med,* 7, 493.

17. Machowska, A, & Rutherford, P. (2016). Peritoneal dialysis use within the context of the population and healthcare systems of Europe - differences, trends and future challenges. *Int J Artif Organs*.
18. Maoujoud, O., Cherrah, Y., Arrayhani, M., Zemraoui, N., Dkhissi, H., El Kabbaj, D., Zouhair, O., Filali, K., & Ahid, S.(2017). Epidemiology, health economic context, and management of chronic kidney diseases in low and middle-income countries: the case of morocco. *emj*. 2[4] :76-81.
19. Mignon, F. (2003). Le diagnostic précoce de l'IRC. *Le quotidien du médecin néphrologie*, N7260.
20. Murtagh, FE., Murphy, E., Sheerin, NS. (2008). Illness trajectories: an important concept in the management of kidney failure. *Nephrol Dial Transplant*. 23(12):3746–3748.
21. Phisitkul, S., Khanna, A., Simoni, J., Broglio, B., Sheather, S., Rajab, MH., Wesson, DE. (2010). Amelioration of metabolic acidosis in patients with low GFR reduced kidney endothelin production and kidney injury, and better preserved GFR. *Kidney int*. 77:617-23.
22. Recommandations des bonnes pratiques médicales. *Ald n°17 : l'insuffisance rénale chronique terminale*. (2013).
23. Reichel, H., Zee, J., Tu, C., Young, E., Pisoni, RL., Stengel, B., Duttlinger, Lonnemann, G., Robinson, BM., Pecoits-Filho, R., & Fliser, D. (2020). Chronic kidney disease progression and mortality risk profiles in Germany : results from the Chronic Kidney Disease Outcomes and Practice Patterns Study. *Nephrol Dial Transplant*. 35 : 803–810.
24. Smart, NA, & Titus,TT. (2011). Outcomes of early versus late nephrology referral in chronic kidney disease: a systematic review. *Am J Med*. 124 (11):1073-80.
25. Squalli,T. (2020).Offre de soins en hémodialyse au Maroc. *Société marocaine de néphrologie*. Maroc.
26. Stack, AG. (2003). Impact of timing of nephrology referral and pre-ESRD care on mortality risk among new ESRD patients in the United States. *Am j Kidney Dis*. 41(2): 310-8.
27. Stephen, T. (2013). Delayed Progression to Dialysis with Early and Intensive Management of Predialysis Chronic Kidney Disease: A Case-Based Approach. *Case Rep Nephrol Urol*. 3 :74–86.
28. UAA, S., Mansour Salem, M., Abdulazim, DO. (2016). Stop chronic kidney disease progression. *World J Nephrol*. 5(3): 258-273.
29. Vigil, A., Condés, E., Camacho, R., Cobo, G., Gallar, P, Oliet, A., Rodriguez, I., Ortega,O., Mon, C., Ortiz, M., & Herrero, JC.(2015). Predictors of a Rapid Decline of Renal Function in Patients with

Chronic Kidney Disease Referred to a Nephrology Outpatient Clinic:  
A Longitudinal Study. *Advances in Nephrology*. Volume, 8 pages.

30. Webster, AC., Nagler, EV., Morton, RL., & Masson, P. (2017). Chronic kidney disease. *Lancet*. 389 : 1238–52.
31. Yoon, HE., Chung, S., Chung, HW., Shin, MJ., Lee, SJ, Kim, YS., Kim, HW., Song, HC., Yang, CW., Jin, DC., Kim, YS., Kim, SY., Choi, EJ., Chang, YS., & Kim, YO. (2009). Status of initiating pattern of hemodialysis: a multi-center study. *J Korean Med Sci*. 24 : S102–8.



ESJ Natural/Life/Medical Sciences

## Survey of the Use of Phytosanitary Products in Vegetable Crops in the District of Abidjan, Côte d'Ivoire

*Anne-Edwige Coulibaly*

*Gilles Alex Pakora*

Biology and Health Laboratory, UFR Biosciences, University of Félix Houphouët-Boigny d'Abidjan (UFHB), Abidjan, Ivory Coast

*Ler-N'Ogn Dadé Georges Elisée Amari*

Biotechnology Laboratory, Agriculture and Biological Resources Development, UFR Biosciences, University of Félix Houphouët-Boigny d'Abidjan (UFHB), Abidjan, Ivory Coast

*Ako Aristide Berenger Ako*

Department of Parasitology and Mycology, Institut Pasteur of Ivory Coast

*Joseph Allico Djaman*

Biology and Health Laboratory, UFR Biosciences, University of Félix Houphouët-Boigny d'Abidjan (UFHB), Abidjan, Ivory Coast

[Doi:10.19044/esj.2023.v19n12p114](https://doi.org/10.19044/esj.2023.v19n12p114)

Submitted: 17 November 2022

Accepted: 13 April 2023

Published: 30 April 2023

Copyright 2023 Author(s)

Under Creative Commons BY-NC-ND

4.0 OPEN ACCESS

*Cite As:*

Coulibaly A., Pakora G.A., Amari L.D.G.E., Ako A.A.B. & Djaman J.A. (2023). *Survey of the Use of Phytosanitary Products in Vegetable Crops in the District of Abidjan, Côte d'Ivoire*. European Scientific Journal, ESJ, 19 (12), 114.

<https://doi.org/10.19044/esj.2023.v19n12p114>

### Abstract

The development of vegetable crops contributes to the food security of populations while reducing the problems of unemployment. However, these crops are subject to many pests that cause quantitative and qualitative damage to crops. To improve their yield, most market gardeners resort to the use of phytosanitary products. In order to take stock of the use of these products in the fight against pathogens of vegetable crops in the district of Abidjan, Côte d'Ivoire, a survey was carried out from January to February 2018 among 33 producers in the communes of Cocody and Port-Bouët. Twenty-seven pesticide trade names divided into 8 different families were identified. The majority of pesticides used were insecticides (53%) followed by fungicides (25%). Seventy-five percent (75%) of market gardeners were aware of the risk

of pesticide toxicity, however, 53% of market gardeners did not use any means of protection during pesticide spraying. These bad practices jeopardize their health, that of consumers and the environment. It is therefore important to train and educate market gardeners on phytosanitary products and to provide them with adequate protective equipment.

---

**Keywords:** Chemical pesticides, vegetable crops, phytosanitary practice

## **Introduction**

Urban agriculture, which provides fresh fruit and vegetables, has gained in importance over the last 30 years in Africa. Thus, Côte d'Ivoire, like many African countries, has seen a prodigious development of urban and peri-urban agriculture, particularly in Abidjan (Wognin et al. 2022). This is the case of vegetable crops, which constitute one of the most dynamic agricultural sectors. Moreover, market gardening helps to reduce the problems of unemployment, particularly among women for whom this activity is a source of income.

Faced with the increased demand of populations in highly urbanized areas for fresh and good quality market gardening products, most market gardeners resort to the often abusive use of phytosanitary products in order to improve their yield and the marketability of the products (Soro et al. 2018). Indeed, these crops are subject to many pests which are the cause of quantitative damage, but also qualitative damage (alteration of the product). The immediate effect of these synthetic pesticides makes producers neglect the health and environmental risks associated with their use (Yarou et al. 2017). Indeed, the use of pesticides is often massive, which generates widespread pollution of ecosystems. In addition, several pathologies are likely to be associated with pesticides in the long term (cancer, sterility, congenital malformations, mental deficiencies, neurological and reproductive disorders) (Yapo et al. 2021). In order to preserve human health and protect the environment, Côte d'Ivoire has put in place a legislative and regulatory framework for the management of phytosanitary products. Are legislative practices such as regulations and agricultural support policies positively correlated with good agricultural practices? Faced with this question, it is, therefore, necessary to update the current state of phytosanitary practices and conditions of pesticide use by market gardeners. This study proposes to make an inventory of the use of phytosanitary products in the fight against pathogens of market gardening in Ivory Coast, in the district of Abidjan.

## **Methods**

### ***Study zone***

This survey lasted one month (08 January 2018 to 10 February 2018). It was carried out in three (03) market gardening areas in the district of Abidjan, Ivory Coast. The sites were located in the communes of Cocody (2 sites: M'Badon and M'Pouto) and Port-Bouët (one site) (**Figure 1**).

### ***Survey methodology***

The study population consisted of market gardeners. A questionnaire was developed and divided into two sections: the first section concerning the age, sex, and level of education of market gardeners. The second section was related to the control practices by the chemical pesticides used, the frequencies, the doses of application, and the protective measures used by the producers.

### ***Data analysis***

The survey data were entered into the Excel® 2016 software. A chi-square test of the quality of adjustment was carried out to compare the distribution of men and women in market gardening in Abidjan and also compare the level of education of different market gardeners. A chi-square test of independence was carried out to establish a relationship between the farming method and the sex of the market gardeners on the one hand and on the other hand between the knowledge of the risk linked to the use of pesticides and the means of protection market gardeners.



**Figure 1.** Location market gardening areas in the district of Abidjan, Ivory Coast

## Results

### *Socio-demographic characteristics of market gardeners*

A total of 39 market gardeners were surveyed in 2 communes in the district of Abidjan, namely the communes of Port-Bouët and Cocody (M'Badon and M'Pouto). The proportion of respondents was 33% or 13 market gardeners per site.

About 74% of market gardeners were male. The frequency of observation (26%) of women was attributable to the M'Pouto site, which alone included 90% of the women questioned for all the sites.

These market gardeners were all of Burkinabe nationality (a country bordering Côte d'Ivoire) with a very low level of education, i.e., 74% of market gardeners with no schooling. Among those who attend school, 15% have completed primary school and only 10% have reached secondary school (**Table 1**).

The distribution of market gardeners according to age showed that the age group of market gardeners varied between 19 and 68 years. Among these producers, 62% were between 19 and 45 years old and 28% were over 45 years old (**Table 2**).

### *Vegetable crops practiced*

The distribution of vegetables is presented in **Table 3** and **Table 4**. Eight cultivated species have been identified. These are leafy greens (lettuce, spinach, mint, and parsley), fruiting vegetables (okra, eggplant,) and bulb vegetables (onion and turnip).

Lettuce was the main vegetable grown on the M'Badon and M'Pouto sites, with 100% and 92% of vegetable production respectively. As for the Port-Bouët area, mint was the main crop observed with 69% of production, followed by lettuce with 38% of production. In terms of fruit vegetables, low production was noted, with respectively 10% and 9% production of eggplant and okra for all sites.

The highest observation frequency was at the Port-Bouët site with 23% eggplant production and 15% okra. On the M'Pouto site, none of these vegetables were observed. Bulb vegetables were only grown on the M'badon and Port-Bouët sites with a frequency of 46% for spring onions in Port-Bouët and 54% for turnips in M'badon. Sixty-four percent (64%) of market gardeners practiced at least two different crops on their plot (**Figure 2**). Among market gardeners, the combination of more than three crops on the same plot was higher on the M'Badon site with 56% of market gardeners against 33% and 11% of market gardeners respectively on the sites of Port-Bouët and M'Pouto (**Table 5**). Sixty-nine percent (69%) of market gardeners at the M'Pouto site practiced monoculture compared to 31% at the M'Badon and Port-Bouët sites.



Ultimately, market garden crops were diversely cultivated, with a predominance of leafy vegetables (lettuce 81%, spinach 36%, mint 33%). Bulb vegetables were poorly cultivated with 11% and 8% respectively for eggplant and okra.

Note that for the M'Pouto site, only leafy vegetables were grown with a predominance of lettuce (92%).

**Table 1.** Distribution (%) of the characteristics of market gardeners in the peri-urban area in the district of Abidjan

Characteristics	Distribution			
	M'Badon	M'Pouto	Port-Bouët	All sites
<u>Sex</u>				
Man	12 (92%)	4 (31%)	13 (100%)	29 (74%) <b>a</b>
Women	01 (8%)	9 (69%)	00 (00%)	10 (26%) <b>b</b>
<u>Age</u>				
15 to 25	04 (31%)	00 (00%)	01 (8%)	05 (13%)
25 to 35	04 (31%)	02 (15%)	04 (31%)	10 (26%)
35 to 45	02 (15%)	04 (31%)	03 (23%)	09 (23%)
> 45	02 (15%)	05 (39%)	04 (31%)	11 (28%)
ND	01 (8%)	02 (15%)	01 (8%)	04 (10%)
<u>Nationality</u>				
aboriginal	00 (00%)	00 (00%)	00 (00%)	00 (00%)
Foreigner	13 (100%)	13 (100%)	13(100%)	39 (100%)
<u>Education level</u>				
Unschoolled	11 (85%)	10 (77%)	08 (62%)	29 (74%) <b>a</b>
Primary	00 (00%)	03 (23%)	03 (23%)	06 (15%) <b>b</b>
Secondary	02 (15%)	00 (00%)	02 (15%)	04 (10%) <b>c</b>
Superior	00 (00%)	00 (00%)	00 (00%)	00 (00%) <b>d</b>

With  $\alpha = 0.05$  and 1 degree of freedom; a read chi-square of 3.841 against a calculated chi-square of 9.256, the frequency of observation of men is statistically different from that of women.

With  $\alpha = 0.05$  and 1 degree of freedom; a read chi-square of 3.841 against calculated chi-squares above 3.841, the observation frequencies of the different levels of study are statistically different.

**Table 2.** Distribution of market gardeners according to age

Age range	Age	Effective	Percentage
19 to 30 years	19 ;21 ; 23 ;24 ; 25 ;25 ; 28 ;30	08	21%
31 to 45 years	32 ;33 ;33 ;34 ;34 ; 35 ; 35 ; 35 ; 38 ; 38 ; 39 ; 39 ;40 ; 40 ; 40 ;45	16	41%

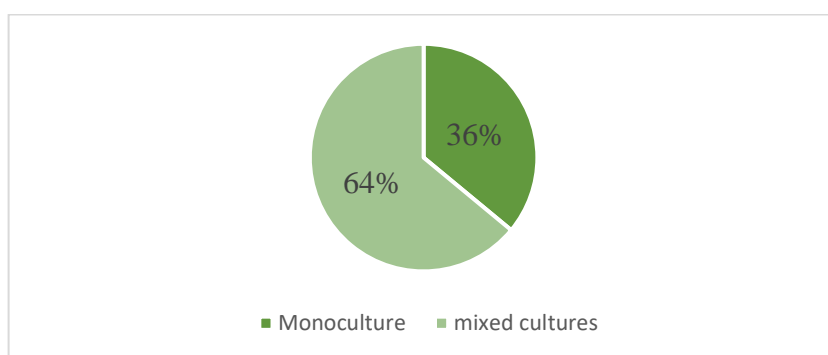
>45	47 ; 47 ; 48 ; 48 ;50 ; 55 ; 56 ; 57 ; 65 ; 68 ; 68	11	28%
ND		04	10%
Total		39	100%

**Table 3.** Main vegetable crops observed on the production sites investigated

Production Sites	Cultures encountered (frequency of observation)							
	Lettuce	Spinach	Mint	Parsley	Eggplant	Okra	Chives	Turnip
M'Badon	100% 13 /13	54% 7/13	15% 2/13	46% 6/13	7% 1/13	7% 1/13	15% 2/13	54% 7/13
M'Pouto	92% 12/13	23% 3/13	15% 2/13	7% 1/13	00% 00/13	00% 00/13	0% 0/13	00% 00/13
Port-Bouët	38% 6/13	23% 3/13	69% 9/13	00% 00/13	23% 3/13	15% 2/13	46% 5/13	00% 00/13
TOTAL	79% 31/39	33% 13/39	33% 13/39	18% 7/39	10% 4/39	8% 3/39	18% 7/39	18% 7/39

**Table 4.** Nature of the vegetables grown on the production sites investigated

Production sites	Vegetables grown		
	Leafy greens	Fruiting vegetables	Bulb vegetables
M'Badon	Abundant dominated by lettuce	Low : eggplant, okra	Not abundant dominated by turnip
M'Pouto	Abundant dominated by lettuce	Absence	Low : chives
Port-Bouët	Abundant dominated by mint	Not abundant: eggplant, okra	Not abundant: chives, turnip



**Figure 2.** Distribution (%) of the farming method of market gardening on the sites studied

**Table 5.** Distribution (%) of the farming method according to the sites

Cultivation mode	Distribution							
	M'badon		M'pouto		Port-Bouët		Total	
	n	%	n	%	n	%	n	%
Monoculture	2	15	9	69	2	15	13	36
Association of 2 cultures	2	15	2	15	3	23	7	17
Association of 3 cultures	4	31	1	8	5	39	10	25
Association of more than 3 cultures	5	39	1	8	3	23	9	22
Total	13	100	13	100	13	100	39	100

### *Relationship between cropping method and gender of market gardeners*

The results of the analyzes of the chi-square test of independence showed that the variables "cultivation mode" and "gender of market gardeners" were not related. The chi-square value with  $\alpha = 0.05$  and one degree of freedom is 3.841, the calculated chi-square value is 3.03.

### *Use of pesticides in market gardening in Abidjan*

The surveys identified 27 trade names of pesticides divided into 8 different families (**Table 6**). Carbamates are the most used (43.1%) followed by pyrethroids (32.6%), avermectin had an observation frequency of 10.5%. The organochlorine and organophosphate family was also observed (9.5%) (**Figure 3**).

The majority of pesticides used were insecticides (53%) followed by fungicides (25%). Insecticide-acaricide type formulations were also used (18%) (**Figure 4**).

Six of the pesticides listed were not approved for vegetable crops but for the most part approved for cotton crops. They were used by 13 market gardeners, including 7 market gardeners on the Port-Bouët site, 4 market gardeners on the M'Badon site and 2 market gardeners on the M'Pouto site. Apart from Stomp 455CS which is a herbicide from the Dinitroanilides family, the other pesticides were insecticides and belonged to the family of Organophosphates (Polytrine, Pyrical, Pyriforce 480), Organochlorines (Endocotton 375 EC) and Dinitroanilides (Duel CP 186). In the different study areas, all market gardeners use backpack sprayers to spread phytosanitary products. These sprayers have a capacity of 15 liters. Application frequencies varied from one grower to another, but in the majority of cases, they are once a week.

Twelve market gardeners apply phytosanitary products twice a week compared to two market gardeners who use them in the event of disease (**Figure 5**).

The supply of phytosanitary products was done in 3 ways: direct supply on the production sites by itinerant merchants (44% of market gardeners), purchase in the various relay sales points (focal points of Callivoire, approved structure for marketing phytosanitary products) (47% of market gardeners) and purchasing from Callivoire (17% of market gardeners) (Figure 6).

***Relationship between knowledge of the risk associated with the use of pesticides and the use of means of protection for market gardeners***

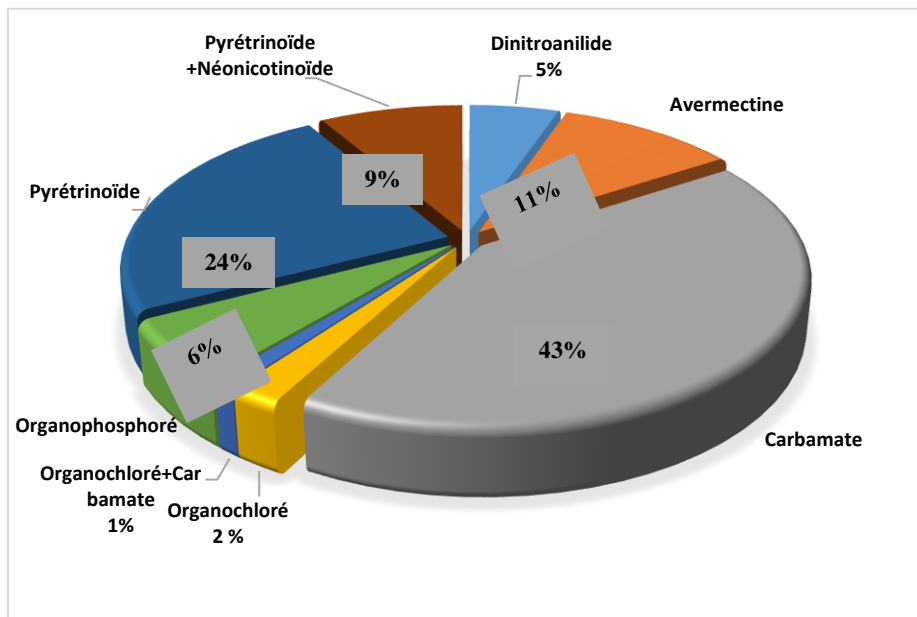
The results of the analyzes of the chi-square test of independence showed that the variables “knowledge of the risk” and “use of means of protection” were not related.

The chi-square value with  $\alpha = 0.05$  and one degree of freedom is 3.841, the calculated chi-square value is 2.68.

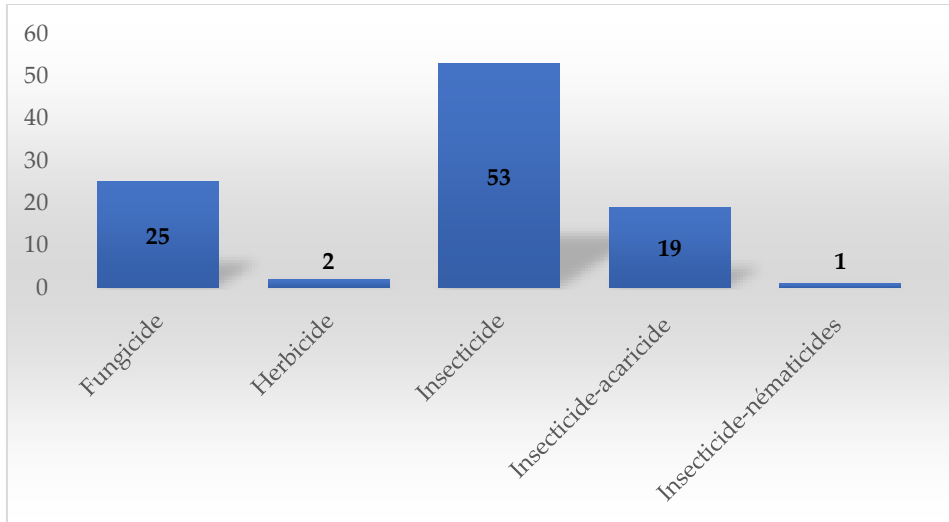
**Table 6.** List of phytosanitary products identified in market gardening in Abidjan

Trade names	Family	Nature	Number of times cited	Field of use
ALMANEB	Carbamate	Fungicide	2	Vegetable and food crops
BANCO PLUS	Organochloré-Carbamate	Fungicide	1	Vegetable crops
BOMEK 18 EC	Avermectine	Insecticide-acaricide	2	Vegetable crops
CALLIFERT	×	Foliar fertilizer	2	Vegetable crops
CALLIMAN	Carbamate	Insecticide	3	Vegetable crops
COTZEB 80 %	Carbamate	Fungicide	2	Tomato crops
CYPALM 50 EC	Pyréthriñoïde	Insecticide	1	Vegetable and food crops
CYPER MAX	Pyréthriñoïde	Insecticide	1	Vegetable and food crops
CYPERCAL 50 EC	Pyréthriñoïde	Insecticide	5	Tomato crops
DECIS 12 EC	Pyréthriñoïde	Insecticide	3	Tomato, green bean and okra crops
DUEL CP 186 EC	Dinitroanilide	Insecticide-acaricide	3	Cotton crops
ENDOCOTTON 375 EC	Organochloré	Insecticide-acaricide	2	Cotton crops
FURADENT	Carbamate	Insecticide-nématicides	1	Tomato crops
IVORY 80 WP	Carbamate	Fungicide	6	Tomato crops
KART 500 SP	Carbamate	Insecticide	14	Cabbage crops
K-OPTIMAL	Pyrétrinoïde +Néonicotinoïde	Insecticide	8	Tomato and cabbage crops
LAMBAD 2.5 EC	Pyréthriñoïde	Insecticide	7	Vegetable crops

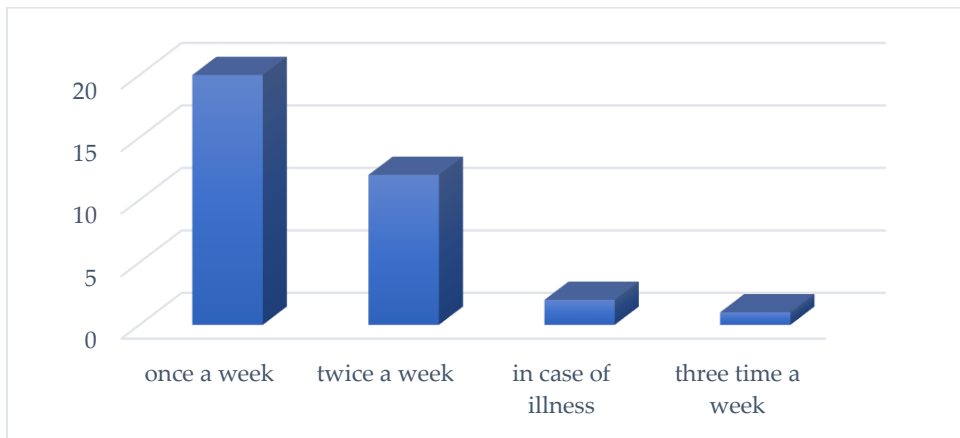
LAMBDA POWER		Pyréthroïde	Insecticide	3	Vegetable and food crops
MANCOMAX WP	80	Carbamate	Fungicide	5	Vegetable crops
MANCOZAN WP	80	Carbamate	Fungicide	8	Vegetable crops
MPK-MIRACLE		×	Foliar fertilizer	1	Vegetable crops
POLYTRINE		Organophosphoré	Insecticide-acaricide	3	Cotton crops
PYRICAL		Organophosphoré	Insecticide	1	Wood
PYRIFORCE 480		Organophosphoré	Insecticide	2	Mango and pineapple crops
STOMP 455CS		Dinitroanilide	Herbicide	2	Rice and cotton crops
THRIMAX 35 EC		Pyréthroïde	Insecticide	3	Vegetable fruit and food crops
VERTIMEC 18 EC		Avermectine	Insecticide-acaricide	8	Fruit and vegetable crops (cabbage and tomato)



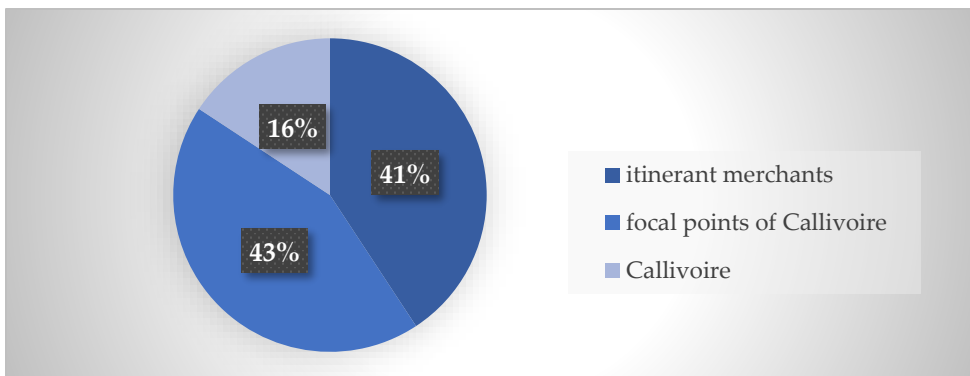
**Figure 3.** Family of pesticides used in market gardening in Abidjan



**Figure 4.** Nature of pesticides used in market gardening in Abidjan



**Figure 5.** Frequency of pesticide use in market gardening in Abidjan



**Figure 6.** Mode of supply of phytosanitary products used in market gardening in Abidjan

## Discussion

The socio-demographic survey carried out among market gardeners in the city of Abidjan reported a high percentage of male market gardeners for all the sites visited. This high proportion of men in market gardening could be explained by the fact that market gardening work requires a lot of physical effort that men have been empowered to deploy (Mondedji et al. 2015). Indeed, vegetable production requires a heavy irrigation practice dominated by manual work (Wognin et al. 2013). These results agree with those of Kouakou (2017) who observed a frequency of more than 89% of men in market gardening in Abidjan. In CI, this observation is not limited only to Abidjan, Konan (2017) and Son et al. (2017) have also observed it respectively in Bouaké and Burkina Faso.

The low representation of women in vegetable production can be explained by the fact that women were busy harvesting or collecting vegetables from production sites for sale in the various markets (Kpan et al. 2019).

The survey shows a low level of education among market gardeners in Abidjan. This observation was also made by Akesse et al. (2018) among pepper producers in Port-Bouët. This could be due to the fact that market gardening is an activity that does not require any particular skills. Moreover, with an age between 19 and 68, this low schooling rate for market gardeners could be attributed to the fact that school was not compulsory in its time. The job search becoming more and more difficult, non-graduates are forced to opt for an occupation that does not require them to have a diploma. Thus, urban market gardening, which is part of the activities of the informal sector, constitutes a point of departure for these unskilled job seekers (Kpan et al. 2019). However, this illiteracy of market gardeners would contribute to increasing the risk of poisoning and environmental pollution. Indeed, not knowing how to read or write, most producers cannot understand the labels written in French, nor respect the instructions for use or even interpret the safety pictograms (Son et al. 2017). The speculations cultivated by market gardeners in Abidjan are diversified with an abundance of leafy vegetables. The predominance of leafy vegetables could be explained by the fact that most crops complete two to three cycles per year. Thus, farmers focus on the production of those that have a short rotation period (example, lettuce), they flow quite easily and are much appreciated by the population. This abundance of leafy vegetables is also found by Loudit et al. (2017) in Gabon, with 62% of cultivated species.

The association of crops combining a main vegetable crop and a secondary crop is a widespread practice among the vast majority of market gardeners. This situation is similar to those observed in northern Côte d'Ivoire in Korhogo, in central Côte d'Ivoire, particularly in Yamoussoukro and in the

east in Abengourou (Soro et al. 2018; Belmin, 2020; Ouattara et al. 2021; ). Dugué et al. (2017) in Senegal have made the same observations and justify the choice of market gardeners by the scarcity of irrigable land due to the increase in the number of producers and the high cost of fertilizers, the prices of which are regularly increasing.

The pesticides listed during this survey belonged to 8 different families, of which carbamates and pyrethroids were the most widely used. These pesticide families, which are not very persistent in the environment, do not tend to bioaccumulate in the food chain. Moreover, with low toxicity, these families are increasingly recommended instead of organochlorines and organophosphates (Chaperon et al. 2021). These results agree with those of Soro et al. (2018) and Kpan et al. (2019) who also found that the active substances of this chemical family were the most used by market gardeners. It should be noted that some market gardeners use very toxic and very persistent products of the organophosphate and organochlorine family intended for the cultivation of cotton and other crops. They are poorly biodegradable and persistent in water, soil, and plants, hence a risk of environmental pollution (Vikkey et al. 2017; Ngakiam, et al. 2019). This could constitute a danger for the applicators and the consumers since, unlike cotton, the majority of the crops encountered are consumed raw. The informal nature, the high level of illiteracy and the absence of training programs on good practices in urban farming could justify this use of unregistered pesticides in vegetable crops (Mambe-Ani et al. 2019). In addition, for some market gardeners, organophosphates and organochlorines are more effective than those recommended for market gardening (Akesse et al. 2018).

The majority of pesticides used were insecticides (53%). This is probably due to the fact that vegetable crops are most often subject to attacks by insect pests (Soro et al. 2018). Our results confirm those of Kpan et al. (2019) who studied the cultivation practices of market gardeners. These authors showed the highest level of insecticide use Abidjan (65.35%).

Seventy-five percent (75%) of market gardeners were aware of the risk of pesticide toxicity. This finding was observed by Fangué-Yapseu et al. (2023) in Cameroon where 97% of market gardeners were aware of the toxicity of synthetic pesticides. Despite their knowledge of the risk of synthetic pesticides, only 47% of market gardeners surveyed used at least one means of protection when spraying pesticides. As the main protective measure, 100% of producers consider the direction of the wind. To avoid receiving pesticide droplets in the face, producers position themselves in the direction of the wind. When the wind blows from east to west, they face east. We should also point out the non-compliance with international standards of the means of protection used by market gardeners. In fact, the latex gloves and mufflers used are not specially designed for phytosanitary treatment



operations. As a result, farmers are not protected (Gouda et al. 2018). The low purchasing power of market gardeners in their great majority could play a big role in the non-respect of good agricultural practice. Indeed, market gardeners who, despite their low level of education were aware of the long-term effects of agrochemicals, admitted that they did not have the financial means to acquire adequate protective equipment (Kpan et al. 2019). In addition to the high cost of protective equipment, some market gardeners claim that it is hot in the suits. In addition, wearing equipment wastes their time before applying chemical pesticides Akesse et al. (2018).

## Conclusion

It appears from this study that market gardening in the district of Abidjan is dominated by men. In addition, market gardeners had a low level of education. The main crops encountered were lettuce and mint. The phytosanitary products used by market gardeners consist of insecticides and fungicides belonging to the family of carbamates and pyrethroids. These families of pesticides are not very toxic. However, some market gardeners use very toxic and very persistent products of the organophosphate and organochlorine family intended for crops other than market gardening. Market gardeners use phytosanitary products without adequate protection. This study reveals the need to train and educate market gardeners in the use of phytosanitary products. These poor practices jeopardize their health, that of consumers and the environment. It is therefore important to train market gardeners and make them aware of phytosanitary products and to provide them with adequate protective equipment. It would also be important to promote organic farming which requires a small amount of chemical inputs.

## Acknowledgments

We thank Gono Kpan Nestor and Koffi Attoungbré Clément for their availability during the various visits to the sites. We also thank all the market gardeners who participated in this study.

**Conflicts of Interests:** The authors declare no conflict of interest.

## References:

1. Akesse, E. N., Ouali-N'goran, S.-W. M., & Tano, Y. (2018). Insectes ravageurs du piment *Capsicum chinense* Jacq. (Solanaceae) à Port-Bouët (Abidjan-Côte d'Ivoire) : Pratiques de lutte par les pesticides chimiques. *Journal of Applied Biosciences*, 93, 8667-8674.
2. Belmin, R. (2020). Diagnostic technico-économique des systèmes de production maraichers de la zone de Yamoussoukro, Côte d'Ivoire.

- Projet TAMCI Transition Agroécologique des Maraichers de Côte d'Ivoire. Cirad UR Hortsys.
3. Chaperon, L., Fillol, C., Gane, J., Oleko, A., Rambaud, L., Saoudi, A., & Zeghnoun, A. (2021). imprégnation de la population française par les pyréthriinoïdes. Programme national de biosurveillance, Esteban 2014-2016. Saint-Maurice : Santé publique France, 62 p.
  4. Dugué, P., Kettela, V., Michel, I., & Simon, S.. 2017. Diversité des processus d'innovation dans les systèmes maraîchers des Niayes (Sénégal): entre intensification conventionnelle et transition agroécologique. *Echnologie et Innovation*, 17, 1- 16.
  5. DOI: 10.21494/ISTE.OP.2017.0112.
  6. Fangue-Yapseu, Y. G., Ntapnze-Mouliom, A. M., & Mouafo-Tchinda, A. R. (2023). Pratiques d'utilisation des pesticides en agriculture maraîchère de bas-fonds dans la ville de Yaoundé », *VertigO - la revue électronique en sciences de l'environnement*.
  7. DOI : <https://doi.org/10.4000/vertigo.37501>.
  8. Gouda, A. I., Imorou T. I., Salami, S. D., Richert, M., Scippo, M. L., Kestemont, P., & Schiffers, B., (2018). 'Pratiques phytosanitaires et niveau d'exposition aux pesticides des producteurs de coton du nord du Bénin, *Cahiers Agricultures*, 27,1-9. <https://doi.org/10.1051/cagri/2018038>
  9. Konan, A. K. J.-M. (2017 ). Compétition entre bâti et agriculture dans la conquête des bas-fonds de la ville de Bouaké : le savoir-faire ou les actions stratégiques des citoyens-agriculteurs pour préserver les espaces agricoles. *VertigO - la revue électronique en sciences de l'environnement* [En ligne], DOI : <https://doi.org/10.4000/vertigo.18302>.
  10. Kouakou K. P.-A. (2017). Analyse de la performance productive de l'agriculture urbaine dans le district d'Abidjan. *European Scientific Journal*, 13, 288-301. Doi: 10.19044/esj.2017.v13n35p288
  11. Kpan, K. G. K., Yao, L., Diemeleou, C. A., N'guettia, R. K., Traore, S. K., & Dembele, A. (2019). Pratiques phytosanitaires en agriculture périurbaine et contamination des denrées par les pesticides : cas des maraîchers de Port-Bouët (Abidjan). *Journal of Animal & Plant Sciences*, 41, 6847-6863. <https://doi.org/10.35759/JAnmPISci.v41-1.11>.
  12. Loudit, S. M. B., Ndoutoume, N. A., & Francis, F. (2017). Le maraîchage périurbain à Libreville et Owendo (Gabon) : pratiques culturelles et durabilité. *Cahier Agriculture*, 26, 45002. Doi : 10.1051/cagri/2017026.
  13. Mambe-Ani, P., Ouattara, K. N., Elleingand, F. E., & Kadjo, V. (2019). Assessment of the impact of pesticide use in urban and

- periurban agriculture in Abidjan, Côte d'Ivoire. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 13, 2824-2837.
14. Mondedji, A. D., Nyamador, W. S., Amevoin, K., Adéoti, R., Abbey, G. A., Ketoh, G. K., & Glitho, I.A. (2015). Analyse de quelques aspects du système de production légumière et perception des producteurs de l'utilisation d'extraits botaniques dans la gestion des insectes ravageurs des cultures maraîchères au Sud du Togo. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 9, 98-107. Doi: <http://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v9i1.10>.
  15. Ngakiam, G. N., Mbela, G. K., Pole, C. S., Kyela, C. M., & Komanda, J. A. (2019). Analyse des connaissances, attitudes et pratiques des maraîchers de la Ville de Kinshasa en rapport avec l'utilisation des pesticides et l'impact sur la santé humaine et sur l'environnement. *Afrique Science*, 15, 122-133.
  16. Ouattara, P. J.-M., Zahui, F. M., Kouame, J. R. K. & Coulibaly, L. (2021) Assessment of phytosanitary practices in peri-urban agriculture and associated environmental and health impacts in developing countries: Case of Abengourou City (Côte d'Ivoire). *Journal of Agricultural Chemistry and Environment*, 10, 275-288.
  17. <https://doi.org/10.4236/jacen.2021.103017>.
  18. Son, D., Somda, I., Legreve, A., & Schiffers, B. (2017). Pratiques phytosanitaires des producteurs de tomates du Burkina Faso et risques pour la santé et l'environnement. *Cahier Agriculture*, 26, 25005. Doi : 10.1051/cagri/2017010.
  19. Soro, G., Koffi, N. M., Kone, B., Kouakou, Y. E., M'bra, K. R., Soro, P. D., & Soro, N. (2018). Utilisation de produits phytosanitaires dans le maraîchage autour du barrage d'alimentation en eau potable de la ville de Korhogo (nord de la Côte d'Ivoire) : risques pour la santé publique. *Environ Risque Santé*, 17, 155-163.
  20. Vikkey, H. A., Fidel, D., Elisabeth, Y. P., Hilaire, H., Hervé, L., Badirou, A., Alain, K., Parfait, H., Fabien, G., & Benjamin, F. (2017). Risk Factors of Pesticide Poisoning and Pesticide Users' Cholinesterase Levels in Cotton Production Areas: Glazoué and Savè Townships, in Central Republic of Benin. *Environmental health insights*, 11,1–10. <https://doi.org/10.1177/1178630217704659>.
  21. Wognin, A. S., Ouffoue, S. K., Assemam, E. F., Tano, K., & Koffi-Nevry, R. (2013). Perception des risques sanitaires dans le maraîchage à Abidjan, Côte d'Ivoire. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 7, 1829-1837. Doi: <http://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v7i5.4>.
  22. Wognin, A. S., Ouattara M. B., Assi-clair B. J., & Koffi-Nevry, R. (2022). Evaluation des niveaux de contamination bactériologique de la

- laitue selon les sites de production et de vente dans les sites de maraîchage d'Abidjan et zone périurbain. *International Journal of Biological and Chemical Sciences* 16: 1580-1592. DOI: <https://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v16i4.18>
23. Yapo, R. I., Ohou-Yao, M. J., Ligban, R., Kouame, P., Mambo, V., & Bonfoh, B. (2021). Niveau de contamination et risques sanitaires liés à la consommation des produits maraîchers à Korhogo, Côte d'Ivoire.
  24. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 15, 2185-2198.
  25. Yarou, B. B., Silvie, P., Komlan, F. A., Mensah, A., Alabi, T., Verheggen, F., & Francis, F. (2017). Plantes pesticides et protection des cultures maraîchères en Afrique de l'Ouest (synthèse bibliographique). *Biotechnologie, Agronomie, Société et Environnement*, 21, 288-304.

