

European Scientific Journal, *ESJ*

September 2021

European Scientific Institute, ESI

The content is peer reviewed

ESJ Natural/Life/Medical Sciences

September 2021 edition vol. 17, No. 34

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

ISSN: 1857-7431 (Online)

ISSN: 1857-7881 (Print)

About the Journal

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

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

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

Sincerely,

Jovan Shopovski, PhD

European Scientific Journal (ESJ)

Managing Editor

International Editorial Board

Jose Noronha Rodrigues,
University of the Azores, Portugal

Nino Kemertelidze,
Grigol Robakidze University, Georgia

Jacques de Vos Malan,
University of Melbourne, Australia

Franz-Rudolf Herber,
University of Saarland, Germany

Annalisa Zanola,
University of Brescia, Italy

Vayia Karaiskou,
Open University of Cyprus

Robert Szucs,
Szolnok University College, Hungary

Dragica Vujadinovic,
University of Belgrade, Serbia

Pawel Rozga,
Technical University of Lodz, Poland

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

Rashmirekha Sahoo,
Melaka-Manipal Medical College, Malaysia

Daniel Barredo,
University Laica Eloy Alfaro de Manabi, Ecuador

Georgios Vousinas,
University of Athens, Greece

Asif Jamil,
Gomal University DIKhan, KPK, Pakistan

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

Faranak Seyyedi,
Azad University of Arak, Iran

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

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

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

Chaudhry Zahid Javid,
Taif University, Saudi Arabia

Dejan Marolov,
European Scientific Institute, ESI

Gloria Esteban de la Rosa,
University of Jaen, Spain

Noor Alam,
Universiti Sains Malaysia, Malaysia

Rashad A. Al-Jawfi,
Ibb University, Yemen

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

Hans W. Giessen,
Saarland University, Saarbrucken, Germany

Naheed Vaida,
University of Kashmir, India

Frank Bezzina,
University of Malta, Malta

Monika Bolek,
University of Lodz, Poland

Michele Minor-Corriveau,
Laurantian University, Canada

Robert N. Diotalevi,
Florida Gulf Coast University, USA

Daiva Jureviciene,
Vilnius Gediminas Technical University, Lithuania

Mariangela Giusti,
University of Milan - Bicocca, Italy

Anita Lidaka,
Liepaja University, Latvia

Rania Zayed,
Cairo University, Egypt

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

Ziad Said,
College of the North Atlantic, Qatar

Lydia Ferrara,
University of Naples, Italy

Byron A Brown,
Botswana Accountancy College, Botswana

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

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

Mona Kassem,
National Research Centre, Egypt

Cinaria Tarik Albadri,
Trinity College Dublin University, Ireland

Mahammad A. Nurmamedov,
State Pedagogical University, Azerbaijan

Thomas Fenzl,
Alps-Adria University of Klagenfurt, Austria

Henryk J. Barton,
Jagiellonian University, Poland

Stefanos Spaneas,
University of Nicosia, Cyprus

Assem El-Shazly,
Zagazig University, Egypt

Wei Hao,
Beijing Normal University, China

Saltanat Meiramova,
S.Seifullin AgroTechnical University, Kazakhstan

Rajasekhar Kali Venkata,
University of Hyderabad, India

Nishan Rafi Havandjian,
California Polytechnic State University, USA

Ruzica Loncaric,
Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Croatia

Stefan Vladutescu,
University of Craiova, Romania

Anna Zelenkova,
Matej Bel University, Slovakia

Kevin B. O'Connor,
McGill University, Canada

Billy Adamsen,
University of Southern Denmark, Denmark

Nawab Ali Khan,
Aligarh Muslim University, India

Marinella Lorinzi,
University of Cagliari, Italy

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

Bianca Gioia Marino,
University of Naples Federico II, Italy

Franko Milost,
Faculty of Management, Koper, Slovenia

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

Daniel Velasco,
Chicago School of Professional Psychology, USA

N. K. Rathee,
Delaware State University, USA

Michael Ba Banutu-Gomez,
Rowan University, USA

Adil Jamil,
Amman University, Jordan

Habib Kazzi,
Lebanese University, Lebanon

Valentina Manoiu,
University of Bucharest, Romania

Henry J. Grubb,
University of Dubuque, USA

Daniela Brevenikova,
University of Economics, Slovakia

Genute Gedviliene,
Vytautas Magnus University, Lithuania

Vasilika Kume,
University of Tirana, Albania

Mohammed Kerbouche,
University of Mascara, Algeria

Adriana Gherbon,
University of Medicine and Pharmacy Timisoara, Romania

Pablo Alejandro Olavegogeochea,
National University of Comahue, Argentina

Raul Rocha Romero,
Autonomous National University of Mexico, Mexico

Oihab Allal-Cherif,
KEDGE Business School, France

Izabela Dembinska,
University of Szczecin, Poland

Driss Bouyahya,
University Moulay Ismail, Morocco

William P. Fox,
Naval Postgraduate School, USA

Rania Mohamed Hassan,
University of Montreal, Canada

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

Alicia Marchant Rivera,
University of Malaga, Spain

Lucia D'Ambrosi,
University of Macerata, Italy

Tilahun Achaw Messaria,
Addis Ababa University, Ethiopia

George Chiladze,
University of Georgia, Georgia

Elisa Rancati,
University of Milano-Bicocca, Italy

Alessandro Merendino,
University of Ferrara, Italy

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

Anastassios Gentzoglanis,
University of Sherbrooke, Canada

Awoniyi Samuel Adebayo,
Solusi University, Zimbabwe

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

Berenyi Laszlo,
University of Miskolc, Hungary

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

Omar Arturo Dominguez Ramirez,
Hidalgo State University, Mexico

Francesco Lenci,
Institute of Biophysics, Italy

Hafiz Muhammad Iqbal,
University of the Punjab, Pakistan

Bupinder Zutshi,
Jawaharlal Nehru University, India

Pavel Krpalek,
University of Economics in Prague, Czech Republic

Mondira Dutta,
Jawaharlal Nehru University, India

Evelio Velis,
Barry University, USA

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

Mahbubul Haque,
Daffodil International University, Bangladesh

Diego Enrique Baez Zarabanda,
Autonomous University of Bucaramanga, Colombia

Juan Antonio Lopez Nunez,
University of Granada, Spain

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

Ashgar Ali Ali Mohamed,
International Islamic University, Malaysia

A. Zahoor Khan,
International Islamic University Islamabad, Pakistan

Valentina Manoiu,
University of Bucharest, Romania

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

Andrzej Palinski,
AGH University of Science and Technology, Poland

Jose Carlos Teixeira,
University of British Columbia Okanagan, Canada

Horst Hanke,
Technical University Darmstadt, Germany

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

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

Irina Matijosaitiene,
Kaunas University of Technology, Lithuania

Anita Auzina,
Latvia University of Agriculture, Latvia

Martin Gomez-Ullate,
University of Extremadura, Spain

Nicholas Samaras,
Technological Educational Institute of Larissa, Greece

Emrah Cengiz,
Istanbul University, Turkey

Andre Ozer,
University of Liege, Belgium

Francisco Raso Sanchez,
University of Granada, Spain

Simone T. Hashiguti,
Federal University of Uberlandia, Brazil

Tayeb Boutbouqalt,
University, Abdelmalek Essaadi, Morocco

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

Ismail Ipek,
Istanbul Aydin University, Turkey

Olena Kovalchuk,
National Technical University of Ukraine, Ukraine

Oscar Garcia Gaitero,
University of La Rioja, Spain

Alfonso Conde,
University of Granada, Spain

Mohsen Hanif,
Kharazmi University, Iran

Jose Antonio Pineda-Alfonso,
University of Sevilla, Spain

Jingshun Zhang,
Florida Gulf Coast University, USA

Rodrigue V. Cao Diogo,
University of Parakou, Benin

Salem Marzougui,
ElKef, Tunisia

Tunjica Petrusevic,
Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Croatia

Olena Ivanova,
Kharkiv National University, Ukraine

Marco Mele,
Unint University, Italy

Okyay Ucan,
Omer Halisdemir University, Turkey

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

Matti Raudjarv,
University of Tartu, Estonia

Cosimo Magazzino,
Roma Tre University, Italy

Susana Sousa Machado,
Polytechnic Institute of Porto, Portugal

Jelena Zascerinska,
University of Latvia, Latvia

Umman Tugba Simsek Gursoy,
Istanbul University, Turkey

Zoltan Veres,
University of Pannonia, Hungary

Vera Komarova,
Daugavpils University, Latvia

Cosmin Stefan Dogaru,
University of Bucharest, Romania