## **Troponine Ultra-sensible: Quelles Indications et Comment Interpréter les Résultats en Gériatrie Un Cas d'Élévation de la Troponine chez une Octogénaire**

*Seydou Moussa Youssoufa*

*Daou Maman*

Service de médecine Interne de l'Hôpital National de Niamey (HNN)

*Andia Abdoukader*

Services de Gériatrie , Hôpital General de référence (HGR)

*Saidou Amadou*

Service de pédiatrie, centre de la mère et de l'enfant de Diffa

*Al-Azhari Amal*

Service de médecine Interne de l'Hôpital National de Niamey (HNN)

*Brah Souleymane*

Service de médecine interne, Hôpital National Amirou Boubacar Diallo

*Hamadou Adamou*

Service de médecine Interne de l'Hôpital National de Niamey (HNN)

*Adehossi Eric*

Service de médecine interne, Hôpital General de référence (HGR)

[Doi:10.19044/esj.2023.v19n12p131](https://doi.org/10.19044/esj.2023.v19n12p131)

Submitted: 23 December 2022

Accepted: 13 April 2023

Published: 30 April 2023

Copyright 2023 Author(s)

Under Creative Commons BY-NC-ND

4.0 OPEN ACCESS

*Cite As:*

Seydou Moussa Y., Daou M., Andia A., Al-Azhari A., Brah S., Hamadou A. & Adehossi E. (2023). *Troponine Ultra-sensible: Quelles Indications et Comment Interpréter les Résultats en Gériatrie Un Cas d'Élévation de la Troponine chez une Octogénaire* European Scientific Journal, ESJ, 19 (12), 131. <https://doi.org/10.19044/esj.2023.v19n12p131>

### **Résumé**

La troponine T ultra-sensible (us), marqueur biologique spécifique du cœur, peut être élevée dans des conditions pathologiques autres que le syndrome coronarien aigu. Ces autres causes peuvent ou non être directement liées aux maladies cardiaques. Nous rapportons le cas d'une patiente de 85 ans présentant de multiples événements cardiovasculaires qui présentait une élévation de la troponine T us à 1088 pg/ml, probablement due à de multiples étiologies.

**Mots-clés:** Gériatrie ; syndrome coronarien aigu, troponine

---

## **Ultra-sensitive Troponin: What Indications and How to Interpret the Results in Geriatrics A Case of Troponin Elevation in an Octogenarian**

*Seydou Moussa Youssoufa*

*Daou Maman*

Service de médecine Interne de l'Hôpital National de Niamey (HNN)

*Andia Abdoukader*

Services de Gériatrie , Hôpital General de référence (HGR)

*Saidou Amadou*

Service de pédiatrie, centre de la mère et de l'enfant de Diffa

*Al-Azhari Amal*

Service de médecine Interne de l'Hôpital National de Niamey (HNN)

*Brah Souleymane*

Service de médecine interne, Hôpital National Amirou Boubacar Diallo

*Hamadou Adamou*

Service de médecine Interne de l'Hôpital National de Niamey (HNN)

*Adehossi Eric*

Service de médecine interne, Hôpital General de référence (HGR)

---

### **Abstract**

The ultra-sensitive troponin T (us), a specific biological marker of the heart, can be elevated due to causes other than acute coronary syndrome. These other causes may or may not be directly related to heart disease. We report the case of an 85-year-old female patient with multiple cardiovascular events who presented an elevation of us troponin T to 1088 pg/ml, probably due to multiple etiologies.

---

**Keywords:** Geriatrics; acute coronary syndrome, troponin

### **Introduction**

Troponins are the most sensitive and specific biomarkers of myocardial damage(Nallet et al., 2016).

The assay for ultra-sensitive troponins was recently developed by multiple companies. It can detect concentrations even 10 times smaller than previous dosing techniques(Boukili M, 2012). However, elevated ultra-sensitive troponins were detected in patients without infarction(Chenevier-Gobeaux et al., 2013).

We are going to present a case of elevated levels of troponins in an 85 years old female patient without chest pain or ST-segment elevation.

### **The case**

The patient is an 85 years old female. She was admitted to a general medicine department in Saint Vallier sur Rhône (France) on February 2019, for right sciatica pain which started one week after she fell down. She had a rich history of heart disease, including hypertension; ischemic heart disease which was complicated by acute lung edema; a tight proximal interventricular artery stenosis with an active stent, and an episode of paroxysmal atrial fibrillation. She suffered from chronic kidney disease (CKD) as well.

Her drug history included: furosemide 500 mg ½ tab in the morning, cordarone 200 mg: ½ tab in the morning, hydrochlorothiazide 25 mg: ½ tab at noon 3 times a week; spironolactone 25 mg: 1 tab in the morning, ramipril 2.5 mg: 1 tab in the morning and ½ tab in the evening, clopidogrel 75 mg: 1 at noon and aspirin 75 mg at noon.

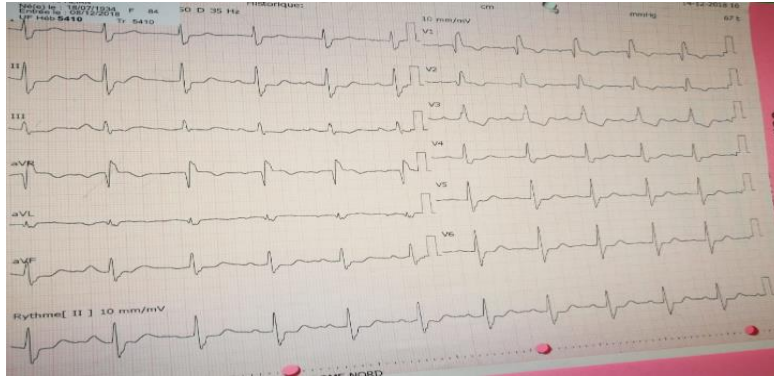
She complained of mechanical lumbar pain radiating to the right lower limb without following a specific dermatomal pattern, and a recent-onset dyspnea.

During the physical examination, the patient was slightly confused. The blood pressure was at 90/64 mmHg, the heart rate was at 97 bpm; afebrile, and the visual analog scale (VAS) was at 4 points.

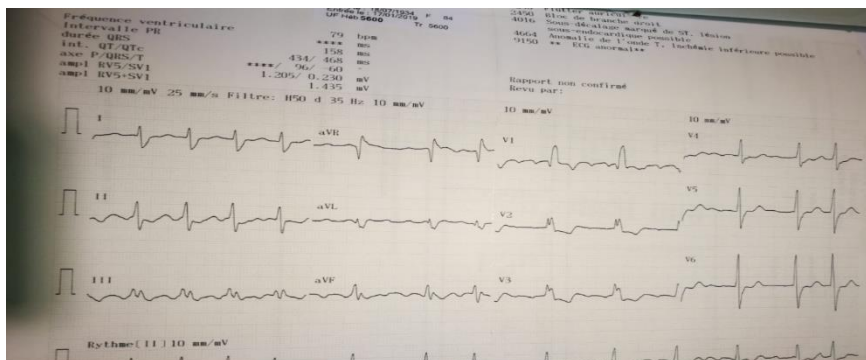
The Lasègue test was positive when the right leg was elevated, both knee and Achilles deep tendon reflexes were diminished on the right side and a positive Babinski sign was detected on the right side as well. The sensory exam was normal. Arrhythmia was detected during cardiac examination but there was no murmur. The remainder of the physical examination was unremarkable.

A spinal x-ray had shown a collapsed T11 which was confirmed by magnetic resonance imaging (MRI).

Blood tests: urea: 29.9 mmol/l, serum creatinine: 166 µmol/l, glomerular filtration rate (GFR) using MDRD equation: 27ml/min, NT Pro bnp:12041 ng/l, ultra-sensitive troponin T: 1088 pg/ml (baseline: 124 pg/ml). An electrocardiogram (ECG) showed atrial fibrillation (AF) with a right bundle branch block (RBBB).



**Figure 1.** ECG December 2018



**Figure 2.** ECG January 2019

Since troponin levels were elevated and the patient was dyspneic, despite the absence of chest pain, a cardiologist's opinion was sought urgently. After an electrocardiogram and a transthoracic cardiac echography, the cardiologist had concluded that there was an atrial fibrillation, a right bundle branch block, and a dilated right ventricle with an RV-RA gradient at 50 mmHg, he also suspected a pulmonary embolism and recommended a chest CT angiography. However, the patient had a CKD which contraindicated the CT angiography, so lung scintigraphy was performed instead and it was normal.

The nearest coronagraphy center was contacted for a second opinion. The second cardiologist had also concluded that other than atrial fibrillation and a right bundle branch block there was nothing else, hence excluding any indication for coronagraphy.

Other than that, Mrs. X had presented, ever since her admission, some episodes of hypersomnia and sometimes even confusion, therefore a brain CT scan was performed which showed some cortical and subcortical hypodense areas in the left temporo-occipital and upper left frontal lobes. So, we concluded that it was an ischemic stroke secondary to hypotension.



The patient was managed with morphine and an antivitamin K, and we stopped the hydrochlorothiazide, decreased the dose of ramipril, and increased the dose of cordarone.

During follow-up the patient was no longer dyspneic nor confused, the pain had disappeared and the blood pressure had returned to normal at 110 mmHg one week after.

The troponin levels decreased to 850 pg/ml 24 hours later and then to 177 pg/ml.

## Discussion

The assay for ultra-sensitive troponins was recently developed by multiple companies. It can detect concentrations even 10 times smaller than the previous dosing techniques. Nevertheless, despite the better sensitivity, there is a decrease in the specificity for Acute coronary syndrome (ACS) (predictive positive value between 50 and 76%)(Boukili M, 2012).

Troponins are ordered every time a patient has typical or atypical chest pain if he has other cardiovascular risk factors. Still, in geriatrics, ACS may have a more atypical presentation than the typical one seen in younger patients. In an Indian study comparing the clinical presentation of ACS between a population of patients younger than 65 and an older population, it was noted that typical chest pain was the most common symptom in both groups but was more common in younger patients than in the elderly (81.76% versus 50.47%;  $p < 0.05$ ). Atypical chest pain (28% versus 10.75%) or no chest pain at all (21.49% versus 7.53%) were more frequently observed in the elderly group compared to the younger one ( $p < 0.05$ ). Dyspnea, palpitations, dizziness, and syncope were reported more by the older group (Bhatia & Naik, 2013).

In our case, dyspnea, history of heart disease, and other comorbidities made us suspect a non-ST-segment elevation ACS with an atypical presentation, justifying dosing the troponins.

In addition to old age, other comorbidities can lead to an also atypical ACS.

In their study, O Manfredi et al. (Manfrini et al., 2016) found that the risk of an atypical ACS depends on the number of comorbidities. Hence, the risk of an atypical ACS is 1.64 (95% CI: 1.42–1.90) in the case of a single comorbidity; 2.52 (95% CI: 2.05–3.10) with two comorbidities, and 4.57 (95% CI: 3.39–6.17) with the presence of three or more comorbidities.

The same authors noted that the independent predictor variables (by descending order) associated with an atypical presentation of acute coronary syndrome are stroke, chronic kidney disease, arteriopathies, chronic obstructive pulmonary disease (COPD), congestive heart failure, diabetes, and old age.

Thus, we see that our patient had at least 4 predictive factors (old age, heart failure, chronic kidney disease, and stroke) for an atypical presentation of an ACS.

After the primary concern, which is suspecting an atypical ACS in a geriatric patient and whether or not to order a troponin assay, the secondary concern consists of how to interpret an elevated troponin level in this particular population of patients. Indeed, the interpretation of an elevated troponin level in such a case is as complicated as detecting an atypical ACS, since many other etiologies can cause its elevation even without an ACS.

A Parisian study compared two groups of patients ages younger and older than 70 years with a glomerular filtration rate lower and higher than 60ml/min, and they noticed that the specificity of an ultra-sensitive troponin T threshold  $> 14$  ng/l for myocardial infarction diagnosis is 88% in the younger group compared to 51% in the group older than 70 years old ( $p < 0.001$ ). Also, the specificity of ultra-sensitive troponin T for myocardial infarction diagnosis was 86% in patients with GFR  $> 60$  ml/min versus 54% in patients with GFR  $< 60$  ml/min ( $p < 0.001$ ). Therefore, this study had the same conclusions concerning acute coronary syndrome without ST elevation (Chenevier-Gobeaux et al., 2013).

Chronic kidney disease is frequently associated with elevated troponins. This elevation is a consequence of minor myocardial damage due to coronary artery disease, left ventricular hypertrophy, and endothelial dysfunction (Bertinchant & Polge, 2004).

Our patient had chronic kidney disease with a GFR of 27 ml/min, so this can be a contributing factor to the elevated troponins seen in her case.

In the literature, we find that many other diseases can lead to troponin elevation in the absence of coronary lesions. These diseases include heart failure; chronic obstructive pulmonary disease (COPD); tachycardia, stroke, other digestive diseases such as liver cirrhosis, some infections, bradyarrhythmia, syncope, gastrointestinal bleeding, myocarditis, hypertensive crisis, cardiac trauma, electrical cardioversion, pericarditis, infiltrative cardiomyopathies, pulmonary embolism, and atrial fibrillation (Bardají et al., 2015; Lavoine & Cauliez, 2004; Pruvot et al., 2006). Thus, we notice that our patient had multiple causes, other than chronic kidney disease, that could have been responsible for elevated ultra-sensitive troponin levels which were: stroke, atrial fibrillation, and heart failure. Having all these diseases at the same time makes the interpretation of isolated increased troponin levels without ST elevation difficult.

Different mechanisms may lead to troponin elevation without the coronary syndrome. It could be due to myocardial depression in sepsis and inflammation, an inadaptation of supply and demand in atrial fibrillation, subendocardial ischemia in left ventricular hypertrophy and an inadaptation of

the autonomic nervous system in cerebral hemorrhage and stroke (Pruvot et al., 2006).

Troponin elevation can vary depending on the cause. It can be 50 times more elevated than the normal threshold in the case of myocarditis or sepsis and only moderately elevated, no more than 5 times the normal value, in liver cirrhosis, gastrointestinal bleeding, hypertension, chronic kidney disease, and respiratory failure (Lavoigne & Cauliez, 2004).

In our case, troponin levels were elevated 50 times more than the normal value, which can be explained by the presence of multiple factors contributing to this elevation.

In this kind of situation, where the probability of a myocardial infarction is mostly weak or intermediate, we should avoid two opposite attitudes (Nallet et al., 2016):

- Adopting a pure cardiology vision, leading to hospitalizations in departments inappropriate for the patient's needs such as CICU, to invasive investigations and antithrombotic treatments which can be, not just useless, but also dangerous.

- Neglecting the results, since a troponin elevation could reveal an atypical ACS and has a prognostic significance.

In our case, two cardiologists' opinions had eliminated an ACS. The management of different comorbidities led to a good clinical result as well as a decrease in troponin levels until it returned to the baseline.

## Conclusion

Troponin elevation is common in elderly patients. Linking this elevation directly to the acute coronary syndrome isn't as simple in geriatric patients where the atypical presentation of ACS is as frequent as other non-ACS-related causes of troponin elevation. An adequate analysis of the clinical situation as well as the benefit/risk ratio is of the utmost importance for better management.

**Conflict of interest:** authors declare that they have no conflict of interest

## References:

1. Bardají, A., Cediél, G., Carrasquer, A., de Castro, R., Sánchez, R., & Boqué, C. (2015). Troponin Elevation in Patients Without Acute Coronary Syndrome. *Revista Española de Cardiología (English Edition)*, 68(6), 469-476. <https://doi.org/10.1016/j.rec.2014.10.018>
2. Bertinchant, J.-P., & Polge, A. (2004). Place du dosage des troponines. *EMC - Cardiologie-Angéiologie*, 1(4), 317-322. <https://doi.org/10.1016/j.emcaa.2004.07.001>

3. Bhatia, L. C., & Naik, R. H. (2013). Clinical profile of acute myocardial infarction in elderly patients. *Journal of Cardiovascular Disease Research*, 4(2), 107-111. <https://doi.org/10.1016/j.jcdr.2012.07.003>
4. Boukili M, Y. (2012). [Sensitive troponin : A new definition of acute myocardial infarction?]. *Presse Medicale (Paris, France: 1983)*, 41(6 Pt 1), 634-637. <https://doi.org/10.1016/j.lpm.2012.02.036>
5. Chenevier-Gobeaux, C., Meune, C., Freund, Y., Wahbi, K., Claessens, Y.-E., Doumenc, B., Zuily, S., Riou, B., & Ray, P. (2013). Influence of age and renal function on high-sensitivity cardiac troponin T diagnostic accuracy for the diagnosis of acute myocardial infarction. *The American Journal of Cardiology*, 111(12), 1701-1707. <https://doi.org/10.1016/j.amjcard.2013.02.024>
6. Lavoine, A., & Cauliez, B. (2004). [Cardiac troponin I and T : Specific biomarkers of cardiomyocyte]. *La Revue De Medecine Interne*, 25(2), 115-123. [https://doi.org/10.1016/s0248-8663\(03\)00218-2](https://doi.org/10.1016/s0248-8663(03)00218-2)
7. Manfrini, O., Ricci, B., Cenko, E., Dorobantu, M., Kalpak, O., Kedev, S., Knežević, B., Koller, A., Milicic, D., Vasiljevic, Z., Badimon, L., Bugiardini, R., & ISACS-TC Investigators. (2016). Association between comorbidities and absence of chest pain in acute coronary syndrome with in-hospital outcome. *International Journal of Cardiology*, 217 Suppl, S37-43. <https://doi.org/10.1016/j.ijcard.2016.06.221>
8. Nallet, O., Gouffran, G., & Lavie Badie, Y. (2016). [Troponin elevation in the absence of acute coronary syndrome]. *Annales De Cardiologie Et D'angiologie*, 65(5), 340-345. <https://doi.org/10.1016/j.ancard.2016.09.006>
9. Pruvot, S., Galidie, G., Bergmann, J.-F., & Mahé, I. (2006). [Troponin and other markers of myocardial ischemia injury, what is the relevance in internal medicine?]. *La Revue de medecine interne*, 27(3), 215-226. <https://doi.org/10.1016/j.revmed.2005.09.025>

## **Effet Répulsif de Faibles Concentrations de l'Huile Essentielle de *Clausena anisata* (Rutaceae) Contre les Moustiques Adultes (Diptera: Culicidae)**

*Ayaba Z. Abagli*

*Lydia Hangnilo*

*Thiery B. C. Alavo*

Laboratoire d'Entomologie Appliquée / Centre Edward Platzer,  
Université d'Abomey-Calavi, Godomey, Bénin

[Doi:10.19044/esj.2023.v19n12p139](https://doi.org/10.19044/esj.2023.v19n12p139)

Submitted: 28 December 2022

Accepted: 20 April 2023

Published: 30 April 2023

Copyright 2023 Author(s)

Under Creative Commons BY-NC-ND

4.0 OPEN ACCESS

### *Cite As:*

Abagli A.Z., Hangnilo L. & Alavo T.B.C. (2023). *Effet Répulsif de Faibles Concentrations de l'Huile Essentielle de Clausena anisata (Rutaceae) Contre les Moustiques Adultes (Diptera: Culicidae)*. European Scientific Journal, ESJ, 19 (12), 139.

<https://doi.org/10.19044/esj.2023.v19n12p139>

### **Résumé**

La présente étude a évalué l'effet répulsif de faibles concentrations de l'huile essentielle de *Clausena anisata* contre le moustique adulte *Culex quinquefasciatus* aussitôt après application au laboratoire afin de déterminer la concentration optimale à utiliser pour la mise au point d'un répulsif. L'huile essentielle est extraite des feuilles séchées de *C. anisata* en utilisant la technique de distillation par la vapeur. Les concentrations de 0,25 %, 0,50 %, 0,75 %, 1 %, 1,25 %, et 1,50 % de l'huile essentielle de *C. anisata* ont été testées sur la peau de dix personnes volontaires. Pour les tests, la peau de la main et de l'avant-bras a été traitée. Immédiatement après application, la partie traitée était placée dans une cage contenant 25 femelles de moustiques *Cx. quinquefasciatus* élevés au laboratoire. Le nombre de moustiques qui se pose sur la peau traitée durant les 15 premières minutes est compté et le nombre de moustiques effectivement gorgés de sang est déterminé. Les résultats ont montré que le taux de répulsion augmente au fur et à mesure que la concentration de l'huile essentielle augmente. Ce taux de répulsion était de 64,91, 75, et 84,21 % pour les concentrations de l'huile essentielle de 0,25 %, 0,50 % et 0,75 %, respectivement. Les concentrations de 1 %, 1,25 %, et 1,50

% ont repoussé 100 % des moustiques. Le pourcentage de moustiques gorgés de sang sur les personnes traitées était de 5,74, 1,64, et 1,22 % pour les concentrations de 0,25 %, 0,50 %, et 0,75 %, respectivement. Aucun moustique n'était gorgé de sang pour les tests réalisés avec les concentrations de l'huile essentielle de 1 %, 1,25 %, et 1,50 %. Les résultats de cette étude indiquent que les faibles concentrations de l'huile essentielle de *C. anisata* ont un effet répulsif contre les adultes du moustique *Cx. quinquefasciatus*. Ces résultats suggèrent que les concentrations de 1 %, 1,25 %, et 1,50 % sont les concentrations de l'huile essentielle qui ont permis d'obtenir un effet répulsif optimal durant les 15 premières minutes qui suivent leur application. Nous suggérons donc l'évaluation de la persistance dans le temps de l'effet répulsif de différentes concentrations de cette huile essentielle contre les moustiques.

---

**Mots-clés:** Moustiques, *Clausena anisata*, Huiles essentielles, Répulsifs, Lutte anti-vectorielle

---

## **Repellent Effect of Low Concentrations of Essential Oil of *Clausena anisata* (Rutaceae) Against Adult Mosquitoes (Diptera: Culicidae)**

*Ayaba Z. Abagli*

*Lydia Hangnilo*

*Thiery B. C. Alavo*

Laboratoire d'Entomologie Appliquée / Centre Edward Platzer,  
Université d'Abomey-Calavi, Godomey, Bénin

---

### **Abstract**

This paper focuses on evaluating the repellent effect of low concentrations of *Clausena anisata* essential oil against *Culex quinquefasciatus* immediately after application in the laboratory in order to determine the optimal concentration to use for the development of a repellent. The essential oil was extracted from the dried leaves of *C. anisata* using the steam distillation technique. Concentrations of 0.25 %, 0.50 %, 0.75 %, 1 %, 1.25 %, and 1.50 % of *C. anisata* essential oil were tested on the skin of ten human volunteers. For the tests, the skin of the hand and forearm was treated. Immediately after application, the treated part was placed in the cage containing 25 female laboratory reared *Cx. quinquefasciatus* mosquitoes. The number of mosquitoes landing and biting on the treated skin during a 15-min period post-application was recorded. Results showed that the repellency rates increased with increasing essential oil concentration. This repellency rate was

64.91, 75, and 84.21 % for essential oil concentrations of 0.25 %, 0.50 %, and 0.75 %, respectively. Concentrations of 1 %, 1.25 %, and 1.50 % repelled 100 % mosquitoes. The percentage of mosquitoes taking blood on treated persons was 5.74, 1.64, and 1.22 % for concentration of 0.25 %, 0.50 %, and 0.75 %, respectively. For tests performed with essential oil concentrations of 1 %, 1.25 %, and 1.50 %, no mosquitoes took blood. The results of this study indicate that low concentrations of *C. anisata* essential oil has a repellent effect against adults of *Cx. quinquefasciatus* mosquitoes. These results suggest that the concentrations of 1%, 1.25%, and 1.50% are the concentrations of the essential oil which made it possible to obtain an optimal repellent effect during the first 15 minutes following their application. For further investigations, the persistence of the repellent effect of different concentrations of this essential oil against mosquitoes should be assessed.

---

**Keywords:** Mosquitoes, *Clausena anisata*, Essential oils, Repellents, Mosquito control

## Introduction

Les moustiques sont vecteurs de nombreuses maladies comme le paludisme, la filariose, le chikungunya, la dengue, la fièvre jaune, la maladie à virus du Nil occidental et la maladie à virus Zika (Marimuthu et al., 2016).

Afin de protéger les humains contre les piqûres de ces moustiques, des répulsifs chimiques de synthèse ont été élaborés. Parmi ces répulsifs chimiques figure le DEET (N,Ndiethyl-m-toluamide). Le DEET est un répulsif à large spectre, efficace et persistant sur la peau (Nerio et al., 2010). Cependant, des études ont montré que ce produit peut entraîner des risques pour l'environnement et pour la santé humaine en particulier pour les femmes enceintes et les enfants (Abagli & Alavo, 2011; Nerio et al., 2010). De plus, le DEET coûte cher et n'est pas abordable pour les populations africaines.

Il est donc indispensable d'adopter une méthode de gestion intégrée des moustiques vecteurs de maladies et de rechercher activement des répulsifs anti-moustiques moins coûteux et respectueux de l'environnement.

Plusieurs plantes de familles variées (Rutaceae, Lamiaceae, Meliaceae, Asteraceae, Annonaceae, Malvaceae et Labiatae) sont utilisées comme sources d'insecticides botaniques (Dwijendra, 2014). Parmi ces plantes, il y a *Clausena anisata* (Wild) Hook.

Des études réalisées en Afrique du Sud, en Éthiopie et au Nigéria ont montré que les populations locales utilisent la plante *C. anisata* pour éloigner les moustiques du corps humain (Mavundza et al., 2011; Karunamoorthi & Husen, 2012; Okunade & Olaifa, 1987). De plus, Khamala (2004) a prouvé que l'huile essentielle de *C. anisata* a un effet répulsif contre le moustique *An. gambiae s.s.* et Mukandiwa et al. (2016) quant à eux avaient testé l'effet

répulsif de l'extrait brut d'acétone de *C. anisata* contre les adultes du moustique *Ae aegypti* et avaient conclu que *C. anisata* avait un effet répulsif sur ces moustiques. Cependant, les résultats de ces chercheurs ne permettent pas de connaître la concentration optimale à utiliser pour la formulation d'un répulsif fait à base de cette huile. La présente étude avait pour but d'évaluer de façon successive l'effet répulsif de faibles concentrations de l'huile essentielle de *C. anisata* contre l'adulte du moustique *Cx. quinquefasciatus* aussitôt après application au laboratoire. Cela permettra de déterminer la concentration optimale à utiliser pour la mise au point d'un répulsif à base de cette huile.

## **Matériel et Méthodes**

### ***Extraction de l'huile essentielle :***

Les feuilles sauvages de *C. anisata* récoltées au Bénin ont été séchées à l'ombre à une température de 27°C pendant trois jours avant l'extraction de l'huile essentielle. L'extraction de l'huile essentielle est faite par la technique d'entraînement par la vapeur et le dispositif utilisé est un distillateur de type Clevenger (Clevenger, 1928).

### ***Elevage des moustiques :***

L'adulte du moustique *Cx. quinquefasciatus* a été utilisé pour les tests. Les moustiques ont été élevés au laboratoire d'entomologie appliquée de l'Université d'Abomey-Calavi (Bénin). Pour l'élevage, les œufs de ces moustiques ont été introduits dans des bacs rectangulaires en plastique de 10 L, contenant 3 L d'eau. Les œufs ont été répartis à raison de 15 radeaux par bac. Ces bacs ont été installés dans une salle aérée à température ambiante. Les larves issues des œufs ont été nourries trois fois par semaine avec de la provende de poisson T-Catfish Finisher-flot 7. Cette provende a d'abord été écrasée puis mélangée avec de l'eau (25 g de provende écrasée pour 1 L d'eau). Ce mélange a été ensuite versé dans l'eau contenant les larves de moustiques, cela en tenant compte de la densité larvaire. Ces bacs ont été recouverts de voile de moustiquaire pour empêcher d'autres espèces de moustiques de venir pondre dans l'eau. Les imagos qui émergeaient de ces larves étaient recueillis directement dans des cages couvertes de voile de moustiquaire. Les cages contenant les adultes étaient installées dans l'insectarium à 28 °C. Les moustiques adultes étaient nourris avec de l'eau sucrée (sucrose) à la concentration de 10 %. Les moustiques qui n'ont pas été utilisés pour les tests ont été gorgés une fois par semaine avec du sang de volaille.



## ***Tests de répulsion de différentes concentrations de l'huile essentielle de *Clausena anisata****

### ***Préparation des solutions***

L'huile essentielle a été dissoute dans l'isopropanol (pur à 99,8 %) à des concentrations de 0,25 %, 0,50 %, 0,75 %, 1 %, 1,25 % et 1,50 %. L'huile essentielle dissoute dans l'isopropanol a été conservée dans des bouteilles sombres hermétiquement fermées et conservées au réfrigérateur à une température d'environ 4 °C avant son utilisation.

### ***Procédure des tests de répulsion au laboratoire***

Avant de déterminer l'effet des différentes concentrations de l'huile essentielle sur les moustiques, l'effet répulsif du solvant utilisé en solo sur les moustiques a été déterminé. Pour le faire, le comportement des moustiques par rapport à la peau traitée avec le solvant (isopropanol pur) a été comparé au comportement des moustiques par rapport à la peau non traitée. Ensuite, les variantes suivantes ont été testées : 0 % (isopropanol pur à 99,8 %), 0,25 %, 0,50 %, 0,75 %, 1 %, 1,25 %, 1,50 % de l'huile essentielle. Pour chaque variante, 10 répétitions ont été effectuées à raison d'un volontaire par répétition afin d'éviter que la différence d'attractivité des moustiques par les volontaires n'influe sur les résultats.

Les moustiques utilisés pour les tests de répulsion étaient âgés de huit à dix jours. Pour la réalisation des tests, les moustiques étaient triés par lot de 25 femelles à l'aide d'un aspirateur à bouche dans les cages couvertes de voile de moustiquaire. Afin de les affamer, ces moustiques étaient privés du jus sucré (sucrose) dix heures de temps avant le démarrage des tests.

Pour les tests, la peau de la main et de l'avant-bras a été traitée. La solution de l'huile essentielle de *C. anisata* était appliquée directement sur la peau des personnes participant à cette étude. La peau de chaque individu est traitée avec la solution de l'huile essentielle à l'aide de coton hydrophile imbibé de 3 ml de la solution. La partie traitée est introduite dans une cage contenant un lot de 25 femelles. Les tests de répulsion démarrent à 19 heures, heure à laquelle les moustiques *Cx. quinquefasciatus* deviennent actifs.

Durant les 15 premières minutes qui suivaient le traitement, le nombre de moustiques qui venaient se poser sur la partie traitée était recensé. Après le test, les moustiques étaient aspirés à l'aide d'un aspirateur à bouche dans un gobelet couvert de voile de moustiquaire. Le gobelet contenant les moustiques était conservé au congélateur à une température d'environ -20 °C afin de tuer les moustiques. Par la suite, les moustiques décongelés étaient observés à la loupe binoculaire pour déterminer le nombre de femelles effectivement gorgées de sang.

### ***Analyses statistiques des données collectées***

Le test de corrélation de Pearson a été réalisé pour déterminer s'il y a une corrélation entre la concentration de l'huile essentielle et le nombre de poses d'une part et d'autre part entre la concentration de l'huile essentielle et le nombre de gorgés. Le Progiciel de statistiques SPSS 16.0 a été utilisé pour réaliser ces tests.

Le pourcentage de moustiques posés et le pourcentage de moustiques gorgés de sang ont été calculés en utilisant les formules ci-après :

\* Pourcentage de moustiques posés = (Nombre total de moustiques posés / Nombre total de moustiques dans les cages) × 100

\* Pourcentage de moustiques gorgés = (Nombre total de moustiques gorgés de sang / Nombre total de moustiques dans les cages) × 100

Le taux de répulsion pour chaque variante de concentration testée au laboratoire a été également calculé en utilisant la formule suivante (Sharma & Ansari, 1994) :

$$\text{Taux de répulsion} = (N_{\text{témoin}} - N_{\text{exp}} / N_{\text{témoin}}) \times 100$$

$N_{\text{témoin}}$  est le nombre de moustiques collectés sur les volontaires servant de témoins

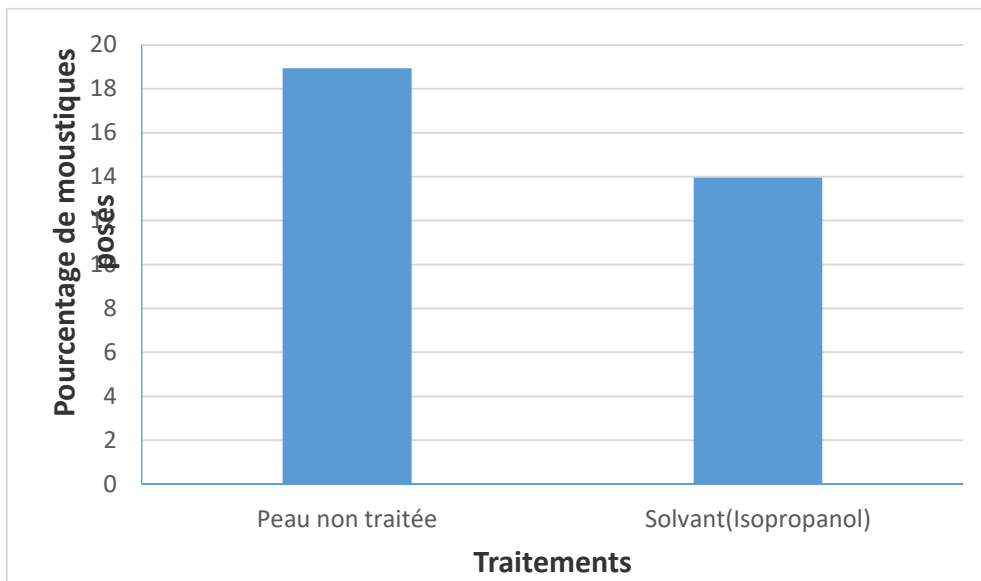
$N_{\text{exp}}$  est le nombre de moustiques collecté sur les volontaires traités.

Les différents graphes qui traduisent les résultats obtenus ont été réalisés à l'aide du logiciel Excel.

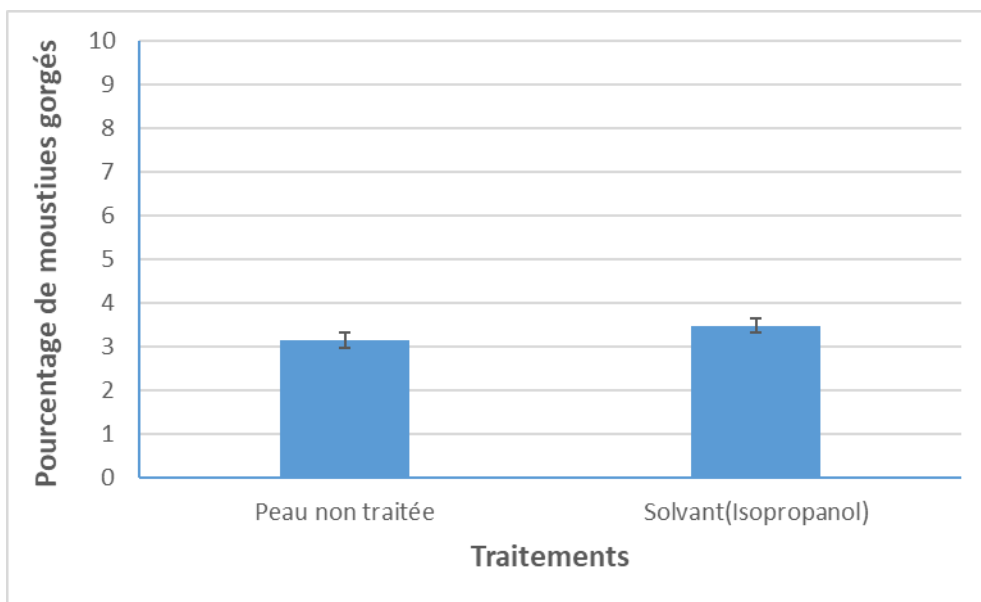
### **Résultats**

#### ***Effet du solvant sur l'activité du moustique *Culex quinquefasciatus****

Les Figures 1a et b montrent que l'activité des moustiques *Cx. quinquefasciatus* sur la peau non traitée avec l'isopropanol et la peau traitée avec l'isopropanol est similaire. Le pourcentage de moustiques posés était de 18 et 12, respectivement, sur la peau non traitée et la peau traitée avec le solvant (Figure 1a). Le pourcentage de moustiques gorgés de sang était de 3,26 et 3,61, respectivement, sur la peau non traitée et la peau traitée avec le solvant (Figure 1b). Ces résultats montrent que l'isopropanol pur n'avait pas un effet répulsif sur les adultes du moustique *Cx. quinquefasciatus*.



**Figure 1a.** Effet de l’isopropanol sur des moustiques adultes : pourcentage de moustiques posés sur la peau



**Figure 1b.** Effet de l’isopropanol sur les moustiques adultes : pourcentage de moustiques gorgés de sang

### ***Effet de l'huile essentielle de Clausena anisata sur les moustiques après application***

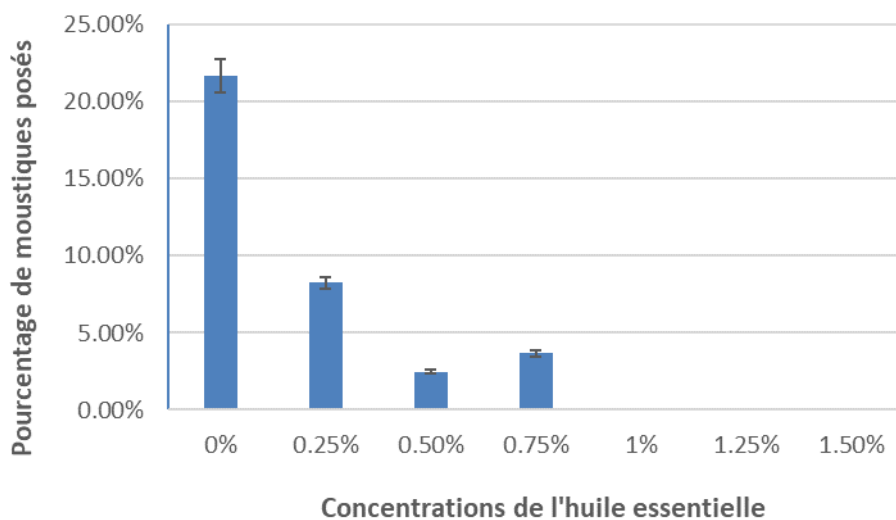
Le pourcentage de moustiques posés sur des personnes impliquées dans l'étude était de 21,63 , 8,23 , 2,46 et 3,67 pour les concentrations de

0% (isopropanol), 0,25 % , 0,50 % et 0,75 % de l'huile essentielle, respectivement. Aucun moustique n'était posé sur la peau pour les concentrations de 1 % , 1,25 % , et 1,50 % (Figure 2a). Ainsi, le taux de répulsion de moustiques adultes était de 64,91 , 75 et 84,21% pour les concentrations de 0,25 % , 0,50 % et 0,75 % de l'huile essentielle, respectivement. Quant aux concentrations de 1 % , 1,25 % et 1,50 % , le taux de répulsion est de 100 %.

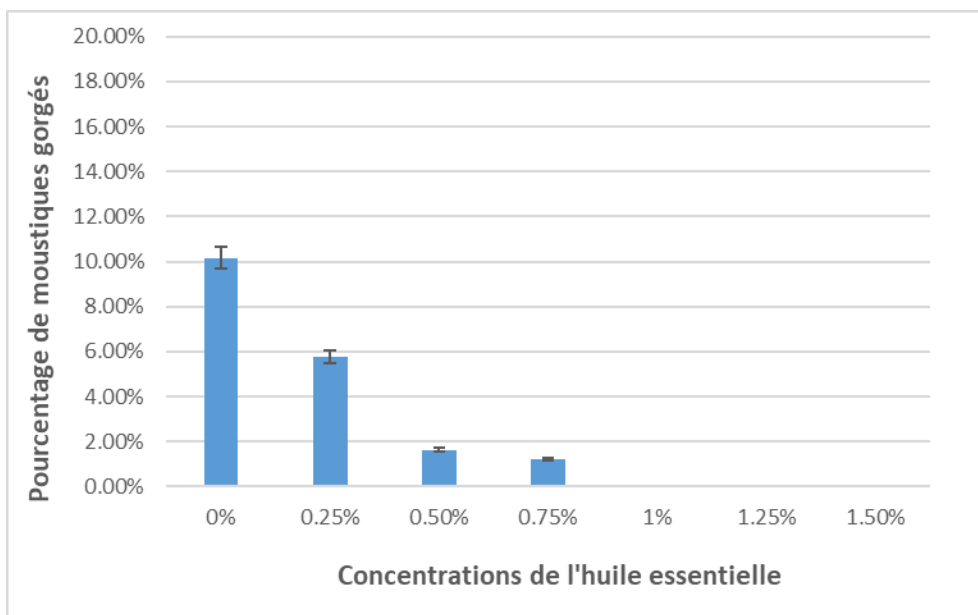
L'analyse statistique des données a révélé qu'il existe une corrélation négative ( $r = - 0,589$ ) entre la concentration de l'huile essentielle et le nombre de moustiques posés. Ce qui signifie que le nombre de moustiques posés diminue au fur et à mesure que la concentration de l'huile essentielle de *C. anisata* augmente.

Le pourcentage de moustiques gorgés de sang sur les volontaires traités était de 10,17 , 5,74; 1,64 et 1,22 respectivement pour les concentrations de 0 % , 0,25 % , 0,50 % et 0,75 % de l'huile essentielle. Ce pourcentage de moustiques gorgés de sang est de 0% pour les concentrations de 1 % , 1,25 % et 1,50 % (Figure 2b).

L'analyse statistique des données a révélé qu'il existe une corrélation négative ( $r = - 0,510$ ) entre la concentration de l'huile essentielle et le nombre de moustiques gorgés de sang. Ce qui indique que le nombre de moustiques gorgés de sang diminue au fur et à mesure que la concentration de l'huile essentielle de *C. anisata* augmente.



**Figure 2a.** Effet de différentes concentrations de l'huile essentielle de *Clausena anisata* sur les moustiques adultes : pourcentage de moustiques posés sur la peau



**Figure 2b.** Effet de différentes concentrations de l'huile essentielle de *Clausena anisata* sur les moustiques adultes : pourcentage de moustiques gorgés de sang

## Discussion

Peu de travaux de recherches ont été consacrés à l'étude de l'effet répulsif de l'huile essentielle de *C. anisata* contre les moustiques. En effet, Khamala (2004) a prouvé que l'huile essentielle de *C. anisata* a un effet répulsif contre le moustique *An. gambiae s.s.* et Mukandiwa et al. (2016) quant à eux avaient testé l'effet répulsif de l'extrait brut d'acétone de *C. anisata* contre les adultes du moustique *Ae aegypti* et avaient conclu que *C. anisata* avait un effet répulsif sur ces moustiques. Cependant, ces travaux ne permettaient pas de connaître la concentration optimale à utiliser pour la formulation d'un répulsif fait à base de cette huile. En évaluant de façon successive l'effet répulsif de faibles concentrations de l'huile essentielle de *C. anisata* aussitôt après application, la présente étude a permis de déterminer la concentration optimale de l'huile essentielle à utiliser pour une protection maximale contre les moustiques.

Les résultats de la présente étude montrent que le pourcentage de moustiques posés et le pourcentage de moustiques gorgés de sang sur les volontaires traités diminuent au fur et à mesure que la concentration de l'huile essentielle augmente. Pour la concentration de 0,25 % de l'huile essentielle, le pourcentage de moustiques posés est de 8,23 % et le pourcentage de moustiques gorgés de sang est de 5,74 % tandis que pour la concentration de 1 %, aucune pose de moustique n'a été enregistrée et aucun moustique ne s'est gorgé de sang soient 0% de pose et 0 % de gorgé. A la concentration de 1 %, l'huile essentielle de *C. anisata* a donc permis de chasser 100 % des

moustiques pendant les 15 premières minutes qui suivent son application. Etant donné que, le taux d'élimination des moustiques est de l'ordre de 97 % pour les produits chimiques de synthèse reconnus comme efficaces (Balkew et al., 2006), la concentration de 1% de l'huile essentielle de *C. anisata* peut donc être considérée comme la concentration optimale à utiliser pour la mise au point d'un répulsif commercial.

Par ailleurs, l'analyse des résultats obtenus permet d'affirmer que l'effet répulsif de l'huile essentielle de *C. anisata* à faibles concentrations est meilleur à l'effet répulsif de l'huile essentielle de *Hyptis suaveolens* à des concentrations élevées. En effet, Abagli et al. (2012) ont testé l'effet répulsif immédiatement après application de différentes concentrations de l'huile essentielle de *H. suaveolens* et ont conclu que le pourcentage de moustiques posés pour les concentrations de 1 et 6 % est respectivement de 42 et 2 %. Pour ces mêmes auteurs, le pourcentage de moustiques gorgés de sang était de 22 et 3 % pour les concentrations de l'huile essentielle de 1 % et 6 %, respectivement. En comparant les résultats de la présente étude à ceux obtenus par (Abagli et al., 2012), il ressort que la faible concentration de 0,25 % de l'huile essentielle de *C. anisata* protège plus que la concentration de 1% de l'huile essentielle de *H. suaveolens*. De même, la concentration de 1% de l'huile essentielle de *C. anisata* repousse plus les moustiques que la concentration de 6% de l'huile essentielle de *H. suaveolens*. De plus, la concentration optimale de l'huile essentielle de *H. suaveolens* était de 6 % avec un taux de répulsion d'environ 97 % (Abagli & Alavo, 2020; Abagli et al., 2012) et celle de l'huile essentielle de *C. anisata* est de 1 % avec un taux de répulsion de 100 %. On en déduit alors que pour une protection optimale, la quantité de l'huile essentielle de *H. suaveolens* à utiliser est 6 fois supérieure à la quantité de l'huile essentielle de *C. anisata*.

Sachant que, le rendement en huile essentielle est d'environ 0,23 % pour les feuilles de *H. suaveolens* (Adjou & Soumanou, 2013) et de 0,14 % pour les feuilles de *C. anisata* (Avlessi et al., 2004), la quantité de l'huile obtenue après extraction à partir des feuilles de ces plantes est donc faible. Par conséquent, pour mettre au point un répulsif fait à base d'une huile essentielle, il serait important de privilégier l'huile qui offre une meilleure protection à une faible concentration. L'huile essentielle de *C. anisata* serait donc la mieux adaptée pour la formulation d'un tel répulsif qui nécessiterait une petite quantité d'huile. Ce répulsif serait alors moins coûteux et son prix serait à la portée des populations dans le besoin pour se protéger des piqûres de moustiques.

En Afrique subsaharienne, bien que les moustiquaires imprégnées d'insecticides chimiques soient recommandées dans la lutte contre les moustiques vecteurs de maladies, elles ne suffisent pas pour lutter contre ces vecteurs (Abagli et al., 2012). Ceci est plus préoccupant dans les conditions

d'Afrique de l'Ouest où l'urbanisation anarchique ou mal planifiée permet la prolifération des moustiques (Alavo et al., 2010). En réalité, les populations humaines, avant d'aller se coucher sous les moustiquaires imprégnées, se font piquées par les moustiques qui leur transmettent la maladie. Pour mieux réussir la lutte contre les vecteurs de maladies et réduire considérablement la prévalence du paludisme et autres maladies vectorielles il serait alors nécessaire d'opter pour la gestion intégrée de ces moustiques vecteurs de maladies comme l'ont recommandé Okech et al. (2008). Les résultats obtenus au cours des travaux de la présente étude permettent de conclure que l'huile essentielle de *C. anisata* est un produit à prendre en compte dans le système intégré de gestion des moustiques vecteurs de parasites à l'origine de différentes maladies.

S'il est vrai que les produits naturels d'origine botanique ont été utilisés pendant une longue période et ont été prouvés traditionnellement non toxiques et appropriés pour le contrôle des vecteurs (Koul, 2008), on peut estimer que l'huile essentielle de *C. anisata* est un bon candidat en tant que répulsif anti-moustique à passer sur la peau. Toutefois, il faudra d'une part, effectuer des tests de rémanences pour déterminer la concentration de l'huile essentielle de *C. anisata* qui protégera le plus longtemps possible et d'autre part, effectuer des tests de toxicité afin de confirmer que cette huile essentielle est utilisable sur la peau.

## **Conclusion**

Les résultats obtenus dans cette étude indiquent que l'huile essentielle de *C. anisata* à faibles concentrations repousse effectivement le moustique *Cx. quinquefasciatus*. Les concentrations de 1 %, 1,25 % et 1,50 % de l'huile essentielle ont permis de chasser 100 % des moustiques durant les 15 premières minutes qui suivent leur application. L'évaluation de la persistance dans le temps de l'effet répulsif de différentes concentrations de cette huile essentielle contre les moustiques sera étudiée ultérieurement.

## **Remerciements**

Nous remercions sincèrement toutes les personnes volontaires qui ont participé à cette étude.

Ce travail n'a reçu aucun financement.

## **Déclaration éthique**

Avant le démarrage de l'étude, nous avons signalé aux volontaires que les moustiques utilisés pour les tests étaient des jeunes adultes qui n'avaient jamais piqué un vertébré. Les moustiques étaient donc sains c'est-à-dire sans parasite. Tous les volontaires ont ainsi donné leur consentement éclairé avant leur participation à l'étude.

**Conflits d'intérêt :** Nous, auteurs, déclarons que nous n'avons pas de conflit d'intérêt.

**Paternité :** Ayaba Z. Abagli, Lydia Hangnilo et Thiery B. C. Alavo ont contribué à part égale aux travaux et à la rédaction de cette publication.

### References:

1. Abagli, A. Z. & Alavo, T. B. C. (2011). Essential oil from bush mint, *Hyptis suaveolens*, is as effective as DEET for personal protection against mosquito bites. *The Open Entomology Journal* 5, pp. 45-48.
2. Abagli, A. Z., Alavo, T. B. C., Avlessi, F., & Moudachirou, M. (2012). Potential of the bush mint, *Hyptis suaveolens* essential oil for personal protection against mosquito biting. *Journal of the America Mosquito Control Association*. 28(1), 15-20.
3. Abagli, A. Z. & Alavo, T. B. C. (2020). Potentialités insectifuges du gros baume, *Hyptis suaveolens* Poit. (Lamiaceae) : Perspectives pour la lutte contre les moustiques en zones tropicales. Review Paper. *Journal of Applied Biosciences* 149: 15330 – 15337..
4. Adjou, E. S. & Soumanou, M. M. (2013). Efficacité des extraits de plantes contre les moisissures toxigènes isolées de l'arachide en post-récolte au Bénin *Journal of Applied Biosciences* 70:5555– 5566
5. Alavo, T. B. C., Abagli, A. Z., Accodji, M., & Djouaka, R. (2010). Unplanned urbanization promotes the proliferation of disease vector mosquitoes (Diptera: Culicidae). *Open Entomol J* 4:1–7.
6. Avlessi, F., Dangou, J., Wotto, V. D., Alitonou, G. A., Sohounhloue, D. K., & Menut, C. (2004). Propriétés antioxydantes de l'huile essentielle des feuilles de *Clausena anisata* (Wild) Hook. C. R. Chimie 7 : 1057–1061.
7. Balkew, M., Elhassen, I., Ibrahim, M., Gebre-Michael, T., & Engers, H. (2006). Very high DDT-resistant population of *Anopheles pharoensis* Theobald (Diptera: Culicidae) from Gorgora, northern Ethiopia. *Parasite* 13(4) pp. 327-329.
8. Clevenger, J. F. (1928). Apparatus for the determination of volatile oil. *J. Am. Pharm. Assoc.*, 17: 345-349.
9. Dwijendra, S. (2014). *Advances in Plant Biopesticides* ISBN 978-81-322-2006-0. DOI 10.1007/978-81-322-2006-0\_19, © Springer India (eBook).
10. Karunamoorthi, K. & Husen, E. (2012). Knowledge and self-reported practice of the local inhabitants on traditional insect repellent plants in Western Hararghe zone, *Ethiopia Journal of Ethnopharmacology* 141:212– 219.



11. Khamala, S. S. (2004). Bioevaluation of Insecticidal and Repellent Plants from Central Region of Kenya and Chemical Identification of Bioactive Derivatives. A thesis submitted in partial fulfillment for the award of the degree of Master of Science of Kenyatta University
12. Koul, O. (2008). Phytochemicals and insect control: an antifeedant approach. *Crit Rev Plant Sci* 27:1-24.
13. Marimuthu, G., Shine, K., Naiyf, S. A., & Giovanni, B. (2016). Acute toxicity and repellent activity of the *Origanum scabrum* Boiss. & Heldr. (Lamiaceae) essential oil against four mosquito vectors of public health importance and its biosafety on non-target aquatic organisms. *Environ Sci Pollut Res* DOI 10.1007/s11356-016-7568-2ui.
14. Mavundza, E.J., Maharaj, R., Finnie, J.F., Kabera, G., & Van Staden, J. (2011). An ethnobotanical survey of mosquito repellent plants in uMkhanyakude district, KwaZulu-Natal province, South Africa. *J. Ethnopharmacol.* 137, pp. 1516-1520.
15. Mukandiwa, L., Eloff, N.J., & Naidoo, V. (2016). Repellent and mosquitocidal effects of leaf extracts of *Clausena anisata* against the *Aedes aegypti* mosquito (Diptera: Culicidae) *Sci Pollut Res* 23: pp. 11257–11266.
16. Nerio, L. S., Olivero-Verbel, J., & Stashenko E. (2010). Repellent activity of essential oils: A review. *Bioresource Technology* 101: pp. 372–378.
17. Okech, B. A., Mwobobia, I. K., Kamau, A., Muiruri, N., Mutiso, N., Nyambura, J., Mwatele, C., Amano, T., & Mwandawiro, C.S. (2008). Use of integrated malaria management reduces malaria in Kenya. *PLoS One* 3:e4050.
18. Okunade, A.L.I. & Olaifa, J. I. (1987). Estragole: an acute toxic principle from the volatile oil of the leaves of *Clausena anisata*. *Journal of Natural Products* 50, pp. 990–991.
19. Sharma, V. P. & Ansari, M. A. (1994). Personal protection from mosquitoes (Diptera: Culicidae) by burning neem oil in kerosene. *J Med. Entomol.*, 31: pp. 505-507.



## Nutritional Impact on the Productivity of Ready-Made Garment Workers

*Md. Monirul Islam (Rajib)*

Assistant Professor, Department of Apparel Manufacturing & Technology, BGMEA University of Fashion & Technology (BUFT), Dhaka, Bangladesh

*Farjana Tasnim Nadila*

*Tasnia Quamar Arpa*

*Md. Shafiul Arefin*

*Tarana Haque Popy*

*Proshun Chowdhury Emon*

BGMEA University of Fashion & Technology, Dhaka, Bangladesh

[Doi:10.19044/esj.2023.v19n12p152](https://doi.org/10.19044/esj.2023.v19n12p152)

Submitted: 01 November 2022

Accepted: 11 April 2023

Published: 30 April 2023

Copyright 2023 Author(s)

Under Creative Commons BY-NC-ND

4.0 OPEN ACCESS

*Cite As:*

Islam M., Nadila F.T., Arpa T.Q., Arefin S., Popy T.H. & Emon P.C.. (2023). *Nutritional Impact on the Productivity of Ready-Made Garment Workers*. European Scientific Journal, ESJ, 19 (12), 152. <https://doi.org/10.19044/esj.2023.v19n12p152>

### Abstract

This study shows the gradual increment in apparel productivity after feeding some nutrients to selected sewing operators who work in a factory named Daarkak, in the urban area of Dhaka, Bangladesh. The specific objective was to identify the consequences of nutritious food in boosting workers' energy levels to aid in increased productivity. A better result compared to the previous data was found, where the productivity increased substantially after providing selected nutritious food- soya and milk. The overall result was impressive. Since most of the workers belong to the low-middle class or poor families, they do not afford nutritious food in daily life for the lack of knowledge that nutritious food can be availed at cheaper prices. Soya and milk contain adequate proteins and they are available at relatively cheaper costs. These foods enabled them mentally and physically to give higher efficiency during their regular work. This paper explores the possibility of improved productivity after providing workers with nutritious food. When productivity increases, profit also increases.

**Keywords:** Nutrition, Productivity, Ready-Made Garment, Soya, Milk, etc.

## Introduction

Malnutrition, Chronic diseases, lost productivity, and other social and economic issues can all be mitigated with a healthy lifestyle (Aikaterini Grimani, 2019). Intake of food to the heart's content keeps the body and mind cheerful and stimulates for more work. Poverty accompanies malnutrition due to "Vicious circle of poverty". It means when someone doesn't have enough money, he consumes less food. As a result, the individual becomes weak and it affects his health and overall productivity. When he is not productive enough, he gets low wages (Christopher BLISS, 1978). This circle goes on again. That's what happens to the garment workers of Bangladesh also. Their wages are not good enough to maintain an extended family that most of the workers possess. This RMG sector directly employs 4.5 million people, 80 percent of whom are women, and indirectly supports up to 40 million Bangladeshis about 25 percent of the population (International Labor Organization, 2022). They are to support their families, pay rent, send money to their hometown, cover medical expenses, and save money from these minimum earnings. As a result, their budget for food reduces, and they are less aware of the importance of eating a healthy diet. They eat rice, wheat, cereal, fish, meat, vegetables, pulses, and other foods on a daily basis. However, it does not meet their daily dietary requirements. Their meat, fish, and fruit consumption is particularly low (Chowdhury, 2019). The goal of this research was to include something in their daily food intake during a period, when they are normally in a break for meals, and evaluate the data to see if any changes occur in their productivity. So, we supplemented their diet with textured soya protein and milk. The nutritional content of textured soya and milk inspired us to select them.

Textured soya protein is prepared from defatted soya flour that has had the soluble carbohydrate removed and then textured by spinning or pressing. It is then dehydrated, resulting in a spongy texture. It can be served in chunks or granules. Soya with a textured surface can be flavored to taste like meat, and it comes in a variety of shapes and sizes and can be used as meat alternative (Sadler, 2004).

**Table 1.** The amount of fat, protein, energy and fiber in textured soya

Composition	Textured Soya
Fat (g/100g)	1.5
Protein (g/100g)	52
Energy (Kcal/100g)	340
Fiber (g/100g)	3.5

Milk is also a nutritive food containing nine vital nutrients including calcium, potassium, and vitamin D, among others. It is thought to be the ideal food. It is a mammal's initial food providing all of the necessary energy and nutrients for appropriate growth and development as well as being essential for bone mass creation. The combination of soya and milk can provide the vitamin and mineral requirements of humans.

**Table 2.** The amount of fat, lactose, protein, energy, calcium, phosphorus, vitamin A, and vitamin D in milk (Pereira, 2014)

Composition	Cow Milk
Fat %	3.6
Lactose %	4.7
Protein %	3.2
Energy (Kcal/100ml)	69
Calcium (mg/100g)	122
Phosphorus (mg/100g)	119
Vitamin A (IU)	126
Vitamin D (IU)	2

## Overview

There are 5000 garment factories in Bangladesh and around 4.5 million people rely on this industry for their livelihood. About 83 percent of overall export earnings are brought through this industry (BGMEA, 2020). It is therefore essential for Bangladesh to work in this area. Most of those who are employed in this industry are not much educated. The majority of them did not even finish secondary school. As a result, they are unaware of the nutrient intake or the food they consume. Rice is their primary source of starch, whereas wheat is consumed by 16% of the workers. Sixty percent of the workers eat potatoes. Fish is the most popular protein source, followed by eggs and chicken. Vegetables are an important part of their daily diet. Fruit is also consumed on a regular basis by 41% of workers (Haque, 2020).

There is a strong link between nutrition and productivity. The more energy a person has, the greater output he or she can produce. However, food ignorance and indifference are limiting the potential yield. The data analysis of nutrition and productivity is the focus of our research. By including an extra meal (Milk and textured soya protein) in the daily routine of the workers, we worked for 21 days and analyzed the data collected before, during, and after the eating period. A change in production occurred, demonstrating the link between nutrition and productivity. There were some constraints, such as changing weather, which limited the data. However, thanks to the owners of "Daarkak" and the workers' collaboration for which the project went off without a hitch.

## Objectives

The aims of the project are ---

- ❖ To find out the nutritional impact on the productivity of RMG workers.
- ❖ To know about the daily intake of food by the workers.
- ❖ To get an idea about workers' health.
- ❖ To inspire the manufacturer to work on workers' nutrition.

## Limitations

- ❖ Seasonal change while conducting the project.
- ❖ Unawareness of these kinds of food values made them think negatively.
- ❖ Wasting some work hours during the consumption of foods.

## Literature Review

Various authors have researched various areas of Bangladesh's garment industry. Evaluating some of the existing works that have attempted to address the RMG sector and identify the relationship between nutritional intake and health, productivity, physical activity, and probability is the focus of their article. Bruno Lemke said that the excessive global temperature, the worker's productivity depends on it (Tord, 2009). By applying lean and increasing occupational health and safety (OHS) the productivity of garments will increase by reducing the cost and lead time (Hamja, 2019).

If the workers' wages increase, they can intake nutritious food (Uddin, 2015). The productivity of that factory will increase then. But here he didn't mention what kind of nutritional food they could intake at a low cost (Uddin, 2015). J Public Health 2021 from this Journal said that they gave counseling about health and nutrition and also provided an amount of Kcal of energy, carbohydrate, protein, fat, and fiber. This reduces their BMI (Rachmah, 2021). Productivity can be enhanced by changing workers' attitudes toward their work either (Islam & Adnan, 2016).

Guidelines for healthy eating describe maintaining a healthy weight by balancing the number of calories that one person eats with the activity he/she does every day. And also describe that healthy eating provides the sustained energy that one person needs to be physically active (Delaware.gov, 2022). So, workers should take the proper amount of nutritional food that he/she exhausts from her/his body. By doing so, if he/she gets a good amount of energy in his/her body, then productivity will increase. And ultimately that can be possible to reduce the production lead time and also the cost.

As Bangladesh belongs to a developing country, the poverty level of garment workers is too high. So, they need nutritive food at a cheaper rate. Soya chunks and milk can be the best choices to fulfill their nutritional needs. And if the factory provides this kind of food to them, that will be the best for

them. In our study, we provide a practical review and data so that readers can have a clear understanding of the effect of providing nutritious food on RMG workers' productivity. Ultimately, that can help to reduce the production lead time.

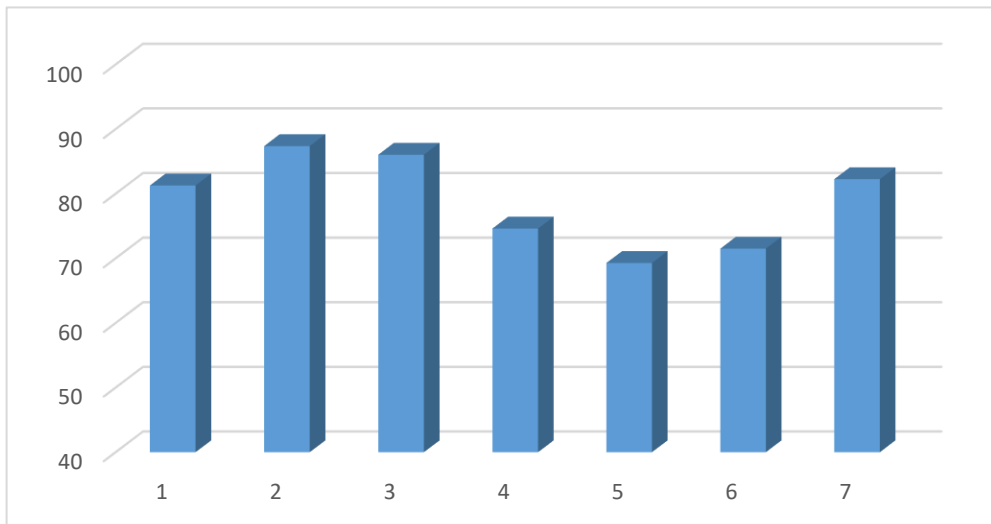
## Methodology

This analytical research was conducted for three weeks in a garment factory. Daarkak, a Bangladeshi garment manufacturing factory was chosen for the research. In a single sewing line, there were 12 machines that were required to prepare a complete garment. During the project, they produced t-shirts. Primary data were collected for a period of 21 days. We fed the 12 workers with nutritious food (Milk and soya chunks). Food was provided and data were collected in three steps - before, during, and after providing the food. We were able to determine the effect of food on their health and production. Data were taken on an hourly basis. Apparel-related journals, recent websites, relevant books, and articles were taken as a source of secondary data for this research.

## Result and Discussion

**Table 3.** Productivity before providing the selected food

Day	Daily Production (Pcs)	Hourly Production (Pcs)
1	650	81
2	699	87
3	688	86
4	597	75
5	554	69
6	572	72
7	658	82

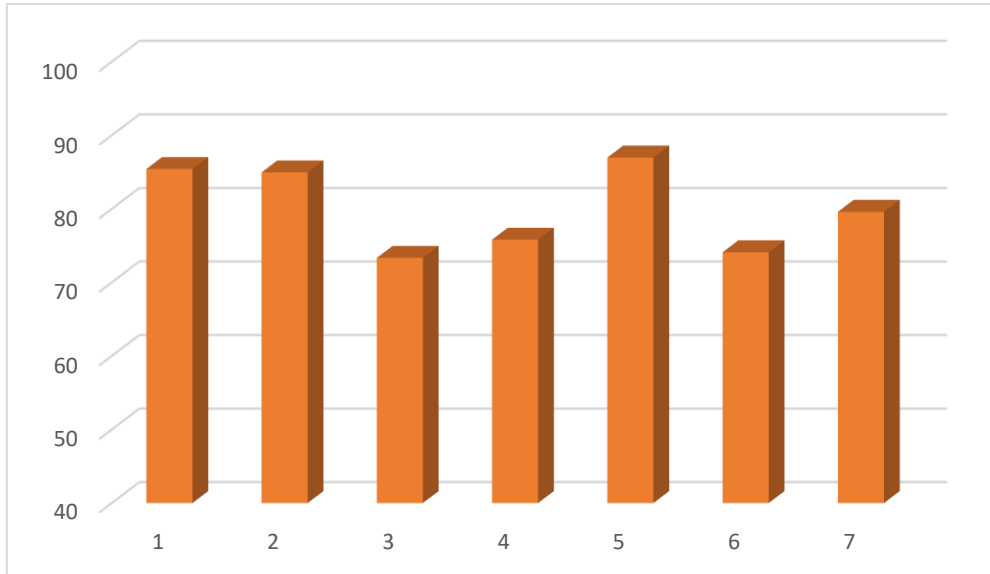


**Figure 1.** Productivity before providing the selected food

Table three (3) shows the production for an entire week before providing the workers with the selected food. On the 1<sup>st</sup> day hourly production was 81 pieces, which raised to 87 pieces on the 2<sup>nd</sup> day. From the third day to the fifth day, the value gradually reduces to 86, 75 & 69 pieces respectively. On the 6<sup>th</sup> and 7<sup>th</sup> day, it again started increasing and reaches 72 and 82 pieces.

**Table 4.** Productivity during providing the selected food

Day	Daily Production (Pcs)	Hourly Production (Pcs)
1	683	85
2	680	85
3	587	73
4	606	76
5	696	87
6	593	74
7	637	80



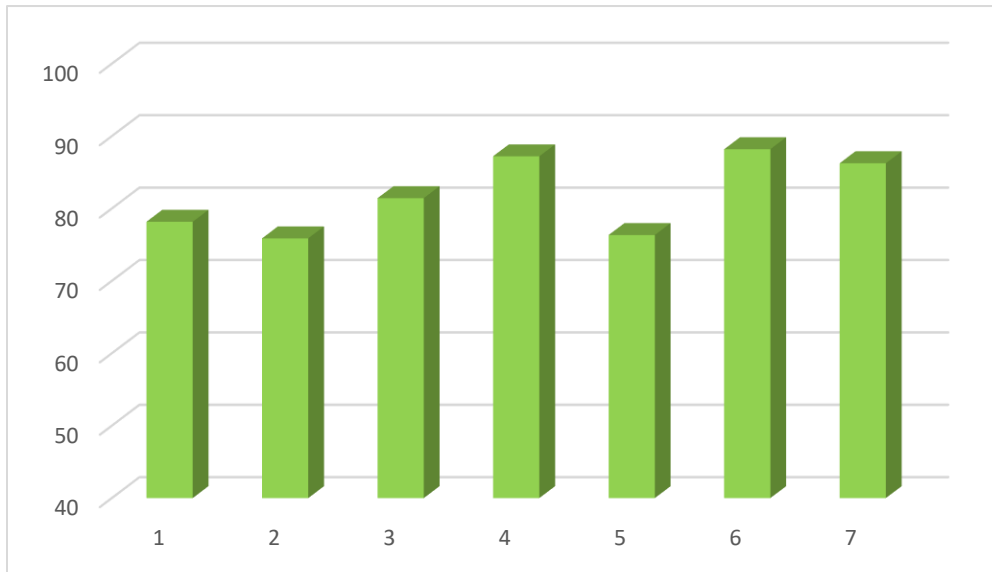
**Figure 2.** Productivity during providing with the selected food

Table four (4) shows the production for an entire week during providing the workers with the selected food. On the 1<sup>st</sup> day hourly production was 85 pieces, which remained the same on the 2<sup>nd</sup> day. On the third and fourth days, the production gradually reduces to 73 and 76 pieces. On the fifth day, the production increased to 87 pieces. On the 6<sup>th</sup> and 7<sup>th</sup> day, it again started falling and reached 74 and 80 pieces.

**Table 5.** Productivity after providing the selected food

Day	Production/Day (Pcs)	Hourly Production (Pcs)
1	625	78
2	607	76
3	651	81
4	698	87
5	611	76
6	706	88
7	690	86





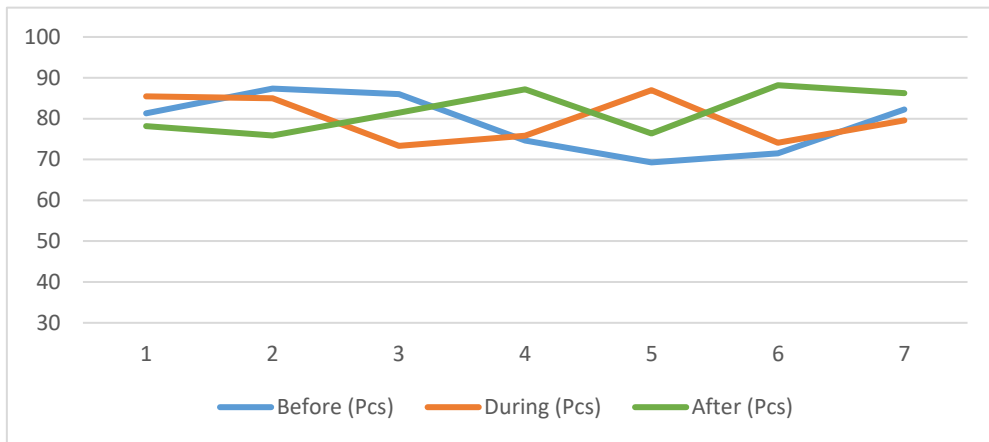
**Figure 3.** Productivity after providing the selected food

Table four (5) shows the production for an entire week after providing the workers with the selected food. On the 1<sup>st</sup> day, hourly production was 78 pieces, which was a bit lower hitting 76 pieces on the 2<sup>nd</sup> day. On the third and the fourth day, the value gradually increases to 81 and 87 pieces. The production falls to 76 pieces on the next day. On the 6<sup>th</sup> and 7th day, it again started increasing and reaches 88 and 86 pieces respectively.

**Table 6.** Total productivity comparison (Before, during and after providing with food)

Day	Before (Pcs)	During (Pcs)	After (Pcs)
1	81	85	78
2	87	85	76
3	86	73	81
4	75	76	87
5	69	87	76
6	72	74	88
7	82	80	86
<b>Average</b>	79	80	82

**Figure 4.** Total productivity comparison (Before, during and after providing with food)



The figure 4 shows that before providing the workers with the selected food, production increased on the second and third day. This is because they became cautious about increasing production assuming that this supervision may affect their performance evaluation. When they understood, this is the only research that has no value on their performance appraisal, they became slack again to bring back to their regular workflow.

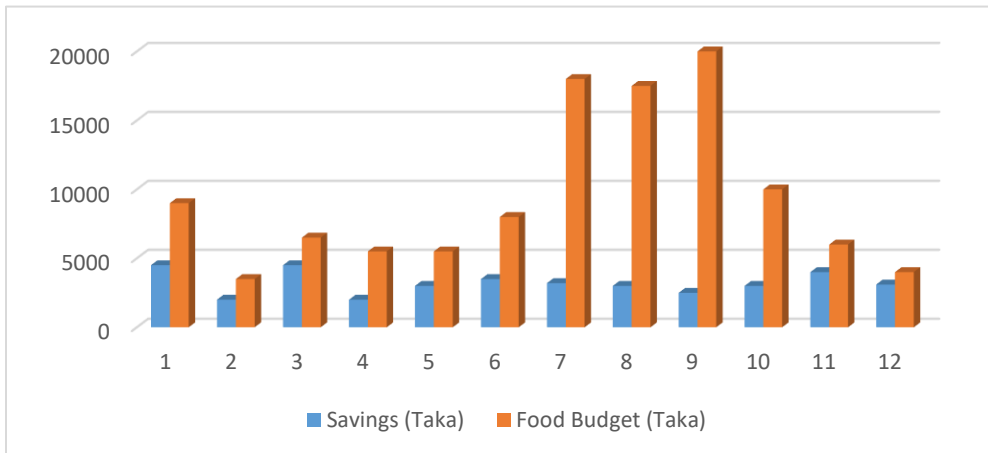
When the workers were given the food during the second week, they became motivated to give extra effort. Hence, the production was raised in the first two days. Then the production falls again. Some of the workers complain they do not get much taste of the food. Their gossiping increased a bit as a result of production hampers for the subsequent days. Production started rising for the last two days of this interim period.

In the last week, the workers were not given any nutritious food. Rather, they were observed for any changes in productivity for the previous week's efforts. A slight and quite gradual increment in productivity was observed. The lowest productivity was 76 pcs per hour and the highest was 87 pcs per hour.

In a nutshell, the average production before, during, and after providing the selected food were 79, 80 and 82 pcs/hr. So, overall three more pieces of garments per hour were produced. This might seem mere three pieces, but management had to spend no additional money to get these extra pieces.

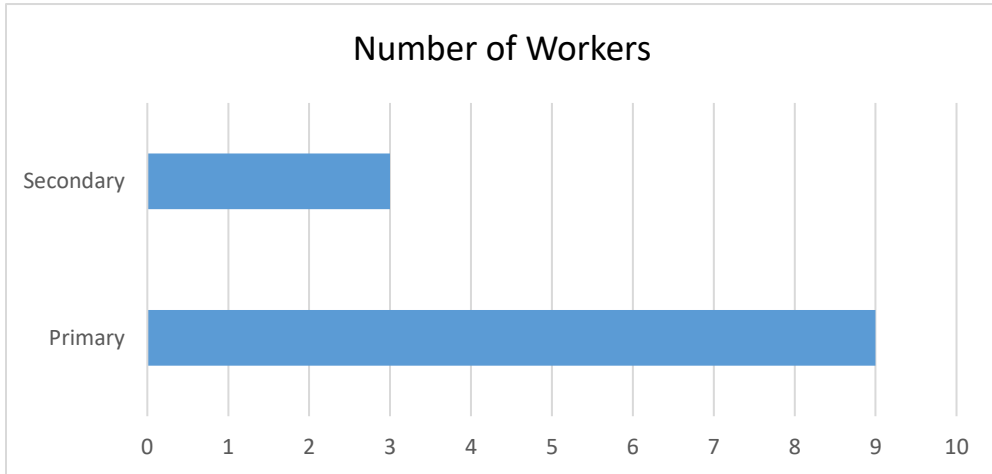
**Table 7.** The Relationship between savings and the food budget of workers

Worker	Savings (Taka)	Food Budget (Taka)	Savings to Food Budget Ratio
1	4500	9000	0.50
2	2000	3500	0.57
3	4500	6500	0.69
4	2000	5500	0.36
5	3000	5500	0.55
6	3500	8000	0.44
7	3200	18000	0.18
8	3000	17500	0.17
9	2500	20000	0.13
10	3000	10000	0.30
11	4000	6000	0.67
12	3100	4000	0.78

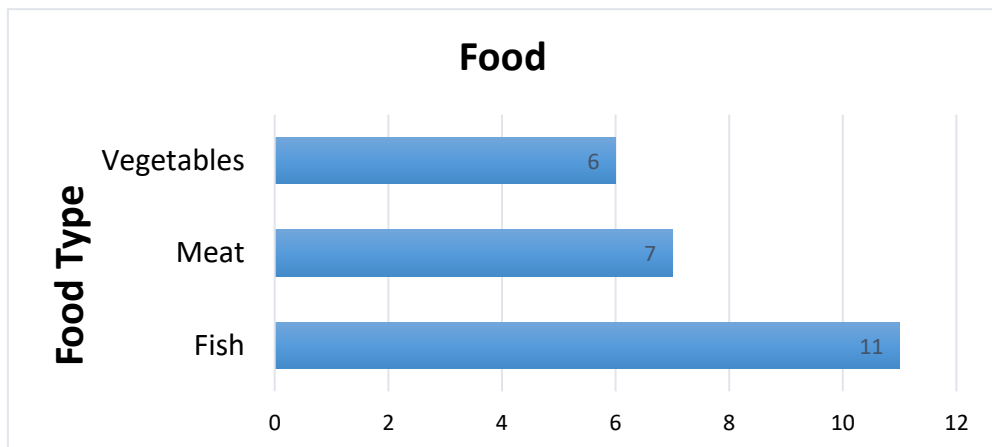


**Figure 5.** Savings and food budget of workers

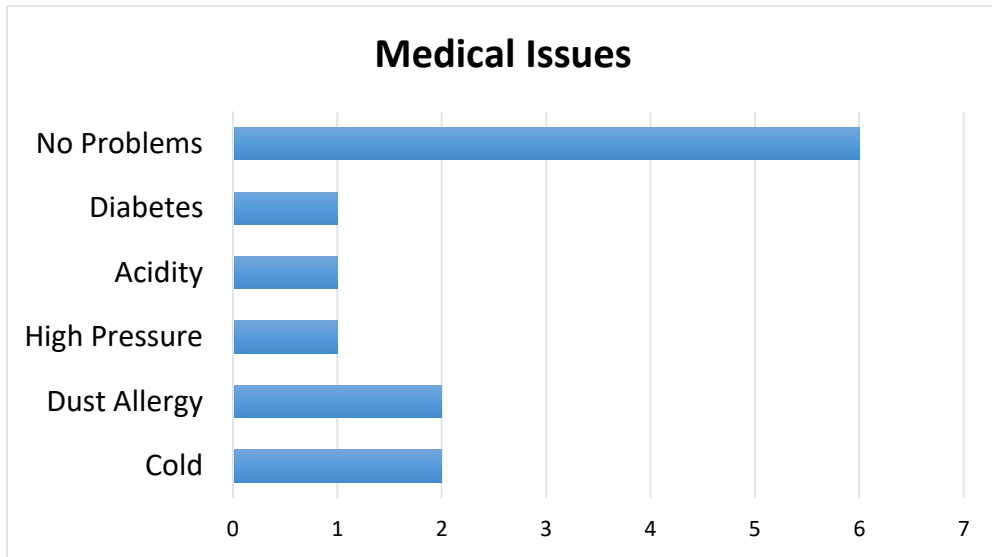
From above data, no strong relationship is observed between the savings amount and the food budget of the workers. Because the lowest value is 0.13 and the highest one is 0.78.



**Figure 6.** Educational background of workers



**Figure 7.** Food loved by workers.



**Figure 8.** Medical issues of workers

In terms of education, most of the workers completed primary level while a few have completed secondary school. They prefer fish to meat and meat to vegetables. In the case of medical conditions, a considerable number ensured they have no medical issues. Some have colds and dust allergies. Food budgets and savings are intertwined; those who save more money, spend less on food. Some workers' food budgets exceed 15 thousand per month, because they are not the sole earner in their families. Most workers' food budget range is from 3500 to 9000. Because they are the only earning member of her/his family.

### **Conclusion**

Bangladesh is a developing country that holds the 2nd position in global RMG export. This clothing industry is gradually propelling the country to a higher economic position in the global marketplace. In a country like Bangladesh, where the majority of employees have not completed their higher secondary level, expecting that they would be food conscious is not realistic. This is a matter of concern for the industry. Enabling them to take a healthy diet can boost their productivity considerably as suggested by the study. This can significantly contribute to increasing productivity by utilizing the designated working period.

### **Future Scope**

This project focuses on the impact of nutritious food on the productivity of RMG workers by providing them with milk and textured soya protein. This research work lasted for 21 days and involved 12 workers

working in a production line with t-shirts. Due to time constraints, budgetary limitations, seasonal issues, and workers' motivational problems, this had to finish in less than a month.

If this research is allowed to continue for a few months or more period and adequate funds are available, the research can bring about more precise results. Alongside, regular counseling and motivating the workers to eat nutritious food can experience the potential to achieve a significantly improved outcome.

### References:

1. Abu Hamja, M. M. (28 May 2019). The effect of lean on occupational health and safety and productivity in the garment industry – a literature review. Taylor & Francis, 316-334.
2. Bliss, C., & Stern, N. (1978). Productivity, wages and nutrition: Part I: the theory. *Journal of Development Economics*, 5(4), 331-362.
3. Chowdhury, A. (2019). Food Habit and Dietary Intake of Garment Workers in Semi-Urban Area of Bangladesh. *American International Journal of Agricultural Studies*, 2(1), 52-57.
4. Delaware.gov. (2022). Eating For Better Health: Delaware.gov. Retrieved January 31, 2022, from Delaware.gov Web Site: <https://dhss.delaware.gov/dhss/dph/dpc/eatright.html>
5. Dr. A.K. Enamul Haque, E. B. (2021). A Survey Report on the Garment Workers of Bangladesh. Sylhet: Asian Center for Development.
6. Grimani, A., Aboagye, E., & Kwak, L. (2019). The effectiveness of workplace nutrition and physical activity interventions in improving productivity, work performance and workability: a systematic review. *BMC public health*, 19(1), 1-12.
7. Hasan, M. T. (2022). Contextualizing Ready-Made Garment Work in Bangladesh. In *Everyday Life of Ready-made Garment Kormi in Bangladesh* (pp. 3-48). Palgrave Macmillan, Cham.
8. Islam, M. M., & Adnan, A. T. M. (2016). Improving ready-made garment productivity by changing worker attitude. *European Scientific Journal*, 12(4).
9. Lemke, B., & Kjellstrom, T. (2012). Calculating workplace WBGT from meteorological data: a tool for climate change assessment. *Industrial Health*, 50(4), 267-278.
10. Moazzem, K. G., & Ahmed, T. (2022). *Verification Opfions Used in Public Procurement by Apparel Sourcing Countties: Potenfial and Effectiveness in Bangladesh* (No. 142). Centre for Policy Dialogue (CPD).

11. Pereira, P. C. (2014). Milk nutritional composition and its role in human health. *Nutrition*, 30(6), 619-627.
12. Rachmah, Q., Martiana, T., Mulyono, Paskarini, I., Dwiyantri, E., Widajati, N., ... & Alayyannur, P. A. (2022). The effectiveness of nutrition and health intervention in workplace setting: A systematic review. *Journal of Public Health Research*, 11(1), jphr-2021.
13. Sadler, M. J. (2004). Meat alternatives—market developments and health benefits. *Trends in Food Science & Technology*, 15(5), 250-260.
14. Uddin, A. J. (2015). Impact of the Low Wages on the Health and Nutritional Status of RMG Workers in Bangladesh. *Journal of Business*, 36(2).



## **Distribution and Carbon Sequestration Potential of *Cola laurifolia* Mast.: A Dominant Native Riparian Species along Permanent Rivers in Sub-Saharan Africa**

***Gouwidida Elice Kabore***

Laboratory of Plant Biology and Ecology,  
University Joseph KI-ZERBO / University Center of Ziniaré

***Philippe Bayen***

Laboratory of Plant Biology and Ecology, University of Dédougou

***Sidzabda Djibril Dayamba***

African Forest Forum, Nairobi, Kenya & Centre National de la Recherche Scientifique et Technologique (CNRST) / Institut de l'Environnement et de Recherches Agricoles (INERA), Ouagadougou, Burkina Faso

***Adjima Thiombiano***

University Joseph KI-ZERBO, Laboratory of Plant Biology and Ecology,  
Ouagadougou, Burkina Faso

[Doi:10.19044/esj.2023.v19n12p166](https://doi.org/10.19044/esj.2023.v19n12p166)

Submitted: 01 November 2022

Accepted: 24 April 2023

Published: 30 April 2023

Copyright 2023 Author(s)

Under Creative Commons BY-NC-ND

4.0 OPEN ACCESS

*Cite As:*

Kabore G.E., Bayen P., Dayamba S.D. & Thiombiano A. (2023). *Distribution and Carbon Sequestration Potential of Cola laurifolia* Mast.: A Dominant Native Riparian Species along Permanent Rivers in Sub-Saharan Africa. European Scientific Journal, ESJ, 19 (12), 166.

<https://doi.org/10.19044/esj.2023.v19n12p166>

### **Abstract**

The continuously increasing interest in carbon market call for adequate approaches to assess and monitor the growth and carbon of tree species. Species-specific models for estimating aboveground biomass (AGB) are the accurate means of quantifying species' carbon pools. This study aimed at developing allometric equation for *Cola laurifolia* Mast., a dominant and multi-purpose riparian species along the Mouhoun River in Burkina Faso. The study first used a destructive sampling approach on thirty trees individuals of different diameter classes after collecting their dendrometric data. Explanatory parameters used to build the models were tree diameter at breast height (Dbh), basal diameter at 20 cm (D20), height (H), and mean crown diameter (MCD). Model development involved looking at different forms of models and



different compartments of the tree (leaves, branches, stems and total above ground biomass). Subsequently, field inventory data were collected in protected and communal areas along three zones of the Mouhoun river (upstream, midstream and downstream) to assess and compare the carbon stock in the different areas and also characterize their population (assessment of regeneration status of the species). The results showed that the log-log linear model was the best-fitted form for the three tree compartments (i.e., leaf, branch, stem) and the total AGB, and incorporated Dbh and H as predictors. The total AGB model was more accurate with the highest goodness of fit (high  $R^2$ ) low residual standard error (RSE) ( $R^2=0.92$ ;  $RSE=0.28$ ) as compared to the three component models. Nevertheless, all the allometric equations established for the prediction of leaves, stem, branches and total aboveground biomass were statically significant ( $p \leq 0.0001$ ). The study also showed that the population structure of the species reflects a low regeneration potential along the studied river zones (i.e., upstream, intermediate and downstream zones), calling for initiatives to address the issue. The carbon stock was found to be 56.40 kg C tree<sup>-1</sup> and 9.24 Mg C. ha<sup>-1</sup>. The density of *C. laurifolia* was higher in downstream zone, and consequently the carbon stock was higher in these areas. The study also compared the outputs from existing generalized allometric models to our newly developed specific-equation and found that they overestimate or underestimate the carbon stock of *C. laurifolia*. The results confirm the value of species-specific model which therefore calls for more effort to develop such models for all dominant species for greater accuracy in AGB estimations at scale.

---

**Keywords:** Allometry; aboveground biomass; Burkina Faso; species distribution; Mouhoun River

## Introduction

Global warming, caused by an increase in atmospheric greenhouse gas concentrations, is a major concern for scientists, decision-makers and development agendas across the world. The planet's future climate will depend on the warming caused by past, current and future anthropogenic emissions of greenhouse gas (GHG) and natural climate variability (IPCC 2014).

Though many sectors (transport, industry, etc.) contribute to GHG emissions, forest degradation is also responsible of a major part. In an analysis of emissions from forest degradation in 74 developing countries in tropical and subtropical areas, a value as high as 2.1 billion tons of carbon dioxide was found, from which 53% were derived from timber harvesting, 30% from wood fuel harvesting and 17% from forest fires (Pearson et al. 2017). Therefore, wood harvested by local population represent an important pool of carbon (Ifó

et al. 2017). On the other hand, previous studies have demonstrated the carbon sequestration potential of different land uses in tropical areas (Dayamba et al. 2016; Mbow et al. 2014), showing that beyond the daily needs of local populations, these land uses could make great contributions to climate change mitigation.

Globally, initiatives such as the Clean Development Mechanism (CDM - initiated under the Kyoto Protocol) and Reducing Emissions from Deforestation and Degradation in Developing Countries (REDD<sup>+</sup> - initiated under the United Nations Framework Convention on Climate Change [UNFCCC]) are making financial resources available to enhance carbon sequestration and reduce emissions from land use change (Gofc-Gold 2008). Therefore, information about biomass stocks in both the aboveground and belowground parts of trees is essential to support carbon trading (Makungwa et al. 2013), assess sustainable production, and evaluate the impacts of various silvicultural practices ( Santa Regina, 2000; Mankessi et al. 2022). Many carbon stock evaluations focused in protected areas and tropical forests (K. Ouédraogo et al. 2020), with some considering wood debris (Ifo et al. 2017), roots (Xie et al. 2020) and soils (Mankessi et al. 2022). Indeed, the management of protected areas that reduce deforestation also plays an important role in climate change mitigation and adaptation while delivering numerous ecosystem services and sustainable development benefits (Bebber and Butt 2017).

Availability of adequate approaches / methodologies for accurate estimation of carbon stocks still constrain the monitoring, evaluation and reporting in carbon trading. It is believed that allometric models will help to assess the dynamics (gains or losses) of biomass and carbon associated with changes in land use and management. More recently, several equations have been developed for tropical forests of semi-arid areas of Africa (Mbow 2009; Mbow et al. 2014), including green and semi-deciduous tropical forests in Ghana, Cameroon, the Democratic Republic of Congo and Gabon (Djomo et al. 2010; Henry et al. 2010; Fayolle et al. 2013; Ngomanda et al. 2014). Despite these efforts, very few species have got species-specific equations and authors usually resort to use generalized biomass equations as suggested by Chave et al. (2014). It remains, however, evident that species-specific equations are recommended instead of generalized equations for accurate assessments of biomass and carbon stock (Daba and Soromessa 2019). Species-specific allometric equations are therefore preferred because trees may differ in their architecture as well as the density of their wood (Ketterings et al. 2001). This calls for continued efforts to develop allometric equations for individual species to help progressively reduce current gaps in knowledges. The need to develop species-specific allometric equations is particularly relevant to species with high socio-economic values, high carbon

stock and trading potential. Such values can raise landholders' interests in the improved management of these species.

*Cola laurifolia* Mast. is a riparian species with a great ecological and socio-economic importance (Idu et al. 2014). This species is commonly encountered in the first line of riverbank vegetation communities in Sub-Saharan Africa (Sambaré et al. 2010). The fruits of the species are consumed by local populations. Traditionally, the leaves are used as medicine, while the wood and branches are used as firewood, and to make bows (Idu et al. 2014). This species is important economically because of its high tannin content, which is useful in industry (Ejikeme et al. 2014). A recent study in Burkina Faso revealed that species in riparian forests including *C. laurifolia* store large amounts of carbon compared to other species (Dimobe et al. 2018) indicating that these species should be given special attention to foster their sustainability.

Specific allometric models have been developed for some savanna tree species with high socio-economic values in Burkina Faso, including, *Vitellaria paradoxa* (Dimobe, Mensah, et al. 2018), *Diospyros mespiliformis* (K. Ouédraogo et al. 2020), *Pterocarpus erinaceus* (Ganamé et al. 2020), *Balanites aegyptiaca* (S. Ouédraogo et al. 2020), and for some species of *Vachellia* and *Senegalia* genus (Bayen et al. 2020). However, there are no specific models for estimating the biomass of *C. laurifolia* despite its socio-economic and ecological importance (Sambaré et al. 2010). The current work aims at generating specific allometric models for estimating the biomass and carbon stock of *C. laurifolia* and by so doing provide means (tools) to stakeholders for documenting evidence of its potential carbon market potential in different areas.

The specific objectives were to (i) characterise the population of *C. laurifolia* along the Mouhoun river in Burkina Faso and (ii) develop a species-specific allometric equation to predict the biomass of *C. laurifolia*.

We hypothesised that:

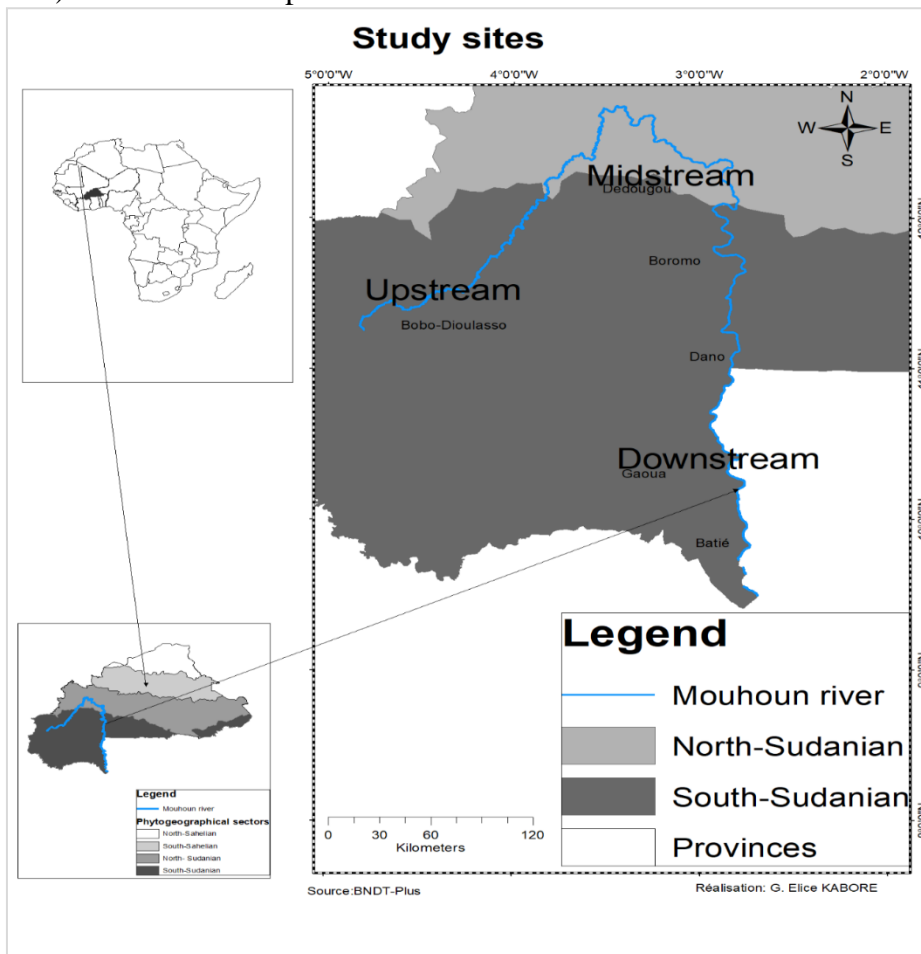
- (i) Dbh and H are the best predictors of the biomass of the different components of *C. laurifolia*.
- (ii) *C. laurifolia* population structure along the Mouhoun river is instable

## Methodology

### Study area

The Mouhoun river is located in the southern, western and southwestern parts of Burkina Faso, between longitudes 2°41'-2°46'W and latitudes 9°29'-9°47'N. The study site represents upstream, midstream and downstream zones (Figure 1) of the river. The downstream was selected because of the high density of *C. laurifolia* occurring for the carbon stock

assessment compared to the upstream and midstream. The study site lies in the north and south Sudanian phytogeographical zones, which is dominated by steppe, savannas and dry forests (Fontès and Guinko 1995). The area is characterised by rainy season from May to October with an average annual rainfall of 1000 mm and relatively low seasonal temperature ranges (20-25 °C) (Meteorological Service of Burkina Faso). The main soil types encountered in the study area are leached ferruginous and eutrophic brown soils. The prominent species are *Isoberlinia doka* Craib & Stapf., *Vitellaria paradoxa* C.F. Gaertn., *Burkea africana* Hook., *Daniellia oliveri* (Rolfe) Hutch. & Dalz. and *Khaya senegalensis* (Desv.) A. Juss. in the savannas, and *Pterocarpus santalinoides* DC., *Cola laurifolia* Mast., *Parinari congensis* F. Didr., *Diospyros mespiliformis* Hochst. ex A. DC., *Syzygium guineense* (Willd.) DC., *Cassipourea congoensis* R. Br. ex DC. and *Diospyros elliotii* (Hiern) F.White in the riparian forests.



**Figure 1.** Location of the study area in Burkina Faso, West Africa

## Species description

*Cola laurifolia* also known as “Kola feuille de Laurier” in French and “Tamtiyè” in Birifor, a local language, is a multi-purpose tree. It reaches 8-25 m height, 80 cm diameter and belongs to the Malvaceae family (Arbonnier 2019; Thiombiano et al. 2012). It is one of the main riparian species of permanent and semi-permanent rivers in Burkina Faso (Sambaré et al. 2010). One feature of the species’ socio-economic importance is its high tannin content. Indeed, phytochemical analysis showed the high rate (i.e. 1180 mg/100 g) of tannins found in the bark of *C. laurifolia* (Ejikeme et al. 2014). This tannin can be extracted and used for domestic medicinal purposes (i.e. treatment of tonsillitis, pharyngitis, hemorrhoids and skin eruptions, diarrhoea and intestinal bleeding) and various commercial applications (i.e. domestic protective anti-predator substances, pesticides, plant growth regulator) (Ejikeme et al. 2014). In Nigeria, the Idoma people have long used *C. laurifolia* seeds (by maceration) to treat arthritis (Idu et al. 2014).

## Forest inventory and biomass data

The study area was stratified into three major zones of the river: upstream, midstream and downstream. A first phase forest inventory was carried out using 360 rectangular plots of 500 m<sup>2</sup> size (10 m x 50 m). A total of 134, 117 and 109 plots were established respectively in upstream, downstream and midstream of the Mouhoun river (Figure 1). The plots were spread throughout a protected area (PA – the protected forest of Koulbi) and communal areas (CA). Within each plot, the following dendrometric parameters were recorded on each individual tree of *C. laurifolia*: diameter at 20 cm and Diameter at Breast Height (Dbh) using a tailor tape, length of the stem (SL) and total tree height (H) using a graduated pole, and the Mean Crown Diameter (MCd) using a metric tape. In total, 1986 individual trees of *C. laurifolia* were measured in the 360 plots before selecting thirty individuals in five Dbh classes of 5-10; 10-15; 15-20; 20-25 and 25-30 cm, for destructive sampling. The destructive sampling was conducted only in the communal area as such practice is forbidden in protected area.

The destructive sampling was undertaken in the field, following the 6-step measurement protocol for each selected individual:

- 1- For each selected individual tree, the diameter at 20 cm and the Diameter at Breast Height (Dbh), the length of the stem (SL), the total tree height (H), and the Mean Crown Diameter (MCd) were measured.

- 2- The quadratic Dbh was calculated for individuals forking before 20 cm above the ground

- 3- Each individual tree was then cut at the lowest point possible using a chain saw and the stem, branches and leaves were separated from felled trees.

Each part was weighed to determine the fresh biomass weight of components and entire tree.

4- One subsample (discs) of the stem and branches per tree was collected and weighed in field using an electronic balance. For the leaves, 500 g were taken from each tree. Subsamples of the 3 components were taken to the laboratory for drying to assess the dry biomass weight. They were oven dried at 105° C for the branches and stem, and 70° C for the leaves until the constant weight (Picard et al. 2012).

5- To assess the dry biomass of each component, the fresh mass (kg) weighed in the field was corrected for the moisture content of the sample.

6- For each individual tree, the total dry biomass weight was obtained by summing up the dry biomass weights of the three components.

The total dry biomass (TDB) per tree component was obtained using equation 1:

$$TDB = (DB_s / FB_s) \times TFB \quad (1)$$

where  $DB_s$  = Dry Biomass per sample,  $FB_s$  = Fresh Biomass per sample and  $TFB$  = Total Fresh Biomass.

### Data processing and analysis

In a first step, the Dbh size class distribution of *C. laurifolia* and its population densities in the three different zones along the river (i.e. upstream, midstream, and downstream) and the two land use (i.e. protected area-PA vs. communal area-CA) was examined. To determine if there were significant differences in mean Dbh between the different river zones and land use, a two ways analysis of variance was conducted.

The second step was an assessment of the carbon content and carbon stock in each tree. The organic carbon stored in the samples of *C. laurifolia* components was estimated by the ash method (Chavan and Rasal 2011; Bayen et al. 2015). Composite samples were formed from the dry matter samples of the stem, branches and leaves to determine their total carbon content. These samples were crushed in a cutting mill. Five 2 g samples of each tree component were then collected from trees from the five Dbh size classes and submitted for analysis at the Laboratory of Plant and Soil of the University Joseph Ki-ZERBO. Each 2 g sample was placed in a lidless porcelain crucible and placed for 2 h inside a muffle furnace set at 550 °C until calcination was completed. The samples were then removed and cooled in a desiccator to be weighed later. After cooling, the crucible with ash was weighed and the percentage of organic carbon was calculated according to the following formulae given by Allen et al. (1986):

$$Ash (\%) = (W3 - W1) / (W2 - W1) \times 100 \quad (2)$$

$$\text{Carbon (\%)} = (100\% - \% \text{ ash}) \times 0.58 \quad (3)$$

$$\text{Carbon} = \text{Biomass} \times \% \text{ carbon} \quad (4)$$

where 0.58 is the content of carbon in the organic matter,  $W1$  is the weight of crucibles,  $W2$  is the weight of the oven-dried grounded samples + crucibles, and  $W3$  is the weight of the ash + crucibles.

The total amount of organic carbon in each tree was assessed by summing up the quantity of organic carbon in the leaves and wood (stem and branches), which were calculated separately.

### Allometric model data analysis

We performed equations of each part (stem, branch, leaf) and the whole tree to establish the relationships between their biomass and predictors variables (i.e., Dbh, D20, mean crown diameter (MCd) and total height (H)). Biomass allocation pattern and the relationship between Dbh and biomass fractions of each component was explored graphically (Dimobe et al. 2018). Bivariate and multivariate relationships between the components biomass and predictors variables were checked for each biomass component. The relationship between tree diameter and height was explored using scatter plots (Mensah et al. 2016).

Seemingly, the relationship between biomass and predictor variables was first explored to identify outliers using cook's distance of residuals and the nature of correlation. Then, tree components biomass and predictors variables relationship was graphically explored with the pairwise scatter plot (Ganamé et al. 2020; K. Ouédraogo et al. 2020). This method suggested the power law model as appropriate for *C. laurifolia*.

$$Y = \beta_0 X^{\beta_1 * \varepsilon}$$

where  $Y$  is the biomass,  $X$  the predictors,  $\varepsilon$  the random error, and  $\beta_0$  and  $\beta_1$  the regression coefficients. This model was linearized, as follows:

$$\ln(Y) = \ln(\beta_0) + (\beta_1 \ln X) + \varepsilon$$

where  $\ln$  is the natural logarithm,  $Y$  the biomass,  $X$  the predictors,  $\varepsilon$  the random error, and  $\beta_0$  and  $\beta_1$  the regression coefficients

To minimize bias, the diameter-height relationship is advised whenever possible (Chave et al. 2014). Non-linear allometric equations (5), (6), (7) and (8) were generated for stem, branch, leaf and aboveground biomass. Equations (5) with only Dbh, as predictor variable; equation (6) with Dbh and H as predictor variables; equation (7) with Dbh fitted with H as predictor variables; and equation (8), Dbh is fitted with height and crown diameter as additional predictor variables. The three equations of components biomass ( $Y_i$ ) were fitted as follows:

$$\ln(Y_i) = \ln(\alpha) + \beta \ln(Dbh) \tag{5}$$

$$\ln(Y_i) = \ln(\alpha) + \beta \ln(Dbh) + \gamma \ln(H) \tag{6}$$

$$\ln(Y_i) = \ln(\alpha) + \beta \ln(Dbh^2 \times H) \tag{7}$$

$$\ln(Y_i) = \ln(\alpha) + \beta \ln(Dbh^2 \times H) + \gamma \ln(MCd) \tag{8}$$

Seemingly Unrelated Regressions (SUR) were used to fit the allometric equations of each part biomass and total aboveground biomass to realize the additivity property between tree biomass components, achieved through constraint on equation parameters (Parresol, 1999; Dimobe et al., 2018; Ganamé et al., 2020). The advantage of using SUR method is that it allows for fitting simultaneously the biomass equations, thus accounts for correlations between regressions residuals (Dimobe et al. 2018). In the additive system, tree component equation and total aboveground biomass equation are built separately from equation (5) to(8) as follow:

For Equation (5)

$$\ln(Y_l) = \ln(\alpha_l) + \beta_l \ln(Dbh)$$

5.1

$$\ln(Y_b) = \ln(\alpha_b) + \beta_b \ln(Dbh)$$

5.2

$$\ln(Y_s) = \ln(\alpha_s) + \beta_s \ln(Dbh)$$

5.3

$$AGB_t = \alpha_l Dbh^{\beta_l} \times cf_l + \alpha_b Dbh^{\beta_b} \times cf_b + \alpha_s Dbh^{\beta_s} \times cf_s$$

Where  $Y_l$ ,  $Y_b$ ,  $Y_s$  and  $AGB_t$  are the leaf, branch, stem and total aboveground biomass, respectively;  $\alpha$  and  $\beta$  are the regression coefficients and  $cf$  is the correction factor associated with these regressions.

For Equation (6)

$$\ln(Y_l) = \ln(\alpha_l) + \beta_l \ln(Dbh) + \gamma \ln(H)$$

6.1

$$\ln(Y_b) = \ln(\alpha_b) + \beta_b \ln(Dbh) + \gamma \ln(H)$$

6.2

$$\ln(Y_s) = \ln(\alpha_s) + \beta_s \ln(Dbh) + \gamma \ln(H)$$

6.3

$$AGB_t = \alpha_l (Dbh)^{\beta_l} \times (H)^\gamma \times cf_l + \alpha_b (Dbh)^{\beta_b} \times (H)^\gamma \times cf_b + \alpha_s (Dbh)^{\beta_s} \times (H)^\gamma \times cf_s$$



For Equation (7)

$$\ln(Yl) = \ln(\alpha_l) + \beta_l \ln(Dbh^2 \times H)$$

7.1

$$\ln(Yb) = \ln(\alpha_b) + \beta_b \ln(Dbh^2 \times H)$$

7.2

$$\ln(Ys) = \ln(\alpha_s) + \beta_s \ln(Dbh^2 \times H)$$

7.3

$$AGBt = \alpha_l(Dbh^2 \times H)^{\beta_l} \times cf_l + \alpha_b(Dbh^2 \times H)^{\beta_b} \times cf_b + \alpha_s(Dbh^2 \times H)^{\beta_s} \times cf_s$$

For Equation (8)

$$\ln(Yl) = \ln(\alpha_l) + \beta_l \ln(Dbh^2 \times H) + \gamma \ln(MCd)$$

8.1

$$\ln(Yb) = \ln(\alpha_b) + \beta_b \ln(Dbh^2 \times H) + \gamma \ln(MCd)$$

8.2

$$\ln(Ys) = \ln(\alpha_s) + \beta_s \ln(Dbh^2 \times H) + \gamma \ln(MCd)$$

8.3

$$AGBt = \alpha_l(Dbh^2 \times H)^{\beta_l} \times cf_l + MCd^{\gamma_l} + \alpha_b(Dbh^2 \times H)^{\beta_b} \times cf_b + MCd^{\gamma_b} + \alpha_s(Dbh^2 \times H)^{\beta_s} \times cf_s + MCd^{\gamma_s}$$

The log-transformation introduces a systematic bias that is generally corrected with a correction factor (CF) estimated from the standard error of the estimate (SEE) (Sprugel 1983), the correction factor will be multiplied by the anti-log of the intercept of the equations to eliminate bias introduced by log transformation of the data.

$$CF = \exp\left(\frac{RSE}{2}\right)^2$$

The best species-specific equation selection and validation was based on the values of adjusted R<sup>2</sup>, root mean squared error (RMSE), Akaike information criterion (AIC), percent relative standard errors (PRSE, %) and mean absolute deviation (MAD, %), as suggested by Chave et al. (2014) and Mensah et al. (2016). PRSE is defined as follows:

$$PRSE = 100 \times \frac{SE}{|\theta|}$$

The model selection and validation followed the step-down approach described by (Zuur et al. 2007) until the optimal model was found (we looked for lowest Akaike Information Criterion [AIC], highest adjusted [R<sup>2</sup>], low residual standard error [RSE]).

The model validation in regard to the assumptions of normality and homoscedasticity, (Makungwa et al. 2013) was done using the Shapiro–Wilk test and Breush–Pagan test, respectively (Ouédraogo et al. 2020). The model goodness of fit was assessed using the RSE.

All the analyses were performed in R software (R development Core 2021) version 4.1.2.

## Assessment of the accuracy of existing allometric equations for evaluating biomass and carbon stocks of *C. laurifolia*

The existing allometric equations we used are the quadratic equation developed by (Brown et al. 1997) for dry forest, the three equations developed by Mbow et al. (2014) for savanna ecosystems and the pantropical equation developed by Chave et al. (2014). We compared the predicted values of these models to the observed measures in our study using the relative error calculated from equation 9.

$$\% \text{ Relative error} = \frac{(\text{predicted biomass} - \text{observed biomass})}{\text{observed biomass}} \times 100 \quad (9)$$

## Results

### Structure and distribution of *C. laurifolia* along the Mouhoun River

Along the Mouhoun River, the density of *C. laurifolia* varies in the different river zones. In the protected areas (PA), the upstream zone had the highest density ( $140 \pm 276$  ind. ha<sup>-1</sup>), while in the Communal areas (CA) the downstream zone had the highest density ( $164 \pm 159$  ind. ha<sup>-1</sup>) (Table 1). The altitude decreases from the upstream to the downstream zone by at least 20 m.

The mean diameter and diameter range show a generally small individuals of *C. laurifolia* population (Table 1). These populations have poor regeneration potential, with the first size class (i.e., 5-10 cm Dbh) having low numbers of individuals (Figure 2). In the CA, *C. laurifolia* has low numbers of individuals in both the upstream and the midstream zones ( $68 \pm 138$  and  $60 \pm 131$ , respectively) but higher numbers of individuals in the downstream (Table 1).

**Table 1.** Dbh and Density of *C. laurifolia* at the different zones along the Mouhoun River

Land use	River zones	Dbh (cm)		Density (ind. ha <sup>-1</sup> )	Altitude (m)
		Mean	Range		
Protected areas	Upstream	20,10±10,46	5.09-71.30	140±276	279
	midstream	15,14±8,47	5.09-52.52	117±169	255
	Downstream	21.64	7.38-163.38	131±125	225
Communal areas	Upstream	20,24±11,09	5.14-124.14	68±138	275
	midstream	18,93±9,94	5.09-52.52	60±131	254
	Downstream	26.05	5.73-92.31	164±159	221

Legend: Ind =individual; Ha =hectar ; Values in the table are: means ± standard deviations

The mean Dbh is significantly higher in the downstream compared to others river zones in the PA and CA ( $F=33.71$ ;  $Df=2$ ;  $P < 4.273e-14$ ) (Table 2 and 3). The interaction between land use and river zones is significant when considering the mean diameter ( $F=3.28$ ;  $Df=2$ ;  $P=0.039$ ). The density of *C. laurifolia* varies significantly with the river zones in the CA ( $F=16.21$ ;  $Df=2$ ;

$P= 1.865e-07$ ), and there is also a significant difference in density variation between the two land-use and the river zones ( $F=3.93$ ;  $Df=2$ ;  $P=0.02$ ) (Tables 2 and 3). By using the Least Significant Difference (LSD) test, the density varies significantly with land use in upstream and midstream (Table 3).

**Table 2.** Comparison of diameter and density along river zones and land use

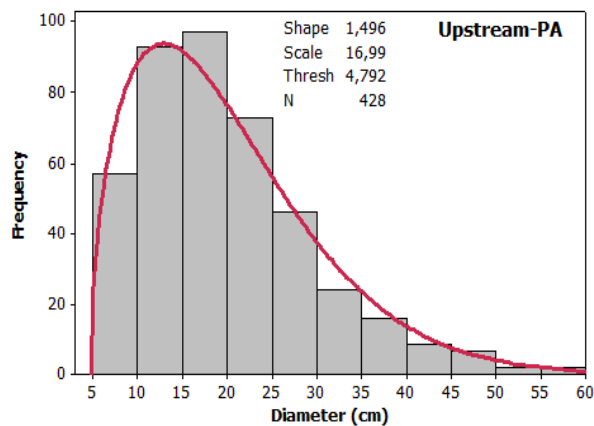
	Diameter (cm)			Density (ind./ha)		
	F	P-values	Df	F	P-value	Df
<b>Land use</b>	1.0437	0.30769	1	2.7005	0.10124	1
<b>River zones</b>	33.7196	4.273e-14***	2	16.2164	1.865e-07 ***	2
<b>Land-use*River zones</b>	3.2846	0.03864*	2	3.9434	0.02027 *	2

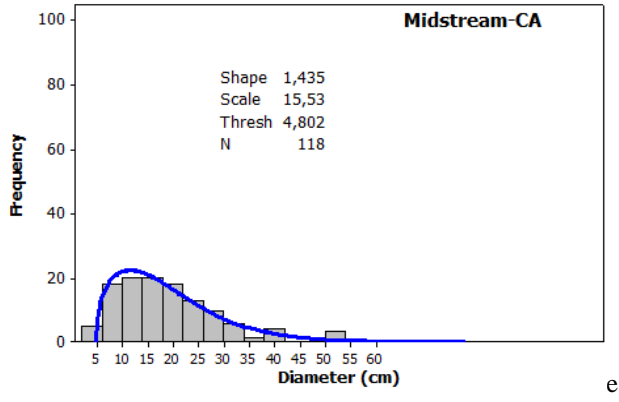
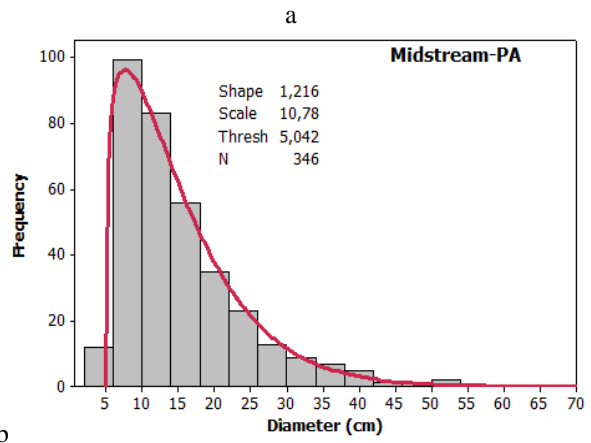
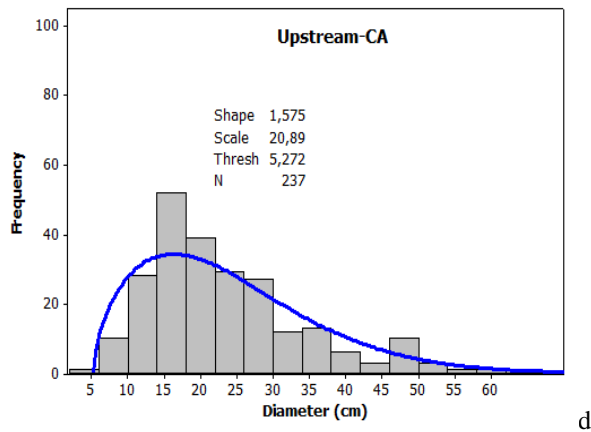
Legend: \* is low significant; \*\*\*: High significant, Df: Degrees of freedom, F: ratio (Means Square Between) / (Means Square Error); P: Probability

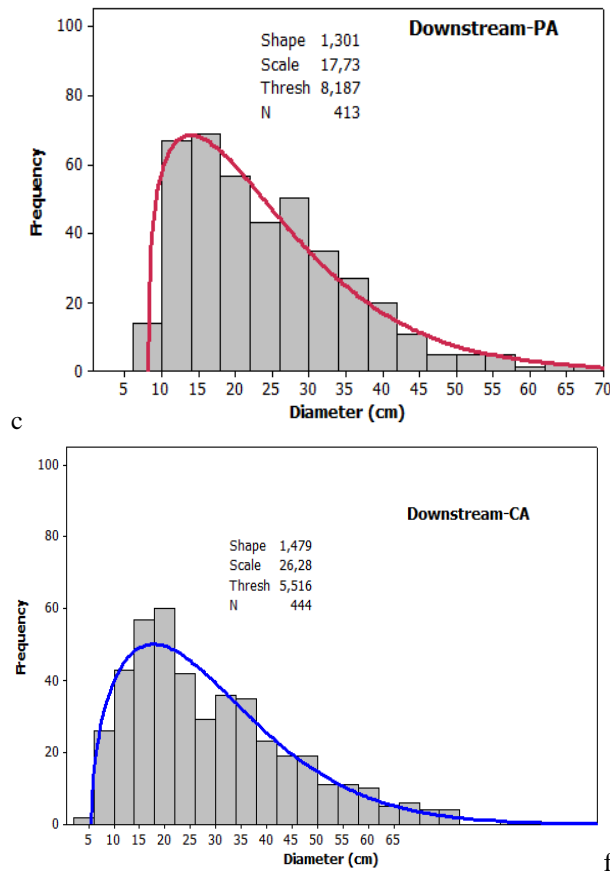
**Table 3.** Comparison of mean diameters and mean densities in protected and communal areas

Land use	Protected Area			Communal Area		
	Upstream	midstream	Downstream	Upstream	midstream	Downstream
<b>River zones</b>	Upstream	midstream	Downstream	Upstream	midstream	Downstream
<b>Mean</b>	9.067831 <sup>a</sup>	9.244273 <sup>a</sup>	19.65108 <sup>b</sup>	8.725934 <sup>a</sup>	7.476588 <sup>a</sup>	26.35759 <sup>b</sup>
<b>Diameters</b>						
<b>LSD*</b>	3.519					
<b>Mean densities</b>	138 <sup>a</sup>	117 <sup>a</sup>	129 <sup>a</sup>	68 <sup>a</sup>	59 <sup>a</sup>	164 <sup>b</sup>
<b>LSD*</b>	45					

Legend: LSD\* is Least significant difference, PA: Protected area, CA: Communal area







**Figure 2.** Size class distribution of the population of *C. laurifolia* in Protected Area (a, b, c) vs Communal Area (d, e, f)  
 Legend: N is number of trees

### **Biomass, carbon stocks and allometric equations of *C. laurifolia* along the Mouhoun River**

Among the three tree components, the branches provided the highest proportion ( $P < 0.0001$ ,  $X^2 = 37.84$ ) (Figure 3) of the total biomass (i.e., 69.68 %), followed by the stem and leaves. At the study site, the average biomass per tree is approximately 104.28 kg and the biomass per ha is approximately 17 tons (Table 4). The mean carbon content of *C. laurifolia* is 54.09 %. However, carbon content varies according to the different tree components, being highest in branches ( $56.02 \pm 0.11$ ) (Table 5). The carbon stock within individual of *C. laurifolia* trees is approximately 56.40 kg (Table 5). Per ha, carbon stock within leaves is low (0.61 t/ha) compared with that found in the wood (stem and branches) of the tree (8.859 t/ha).

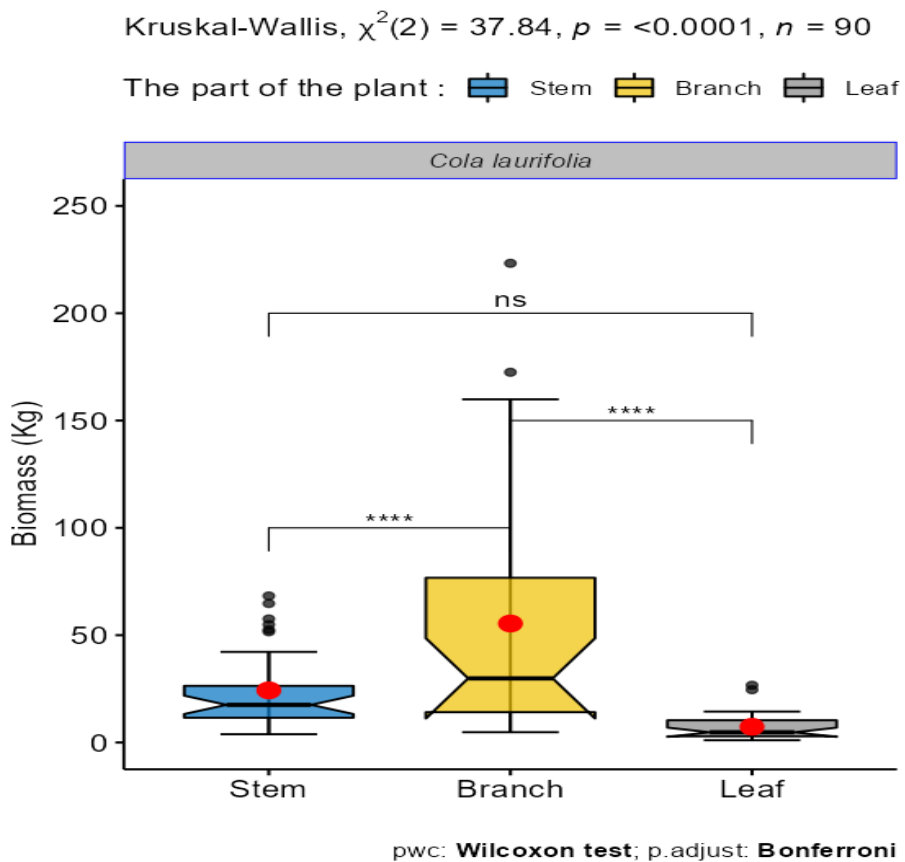
Along the river zones, the biomass and carbon stock of *C. laurifolia* varies with tree density. The biomass and carbon stock of the species are

highest in the downstream zone in the CA (17.1 t/ha and 9.249 t/ha, respectively) followed by the upstream zone in the PA (14.6 t/ha and 7.89 t/ha, respectively) (Table 6).

**Table 4.** Proportions of dry biomass in different tree components of *C. laurifolia* in the downstream zone of the Mouhoun River

	AGB	Stem	Branch	Leaf
Biomass proportion (%)	100	23.28	69.6800	7.02
Total biomass (kg)	3128.62	728.64	2180.12	158.37
Mean Biomass per tree (kg)	104.28±106.97.	24.29±19.11	72.67±87.86	7.33±6.44
Mean Biomass per ha (Mg)	17,10±18,06	3,98±3,13	11,92±14,41	1,20±1,06
Biomass range	1.75-59.08	0.63-11.20	0.71-58.90	0.17-4.37

Legend: AGB is Aboveground Biomass; Mg is Megagram or ton



**Figure 3.** Biomass allocation and non-parametric test between component biomass of *C. laurifolia* Mast. Legend: ns: non-significant

**Table 5.** Total aboveground carbon stock and carbon stock per tree component of *C. laurifolia* in the study zone of the Mouhoun River

Tree component	AGB	Stem	Branch	Leaf
Carbon rate (%)	54.09±2.42	55.41±0.27	56.02±0.28	50.85±0.75
Total Carbon stock (kg)	1654.35	394.12	1174.67	85.66
Carbon stock (kg / tree)	56.04±59.58	13.13±10.34	39.15±25.70	2.85±3.48
Carbon stock (Mg / ha)	9.249±2.96	2.205±0.51	6.676±2.36	0.61±0.17

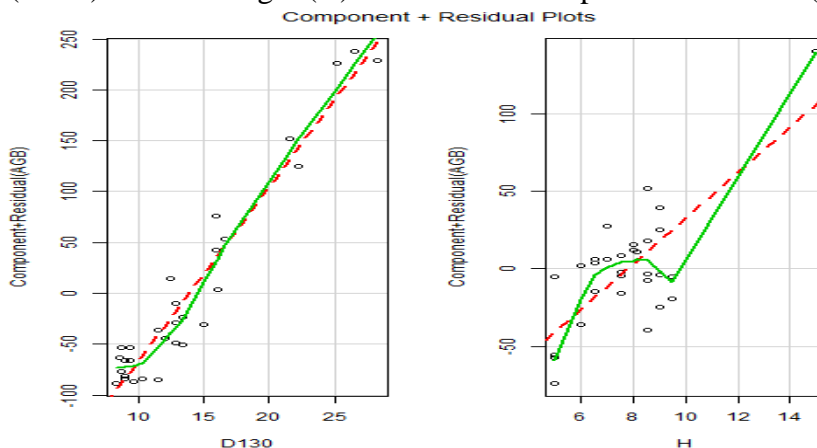
Legend: AGB is Aboveground Biomass, Mg is Megagram or ton

**Table 6.** Biomass and carbon stocks of *C. laurifolia* in the different zones along the Mouhoun River

Land use	River zones	Density (ind. ha <sup>-1</sup> )	Biomass (Mg/ha)	Carbon stock (Mg/ha)
Protected areas	Upstream	140±276	14.600	7.896
	Intermediate	117±169	12.202	6.599
	Downstream	131±125	13.662	7.388
Communal areas	Upstream	68±138	7.091	3.835
	Intermediate	60±131	6.257	3.384
	Downstream	164±159	17.103	9.25

Legend: Mg is Megagram or ton

The aboveground biomass of all three components increased with tree Dbh (D130) and tree height (H). The better fitted parameter is Dbh (figure 4).



**Figure 4.** *Cola laurifolia* biomass and residual variation with in tree components across tree size

Legend: H is Height, D130 is Diameter at 1.30 meters or Diameter at Breast Height, green line is Real data shape, red line is least squares fit

The total Aboveground Biomass (AGB), Stem Biomass (SB), Branch Biomass (BB), and Leaf Biomass (LB) models are based on the Dbh, H, D20, Stem Length (SL) and Mean Crown Diameter (MCd) and the significant parameters are Dbh, H and MCd with the log-log linear form. (Table 7). The total aboveground biomass equation shows the highest coefficient of determination ( $R^2=0.92$ ) using Dbh+H as predictors parameters (Table 7). The log linear model was used in this study to develop the allometric equations for dry AGB and tree components estimation. The  $R^2$  value varies from 0.52 to 0.92 with the log-log model (Table 7). Equations of stem, branch and leaf have low Residual Standard Error (RSE), low Akaike Information Criterion (AIC) and high coefficient of determination with the model using DBH+H as predictors (Table 7).

However, the total aboveground biomass derived from summing the biomass estimates of the three components of the tree with the log-log model have a lower percentage of error (1.05%) compared to those from direct estimations of whole tree biomass (Error=3.19%) (Table 8).

The residuals between observed and predicted biomass show errors of -1.53% for leaf against 1.43% for branch biomass (Table 8).

With the quadratic equation developed by Brown et al. (1997) for dry forests of South America (i.e. precipitation of more than 900 mm per year) the biomass of *C. laurifolia* is overestimated with a high relative error (40.60%) (Table 9). The same tendency is found with allometric models developed by Mbow et al. (2009) for savanna vegetation with relative errors of 3.86%, 7.49% and 7.59% for the quadratic, cubic and polynomial equations, respectively with less gap compared to dry forest of South America model. The pantropical model developed by Chave et al. (2014) underestimated the biomass of *C. laurifolia* with a large bias (-16.65%) (Table 9).

Table 7. Fitted allometric equations developed for estimation of *C. laurifolia* of stem, branches and leaves biomass in Burkina Faso.  $\ln(\beta_0)$ ,  $\beta_1$  and  $\gamma$  represent the intercept and regression coefficients of the models, and their respective standard errors

Equation N°	Predictors	Models' coefficients			Model goodness of fit				
		$\ln(\alpha)$	$\beta$	$\gamma$	$R^2$	RSE	AIC	CF	VIF
5.1	Dbh	1.8431	1.8589	-	75.18	0.40	33.86	1,0408	-
5.2	Dbh+H	-2.712	1.788	0.121	<b>77.55</b>	0.385	32.85	1,0379	0.99
5.3	Dbh <sup>2</sup> .H	-2.7728	1.7224	-	52.14	9	53.56	1,0786	1.04
5.4	Dbh <sup>2</sup> .H	-4.4419	1.2980	0.554	55	0.55	53.71	1,0786	-
<b>Stem biomass</b>	+MCd			9		0.55			0.99
									2.10



<b>6.1</b>	Dbh	-4.2304	3.0718	-	87.34	0.436	39.31	1,0488	-
<b>6.2</b>	Dbh+H	-5.5274	2.9666	0.775	<b>89.59</b>	4	35.45	1,0414	0.99
<b>6.3</b>	Dbh <sup>2</sup> .H	-5.6299	2.8047	7	58.81	0.403	74.69	1,1689	1.04
<b>6.4</b>	Dbh <sup>2</sup> .H	-8.0164	2.1979	-	61	0.79	74.82	1,1598	-
<b>Branch biomass</b>	+Mcd			0.554		0.77			0.99
				9					2.10
<b>7.1</b>	Dbh	-3.7223	2.0988	-	74.43	0.459	42.34	1,0541	-
<b>7.2</b>	Dbh+H	-4.8760	2.0053	0.690	<b>77.68</b>	0.44	40.27	1,0496	0.99
<b>7.3</b>	Dbh <sup>2</sup> .H	-4.9420	1.9963	0	54.39	0.61	59.7	1,0975	1.04
<b>7.4</b>	Dbh <sup>2</sup> .H	-6.9355	1.4894	-	57.57	0.60	59.53	1,0942	-
<b>Leaf biomass</b>	+Mcd			0.662					0.99
				8					2.10
<b>8.1</b>	Dbh	-2.4681	2.5976	-	89.53	0.33	22.81	1,0276	-
<b>8.2</b>	Dbh+H	-3.7670	2.4923	0.776	<b>92.76</b>	0.28	13.73	1,0198	0.99
<b>8.3</b>	Dbh <sup>2</sup> .H	-3.8507	2.4322	9	63.4	0.62	60.34	1,1009	1.04
<b>8.4</b>	Dbh <sup>2</sup> .H	-6.1178	1.8557	-	67	0.60	59.58	1,0942	-
<b>Abovegro und biomass</b>	+Mcd			0.753					0.99
				8					2.10

Dbh is diameter breast height; D20 is basal diameter at 20 cm above the ground, Mcd is Mean crown diameter; H is total tree height, AI is: Akaike Information Criterion; VIF is Variance Inflation Factor; Cf is correction factor.

**Table 8.** Comparison of different tree components biomass and total aboveground biomass for log-log model using Dbh and H as predictors.

	Stem biomass (kg)	Branch biomass(kg)	Leaf biomass (kg)	AGB (kg)
<b>Observed</b>	728.64	2171.49	158.37	3058.5
<b>Prédicted</b>	732.16	2202.66	155.96	3090.78
<b>Résidual</b>	4.48	31.17	-2.4	32.28
<b>% error</b>	0.48	1.43	-1.53	1.05

**Table 9.** Comparison of *C. laurifolia* aboveground biomass estimations with existing allometric models developed in similar climatic conditions

	Vegetations types	Models	Equations	Observed biomass	Predicted biomass	% (error)
Brown et al. (1997)	Dry forest pmm>900	Quadratic	$Y=42.69-12.800(\text{dbh})+1.242(\text{dbh})^2$	3128.62	4243.51	35.63
Mbow et al. (2009)	Savannas pmm>900	Cubic	$Y=-58.18+13.61\text{DBH}-0.517(\text{DBH})^2+0.0225(\text{DBH})^3$	3128.62	3244.20	3.69
		Quadratic	$Y=49.84-10.34(\text{DBH})+(0.89(\text{DBH})^2$	3128.62	3134.62	0.19

	Polynomial	$Y=0.0225(DBH)^3 - (0.5167(DBH)^2+13.613 (DBH)-58.18$	3128.62	3247.44	3.80
Chave et al. (2014)	Pantropical	$AGB=0.0673*(\rho D^2 H)^{0.976}$	3128.62	2515.50	-19.59

DBH, dbh and D are diameter breast height

## Discussion

### Structure and distribution of *C. laurifolia* along the Mouhoun River

Along the Mouhoun River, the higher densities in the CA and mean Dbh in the PA and CA of *C. laurifolia* notified in downstream zones can be explained by the better soil conditions in those areas (Pallo et al. 2008). Indeed, the nutrient accumulation in sediments is higher in downstream areas than in upstream areas (Morse et al. 2004). The population structure of *C. laurifolia* is unstable in all of the studied river zones. This is consistent with the findings of Glèlè et al. (2016), who found a Weibull shape parameter between 1 and 3.6, suggesting that *C. laurifolia* populations have low regeneration potential. Most of the species' individuals are concentrated in the lower diameter classes, indicating a generally young population (Gnoumou et al. 2011). The low regeneration can be explained by the importance of flooding along watercourses. Indeed, Teodoro et al. (2014) found along riparian zones that variation in flood duration and occurrence of fire interact in a synergistic manner to reduce stem numbers and modify species composition and distribution, while flood duration reduces species diversity. The low regeneration potential can also be explained by the phytochemical composition of *C. laurifolia*. Tannins, which is at high levels in *C. laurifolia* and particularly in the species' bark (Ejikeme et al. 2014), have ecological consequences include allelopathic responses, changes in soil quality and reduced ecosystem productivity (Kraus et al. 2003).

### Biomass, carbon stocks of *C. laurifolia* along the Mouhoun River and allometric equations

The high density and mean Dbh of *C. laurifolia* in downstream zones of the Mouhoun River (associated with better downstream soils) results in higher biomass and carbon stocks for the species in those areas. Similarly, a study undertaken in a central Amazonian forest reported variations in AGB with varying soil (textural) and topographical (altitude) conditions (Castilho et al. 2006). The most accurate method for the estimation of tree biomass is the felling of trees and weighing of the biomass within their component parts (Basuki et al. 2009). Carbon content in the branches of *C. laurifolia* is higher than that found in the leaves and the stem. This result are in accordance with those reported by many authors (Ganamé et al. 2020; S. Ouédraogo et al. 2020;

K. Ouédraogo et al. 2020) who found the highest biomass in branches. Its average carbon content is higher than the reference value used by the Intergovernmental Panel on Climate Change, which assumes the carbon content is equivalent to 50 % of the species' dry weight (Penman et al. 2003). Following this assumption to estimate carbon stocks in *C. laurifolia* can lead to an underestimation of the species' carbon sequestration potential. Moreover, the carbon content of *C. laurifolia* documented in the current study is higher compared to that of savanna species (Mbow 2009) but not overly different from that found in *Acacia* species (Bayen 2016).

The AGB of *C. laurifolia* and the biomass of its components have log-log linear relationships with dendrometric parameters. The best-fit parameters with the dry biomass of *C. laurifolia* are the Dbh, H, and MCd considering log-log model. This is consistent with the finding of Delitti et al. (2006), who reported that linear equations best described the overall relationship between biomass, Dbh and height. In the development of allometric models for predicting AGB, several studies have reported the high fit between a species' Dbh and its AGB. However, the use of only Dbh in allometric equations has resulted in poor estimates of AGB in a study conducted in Cameroon (Djomo et al. 2010). Besides, the use of Dbh and height together for estimating biomass provides more reliable equations. However, tree height has often been ignored in carbon-accounting programs because measuring tree height accurately is difficult in closed-canopy forests (Hunter et al. 2013), such as the riparian forest in our study site.

Accurate estimates of carbon stocks depend to a great degree on the availability and adequacy of allometric equations to estimate tree biomass (Zhang et al. 2007). The species-specific log-log linear models developed in this study show a high coefficient of determination, and low relative errors and AIC. An accurate way to use a log-log model is by summing the biomass of the three tree components. Our result is consistent with those found for *Diospyros mespiliformis* (Ouédraogo et al. 2020) and *Pterocarpus erinaceus* (Ganamé et al. 2020) where log-log model have the best fitted equations. This approach has a low relative error (1.05 %) compared to that for the whole tree AGB estimation (3.19 %). According to Mbow et al. (2013), this error to be considered quite reasonable should be less than 1.3 %. However, Bondé et al. (2017) found an error of -2.76 % with an equation which was significant.

Models developed in this study using Dbh and H as predictors, showed more accuracy (when comparing their predicted values to field observed values) compared to some existing generalized models in the literature (as presented in the results section). This may be the fact that existing models were not specifically developed for the forest type that was the focus of our study. This is in accordance with Chave et al. (2005), who have reported that models that do not include the forest type as a predictive variable typically

overestimate the AGB. But it also confirms the idea that whenever an adequately developed species-specific model is available, it should be preferred to generalized equations. It should however be stressed that the output of all models remains an estimation and care should be taken when considering the accuracy of biomass and carbon data obtained via non-destructive methods.

## Conclusion

This study used destructive sampling method to develop a reliable allometric models for estimating the aboveground biomass (AGB) and carbon stock of *C. laurifolia*, a common riparian species in Sub-Saharan Africa. The models were then used to estimate biomass and carbon stock of the species based on field inventory data collected in protected and communal areas along three zones of the Mouhoun river (upstream, midstream and downstream) in Burkina Faso. AGB was highest in downstream river zones within communal areas. The mean Dbh similarly followed this pattern. The diameter size class distribution of *C. laurifolia* showed an unstable population with poor regeneration potential along the three zones. The best-fit allometric model for biomass estimation was found to be the log-linear form. The linear model corrected by generalized form is more accurate because it provides little bias. This study found that the model that used both parameters Dbh and height as predictors was the best fit for total aboveground, stem, branches and leaf biomass and carbon stock prediction. This confirms the first hypothesis of the study. The carbon content of *C. laurifolia* is higher than 50% generally used in the literature for species. The use of existing generalized allometric models to estimate this riparian species' AGB will result in overestimates or underestimates, highlighting the importance of species-specific models for the greater accuracy they provide. Future studies should endeavor to develop species-specific allometric equations for large diameter of *C. laurifolia* and others important riparian species of the Mouhoun River and other ecosystems. Our study also found that *C. laurifolia* along the Mouhoun river shows poor regeneration, confirming our second hypothesis and calling for initiatives to promote the regeneration of the species.

## Acknowledgements

We acknowledge the logistic and financial support of the Biodiversity and Climate Research center (Bik-F). We also thank Dr John Meadows for proofreading and editing input. Our thanks are also addressed to all the people who contributed to the realization of this work.

## References:

1. Arbonnier, M. (2019). Arbres, arbustes et lianes des zones sèches d'Afrique de l'Ouest (Quae). <https://www.quae.com/produit/1554/9782759225484/arbres-arbustes-et-lianes-d-afrique-de-l-ouest>
2. Basuki, T. M., Laake, P. E. Van, Skidmore, A. K., & Hussin, Y. A. (2009). Allometric equations for estimating the above-ground biomass in tropical lowland Dipterocarp forests. *Forest Ecology and Management*, 257, 1684–1694. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2009.01.027>
3. Bayen, P. (2016). Restauration des sols dégradés par afforestation et évaluation des potentialités de séquestration du carbone de six espèces ligneuses en zones sahéenne et soudano-sahéenne du Burkina Faso. Université Ouaga I PR Joseph KI-ZERBO.
4. Bayen, P., Bognounou, F., Lykke, A. M., Ouédraogo, M., & Thiombiano, D. (2015). The use of biomass production and allometric models to estimate carbon sequestration of *Jatropha curcas* L. plantations in western Burkina Faso. *Environment, Development and Sustainability*, 7(1). <https://doi.org/10.1007/s10668-015-9631-4>
5. Bayen, P., Noulèkoun, F., Bognounou, F., Lykke, A. M., Djomo, A., Lamers, J. P. A., & Thiombiano, A. (2020). Models for estimating aboveground biomass of four dryland woody species in Burkina Faso, West Africa. *Journal of Arid Environments*, 180(2019). <https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2020.104205>
6. Bebbler, D. P., & Butt, N. (2017). Tropical protected areas reduced deforestation carbon emissions by one third from 2000-2012. *Scientific Reports*, 7(1), 1–7. <https://doi.org/10.1038/s41598-017-14467-w>
7. Bondé, L., Ganamé, M., Ouédraogo, O., Nacoulma, B. M., Thiombiano, A., & Boussim, J. I. (2017). Allometric models to estimate foliage biomass of *Tamarindus indica* in Burkina Faso. *Southern Forests: A Journal of Forest Science*, 1–8. <https://doi.org/10.2989/20702620.2017.1292451>
8. Brown, S., Schroeder, P., & Birdsey, R. (1997). Aboveground biomass distribution of US eastern hardwood forests and the use of large trees as an indicator of forest development. *Forest Ecology and Management*, 96, 37–47.
9. Castilho, C. V. De, Magnusson, W. E., Aaujo, R. N. O. de, Luizao, R. C. C., Luizao, F. J., Lima, A. P., & Higuchi, N. (2006). Variation in aboveground tree live biomass in a central Amazonian Forest: Effects of soil and topography. *Forest Ecology and Management*, 234, 85–96. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2006.06.024>

10. Chavan, B. L., & Rasal, G. B. (2011). Potentiality of Carbon Sequestration in six year ages young plant from University campus of Aurangabad. *Global Journal of Researches in Engineering*, 11(7). <https://doi.org/ISSN 2249-4596>
11. Chave, A. J., Andalo, C., Brown, S., Cairns, M. A., Chambers, J. Q., Eamus, D., Fölster, H., Fromard, F., Higuchi, N., Kira, T., Lescure, J., Nelson, B. W., Ogawa, H., Puig, H., Riéra, B., Yamakura, T., Chave, J., Andalo, C., Brown, S., ... Riéra, B. (2005). Tree Allometry and Improved Estimation of Carbon Stocks and Balance in Tropical Forests Tree allometry and improved estimation and balance in tropical forests of carbon stocks. *Ecology*, 145(1), 87–99. <https://doi.org/10.1007/s00442-005-0100-x>
12. Chave, J., Réjou-Méchain, M., Búrquez, A., Chidumayo, E., Colgan, M. S., Delitti, W. B. C., Duque, A., Eid, T., Fearnside, P. M., Goodman, R. C., Henry, M., Martínez-Yrizar, A., Mugasha, W. A., Muller-Landau, H. C., Mencuccini, M., Nelson, B. W., Ngomanda, A., Nogueira, E. M., Ortiz-Malavassi, E., ... Vieilledent, G. (2014). Improved allometric models to estimate the aboveground biomass of tropical trees. *Global Change Biology*, 20(10), 3177–3190. <https://doi.org/10.1111/gcb.12629>
13. Daba, D. E., & Soromessa, T. (2019). The accuracy of species-specific allometric equations for estimating aboveground biomass in tropical moist montane forests: Case study of *Albizia grandibracteata* and *Trichilia dregeana*. *Carbon Balance and Management*, 14(1), 1–13. <https://doi.org/10.1186/s13021-019-0134-8>
14. Dayamba, S. D., Djoudi, H., Zida, M., Sawadogo, L., & Verchot, L. (2016). Biodiversity and carbon stocks in different land use types in the Sudanian Zone of Burkina Faso, West Africa. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 216, 61–72. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2015.09.023>
15. Delitti, W. B. C., Meguro, M., & Pausas, J. G. (2006). Biomass and mineralmass estimates in a “cerrado” ecosystem. *Brazilian Journal of Botany*, 29(4), 531–540. <https://doi.org/10.1590/S0100-84042006000400003>
16. Dimobe, K., Goetze, D., Ouédraogo, A., Mensah, S., Akpagana, K., Porembski, S., & Thiombiano, A. (2018). Aboveground biomass allometric equations and carbon content of the shea butter tree (*Vitellaria paradoxa* C.F. Gaertn., Sapotaceae) components in Sudanian savannas (West Africa). *Agroforestry Systems*, 93(3), 1119–1132. <https://doi.org/10.1007/s10457-018-0213-y>
17. Dimobe, K., Mensah, S., Goetze, D., Ouédraogo, A., Kuyah, S., Porembski, S., & Thiombiano, A. (2018). Aboveground biomass

- partitioning and additive models for *Combretum glutinosum* and *Terminalia laxiflora* in West Africa. *Biomass and Bioenergy*, 115(November 2017), 151–159. <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2018.04.022>
18. Djomo, A. N., Ibrahima, A., Saborowski, J., & Gravenhorst, G. (2010). Allometric equations for biomass estimations in Cameroon and pan moist tropical equations including biomass data from Africa. *Forest Ecology and Management*, 260(10), 1873–1885. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2010.08.034>
  19. Ejikeme, C. M., Ezeonu, C. S., & Eboatu, A. N. (2014). Determination of Physical and Phytochemical Constituents of Some Tropical Timbers Indigenous To Niger Delta Area of Nigeria. *European Scientific Journal*, 10(18), 1857–7881.
  20. Fayolle, A., Doucet, J., Gillet, J., Bourland, N., & Lejeune, P. (2013). Forest Ecology and Management Tree allometry in Central Africa : Testing the validity of pantropical multi-species allometric equations for estimating biomass and carbon stocks. *Forest Ecology and Management*, 305, 29–37. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2013.05.036>
  21. Fontès, J., & Guinko, S. (1995). *Carte de la végétation et de l'occupation du sol du Burkina Faso. Notice explicative. Toulouse, Institut de la Carte Internationale de la Végétation ; (P. C. (88313101) Ministère de la Coopération Française (ed.); 1995th ed., Issue Ouagadougou, Institut du Développement Rural-Faculté des Sciences et Techniques).*
  22. Ganamé, M., Bayen, P., Dimobe, K., Ouédraogo, I., & Thiombiano, A. (2020). Aboveground biomass allocation, additive biomass and carbon sequestration models for *Pterocarpus erinaceus* Poir. in Burkina Faso. *Heliyon*, 6(4). <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e03805>
  23. Glèlè Kakai, R., Salako, V. K., Padonou, E. A., & Lykke, A. M. (2016). Méthodes statistiques multivariées utilisées en écologie. *Annales des sciences Agronomiques*, 20, 139-157.
  24. Gnoumou, A., Bognounou, F., Hahn, K., & Adjima Thiombiano. (2011). Woody plant diversity and stand structure in the Comoe-Leraba Reserve, Southwestern Burkina Faso (West Africa). *Journal of Biological Sciences*, 11(2), 111–123.
  25. Gofc-Gold. (2008). Reducing greenhouse gas emissions from deforestation and degradation in developing countries: a sourcebook of methods and procedures for monitoring, measuring and reporting. In *GOFC-GOLD Report version COP13-2*. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
  26. Henry, M., Besnard, A., Asante, W. A., Eshun, J., Adu-bredu, S.,

- Valentini, R., Bernoux, M., & Saint-andré, L. (2010). Wood density , phytomass variations within and among trees , and allometric equations in a tropical rainforest of Africa. *Forest Ecology and Management*, 260(8), 1375–1388. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2010.07.040>
27. Hunter, M. O., Keller, M., Victoria, D., & Morton, D. C. (2013). Tree height and tropical forest biomass estimation. *Biogeosciences*, 10(12), 8385–8399. <https://doi.org/10.5194/bg-10-8385-2013>
28. Idu, M., Erhabor, J. O., & Ovuakporie-uvo, O. (2014). Ethnomedicinal Plants Used By the Idoma People- Benue State , Nigeria. *American Journal of Ethnomedicine*, 1(1), 72–88.
29. Ifo, S. A., Mbemba, M., Koubouana, F., & Binsangou, S. (2017). Stock de carbone dans les gros débris ligneux végétaux : cas des forêts tropicales pluvieuses de la Likouala, République du Congo. *European Scientific Journal*, ESJ, 13(12), 384. <https://doi.org/10.19044/esj.2017.v13n12p384>
30. IPCC. (2014). *Mitigation of Climate Change Summary for Policymakers and Technical Summary Mitigation of Climate Change*.
31. Ketterings, Q. M., Coe, R., Noordwijk, M. Van, Ambagau, Y., & Palm, C. A. (2001). Reducing uncertainty in the use of allometric biomass equations for predicting above-ground tree biomass in mixed secondary forests. *Forest Ecology and Management*, 146, 199–209.
32. Kraus, T. E. C., Dahlgren, R. A., & Zasoski, R. J. (2003). Tannins in nutrient dynamics of forest ecosystems - A review. *Plant and Soil*, 256(1), 41–66. <https://doi.org/10.1023/A:1026206511084>
33. Makungwa, S. D., Chittock, A., Skole, D. L., Kanyama-Phiri, G. Y., & Woodhouse, I. H. (2013). Allometry for biomass estimation in *Jatropha* trees planted as boundary hedge in farmers' fields. *Forests*, 4(2), 218–233. <https://doi.org/10.3390/f4020218>
34. Mankessi, F., Malonga, M. G. K., & Ifo, S. A. (2022). Dynamique du carbone organique du sol et de l'azote dans une chronoséquence de plantation de *Acacia auriculiformis* A. Cunn. ex Benth. (Fabaceae), à Bambou-Mingali (République du Congo). *European Scientific Journal ESJ*, 18(8), 172–188. <https://doi.org/10.19044/esj.2022.v18n8p172>
35. Mbayngone, E., & Thiombiano, A. (2011). Dégradation des aires protégées par l'exploitation des ressources végétales: cas de la réserve partielle de faune de Pama, Burkina Faso (Afrique de l'Ouest). *Fruits*, 66(3), 187–202. <https://doi.org/10.1051/fruits/2011027>
36. Mbow, C. (2009). *Potentiel et dynamique des stocks de carbone des savanes soudaniennes et soudanouginiennes du Sénégal*. [Université Cheikh Anta Diop de Dakar (UCAD)]. <https://doi.org/10.1177/001139283031001006>



37. Mbow, C., Verstraete, M. M., Sambou, B., Diaw, A. T., & Neufeldt, H. (2014). Allometric models for aboveground biomass in dry savanna trees of the Sudan and Sudan-Guinean ecosystems of Southern Senegal. *Journal of Forest Research*, 19(3), 340–347. <https://doi.org/10.1007/s10310-013-0414-1>
38. Morse, J. L., Megonigal, J. P., & Walbridge, M. R. (2004). Sediment nutrient accumulation and nutrient availability in two tidal freshwater marshes along the Mattaponi River, Virginia, USA. *Biogeochemistry*, 69(2), 175–206. <https://doi.org/10.1023/B:BI0G.0000031077.28527.a2>
39. Ngomanda, A., Engone Obiang, N. L., Lebamba, J., Moundounga Mavouroulou, Q., Gomat, H., Mankou, G. S., Loumeto, J., Midoko Iponga, D., Kossi Ditsouga, F., Zinga Koumba, R., Botsika Bobé, K. H., Mikala Okouyi, C., Nyangadouma, R., Lépengué, N., Mbatchesi, B., & Picard, N. (2014). Site-specific versus pantropical allometric equations: Which option to estimate the biomass of a moist central African forest? *Forest Ecology and Management*. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2013.10.029>
40. Ouédraogo, K., Dimobe, K., & Thiombiano, A. (2020). Allometric models for estimating aboveground biomass and carbon stock for diospyros mespiliformis in West Africa. *Silva Fennica*, 54(1). <https://doi.org/10.14214/sf.10215>
41. Ouédraogo, S., Ouédraogo, O., Dimobe, K., Thiombiano, A., & Boussim, I. J. (2020). Prediction of aboveground biomass and carbon stock of *Balanites aegyptiaca*, a multipurpose species in Burkina Faso. *Heliyon*, 6(8), 1–12. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e04581>
42. Pallo, F. J. P., Sawadogo, N., Sawadogo, L., Sedogo, M. P., & Assa, A. (2008). Statut de la matière organique des sols dans la zone sud-soudanienne au Burkina Faso. *Biotechnology, Agronomy and Society and Environment*, 12(3), 29–38. <http://www.pressesagro.be/base/index.php/base/article/view/365>
43. Parresol, B. R. (1999). Assessing tree and stand biomass: A review with examples and critical comparisons. *Forest Science*, 45(4), 573–593. <https://doi.org/10.1093/forestscience/45.4.573>
44. Pearson, T. R. H., Brown, S., Murray, L., & Sidman, G. (2017). Greenhouse gas emissions from tropical forest degradation: An underestimated source. *Carbon Balance and Management*, 12(1). <https://doi.org/10.1186/s13021-017-0072-2>
45. Penman, J., Gytarsky, M., Hiraishi, T., Krug, T., Kruger, D., Pipatti, R., Buendia, L., Miwa, K., Ngara, T., Tanabe, K., & Wagner, F. (2003). *Good Practice Guidance for Land Use, Land-Use Change and Forestry Edited by*. Institute for Global Environmental Strategies,

Hayama, Kanagawa.

46. Picard, N., Saint-andré, L., & Henry, M. (2012). *Manuel de Construction d'équations Allométriques Pour l'estimation Du Volume et La Biomasse Des Arbres : De La Mesure de Terrain à La Prédiction*. Centre de Coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, Italy, 224.
47. Sambaré, O., Ouedraogo, O., Wittig, R., & Thiombiano, A. (2010). Diversité et écologie des groupements ligneux des formations ripicoles du Burkina Faso (Afrique de l'Ouest). *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 4(5), 1782–1800. <https://doi.org/10.4314/ijbcs.v4i5.65587>
48. Santa Regina, I. (2000). Biomass estimation and nutrient pools in four *Quercus pyrenaica* in Sierra de Gata Mountains, Salamanca, Spain. *Forest Ecology and Management*, 132(2–3), 127–141. [https://doi.org/10.1016/S0378-1127\(99\)00219-4](https://doi.org/10.1016/S0378-1127(99)00219-4)
49. Sprugel, D. G. (1983). Correcting for Bias in Log-Transformed Allometric Equations. *Wiley*, 64(1), 209–210.
50. Teodoro, M., Oliveira, D., Damasceno-junior, G. A., Pott, A., Conceição, A., Filho, P., Rondon, Y., & Parolin, P. (2014). Regeneration of riparian forests of the Brazilian Pantanal under flood and fire influence. *FOREST ECOLOGY AND MANAGEMENT*, 331, 256–263. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2014.08.011>
51. Thiombiano, A., Schmidt, M., Dressler, S., Ouédraogo, A., Hahn, K., & Zizka, G. (2012). Catalogue des plantes vasculaires du Burkina Faso. *Boissiera, Conservatoire et Jardin Botaniques de La Ville de Genève*, 65, 1–391. <http://goo.gl/1hizQw>
52. Xie, L., Li, F., Zhang, L., Widagdo, F. R. A., & Dong, L. (2020). A bayesian approach to estimating seemingly unrelated regression for tree biomass model systems. *Forests*, 11(12), 1–30. <https://doi.org/10.3390/f11121302>
53. Zhang, J., Ge, Y., Chang, J., Jiang, B., Jiang, H., Peng, C., Zhu, J., Yuan, W., Qi, L., & Yu, S. (2007). Carbon storage by ecological service forests in Zhejiang Province, subtropical China. *Forest Ecology and Management*, 245(1–3), 64–75. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2007.03.042>
54. Zuur, A. F., Smith, E. N. M., & Springer, J. (2007). Analysing ecological data. In *Springer Science and Business Media* (vol 680).

## Landslide Soil Failure Parameters Characterization Using Geoelectrical Resistivity Methods in Uruagu, Nnewi, Anambra State, Nigeria

*Uwaezuoke, Charles Chinedu  
Airen, Osariere John*

Department of Physics, University of Benin, Benin City, Nigeria

[Doi:10.19044/esj.2023.v19n12p193](https://doi.org/10.19044/esj.2023.v19n12p193)

Submitted: 27 December 2022  
Accepted: 25 April 2023  
Published: 30 April 2023

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

*Cite As:*

Uwaezuoke C.C. & Airen O.J. (2023). *Landslide Soil Failure Parameters Characterization Using Geoelectrical Resistivity Methods in Uruagu, Nnewi, Anambra State, Nigeria*. European Scientific Journal, ESJ, 19 (12), 193.

<https://doi.org/10.19044/esj.2023.v19n12p193>

### Abstract

Electrical Resistivity Imaging (ERI) and Vertical Electrical Sounding (VES) were deployed over the Uruagu landslide area. The main purpose of the study was to characterize the landslide failure parameters in to identify the soil failure mechanisms. Ten profiles of 2D ERI measuring 200 m each, and thirty VES, with three VES along each profile, were executed. Nine of the ten profiles were executed within the landslide site while one profile was executed in a residential street as a control profile. Four soil samples were also taken for physical and geotechnical laboratory index analysis. The PASI resistivity meter was used for the geoelectrical resistivity measurements. The Wenner-Schlumberger array was deployed for the ERI with a minimum electrode spacing of 10 m. The Schlumberger array was deployed for the VES with a maximum current spacing of 130 m. ERI resistivity data analysis involved inversion using the RES2DINV software package involving mean model residual and construction of iso-apparent resistivity contour maps. VES resistivity data analysis involved calculated parameters from plotted field data on a log-log graph then used as initial models in an iterative forward modeling WinResist software package. The results of the ERI and VES for the control profile reveal that the subsurface strata are originally composed of silty clay of resistivity values (16.7 – 60.9)  $\Omega\text{m}$ , clayey silty sand having resistivity values (116 – 800)  $\Omega\text{m}$  and sandstone layer with resistivity values ( $>814 \Omega\text{m}$ ).

The ERI and VES results for the devastated landslide site reveal counteraction material of resistivity values ( $>814 \Omega\text{m}$ ), colluvia and regoliths (116 - 300  $\Omega\text{m}$ ), and variably wet weathered sandstones of resistivity values ( $<60.9 \Omega\text{m}$ ). The laboratory results revealed the landslide site is majorly composed of silty sandy clay, silty clay, sandy silty clay, and sandstones as the pre-landslide existing lithologies. The natural water content ranges from 10.6% to 14.0%. The liquid limit ranges from 44.0% to 46.0%, the plastic limit ranges from 15.0% to 17.0%, and the plasticity index from 28.0% to 29.1%. The geophysical and laboratory results revealed consistency in the lithological units in agreement with the characteristic geology of the study area. The landslide site has high gully slope gradients and collects a large volume of floods during the intense rainy season. These soils, during the intense rainfall, imbibe more water, following their high plasticity slide along the sandstone to activate the soil failure.

---

**Keywords:** Landslide, Electrical Resistivity, Electrical Sounding, geoelectrical, Wenner-Schlumberger, laboratory index analysis

## 1.0 Introduction

Changes in stability conditions of the near-surface earth materials can lead to some natural phenomena like landslides, subsidence, groundwater vulnerability, and other environmental geo-hazards.

Landslides are the movement of a mass of rock, debris, or earth material down a slope under the influence of gravity; they are complex, strongly heterogeneous natural phenomena triggered by a variety of external factors, such as intense rainfall, earthquake shaking, water level changes, and rapid stream erosion that cause a sudden change in shear strength of slope-forming materials. More so, are human activities, such as the excavation of slopes for road cuts into unstable hill-slope areas, (Bogoslovsky and Ogilvy, 1977; Yilmaz, 2011; Merritt *et al.*, 2013). Landslide types exist in different regions of the world, showing varying states, distributions, and styles of activity, and are predominant in areas where clayey formations are common in deposits (Cruden and Varnes, 1996;). Landslide in the Uruagu community of Nnewi North in Anambra State, Nigeria, has wrecked damages worth several millions of dollars in monetary losses, and are responsible for thousands of deaths, and injuries annually, (Igwe and Una, 2019). Landslide mechanisms, impacts, and management are often determined by the geology, hydrogeology, and geomorphology of the area (Igwe and Una, 2019). Therefore, landslide characterization demands some extensive non-discrete investigational survey.

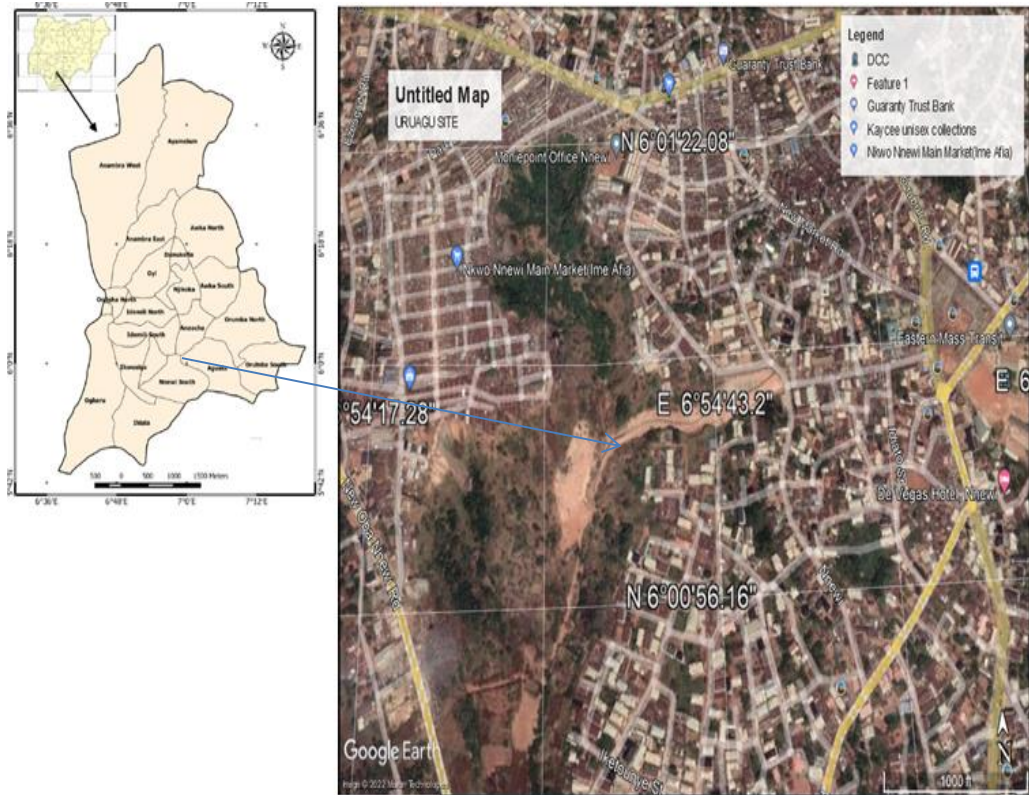
In recent times, successful geoelectrical resistivity methods of geophysical investigations, as reported in the literature, have proven most

resourceful in the characterization of sites for landslide, groundwater, and a host of another engineering, hydrogeological, geomorphological, and environmental investigations (McCann and Foster, 1990; Daily and Ramirez, 2000; Loke, 2001; Dahlin et al., 2006; Drahor et al. 2006; Schrott and Sass, 2008; Ayolabi et al., 2013; Sechman et al 2013; Egbueri and Igwe, 2018; Pazzi et al. 2019; Uwaezuoke et al. 2021).

Arising from the daily increase in population, urbanization drive, and the quest for more land usage in the Uruagu Nnewi metropolis, the landslide menace will lead to more retardation in developments and socioeconomic devastation. In response to this menace, this study was aimed at characterizing the landslide failure parameters using geoelectrical resistivity methods to identify the soil failure mechanisms. The objectives were to: (i) measure the geoelectrical resistivity, determine the textural and index test properties of soil/rock samples from laboratory analysis of the study areas (ii) delineate the subsurface lithology of the study area into its geologic layers from the measured geophysical properties (iii) determine the depth of the landslide slip surface, hydrogeological, and strength parameters of the geologic structures (iv) deduce environmental and engineering projections to non-landslide zones.

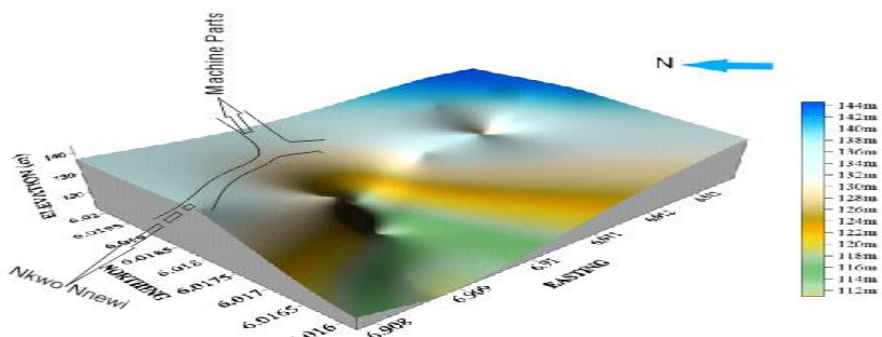
#### 1.1 Location, Physiography and Geology of the Study Area

The study area (Figure 1), the Uruagu landslide site, is located in the Nnewi metropolis/ Nnewi North in Anambra State, southeastern Nigeria. Nnewi North L.G.A is boundary-circled by Idemili South, Nnewi South, and Ekwusiogo local government areas. It is located between latitude  $N6^{\circ}.00'$  and  $N6^{\circ}.04'$  and Longitude  $E6^{\circ}.54'$  and  $E6^{\circ}.57'$ .



**Figure 1.** Location of the Study Area

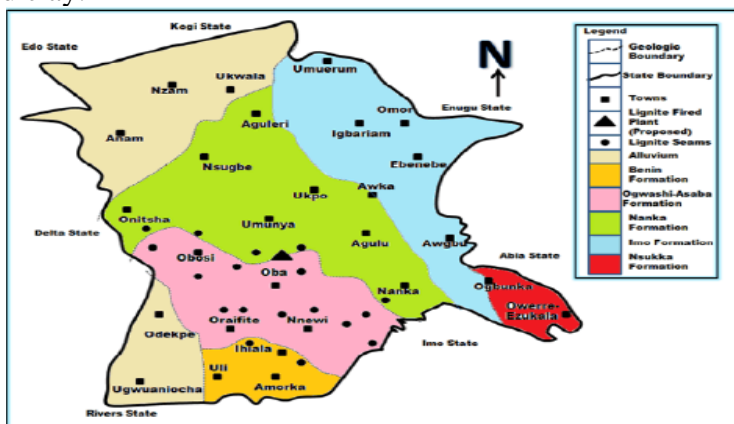
The study site is an active landslide location involving slide, fall, and flow of debris and colluvia. A drainage channel of a large expanse for flood runs within the site. The landslide is usually initiated and reactivated within hours of intense rainfall during the rainy seasons, with buildings lost over the years, localities displaced, and threatening to cut off the adjoining major public roads. The topography is steeply sloppy concave terrain with elevations ranging from 111 m to 142 m (Figure 2) indicative of washed-away in-situ soils/lithology.



**Figure 2.** Site Topography

Endangered abandoned buildings with cracks are located on the crown flanks of the site. Recently, the state government did some remediation and counteraction works on the concave dips towards the major road network to halt the landslide advancement. The counteraction works involved rocks embankments, granite boulders, and soils covering various types. Fractured bedrock sandstones are visibly exposed at the sloppy end of the site. The climatic condition is moderately hot and humid associated with southeastern Nigeria. There are two distinct seasons in the state, namely, the rainy season which lasts from March/April to October/ November, and the dry season which lasts for the rest of the year, October/November to March/April. The distribution of rainfall varies annually between 1500 mm to 2500 mm (Monanu and Inyang 1975; NIMET, 2007; Ezemonye and Emeribe 2012 Igwe et al. 2013). The average monthly temperatures vary from 22°C to 28 °C in the rainy season and between 28 °C and 32 °C in the dry season. The precipitation regime is fairly regular. The peak rainfall regime appears in support of the idea that intense short-duration rainfall is a main factor in landslides triggered in this region (Igwe et al. 2013).

Anambra State is derived from the Anambra Basin which is of the cretaceous age. The sedimentary formations in the basin, (Figure 3), include the Mamu, Ajali, and Nsukka formations, respectively overlying each other conformably with the Nsukka formation being the youngest Cretaceous sequence. The Tertiary formations include the Palaeocene Imo Shale, overlain by the Eocene Ameki Formation/Nanka Sands, Ogwashi-Asaba Formation, and Quaternary Alluvium, (Nwajide 1980; Whiteman, 1982; Nfor et al., 2007). The study area, Nnewi, falls under the Ogwashi-Asaba Formation (Oligocene-Miocene) which overlies the Ameki Formation (Eocene). The Ogwashi-Asaba Formation (Oligocene-Miocene) consists of fine to coarse-grained pebbly unconsolidated sandstone with alternation of seam beds of lignite and clay.



**Figure 3.** Geological Map of Anambra State showing Nnewi the Study Area (culled from Chikwelu et al., 2021)

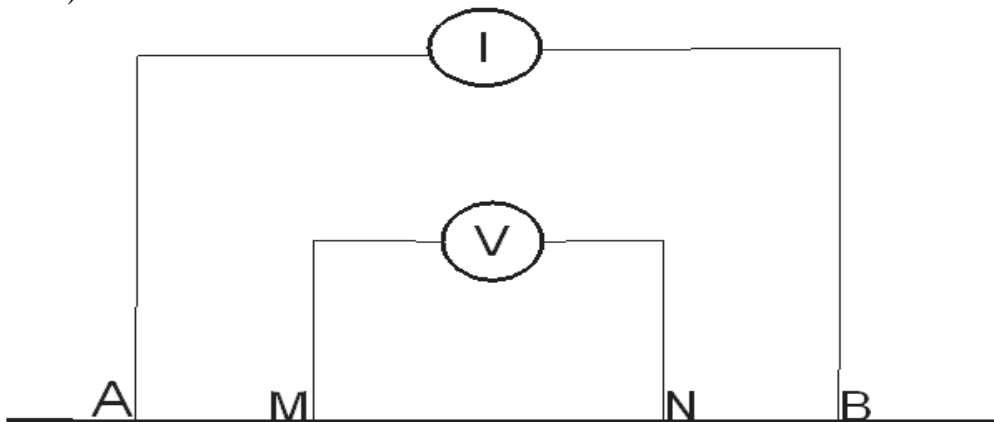
## 2.0 Basic Theory

### 2.1 Geoelectrical Methods

The electrical resistivity method investigates subsurface conditions by injecting an electric current (I) using galvanic batteries (Direct Current) or low-frequency alternating current (AC) generators into the ground through a pair of electrodes called current electrodes. The resulting potential difference ( $\Delta v$ ) arising from the current flow is measured through a pair of other electrodes called potential electrodes which may or may not be located within the current electrode pair (Figure 4). The relationship between injected electric current, subsurface resistivity, and resulting potential difference is provided by Ohm's Law.

$$\rho = \frac{\partial R \partial A}{\partial L} \quad 5$$

However, the subsurface is heterogeneous in nature, hence, apparent resistivity is the term used for the field measurements based on the geometric factors (G) of the electrode array used. The true image of the subsurface resistivity values is obtained through the inversion of the apparent resistivity values at an acceptable range of Root Mean Square (RMS) values between observed and calculated resistivity values (Perrone et al., 2014; Rezaei et al., 2019).



**Figure 4.** The generalized electrode configuration in resistivity method (Kearey et al., 2002)

Geological materials have different electrical properties. The variations in these properties are useful geophysical parameters for characterizing geological materials. Subsurface variations in electrical resistivity typically correlate with variations in water content, fluid conductivity, porosity, permeability, and the presence of metal. These variations may be used to locate subsurface features whose electrical properties contrast with the host material (Bisdorf and Lucius, 1999). The geoelectrical section has boundaries between layers determined by resistivity



contrast. To convert the resistivity picture into a geological picture, some knowledge of typical resistivity values for different types of subsurface materials and the geology of the area surveyed, is important (Table 1). A collection of published electrical resistivity values for different lithological units within Anambra State is presented in Table 2.

**Table 1.** Resistivities of some common geological materials (modified after Loke, 2001 and Everett, 2013)

Geomaterial	Resistivity (Ohm-m)
Salt water	0.1 – 1.0
Clay	1 – 100
Silty clay	28 – 80
Clayey silt	50 – 120
Wet/moist sand	20 – 200
Shale	1 – 500
Porous limestone	100 - 1000
Gravel and sand	800 – 10000
Conglomerates and sandstone	100 – 10000
Lignite, coal	10 – 800
Groundwater (fresh)	10 - 120

**Table 2.** Published electrical resistivity values within Anambra State

Lithological material	Resistivity ( $\Omega$ m)	Area/Community	Reference
Water-saturated/wet sandstone	363 - 9107	Ogidi	Onyekwelu et al., 2021
Sandy – clay gravel deposit	14 – 101	Nanka	Chikwelu et al., 2021
fine – medium sand plus alluvium	8000 – 25000		
	200 - 1000		

### 3.0 Materials and Methods

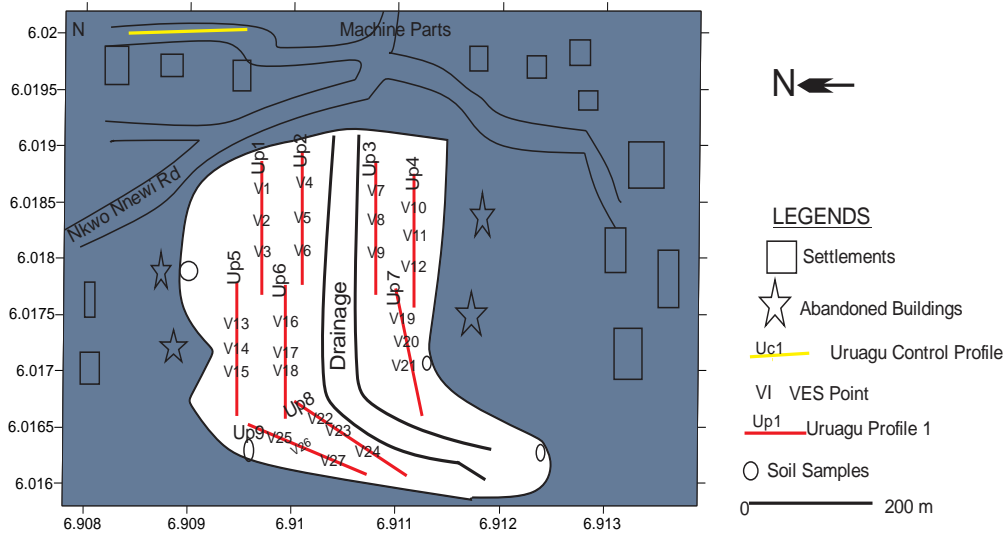
#### 3.1 2D Electrical Resistivity Imaging (ERI) Measurement

The ERI measurements were carried out using the PASI 16-GL resistivity meter (Figure 4).



**Figure 4.** A PASI electrical resistivity meter

Nine profiles labeled UP1 to UP9 were executed within the site and a control profile labeled UCI, was executed on a residential street, about 700 m away from the landslide, (Figure 5). The nine profiles were aligned in approximately E-W direction while the control profile was taken in the N–S direction. The control profile was to establish the uneroded in-situ lithological units of the location. All the profiles measured 200 m in length. The Wenner-Schlumberger configuration was deployed due to its moderate sensitivity and high median depth of investigation, with the ‘a’ value equaled 10 m and the ‘n’ value ranging from 1 to 8.



**Figure 5.** Site Study Map

The response of the ground was estimated as apparent resistivity ( $\rho_a$ ) by multiplying the resistance recorded with the geometric factor (K) of the Wenner-Schlumberger array given in Equations 1 and 2.

$$\rho_a = (\pi n(n + 1)aR) \tag{1}$$

$$K = \pi n(n + 1)a \tag{2}$$

The measured apparent resistivity field data were converted from a text file format into a readable format for inversion using the commercially available RES2DINV software package (Loke 2001). The software optimized a model of the resistivity distribution of the subsurface under investigation using 2-D finite element (FE) or finite difference (FD) techniques to allow the model potentials to come as close as possible to the measured values. For inversion, both L1 and L2-norm options available were tested (Loke et al., 2003). The L1-norm model which produced smaller errors was presented in this study. Identical inversion parameters were used to process the resistivity measurements made along the profiles to minimize the model misfit. The best

resistivity model was selected by successive calculations through the iteration process of the model and the data. The model misfit describes how close the observed resistivity data was to the measured resistivity data

### 3.2 Vertical Electrical Sounding (VES) Measurement

In a quest to achieve a proper ground calibration, three VES were executed at points 80 m, 100 m, and 120 m along each profile, making a total of 30 VES. The classical Schlumberger array was deployed with the same survey parameters in ERI. The maximum current electrode separation (AB) was 130m. The response of the ground was estimated as apparent resistivity ( $\rho_a$ ) by multiplying the resistance (R) recorded with the geometric factor (K) of the Schlumberger array given in Equations 3 and 4.

$$\rho_a = (0.5\pi(L^2 - a^2)R)/a \quad 3$$

$$K = (0.5\pi(L^2 - a^2)R)/a \quad 4$$

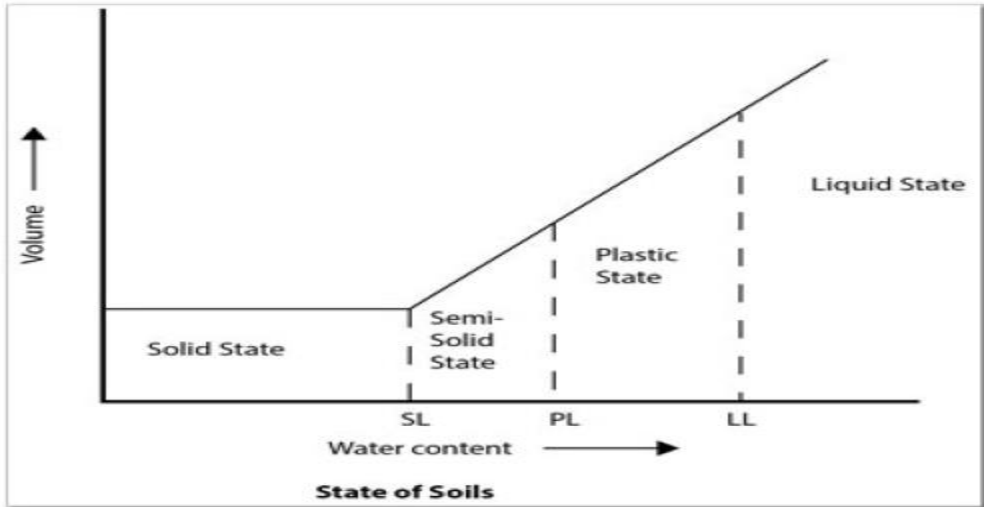
where L = half-length of current electrode separation

a = half-length of potential electrode separation

The VES apparent resistivity data were first plotted on a log-log graph against half-current electrode separation (AB/2). The plotted data were then curved matched and true lithological unit resistivities and their corresponding depths/thicknesses were calculated. The calculated parameters were then used as initial models in commercially available WinResist 1.0. The software iteratively correlated the field curve and the theoretical curve and determined the true resistivities and thicknesses of the mapped lithological units at very acceptable root mean square value (RMS <10%)

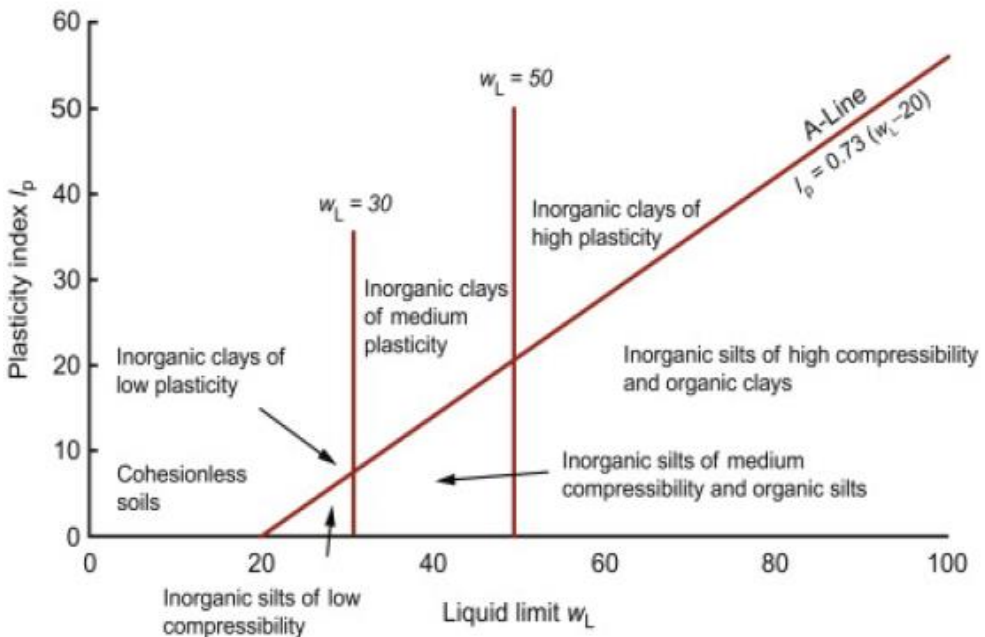
### 3.3 Soil Sample Laboratory Analysis

In other to have some ground truth knowledge of the site for the geoelectrical validation, following the counteraction work of the state government and erosion of some in-situ soils units, four disturbed soil samples were taken from the site at depths from their exposed in-situ limbs and outcrops. Physical and geotechnical laboratory index assessment (grain size, moisture content, Atterberg limits were analyzed following standard procedures and methods for soil testing. Atterberg limit tests (liquid limit[LL], plastic limit[PL], and shrinkage limit[SL]) are standardized tests that accurately define the strength, consistency, and behavior boundaries between the solid, semi-solid, plastic, and liquid states of expansive (clay and silt) soils using moisture contents at the points where the physical changes occur, (Figure 6).



**Figure 6.** Atterberg limit consistency states of soils

The plasticity index ( $PI = PL - LL$ ) indicates the size of the range between the two boundaries. Soils with a high PI have higher clay content. If the PI value is higher than the low to mid-20s, the soil may be expansive under wet conditions or exhibit shrinkage in dry conditions (Das, 1998). Figure 7 and Table 3 present the plasticity chart and plasticity index classification respectively.



**Figure 7.** Plasticity Chart (after Casargande 1932)

**Table 3. Plasticity Index classification (after Das,1998)**

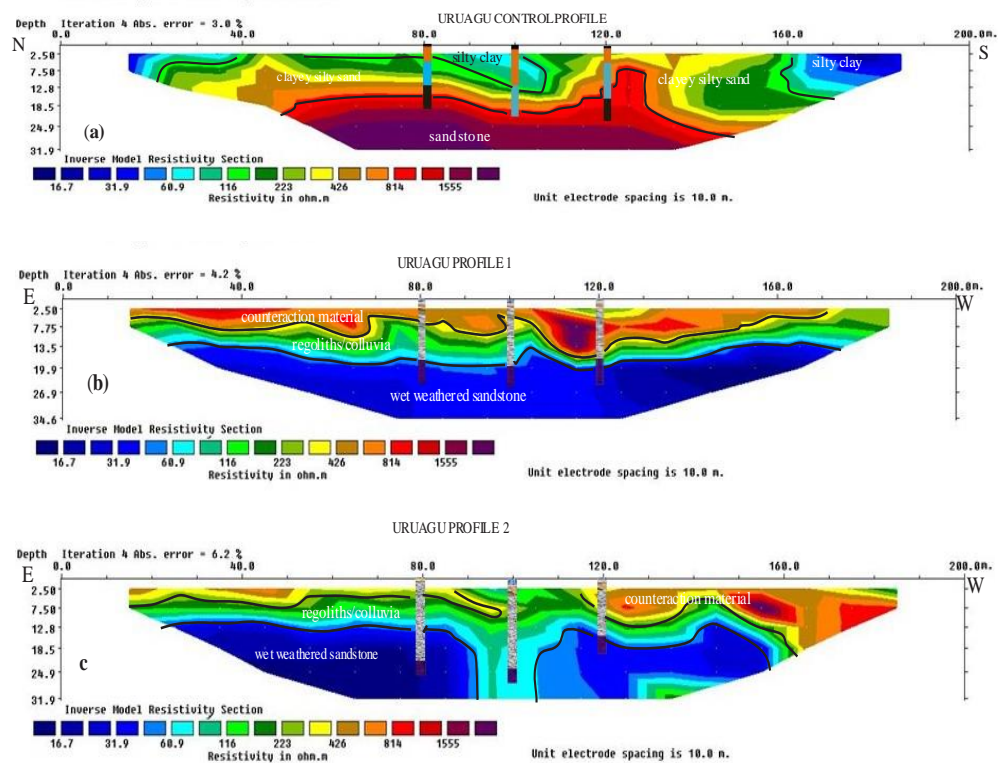
Plasticity Index ( $I_p$ )	Description
0	non plastic
1 - 5	Slightly plastic
5 - 10	Low plasticity
10 - 20	Medium plasticity
20- 40	High plasticity
>40	Very high plasticity

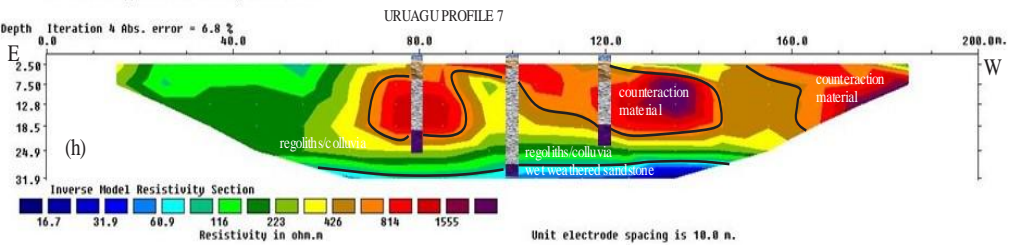
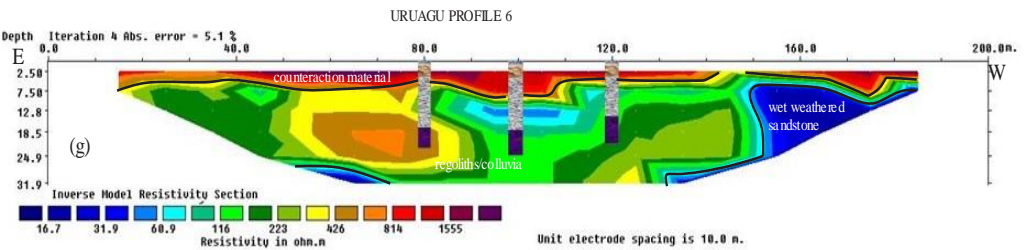
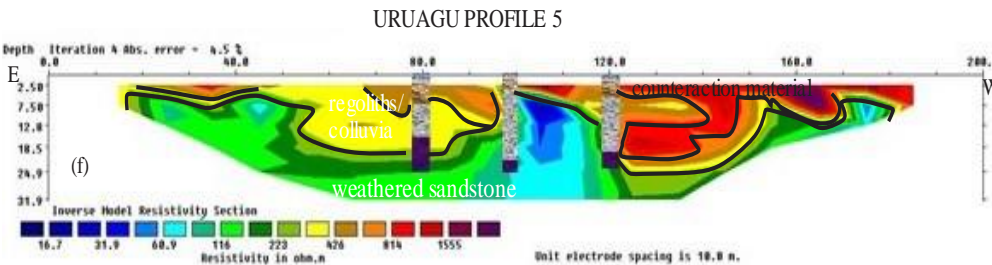
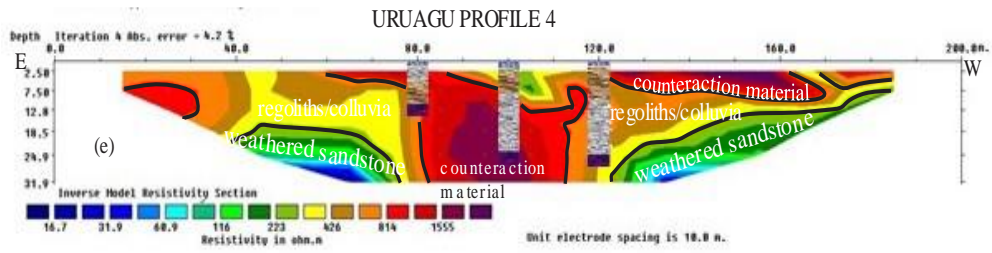
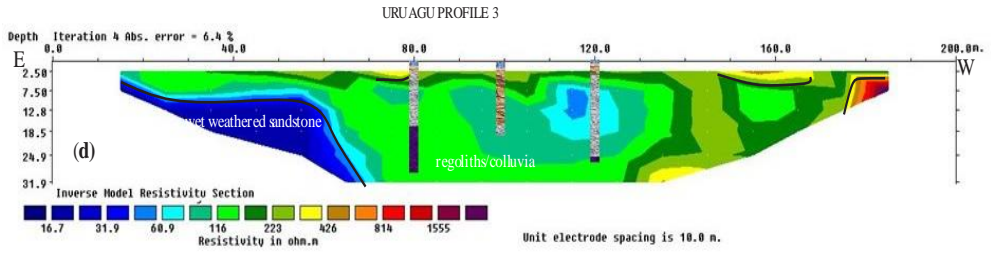
## 4.0 Results and Discussion

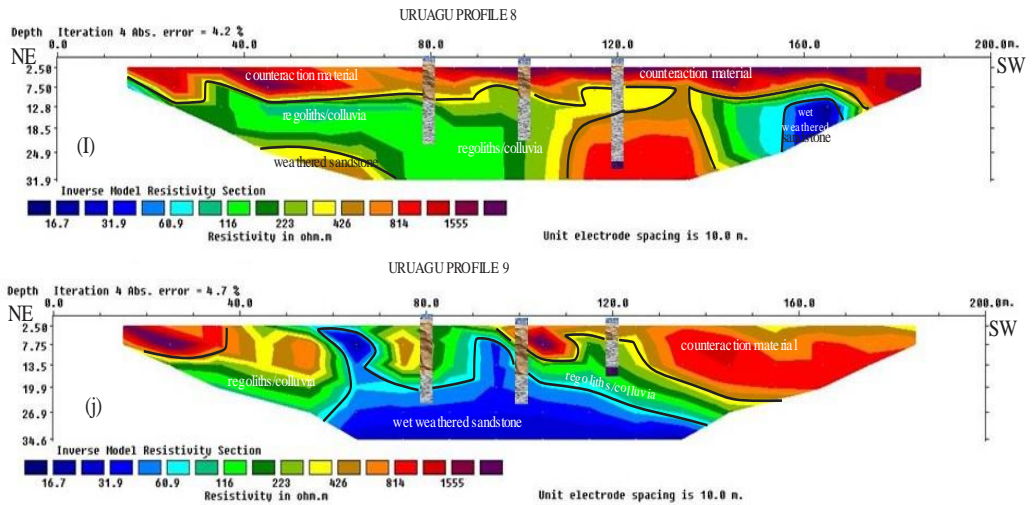
### 4.1 Results

#### 4.1.1. Inverse ERI Models

The inverted 2D resistivity sections and their corresponding VES geoelectric sections along all the profiles are presented in Figure 8 (a – j).



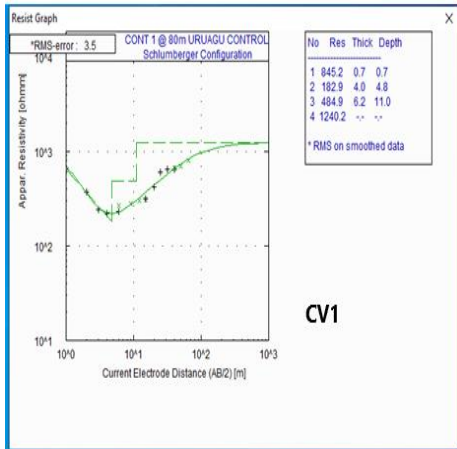




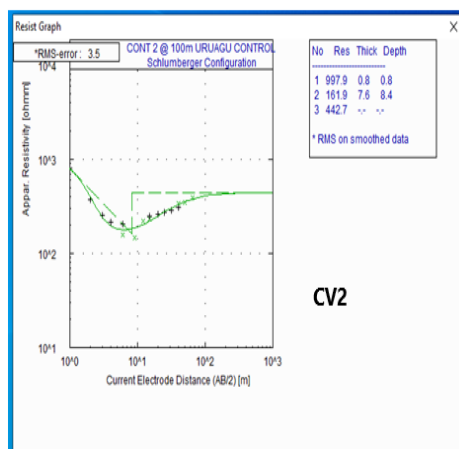
**Figure 8.** 2D Inverse Resistivity Models along the Profiles

#### 4.1.2. Inverse VES Models

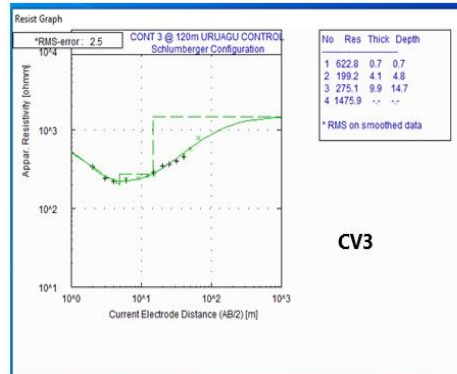
The inverted VES (1D) models which reflected the vertical variations of resistivity values as a function of depth point for the investigated landslide site are presented in Figure 9 (CV1 to CV3, V1 to V27).



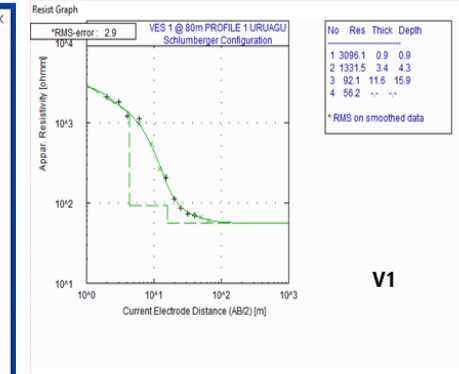
CV1



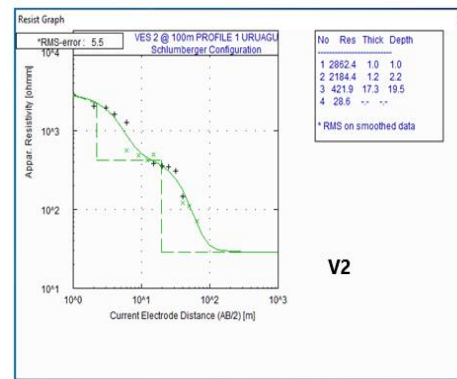
CV2



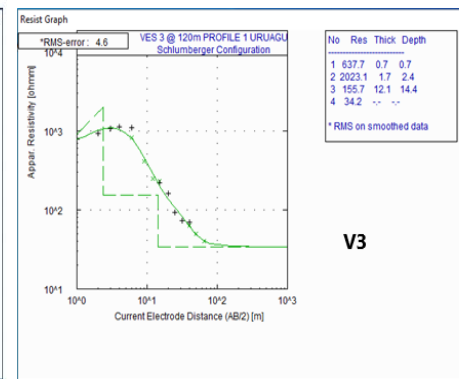
CV3



V1

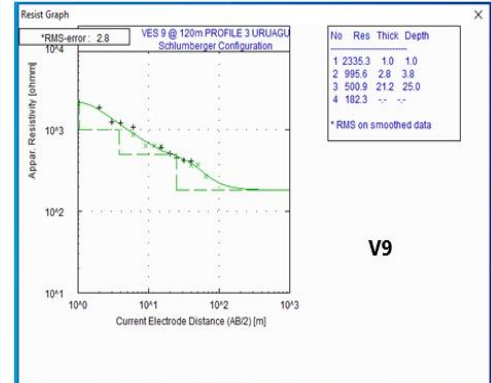
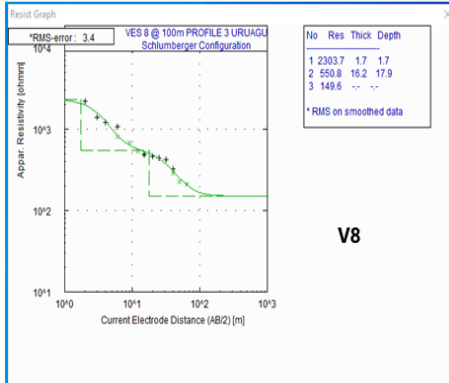
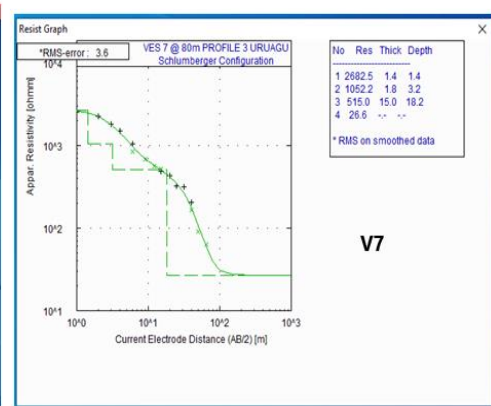
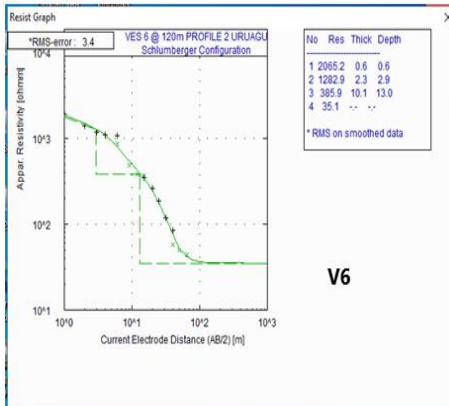
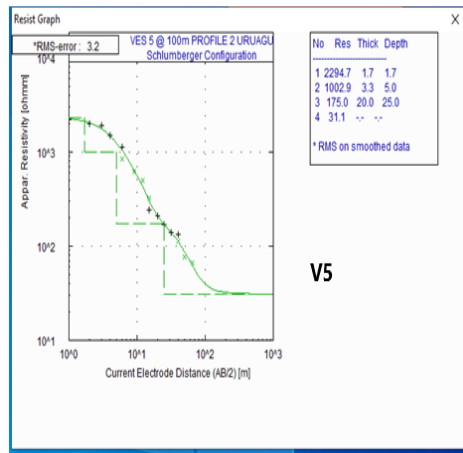
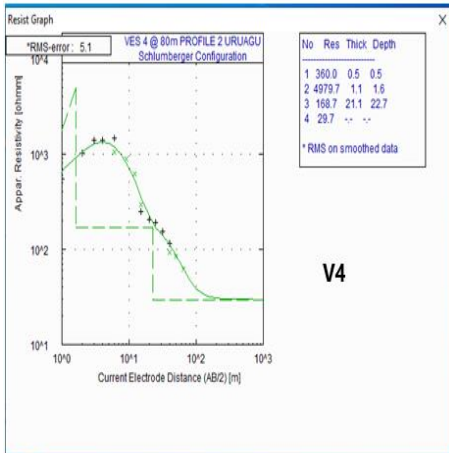


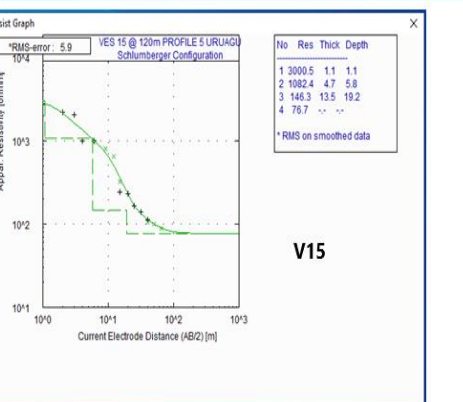
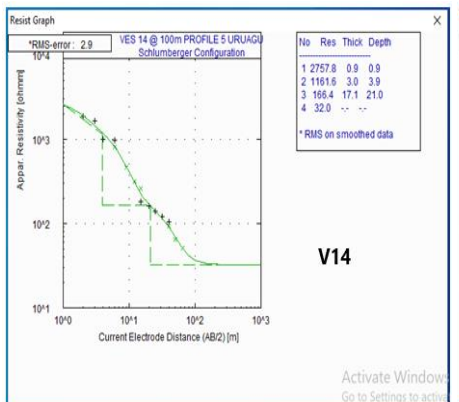
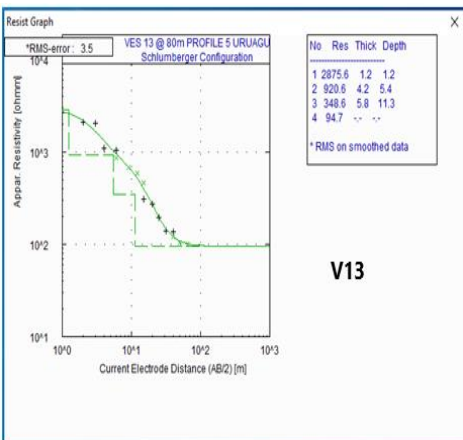
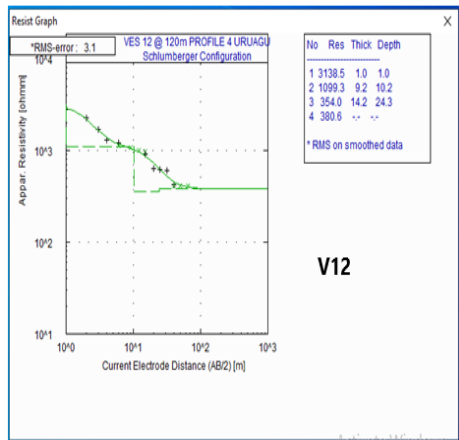
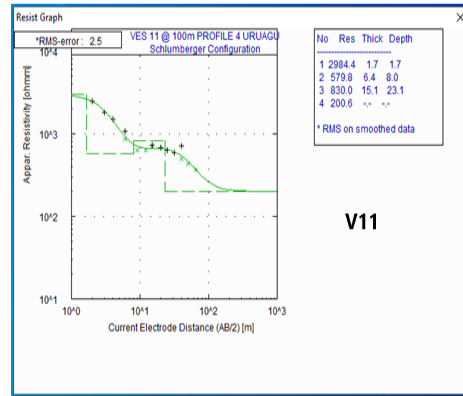
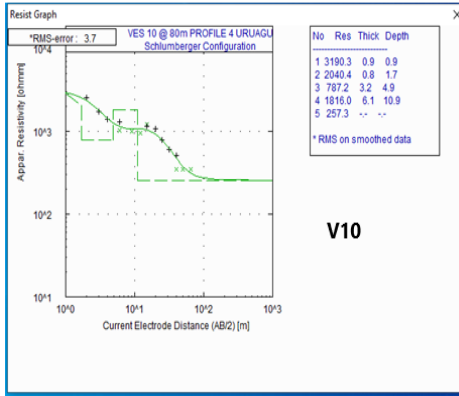
V2

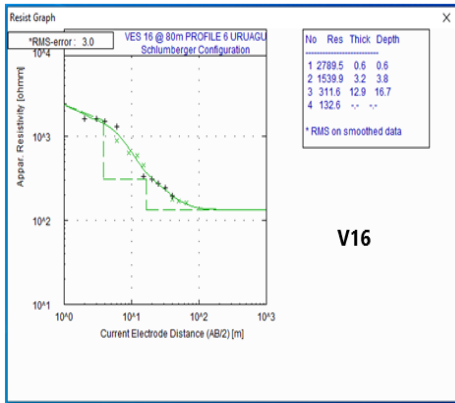


V3

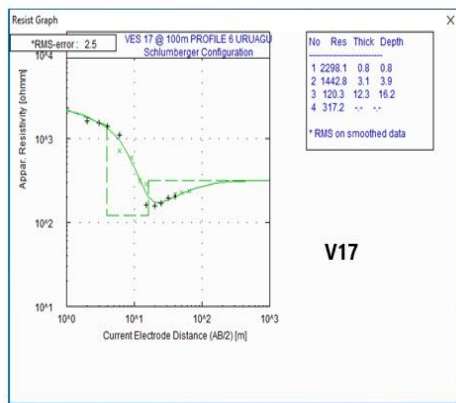




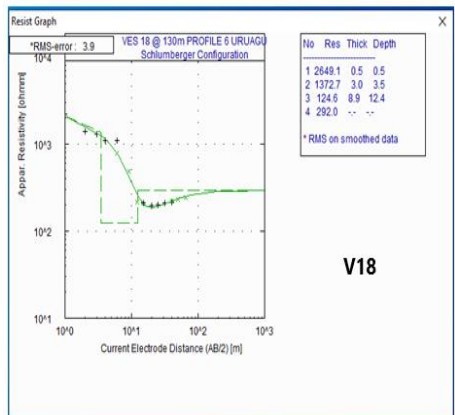




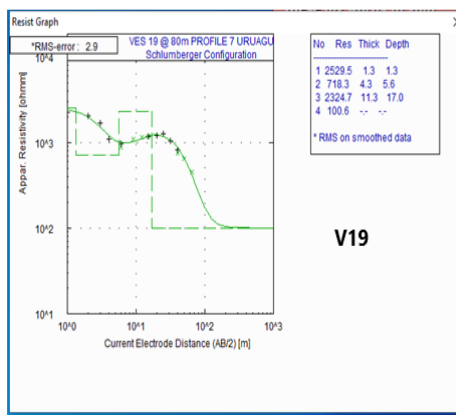
V16



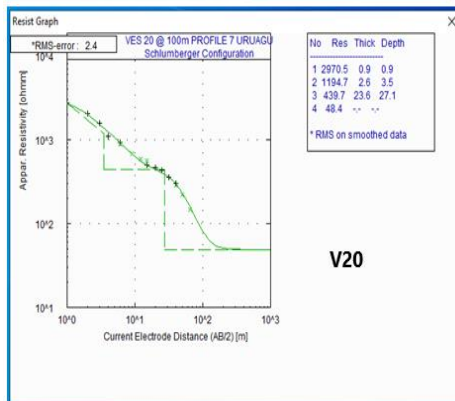
V17



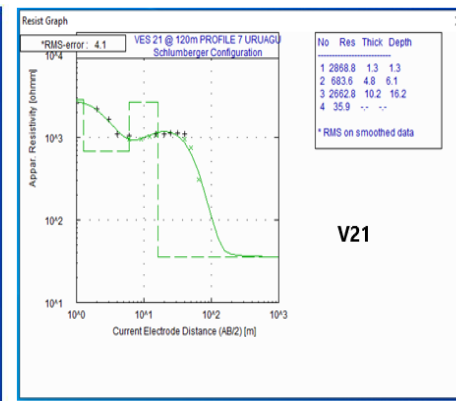
V18



V19



V20



V21

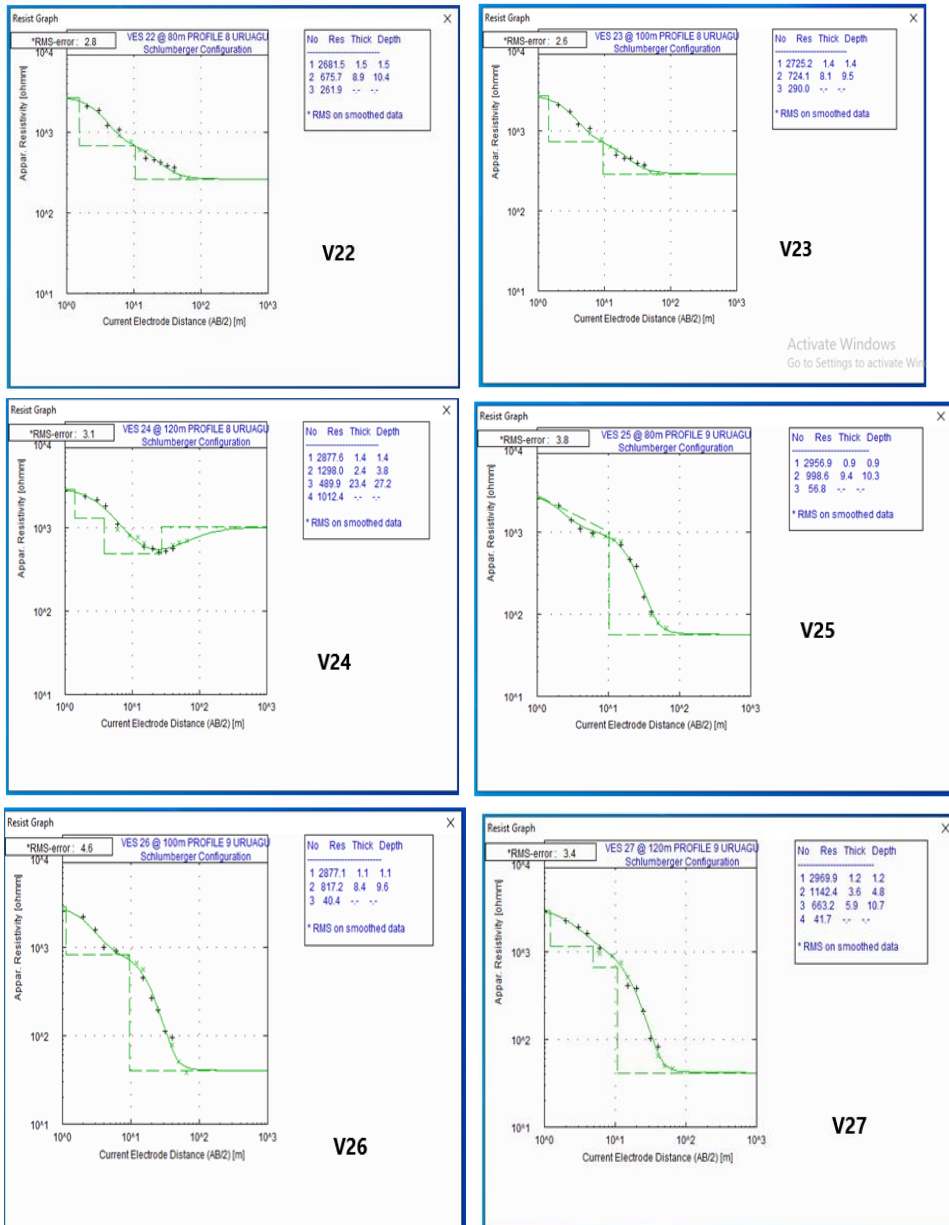


Figure 9. 1D Inverse Resistivity Models along the Profiles

#### 4.1.3. Laboratory Results

The results of the four disturbed soil samples taken from the site are presented as soil texture description (Table 4), particle size distribution by wet-sieving (Table 5) and Atterberg limit tests (Table 6)

**Table 4.** Soil texture description

Sample Nos.	Description of Soil
Uruagu(1)	silty sandy Clay
Uruagu(2)	Brown silty clay
Uruagu (3)	Brown, sandy silty clay.
Uruagu (4)	Reddish brown sandstone

**Table 5.** Particle Size Distribution by wet- sieving

Sample Nos.	Natural water content (wc%)	PERCENTAGE PARTICLE PASSING BY DRY WT				
		2.0 mm	0.600 mm	0.425 mm	0.300 mm	0.075mm
Uruagu (1)	11.0	97.0	85.0	80.0	77.0	70.0
Uruagu (2)	10.8	98.0	84.0	81.0	76.0	68.0
Uruagu (3)	10.6	97.0	85.0	80.0	77.0	70.0
Uruagu (4)	14.0	99.0	90.0	86.0	83.0	80.0

**Table 6.** Atterberg limit tests

Sample Nos.	Natural Water content (wc%)	Liquid Limit (L.L%)	Plastic Limit (P.L%)	Plasticity Index (P.I%)
Uruagu (1)	11.0	44.0	16.0	28.0
Uruagu (2)	10.8	46.0	17.0	29.0
Uruagu (3)	10.6	45.0	16.0	29.0
Uruagu (4)	14.0	-	-	-

## 4.2. Discussions

### 4.2.1. Inverse ERI Models

The control site profile (Figure 8a), executed on a residential street of even topography about 700 m from the landslide site, establishes knowledge of the in-situ local geological units of the site in line with existing geological information (Egbueri and Igwe, 2018; Onyekwelu et al., 2021). Three well layered geological units were mapped – silty clay, clayey silty sand and sandstone. The topsoil layer (silty clay) stretched throughout the model and is characterized with low resistivity range between 16.7 – 60.9  $\Omega$ m at depths 0 to about 13 m. Underlying the silty clay topsoil is the clayey silty sand unit. The resistivity value ranges from 116 - 800  $\Omega$ m at depth range of 2.5 m at a horizontal distance of 115 - 160 m down to 18.5 m. The sandstone is the third

lithological unit with resistivity from 814  $\Omega\text{m}$  and above and depth variation of 7.5 m in the half space to 18.5 m at the ends of the profile. The section reveals well layered structures with the overlying two geological units relatively impermeable resulting in high resistivity values of the sandstone unit.

Profile 1 (Figure 8b), executed on the concave terrain of the landslide, at lower elevation and close to the adjoining road, revealed three geologic structures. Though, the in-situ lithologies have been eroded to various depths, the grain size laboratory analysis of the disturbed soils from the hanging flanks and outcrops establishes knowledge of the pre-existing local geological units in collaboration with the control profile. The first structure is the counteraction material with high resistivity value ranging from 814  $\Omega\text{m}$  and above, at depths 0 – 10 m. The counteraction material comprises majorly conglomerates of granite and laterites as observed on the site. They stretched throughout the profile length. The second geologic structure is predominantly the unconsolidated regoliths and colluvia of the landslide. This layer resistivity ranges from 116 - 300  $\Omega\text{m}$  and at varying depths of 7 to 13 m. The regoliths and colluvia include the intercalations of slumped insitu silty clay, silty sandy clay, sandy silty clay and clayey silty sand units of the site as derived from the laboratory textural. The structure has undergone some diagenesis leading to it being more permeable, weak, easily dispersible and collapsible, following the uneven badland topography, high gully slope gradients, concave slopes (Figure 2) supported by Egbueri and Igwe (2018). The third geologic structure is the wet weathered sandstone unit. This layer is characterized by low resistivity values ranging from 16.7 – 60.9  $\Omega\text{m}$  and at depths variation of 13 m. The low resistivity values results from wetting of the soil matrix due to strong mechanical stresses during the landslide occurrence leading to water infiltration from the overlying regoliths and colluvia. The sandstone surface is the gliding/sliding surface the overlying layers slump or creep during failure. Profile 2 (Figure 8c) also executed on the concave terrain of the landslide, also at lower elevation, revealed three geologic structures. The first structure is the counteraction material with high resistivity value ranging from 814  $\Omega\text{m}$  and above, at depths 0 – 13 m. This material is thinner along the horizontal distance till 120 m, indicative of the undulating surface before the counteraction work. The regoliths and colluvia unit underlies the counteraction material layer. The resistivity values range from 116 - 300  $\Omega\text{m}$  at vibrational depths of 2.5 m to 15 m. at a horizontal distance of 90 to 110 m appears a wider infiltration path to deeper depths. The sandstone unit, characterized by low resistivity values ranging from 16.7 – 60.9  $\Omega\text{m}$  and at depths variation of 13 m underlies the regoliths and colluvia unit. The low resistivity values results from wetting of the soil matrix due to strong mechanical stresses during the landslide

occurrence leading to water infiltration from the overlying regoliths and colluvia.

Profiles 3 to 9, (Figures 8d- j), executed at different elevations within the concave terrain revealed the three geologic structures respectively. The different elevations of the profiles imparted the variations in depth and thicknesses of the structures.

#### **4.2.2. Inverse VES Models**

The VES for the Control Site Profile (Figure 9 CV1 – CV3) at points 80 m, 100 m and 120 m respectively, establishes point knowledge of the in-situ local geological units in validation of the ERI and as an alternative to geotechnical drilling. The CV1 sounding revealed four geoelectric units. The topsoil is dry sand of resistivity 845.2  $\Omega\text{m}$  and 0.7 m thickness. The silty clay with resistivity 182.9  $\Omega\text{m}$  and thickness 4.0 m underlies the topsoil. The clayey silty sand with resistivity 484.9  $\Omega\text{m}$  and thickness 6.2 m is the third layer. The sandstone layer underlies as the fourth unit with resistivity 1240.2  $\Omega\text{m}$ . The CV2 sounding mapped the first three units. The dry sand topsoil is of resistivity 997.9  $\Omega\text{m}$  and 0.9 m thickness. The silty clay unit has resistivity of 161.9  $\Omega\text{m}$  and thickness 7.6 m. The clayey silty sand unit is mapped with resistivity 442.7  $\Omega\text{m}$ . The CV3 sounding revealed four geoelectric units. The topsoil is dry sand of resistivity 622.8  $\Omega\text{m}$  and 0.7 m thickness. The silty clay with resistivity 199.2  $\Omega\text{m}$  and thickness 4.1 m underlies the topsoil. The clayey silty sand with resistivity 275.1  $\Omega\text{m}$  and thickness 9.9 m is the third layer. The sandstone layer underlies as the fourth unit with resistivity 1475.9  $\Omega\text{m}$ . The dry sand topsoil is not mapped in the ERI section due to its larger minimum electrode spacing of 10m. This is the case with all profiles and their corresponding VES points. The VES for the concave terrain landslide site Profile 1 (Figure 9 V1 – V3) revealed four geologic structures. For the V1, the topsoil is loose counteraction material of resistivity 3095.1  $\Omega\text{m}$  and thickness 0.9 m. The second unit is the counteraction material layer of resistivity 1331.5  $\Omega\text{m}$  and thickness 3.4 m. The regoliths and colluvia with resistivity 92.1  $\Omega\text{m}$  and thickness 11.6 m underlies the counteraction material layer. The wet weathered sandstone is the fourth unit with resistivity 56.2  $\Omega\text{m}$ . The V2 sounding mapped the loose counteraction material topsoil with resistivity 2862.4  $\Omega\text{m}$  and thickness 1.0 m. The counteraction material second layer has resistivity 2184.4  $\Omega\text{m}$  and thickness 1.2 m. The regoliths and colluvia unit is mapped with resistivity 421.9  $\Omega\text{m}$  and thickness 27.3 m. The underlying wet weathered sandstone has resistivity value 28.6  $\Omega\text{m}$ . The V3 sounding revealed the loose counteraction material with resistivity value 637.7  $\Omega\text{m}$  and thickness 0.7 m. The counteraction material second layer is mapped with resistivity 2023.1  $\Omega\text{m}$  and thickness 1.7 m. The regoliths and colluvia unit is mapped with resistivity 155.7  $\Omega\text{m}$  and thickness 12.1 m. The underlying wet weathered

sandstone is mapped with resistivity 34.2  $\Omega\text{m}$ . The VES for Profile 2 (Figure 9 V4 – V6) also revealed four geoelectric structures. For the V4, the topsoil is loose counteraction material of resistivity 360.0  $\Omega\text{m}$  and thickness 0.5 m. The second unit is the counteraction material layer of resistivity 4979.7  $\Omega\text{m}$  and thickness 1.1 m. The regoliths and colluvia with resistivity 168.7  $\Omega\text{m}$  and thickness 21.1 m underlies the counteraction material layer. The wet weathered sandstone is the fourth unit with resistivity 29.7  $\Omega\text{m}$ . The V5 sounding mapped the loose counteraction material topsoil with resistivity 2294.7  $\Omega\text{m}$  and thickness 1.7 m. The counteraction material second layer has resistivity 1002.9  $\Omega\text{m}$  and thickness 3.3 m. The regoliths and colluvia are mapped with resistivity 175.0  $\Omega\text{m}$  and thickness 20.0 m. The wet weathered sandstone is the fourth unit with resistivity 31.1  $\Omega\text{m}$ . For the V6, the topsoil loose counteraction material has resistivity 2065.2  $\Omega\text{m}$  and thickness 0.6 m. The second unit is the counteraction material layer of resistivity 1282.9  $\Omega\text{m}$  and thickness 2.3m. The regoliths and colluvia with resistivity 385.9  $\Omega\text{m}$  and thickness 10.1 m underlies the counteraction material layer. The wet weathered sandstone is the fourth unit with resistivity 35.1  $\Omega\text{m}$ . The VES of the remaining profiles (Figure 9 V7 – V27) also revealed mostly four geoelectric structures as loose counteraction material topsoil, counteraction material second layer, regoliths and colluvia third layer, underlain by variably wet weathered sandstone.

#### **4.2.3. Laboratory Results**

The textural description (Table 4) derived from the particle size (Table 5) of the disturbed four samples revealed silty sandy clay, brown silty clay, brown sandy silty clay and reddish brown sandstones as the pre-landslide existing lithologies in no stratification order. Table 6 presents the Atterberg's limits of the cohesive soils only. The silty sandy clay has 44% liquid limit (LL), 16% plastic limit (PL) and 28% plasticity index (PI). The brown silty clay has 46% liquid limit (LL), 17% plastic limit (PL) and 29% plasticity index (PI). The brown sandy silty clay has 45% liquid limit (LL), 15% plastic limit (PL) and 29% plasticity index (PI). These cohesive soils, (silty sandy clay, silty clay and sandy silty clay) from the plasticity chart (Figure 7), are above the A-Line and belong to the inorganic clays of medium plasticity. From the plasticity index classification (Table 3) only, the cohesive soils are classified as highly plastic. These soils during intense rainfall, imbibe more water, following their high plasticity, slid along the sandstone to activate the landslide.

#### **4.2.4. Comparison of ERI and VES Results**

The correlation of inverse ERI models and their corresponding VES geoelectric sections along all the profiles is presented in Figure 8(a-j) and the



inferred structures with depth, (Table 7). The ERI models revealed mostly three structures along the profiles The VES revealed majorly three to four structures.

**Table 7.** ERI and VES correlation

Profile	Layer	ERI		VES @80m		VES @100m		VES @ 120m		structure
		Resistivi.( $\Omega$ m)	Depth (m)	$\Omega$ m	Depth	$\Omega$ m	Depth	$\Omega$ m	Depth	
<b>Control</b>	0			845.2	0-0.7	997.9	0-0.8	622.8	0-0.7	Dry sand
	1	16.7-70.0	0-10	182.9	0.7-4.8	161.9	0.8-8.4	199.2	0.7-4.8	Silty clay
	2	116-430	10-20	484.9	4.8-21	442.7	8.4~	275.1	4.8-14.7	Clayey silty sand
	3	>814	20-32	1240.2	11 ~			1475.9	14.7~	sandstone
<b>1</b>	0			3096.1	0-0.9	2862.4	0-1.0	637.7	0-0.7	Loose counteraction
	1	>814	0-14	1331.5	0.9-4.3	2184.4	1.0-2.2	2023.1	0.7-2.4	Counteraction material
	2	116-430	14-20	92.1	4.3-15.9	421.9	2.2-19.5	155.7	2.4-14.5	Regoliths/colluvia
	3	16.7-70.0	20-35	56.2	15.9~	28.6	19.5~	34.2	14.5~	Wet weathered sandst.
<b>2</b>	0			360.0	0-0.5	2294.7	0-1.7	2055.2	0-0.5	Loose counteraction
	1	>814	0-13	4979.7	0.5-1.6	1002.9	1.7-5.0	1282.9	0.5-2.9	Counteraction material
	2	116-430	13-24	168.7	1.6-22.7	175.0	5.0-25.0	385.9	2.9-13.0	Regoliths/colluvia
	3	16.7-70.0	18-32	29.7	22.7~	31.1	25.0~	35.1	13.0~	Wet weathered sandst.
<b>3</b>	0			2682.5	0-1.4	2303.7	0-1.7	2335.3	0-1.0	Loose counteraction
	1	>814	0-2.5	1052.2	1.4-3.2	550.8	1.7-17.9	995.6	1.0-3.8	Counteraction material
	2	116-430	2.5-25	515.0	3.2-18.2	149.6	17.9~	500.9	3.8-25.0	Regoliths/colluvia
	3	16.7-70.0	7.5-32	26.6	18.2~			182.3	25.0~	Wet weathered sandst.
<b>4</b>	0			3190.3 2040.4	0-0.9 0.9-1.7	2984.4	0-1.7	3138.5	0-1.0	Loose counteraction
	1	>814	0-32	787.2	1.7-4.9	579.8	1.7-8.0	1099.3	1.0-10.2	Counteraction material
	2	116-430	2.5-32	1816.0	4.9-10.9	830.0	8.0-23.1	354.0	10.2-24.3	Regoliths/colluvia
	3	16.7-70.0	13-32	257.3	10.9~	200.5	23.1~	380.6	24.3~	Wet weathered sandst.

<b>5</b>	0		2875.6	0-1.2	2757.8	0-0.9	3000.5	0-1.1	Loose counteraction	
	1	>814	0-13	920.6	1.2-5.4	1161.6	0.9-3.9	1082.4	1.1-5.8	Counteraction material
	2	116-430	2.5-19	348.6	5.4-11.3	166.4	3.9-21.0	146.3	5.8-19.2	Regoliths/colluvia
	3	16.7-70.0	13-32	94.7	11.3~	32.0	21.0~	76.7	19.2~	weathered sandst.
<b>6</b>	0		2789.5	0-0.6	2298.1	0-0.8	2649.1	0-0.5	Loose counteraction	
	1	>814	0-8.0	1539.9	0.6-3.8	1442.8	0.8-3.9	1372.7	0.5-3.5	Counteraction material
	2	116-430	8.0-32	311.6	3.8-16.7	120.3	3.9-16.2	124.6	3.5-12.4	Regoliths/colluvia
	3	16.7-70.0	13-32	132.6	16.7~	317.2	16.2~	292.0	12.4~	Wet weathered sandst.
<b>7</b>	0		2529.5	0-1.3	2970.5	0-0.9	2868.8	0-1.3	Loose counteraction	
	1	>814	0-19	718.3	1.3-5.6	1194.7	0.9-3.5	683.6	1.3-6.1	Counteraction material
	2	116-430	2.5-30	2324.7	6.6-17	439.7	3.5-27.1	2662.8	6.1-16.2	Regoliths/colluvia
	3	16.7-70.0	30-32	100.6	17.0~	48.4	27.1~	35.9	16.2~	Wet weathered sandst.
<b>8</b>	0		2681.5	0-1.5	2725.2	0-1.4	2877.6	0-1.4	Loose counteraction	
	1	>814	0-32	675.7	1.5-10.4	724.1	1.4-9.5	1298.0	1.4-3.8	Counteraction material
	2	116-430	7-32	261.9	10.4~	290.0	9.5~	489.9	3.8-27.2	Regoliths/colluvia
	3	16.7-70.0	13-32					1012.4	37.2~	Wet weathered sandst.
<b>9</b>	0		2956.9	0-0.9	2877.1	0-1.1	2969.9	0-1.2	Loose counteraction	
	1	>814	0-14	998.6	0.9-10.3	817.2	1.1-9.6	1142.4	1.2-4.8	Counteraction material
	2	116-430	2.5-27	56.8	10.3~	40.4	9.6~	663.2	4.8-10.7	Regoliths/colluvia
	3	16.7-70.0	2.5-35					41.7	10.7~	Wet weathered sandst.

The first units in the VES were not revealed in the ERI models due to their larger minimum electrode spacing of 10 m. Generally, the ERI and VES compared reasonably in mapped structures, resistivity and depth trend in the controls and landslide profiles (Table 7). The slight differences in mapped depth structures between the methods could be attributed to the vertical and

lateral resistivity mapping with ERI as against only vertical resistivity mapping with VES and points misalignment during data acquisition.

#### **4.2.5 Comparison of Geophysical and Laboratory Results**

The ERI and VES geophysical control results revealed the lithologies as silty clay (16.7 – 70  $\Omega$ m), clayey sand (116 – 430  $\Omega$ m) and sandstone (>814  $\Omega$ m). The landslide profile, however, mapped the counteraction material, regoliths/colluvia and wet weathered sandstone structures. The regoliths/colluvia consist of slumped silty clay silty, sandy clay, silty sandy clay and building relics. The laboratory analysis landslide revealed the dominantly existed in-situ lithologies as silty sandy clay brown silty clay, brown, sandy silty clay and reddish brown sandstone.

#### **4.6 Environmental, Engineering and Groundwater Implications**

The control profile revealed well layered lithologies of silty clay (16.7 – 70  $\Omega$ m), clayey sand (116 – 430  $\Omega$ m) and sandstone (>814  $\Omega$ m). The underlying sandstones resistivity reflected a non-weathered and protective layer to shallow aquifer. The mapped sandstones in the landslide site showed various degree of weathering and wetting with resistivity value range of 16.7 - 70.0  $\Omega$ m. The overlying regoliths and colluvia, following the in-situ silty clay, clayey silty sand lithologies slump, lost their matrix cementation, creating more liquid infiltration path down the underlying sandstone and exposing the shallow aquifers to contamination. This agrees to Egbueri and Igwe (2018) that Ogwashi formation underlying the study areas are characterized by numerous surface water bodies and shallow groundwater systems. Both the surface waters and groundwater have a westward flow direction, from areas of high elevations on the Nanka formation to areas of low elevations on the Ogwashi formation and the soils are permeable, weak, easily dispersible and collapsible. The landslide site being high gully slope gradients collect large volume of floods during intense rainy season. The floods wash the standing lithologies and infiltrates into the underlying sandstone leading to its weathering. This leads to more instability of the easily dispersible and collapsible engineering soils and exposes adjoining buildings to danger as observed on the site.

#### **Conclusion**

In an attempt to address the devastating effect of the Uruagu landslide in Nnewi North LGA of Anambra State, the deployed geoelectrical methods successfully unraveled the landslide soil failure mechanisms. The findings revealed three in-situ strata for the ERI and VES with different grades of cohesive soil (silt and clay) composition with variations in resistivity signatures. The landslide site, however, revealed three disorderedly layered

strata for the ERI and three – four strata for VES. The laboratory analysis of the landslide sites revealed the dominantly existed in-situ lithologies as silty sandy clay, silty clay, sandy silty clay and sandstone, collaborating the ERI and VES control profiles (in-situ). The first layer (topsoil) in the landslide is the counteraction material. This structure comprises laterites, conglomerates and boulders of different rocks as observed physically on the sites. The counteraction material which varies in thickness across the sites serves as some fillings across the concave sloppy depression. The second unit is the regoliths and colluvia. They include the intercalations of slumped in-situ silty clay, silty sandy clay, sandy silty clay and clayey silty sand units of the site as derived from the laboratory analysis. The structure has undergone some diagenesis leading to it being more permeable, weak, easily dispersible and collapsible, following the uneven badland topography, high gully slope gradients, concave slopes. The sandstone unit forms the third layer. It is characterized with low resistivity signatures. The low resistivity values result from wetting of the soil matrix due to strong mechanical stresses during the landslide occurrence leading to water infiltration from the overlying regoliths and colluvia. The sandstone surface is the gliding/sliding surface the overlying units slump or creep during failure. The VES revealed same resistivity signature in collaboration to the landslide ERI. However, the slight differences in mapped depth structures between the ERI and VES methods could be attributed to the vertical and lateral resistivity mapping with ERI as against only vertical resistivity mapping with VES.

The laboratory textural description of the two landslide site revealed silty sandy clay, silty clay, sandy silty clay and sandstones as the dominantly pre-landslide existing lithologies in no stratification order. The dominantly cohesive soils, (silty sandy clay, silty clay and sandy silty clay) in the site, from the plasticity chart, belong to the inorganic clays of medium plasticity and are classified as highly plastic. These soils during the intense rainfall, imbibe more water, following their high plasticity, slide along the sandstone to activate the landside. The geophysical and laboratory results revealed consistency in the lithological units in agreement with the characteristic geology of the study area. The landslide sites have high gully slope gradients and collect a large volume of floods during the intense rainy season. The floods wash the standing lithologies and infiltrate into the underlying sandstone leading to its weathering. This leads to more instability of the easily dispersible and collapsible engineering soils and exposes adjoining buildings to danger as observed on the site.

#### **References:**

1. Ayolabi, E. A., Folorunso, A. F. and Jegede, O. E. (2013). An Application of 2D Electrical Resistivity Tomography in Geotechnical

- Investigation of Foundation Defects: A Case Study. *Journal of Geology and Mining Research*. Vol. 3 (2); 142-151.
2. Bisdorf, R.J and Lucius, J.E (1999). Mapping the Norman-Oklahoma Landfill Contaminant Plume Using Electrical Geophysics. *U.S Geological Survey Water Resources Investigation Report*, 6: 99-401
  3. Bogoslovsky, V. A. and Ogilvy, A. A. (1977). Geophysical methods for the investigation of landslides. *Geophysics*, vol. 42, no. 3, Pp. 562–571. Doi:10.1190/1.1440727
  4. Casagrande, A. (1932). “Research of Atterberg Limits of Soils,” *Public Roads*, Vol. 13 (8): 121–136.
  5. Chikwelu, E. E. and Chetty, N. (2021). Use of Electrical Resistivity Tomography in investigating the internal Structure of a landslide and its groundwater characterization (Nanka Landslide, Anambra State, Nigeria). *Journal of Applied Science and Engineering*, Vol. 25, No 4, Page 763-772 dx.doi.org/10.6180/jase.202208\_25(4).0012
  6. Coduto, D.P. (1999). *Geotechnical Engineering: Principles and Practice*. Upper Saddle River Prentice Hall Inc
  7. Cruden, D.M and Varnes, D.J. (1996). Landslide types and processes. Special Report – National Research Council, Transportation Research Board. Vol 247, pp. 36-75.
  8. Dahlin, L.T., Forsberg, K., Nilsson, A. and Flyhammer, P. (2006). Resistivity Imaging for Mapping of Groundwater Contamination at the Municipal Landfill La Chureca, Managua, Nicaragua. Near Surface 2006, 12th European Meeting of Environmental and Engineering Geophysics, 4–6 September, Helsinki, Finland
  9. Daily, W. and Ramirez, A.L. (2000). Electrical imaging of engineered hydraulic barriers. *Geophysics*, 65(1), pp.83 – 94.
  10. Egbueri, J. C. and Igwe, O. (2021). The impact of hydrogeomorphological characteristics on gully processes in erosion-prone geological units in parts of southeast Nigeria. *Geology, Ecology, and Landscapes* 5(3): 227–240. DOI: 10.1080/24749508.2020.1711637.
  11. Evrett ME. 2013. Near-surface Applied Geophysics. Cambridge: Cambridge University Press.
  12. Ezemonye, M.N., and Emeribe, C.N. (2012). Rainfall erosivity in southeastern Nigeria. *Ethiopian Journal of Environmental Studies and Management* 5 (2): 112–122.
  13. Igwe, O., Mode, W., Nnebedum, O., Okonkwo, I. and Oha, I. (2013). The analysis of rainfall-induced slope failures at Iva Valley area of Enugu state, Nigeria. *Environment and Earth Science*. <https://doi.org/10.1007/s12665-013-2647>

14. Igwe, O. and Una, C.O. (2019). Landslide impacts and management in Nanka area, Southeast Nigeria. *Geoenvironmental Disaster*. 6(5), pp 1-12.
15. Kearey, P., Brooks, M. and Hill, I. (2002). An Introduction to Geophysical Exploration.3rd edition- Blackwell Science Ltd, Oxford, pp 262.
16. Loke, M.H. (2001). Electrical Imaging Survey for environmental and engineering studies: A practical guide for 2D and 3D surveys. [www.geoelectrical.com](http://www.geoelectrical.com) p.62
17. Merritt, A.J., Chambers, J.E., Murphy, W. et al.(2013). 3D ground model development for an active landslide in Lias mudrocks using geophysical, remote sensing and geotechnical methods, *Landslides*, vol 11, no. 4, pp. 537-550. DOI 10.1007/s10346-013-0409-1
18. McCann, D.M, Forster A (1990) Reconnaissance geophysical methods in landslide investigations. *Eng Geol* 29:59–78
20. Monanu, S., and Inyang, F. (1975). Climatic regimes. In *Nigeria in Maps* (ed. by, ed. G.E.K. Ofomata, 27–29. Benin: Ethiope Publ. House.
21. Nfor, B N; Olobaniyi, S B; Ogala, J E (2007). Extent and distribution of groundwater resources in parts of Anambra State, Southeastern, Nigeria. *Journal of Appl. Sci. Environ. Manage.* vol. 11 (2) 215 - 221
22. Nigeria Meteorological Agency (NIMET) (2007). Daily weather forecast on the Nigerian Television Authority. Nigerian Metrological Agency, Oshodi, Lagos
23. Nwajide, C.S. (1980). Eocene tidal sedimentation in the Anambra Basin, southern Nigeria. *Sedimentary Geology* 25: 189–207.
24. Onyekwelu, C. C. Onwubuariri, C. N. Mgbejedo, T. I. Al-Naimi, L. S. Ijeh, B. I. Agoha, C. C.(2021) Geo-electrical investigation of the groundwater potential of Ogidi and environs, Anambra State, South-eastern Nigeria. *Journal of Petroleum Exploration and Production Technology*. [doi.org/10.1007/s13202-021-01119-z](https://doi.org/10.1007/s13202-021-01119-z)
25. Pazzi, V.; Morelli, S. and Fanti, R (2019). A review of the advantages and limitations of geophysical investigations in landslide studies. *International Journal of Geophysics*. v. 2019, pp 27
26. Perrone, A., Lapenna, V. and Piscitelli, S.(2014).Electrical resistivity tomography technique for landslide investigation: a review. *Earth-Science Reviews*, vol. 135, pp. 65–82.
27. Rezaei, S.; Shooshpasha, I.; Rezaei, H. (2019). Reconstruction of landslide model from ERT, geotechnical, and field data, Nargeschal landslide, Iran. *Bulletin of Engineering Geology and the Environment* , v. 78, n.5, p. 3223-3237,.

28. Sechman, H., Mościcki, W.J. and Dzieniewicz, M. (2013). Pollution of near-surface zone in the vicinity of gas wells. *Geoderma*, 197–198, pp. 193 – 204
29. Uwaezuoke, C.C., Ishola, K.S. & Ayolabi, E. A. (2021) Electrical resistivity imaging and multichannel analysis of surface waves for mapping the subsurface of a Wetland Area of Lagos, Nigeria, *NRIAG Journal of Astronomy and Geophysics*, 10:1, 300-319, DOI:10.1080/20909977.2021.1927427
30. Whiteman, A (1982) Nigeria: Its petroleum geology, resources and potentials, vol 1. Graham & Trotman, London pressures in the Anambra basin, southern Nigeria. *Hydrol Sci J* 42(2):141–154



ESJ Natural/Life/Medical Sciences

## Secuelas Pulmonares y Neuromusculares Posterior a Infección Por Covid-19 en Población con y sin Diabetes Tipo 2

*Lalané Lira Tania, Residente de Medicina Familiar*  
*Ericka Esther Cadena Moreno, Especialista en Medicina Familiar*  
*Leticia Blanco Castillo, Especialista en Medicina Familiar*  
*Ma. Azucena Bello Sánchez, Especialista en Medicina Familiar*  
Universidad Autónoma de Querétaro  
Instituto Mexicano del Seguro Social, México

[Doi:10.19044/esj.2023.v19n12p222](https://doi.org/10.19044/esj.2023.v19n12p222)

Submitted: 09 December 2022

Accepted: 06 April 2023

Published: 30 April 2023

Copyright 2023 Author(s)

Under Creative Commons BY-NC-ND

4.0 OPEN ACCESS

*Cite As:*

Tania L.L., Cadena Moreno E.E, Castillo L.B. & Bello Sánchez M.A. (2023). *Secuelas Pulmonares y Neuromusculares Posterior a Infección Por Covid-19 en Población con y sin Diabetes Tipo 2*. European Scientific Journal, ESJ, 19 (12), 222.

<https://doi.org/10.19044/esj.2023.v19n12p222>

### Resumen

Introducción: COVID-19 ha sido una enfermedad emergente que ha impactado en los diferentes ámbitos de la salud desde la patología en agudo y también en la enfermedad crónica, por lo que profesionales de esta área prevén un aumento importante en las secuelas subyacentes de esta infección, principalmente en dos sistemas orgánicos: el pulmonar, que disminuye de 20 a 30 % su capacidad funcional pese a la recuperación de la infección y el sistema neuromuscular que causa manifestaciones en el 88% de los enfermos críticos (Gonzalo, 2020). Objetivo: Determinar secuelas posteriores a infección por covid-19 en pacientes con y sin Diabetes tipo 2 en pacientes que acuden a la atención primaria de salud. Metodología: Estudio observacional, analítico, comparativo, longitudinal. El tamaño de la muestra se calculó con la fórmula para determinar dos proporciones, nivel de confianza de 95% ( $Z\alpha=1.96$ ), margen de error del 0.05, con una relación 2:1. Se realizó un muestreo no probabilístico por cuota. Se incluyeron expedientes de pacientes con y sin diabetes en un grupo de edad de 20-90 años de la Unidad de Medicina Familiar No.9, Querétaro, México. Variables estudiadas fueron: edad, sexo, diabetes tipo 2, evolución de la enfermedad, secuelas respiratorias y neuromusculares. El análisis estadístico incluyó prueba de t, prueba de chi



cuadrada y razón de momios. Resultados: la edad promedio fue de 43 años en pacientes sin diabetes tipo 2 y 56 años en el grupo contrario, en lo que respecta al sexo predominaron mujeres en ambos grupo; se encontró diferencia estadísticamente significativa entre el porcentaje de los pacientes con secuelas respiratorias y neurológicas a los 10 días posterior al contagio de ambos grupos, siendo la tos la secuela respiratoria que mayormente se presentó y la limitación de la actividad diaria la menos prevalente; y en las secuelas neuromusculares la cefalea predominó a diferencia de la disgeusia. Conclusiones: Las secuelas de origen del aparato respiratorio son las que se desarrollaron en un mayor número en los pacientes post covid-19, en comparación de las neuromusculares, sin tomar en cuenta la comorbilidad como diabetes tipo 2. Sin embargo, se identificó que la población con esta patología, se encuentra más expuesta de presentar efectos derivados de la infección por SARS-COV2.

---

**Palabras clave:** Pandemia, contagio, secuelas respiratorias, secuelas neuromusculares y diabetes tipo 2

---

## **Pulmonary and Neuromuscular Sequelae Following Covid-19 Infection in Populations with and without Type 2 Diabetes**

*Lalané Lira Tania, Residente de Medicina Familiar*  
*Ericka Esther Cadena Moreno, Especialista en Medicina Familiar*  
*Leticia Blanco Castillo, Especialista en Medicina Familiar*  
*Ma. Azucena Bello Sánchez, Especialista en Medicina Familiar*

Universidad Autónoma de Querétaro  
Instituto Mexicano del Seguro Social, México

---

### **Abstract**

Introduction: COVID-19 has been an emerging disease that has had an impact on the different areas of health from acute pathology and also in chronic disease, so professionals in this area foresee a significant increase in the underlying sequelae of this infection, mainly in two organ systems: the pulmonary, which decreases 20 to 30% of its functional capacity despite recovery from infection and the neuromuscular system that causes manifestations in 88% of critically ill patients (Gonzalo, 2020). Objective: To determine sequelae following covid-19 infection in patients with and without type 2 diabetes in patients attending primary health care. Methodology: Observational, analytical, comparative, longitudinal study. The sample size was calculated with the formula for determining two proportions, 95% confidence level ( $Z_{\alpha}=1.96$ ), margin of error of 0.05, with a 2:1 ratio. Non-

probabilistic quota sampling was performed. We included records of patients with and without diabetes in an age group of 20-90 years from Family Medicine Unit No. 9, Queretaro, Mexico. Variables studied were: age, sex, type 2 diabetes, evolution of the disease, respiratory and neuromuscular sequelae. Statistical analysis included t-test, chi-square test and odds ratio. Results: the average age was 43 years in patients without type 2 diabetes and 56 years in the opposite group, with regard to sex, women predominated in both groups; a statistically significant difference was found between the percentage of patients with respiratory and neurological sequelae at 10 days after infection in both groups, with cough being the respiratory sequelae that mostly occurred and limitation of daily activity the least prevalent; and in the neuromuscular sequelae, headache predominated as opposed to dysgeusia. Conclusions: The sequelae of respiratory system origin are the ones that developed in a greater number in post covid-19 patients, compared to neuromuscular sequelae, without taking into account comorbidity such as type 2 diabetes. However, it was identified that the population with this pathology is more exposed to present effects derived from SARS-COV2 infection.

---

**Keywords:** Pandemic, contagion, respiratory sequelae, neuromuscular sequelae and diabetes mellitus

## Introduction

Hoy en día, se está presentando un acontecimiento de suma importancia, con la existencia de una enfermedad infecciosa causante de afecciones principalmente de las vías respiratorias, identificándose por sus siglas como COVID-19 y por su secuencia genómica como SARS-CoV-2 (Aragón et al., 2020), el cual se trata de una variante de coronavirus que además de afectar sistema respiratorio, también ocasiona secuelas importantes en distintos aparatos y sistemas.

La Secretaría de Salud ha reportado que comorbilidades como la hipertensión arterial sistémica, la diabetes y la obesidad son los tres factores de riesgo más importantemente asociados a la gravedad por infección de SARS-CoV-2; por consiguiente, mayor probabilidad de desarrollar secuelas a corto, mediano y largo plazo.

Los avances más actuales de los mecanismos que podrían contribuir con el aumento en la susceptibilidad de COVID-19 en pacientes son: la unión celular de mayor afinidad, entrada de virus eficiente, la eliminación viral disminuida, el aumento de la susceptibilidad a la hiperinflamación y el síndrome de tormenta de citosinas (Torres et al., 2020). Como parte del proceso fisiopatológico, se genera una respuesta inflamatoria intensa que afecta al tracto respiratorio y principalmente el pulmón como primer órgano. Sin embargo, varios estudios apuntan que las secuelas de esta infección no

solo se limitan al área respiratoria, también al sistema cardiovascular, sistema nervioso central y periférico y en gran parte de la población las alteraciones psiquiátricas y psicológica como depresión y ansiedad. (OPA/OMS, 2020).

De lo anterior, Seoana en el 2020 hace referencia al estrés postraumático, que llegó a presentarse por los cambios en el estilo de vida y de convivencia, debido al confinamiento implementado y que en algunas personas dicha afección continua hasta el momento, en lo que respecta a los síntomas posinfección a COVID-19, se ha documentado que después de 30 días, la población puede referir dificultad respiratoria sin evidencia de niveles bajos en la monitorización con oxímetro, tos, fatiga, debilidad muscular y limitaciones en las actividades diarias.

En el sistema neuromuscular causa manifestaciones en el 88% de los pacientes enfermos, tanto con sintomatología leve y grave, siendo la disgeusia una de las más frecuentes, seguida de la afectación músculo-esquelética y cambios en la conciencia, encontrándolos en aproximadamente 16% de la población afectada y teniendo en menor porcentaje la enfermedad cerebrovascular aguda (5.7%). (D'Andréa et al., 2020).

Tomando en cuenta los datos previamente reportados, el presente trabajo de investigación tiene como finalidad determinar las secuelas que presentan los pacientes post infección de COVID-19, esto es importante, para emprender acciones preventivas, terapéuticas y/o de rehabilitación para minimizar los efectos negativos en la salud de los individuos con estas secuelas.

## **Métodos**

Se realizó un estudio observacional, comparativo, longitudinal en pacientes post COVID-19, del mes de diciembre 2021 a marzo 2022, en la unidad de medicina familiar no. 9 del Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS), Querétaro.

La base de datos se obtuvo a partir del censo de seguimiento a distancia de pacientes con COVID-19 y de la plataforma de Sistema Nacional de Vigilancia Epidemiológica (SINOLAVE) incluyendo todos los expedientes de pacientes con y sin diabetes tipo 2, de más 20 años, ambos sexos, prueba rápida o PCR positiva para COVID-19; se excluyeron aquellos expedientes que tuvieran el diagnóstico previo de Enfermedad Pulmonar Obstructiva y Asma y se eliminaron expedientes clínicos de pacientes con información incompleta.

El tamaño de la muestra se calculó con la fórmula para determinación de dos proporciones, la cual se aplicó tanto para las secuelas de origen pulmonar como las neuromusculares, de las cuales se seleccionó la de mayor tamaño, con un nivel de confianza de 95% ( $Z_{\alpha}=1.96$ ) y margen de error del 0.05, con una relación 2:1 y el tipo de muestreo fue no probabilístico por cuota.



**Tabla 2.** Sexo de los pacientes post COVID-19, con y sin Diabetes tipo 2.

Sexo	Diabetes		Tipo II		*Valor de p
	Frec.	%	Frec.	%	
Femenino	64	64.0	126	63.0	0.865
Masculino	36	36.0	74	37.0	

n=100 pacientes con diabetes

200 pacientes sin diabetes

Fuente: Expedientes clínicos de pacientes con y sin Diabetes tipo 2, unidad de medicina familiar 9, IMSS. Querétaro.

La asociación que se presentó de secuelas del tracto respiratorio en personas con diagnóstico de diabetes tipo 2, fue mayor que en aquellas que no la padecen, con un valor de p de 0.000, con una probabilidad de riesgo de 6.05 mayor de desarrollar secuela a los 28 días y de 2.65 a los 10 días, en comparación con la población sin esta patología. (Tabla 3).

**Tabla 3.** Asociación de secuelas respiratorias en pacientes post COVID-19, con y sin Diabetes tipo 2.

Tiempo	Diabetes Tipo II		*p	RM	IC 95%	
	Si %	No %			Inferior	Superior
A los 10 días	52	29	0.000	2.65	1.61	4.36
Si	48	71				
A los 28 días	18	3.5	0.000	6.05	2.43	15.04
Si	82	96.5				
No						

n=100 pacientes con diabetes

200 pacientes sin diabetes

Fuente: Expedientes clínicos de pacientes con y sin Diabetes tipo 2, unidad de medicina familiar 9, IMSS. Querétaro.

Se observó que las personas con diabetes tipo 2 fueron las más susceptibles para desarrollar secuelas respiratorias, de las cuales la de mayor prevalencia fue la tos con 42% a los 10 días, seguida de limitación para la realización de sus actividades en 10% a los 28 días.

Los individuos que no presentan diabetes refirieron como principal síntoma la tos en 25.5% y en segundo lugar fatiga con 2.5%. (Tabla 4)

**Tabla 4.** Presentación de secuelas respiratorias de acuerdo a los días de evolución.

Tiempo	Diabetes Tipo II					No				
	Si					No				
	Tos	Limitación de actividades	Fatiga	Disnea de esfuerzo	Oxígeno domiciliario	Tos	Limitación de actividades	Fatiga	Disnea de esfuerzo	Oxígeno domiciliario
	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
10 días	42.0	0	5.0	14.0	0	26.5	1.5	2.5	1.5	0
28 días	0	10.0	9.0	1.0	7.0	0	2.0	1.0	0	1.0
10 y 28 días	2.0	2.0	3.0	4.0	2.0	1.5	0	0.5	1.5	0.5
Sin secuelas	56.0	88.0	83.0	81.0	91.0	72.0	96.5	96.0	97.0	98.5

n=100 pacientes con diabetes  
 200 pacientes sin diabetes

Fuente: Expedientes clínicos de pacientes con y sin Diabetes tipo 2, unidad de medicina familiar 9, IMSS. Querétaro.

La diferencia que se observó entre las personas con y sin diagnóstico de diabetes tipo 2 con relación a los síntomas respiratorios fue estadísticamente significativo, la tos represento 31.7% con un valor de p de 0.021 a los 10 días de evolución. A los 28 días se identificó la limitación de la actividad diaria con 4.7%, con un valor de p de 0.002, y finalmente como parámetro de ambos días de seguimiento predomino la disnea de esfuerzo con un 2.3% con una p de 0.000. (Tabla 5)

**Tabla 5.** Diferencias entre pacientes con diabetes y pacientes sin diabetes con relación a los síntomas respiratorios.

n=100 pacientes con diabetes 200 pacientes sin diabetes  
 Total

Secuelas	Días				*p
	10	28	10-28	Sin secuelas	
Tos	31.7	0	1.7	66.7	0.021
Limitación de la actividad diaria	1.0	4.7	0.7	93.7	0.002
Fatiga	3.3	3.7	1.3	91.7	0.001
Disnea de esfuerzo	5.7	0.3	2.3	91.7	0.000
Oxígeno domiciliario		3.0	1.0	96.0	0.007

Fuente: Expedientes clínicos de pacientes con y sin Diabetes tipo 2, unidad de medicina familiar 9, IMSS. Querétaro.

La asociación de secuelas del sistema neuromuscular que se encontró fue mayor en la población que presenta diabetes en 24% a los diez días de evolución, sin embargo, esto no representa un valor estadísticamente significativo (p=0.313). Lo contrario sucedió al valor del seguimiento a los 28 días, en donde 6% de las personas con diabetes refirió sintomatología neuromuscular, obteniendo un valor de p de 0.031 y un riesgo de presentar esta secuela de 4.19. (Tabla 6)

**Tabla 6.** Asociación de secuelas neuromusculares en pacientes post COVID-19, con y sin diabetes tipo 2.

n=100 pacientes con diabetes 200 pacientes sin diabetes

A los 10 días	Diabetes		*p	RM	IC 95%	
	Si	No			Inferior	Superior
Si	24	19	0.313	1.34	0.75	2.4
No	76	81				
A los 28 días						
Si	6	1.5	0.031	4.19	1.02	17.12
No	94	98.5				

Fuente: Expedientes clínicos de pacientes con y sin Diabetes tipo 2, unidad de medicina familiar 9, IMSS. Querétaro.

Se observó que las personas con diabetes tipo 2 desarrollaron mayor número de secuelas del aparato neuromuscular, siendo las más representativas a los 10 días: la cefalea (14%) y la dorsalgia (3%), en comparación a los 28 días que predominó la anosmia y las artralgias con 1% respectivamente.

Los sujetos que no cursaban con esta morbilidad, presentaron cefalea 15%, seguido de dorsalgia 4%. (Tabla 7)

Tabla 7. Presentación de secuelas neuromusculares de acuerdo a los días de evolución.

n=100 pacientes con diabetes 200 pacientes sin diabetes

	Diabetes Tipo II						No					
	Si			No			Si			No		
	Disgeusia %	Anosmia %	Cefalea %	Dorsalgia %	Artralgias %	Debilidad muscular %	Disgeusia %	Anosmia %	Cefalea %	Dorsalgia %	Artralgias %	Debilidad muscular %
10 días	0	2	14	3	2	1	0	1	15	4	1.5	0
28 días	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0.5
10 y 28 días	0	0	0	1	2	0	0	0	0.5	0.5	0	0
Sin secuelas	100	97	85	95	95	99	100	99	84.5	95.5	98.5	99.5

Fuente: Expedientes clínicos de pacientes con y sin Diabetes tipo 2, unidad de medicina familiar 9, IMSS. Querétaro.



Las secuelas del aparato neuromuscular que se presentaron en mayor número en sujetos post COVID-19 fueron en ambos días de seguimiento la dorsalgia y artralgia en 0.7% respectivamente, con valor de p no significativamente estadístico, lo cual condicionó que no se identificó diferencia entre la población con o sin diabetes tipo 2. (Tabla 8).

**Tabla 8.** Diferencias entre pacientes con diabetes y pacientes sin diabetes con relación a los síntomas neuromusculares.

Secuelas	Total				*p
	10	28	Días 10-28	Sin secuelas	
Disgeusia				100	
Anosmia	1.3	0.3		98.3	0.283
Cefalea	14.7	0.3	0.3	84.7	0.467
Dorsalgia	3.7	0.3	0.7	95.3	0.487
Artralgias	1.7	0.3	0.7	97.3	0.103
Debilidad muscular					

Fuente: Expedientes clínicos de pacientes con y sin Diabetes tipo 2, unidad de medicina familiar 9, IMSS. Querétaro.

## Discusión

La enfermedad infecciosa por COVID-19, sigue representando una cifra extensa de casos positivos, aun después de haber transcurrido más de 2 años de su aparición.

Durante este tiempo se ha identificado que los pacientes con comorbilidades como hipertensión arterial, obesidad y diabetes mellitus han sido los más afectados por este virus por la secretaria de salud (2020); por lo cual como consiguiente son un grupo vulnerable para desarrollar secuelas post infección, por ello el conocer los antecedentes patológicos y el curso de la enfermedad, ayudará a entender mejor las secuelas esperadas en pacientes con diabetes tipo 2 y en la población en general.

El sexo y la edad no se asociaron con la presencia de secuelas tanto respiratorias como neuromusculares, sin embargo, en la literatura por Aragón et al., (2020) se reporta la mediana de 49 años, muy similar a la mediana de este estudio de 43 años. Sin embargo, al hablar del sexo se observa un predominio femenino del 64%, afirmación contraria a lo reportado en la literatura con un 73% en los hombres. Esto puede deberse a que existe más población femenina en el estado y que son las que utilizan más los servicios de salud.

En este estudio, un total del 45% de pacientes reportaron tener secuelas respiratorias en comparación con el estudio realizado por el médico Owen Tsang Tak-yin, quien menciona que, en algunos pacientes, la función pulmonar podría disminuir entre un 20 y un 30% después de la recuperación. Hablando de pacientes diagnosticados con diabetes tipo 2 el 70% presentó algún tipo de secuela respiratoria, sin embargo, en la literatura se menciona como factor de mal pronóstico el padecer diabetes; con una probabilidad de desarrollar cuadro severo descrito en un 21-31%. Lo anterior descrito se observa por el estado de inflamación crónica, el deterioro de la respuesta inmunológica que se encuentra relacionado entre los mecanismos fisiopatológicos subyacentes de esta enfermedad.

La presentación de secuelas que se obtuvieron al término de este estudio fue la tos, la cual representa un 42% en pacientes con diabetes tipo 2, seguido de disnea de esfuerzo con un 14%; sin embargo, la literatura que se ha publicado, no menciona específicamente cuáles son las secuelas reportadas en este tipo de pacientes.

En el estudio se identificó un 30% de pacientes diabéticos con secuelas neuromusculares, lo cual es superior a lo reportado en el estudio de Greve, (2020) en donde mencionan 19.3% de afectación músculo-esquelética causada por covid-19. Todo ello se ve involucrado por el mecanismo de lesión de las células neurales que expresan ACE2 y la infección directa del sistema nervioso central. La presentación de este tipo de secuelas en el estudio fue en un 14% la cefalea en los pacientes con diabetes y en total se presentó en un 15%, seguido de dorsalgia de un 3-4% respectivamente, sin embargo, en la literatura no se especifica cada una de las secuelas, ni la magnitud de ellas; pero se ha observado que el proceso inflamatorio sistémico que produce covid-19 compromete la barrera hematoencefálica desencadenando una respuesta neuroinflamatoria.

Del total de los pacientes estudiados, las secuelas que se presentaron con mayor porcentaje fueron las del aparato respiratorio, de las cuales destacan: la tos, seguido de disnea de esfuerzo y limitación de la actividad diaria; si se habla sobre las de origen neuromuscular se identificó la cefalea y dorsalgia en mayor número, independientemente de si eran diabéticos o no. Lo anterior lleva a pensar que independientemente de las comorbilidades que tenga el paciente, la población en general debe ser monitoreada sobre las complicaciones que puede presentarse luego de la infección, ya que estas afectan su calidad de vida.

## Conclusión

Se puede determinar que las secuelas respiratorias se presentaron con mayor frecuencia en pacientes con diabetes tipo 2, la más frecuente fue la tos, sobre todo a los 10 días de evolución y en segundo lugar se encuentra la disnea de esfuerzo. Sin embargo, en pacientes sin diabetes, la tos es la más común, seguida de la fatiga.

Al estudiar las secuelas neuromusculares se puede afirmar que los pacientes con diabetes en comparación de los pacientes sin diabetes continúan siendo los de mayor afectación los del primer grupo, presentando principalmente a los 10 días de evolución cefalea.

Mencionando los dos tipos de secuelas estudiadas, las secuelas de origen del aparato respiratorio son las que se desarrollan en un mayor número en los pacientes post COVID-19, sin tomar en cuenta la comorbilidad como diabetes tipo 2. Se asocia que el desarrollo de secuelas a largo plazo depende de la gravedad de la enfermedad, la variante y la inmunización que se realizó en la población de estudio.

Sin embargo, como se puede observar en este estudio, la diabetes tipo 2 desempeña un papel muy importante para desarrollar secuelas posteriores a la infección por COVID-19, ya que representa un factor de riesgo que predispone a mayor susceptibilidad a este tipo de población, por el contrario, si se tiene una adecuada prevención y control de esta comorbilidad se podría reducir la aparición de efectos secundarios derivados del SARS-COV2 y la gravedad de ellas.

**Conflictos de intereses:** No existe conflicto de intereses entre los autores.

## Referencias:

1. Aragón N., Vargas A. Iván, Miranda N. Marial. 2020. COVID-19 por SARS-CoV-2: la nueva emergencia de salud. Revista Mexicana de Pediatría. 86(6):213-218.
2. Comité nacional para la vigilancia epidemiológica. 2020. Actualización de la Definición Operacional de Caso Sospechoso de Enfermedad Respiratoria Viral". México: Dirección General de Epidemiología Secretaría de Salud.
3. D'Andréa G., Quintana M., Seixasa. A., Castiño A. 2020. Impacts of covid-19 on the immune, neuromuscular, and musculoskeletal systems and rehabilitation. Bras Med Esporte. 26:285-288.
4. Dania C. 2021. Estudio de conducción nerviosa y hallazgos de electromiografía en pacientes que se recuperan de COVID-19: informe de caso. Int J Infect Dis. 103 :420-422.
5. Díaz C., Toro M. 2020. SARS-CoV-2/COVID-19: el virus, la enfermedad y la pandemia. Médica Colombiana S.A.3:18.

6. Farfan C. 2020. Perspectiva acerca de la enfermedad por coronavirus 2019 (COVID-19). *Inspilip*.4:168.
7. Gobierno de México. Memorias de la cuarentena COVID-19. Cd. de México: secretaria de educación pública.
8. Gobierno de México. Medidas preventivas para la protección por COVID-19. México.
9. Gonzalo P. 2020. Coronavirus y su impacto cardiovascular. *Sociedad Internacional De Cardiología*.
10. Gutiérrez G. 2020. Papel del laboratorio clínico en el diagnóstico del COVID-19. *LILACS (BIREME)*; 1:6-10.
11. León C., Bender B., Velázquez P. 2020. Afectación del sistema nervioso por COVID-19. *Ciencias biomédicas*. 40:70-73.
12. Lucas C., Zambrano C., García Z., Pincay P. 2020. Riesgos y consecuencias de los pacientes contagiados con COVID 19. *RECIMUNDO*; 217-225
13. Molina M. 2020. Secuelas y consecuencias de la COVID-19. *Medicina respiratoria*. 13 (2): 71-77.
14. Nguyen N., Thuan H., Didier R., Gautret P. 2021. Persistencia a largo plazo de trastornos olfativos y gustativos en pacientes con COVID-19. *Clin Microbiol Infect*. S1198–743X :30781–30783.
15. Organización Panamericana de la Salud. Actualización Epidemiológica Enfermedad por coronavirus (COVID-19). Washington, D.C.
16. Organización Panamericana de la Salud / Organización Mundial de la Salud. 2020. Alerta Epidemiológica Complicaciones y secuelas por COVID-19. Washington, D.C.
17. Otoya T., García C., Jaramillo M., Campos M. 2020. COVID-19: generalities, epidemiological behavior and measures adopted in the middle of the pandemic in Colombia. *Acorl*. 48(1): 79-92.
18. Peramo Á., López Z., López R. 2021. Secuelas médicas de la COVID-19. *Med Clin Barc*. 157(8): 388–394.
19. Pérez B., Cabrera R., Cárdenas B., Márquez D., Rojas F., Cadena O., Paredes C., Cruz H. 2020. Esquemas de tratamiento para pacientes confirmados. *Med Int Méx*. 36(Supl 2): S35-S40.
20. Pérez N., Zamarrón L., Guerrero G., Soriano O., Figueroa U., López F., Osorio R., Uribe M., Morgado V., Flores R. 2020. Protocolo de manejo para la infección por COVID-19. *Med Crit*. 34(1):43-52.
21. Poudel A., Sean S., Rozelle S., Raat H., Zhou H., Meng S., Sun C. 2020. Epidemiology, causes, clinical manifestation and diagnosis, prevention and control of coronavirus disease (COVID-19) during the early outbreak period. *Infectious Diseases of Poverty*. 9:29

23. Ramiro M. 2020. Epidemiology del SARS-CoV-2. Ciudad de México: Instituto Nacional de Pediatría
24. RENAVE. 2022. Adaptación de los protocolos de la red Nacional de Vigilancia Epidemiológica. 2:4-17.
25. Ruiz B., Jiménez V. 2020. SARS-CoV-2 y pandemia de síndrome respiratorio agudo (COVID-19). *Ars Pharm.* 5:626.
26. Secretaría de Estado de Sanidad. Enfermedad por coronavirus, COVID-19. España: Centro de Coordinación de Alertas y Emergencias Sanitarias; 12 de noviembre 2020.
27. Seoane P., Rodríguez H., Teresa C., García L. 2020. Protocolo de rehabilitación integral para pacientes posinfección al virus SARS-CoV-2 COVID-19. 7:2-16.
28. Suárez V., Oros R., Ronquillo J. 2020. Epidemiology of COVID-19 in México: from the 27th of February to the 30th of April 2020. *Elsevier* 220(8): 463–471.
29. Torres C., Vasconcello C., Solís N., Rivera L., Homero P. 2020. Función respiratoria en pacientes posinfección por COVID-19: revisión sistemática y metaanálisis. *Neumología.* S2531–S2532.
30. Torres T., Caracas P., Peña A., Juárez R., Medina U., Martínez A. 2020. Infección por coronavirus en pacientes con diabetes. *Cardiovasc Metab Sci* 31 (supl 3): s235-s246.
31. Unidad de Epidemiología Clínica y Biblioteca. Diagnóstico de laboratorio del coronavirus Hospital Universitario Donostia.
32. Vaira A., Deiana G., Giuseppe F., Pirina P., Giordano M., De vito A., Babudieri S., Petrocelli M., Serra A., Bussu F., Ligas E., Salzano G. 2020. Objective evaluation of anosmia and ageusia in COVID-19 patients: experience from a single center in 72 cases. 8:20-27.
33. Zhao Y. 2020. Estudio de seguimiento de la función pulmonar y las características fisiológicas relacionadas de los sobrevivientes de COVID-19 tres meses después de la recuperación. *Medicina Clínica.* 25 :100463.
34. Zubair S., McAlpine S., Gardin T., Farhadian S., Kuruvilla E., Spudich
35. S. 2020. Neuropath genesis and Neurologic Manifestations of the Coronaviruses in the Age of Coronavirus Disease 2019: A Review. *JAMA Neurol.* 77 :1018–1027.