Tiffany T. Boury,
Franciscan University of Steubenville, USA

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

Stephane Zingue,
University of Maroua, Cameroon

Jawed Iqbal,
National University of Sciences & Technology, Pakistan

Tanzer Celikturk,
Pamukkale University, Turkey

Ruth Erika Lerchster,
Alpen-Adria University Klagenfurt, Austria

Pierluigi Passaro,
University of Bari Aldo Moro, Italy

Georges Kpazai,
Laurentian University, Canada

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

Natalia Sizochenko,
Dartmouth College, USA

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

Nikolett Deutsch,
Corvinus University of Budapest, Hungary

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

Brian Sloboda,
University of Maryland, USA

Murtaz Kvirkvaia,
Grigol Robakidze University, Georgia

Enrique Jerez Abajo,
University of Zaragoza, Spain

Yassen Al Foteih,
Canadian University Dubai, UAE

Marisa Cecilia Tumino,
Adventista del Plata University, Argentina

Luca Scaini,
Al Akhawayn University, Morocco

Aelita Skarbaliene,
Klaipeda University, Lithuania

Efthymios Papatzikis,
Canadian University, Dubai, UAE

Oxana Bayer,
Dnipropetrovsk Oles Honchar University, Ukraine

Onyeka Uche Ofili,
International School of Management, France

Aurela Saliaj,
University of Vlora, Albania

Maria Garbelli,
Milano Bicocca University, Italy

Josephus van der Maesen,
Wageningen University, Netherlands

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

Francisco Gonzalez Garcia,
University of Granada, Spain

Mahgoub El-Tigani Mahmoud,
Tennessee State University, USA

Hilal Yildirim Keser,
Bursa Technical University, Turkey

Miriam Agreda Montoro,
University of La Rioja, Spain

Daniel Federico Morla,
National University of Rio Cuarto, Argentina

Valeria Autran,
National University of Rio Cuarto, Argentina

Muhammad Hasmi Abu Hassan Asaari,
Universiti Sains, Malaysia

Angelo Viglianisi Ferraro,
Mediterranean University of Reggio Calabria, Italy

Roberto Di Maria,
University of Palermo, Italy

Delia Magherescu,
State University of Moldova, Moldova

Sayeeduzzafar Qazi,
University of Science and Technology, Saudi Arabia

Paul Waithaka Mahinge,
Kenyatta University, Kenya

Aicha El Alaoui,
Sultan My Slimane University, Morocco

Marija Brajčić,
University of Split, Croatia

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

Belen Martinez-Ferrer,
Univeristy Pablo Olavide, Spain

Rachid Zammar,
University Mohammed 5, Morocco

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

Fatma Koc,
Gazi University, Turkey

Calina Nicoleta,
University of Craiova, Romania

Shadaan Abid,
UT Southwestern Medical Center, USA

Sadik Madani Alaoui,
Sidi Mohamed Ben Abdellah University, Morocco

Patrizia Gazzola,
University of Insubria, Italy

Krisztina Szegedi,
University of Miskolc, Hungary

Liliana Esther Mayoral,
National University of Cuyo, Argentina

Amarjit Singh,
Kurukshetra University, India

Armando Carteni,
University of Naples Federico II, Italy

Oscar Casanova Lopez,
University of Zaragoza, Spain

Emina Jerkovic,
University of Josip Juraj Strossmayer, Croatia

Carlos M. Azcoitia,
National Louis University, USA

Rokia Sanogo,
University USTTB, Mali

Bertrand Lemennicier,
University of Paris Sorbonne, France

Lahcen Benaabidate,
University Sidi Mohamed Ben Abdellah, Morocco

Janaka Jayawickrama,
University of York, United Kingdom

Kiluba L. Nkulu,
University of Kentucky, USA

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

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

Leila Ghudushauri,
Tbilisi State University, Georgia

George C. Katsadoros,
University of the Aegean, Greece

Elena Gavrilova,
Plekhanov University of Economics, Russia

Kira Trostina,
Plekhanov University of Economics, Russia

Eyal Lewin,
Ariel University, Israel

Szczepan Figiel,
University of Warmia, Poland

Don Martin,
Youngstown State University, USA

John B. Strait,
Sam Houston State University, USA

Nirmal Kumar Betchoo,
University of Mascareignes, Mauritius

Camilla Buzzacchi,
University Milano Bicocca, Italy

EL Kandoussi Mohamed,
Moulay Ismai University, Morocco

Marek Semela,
Brno University of Technology, Czech Republic

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

Susana Borrás Pentinat,
Rovira i Virgili University, Spain

Jelena Kasap,
Josip J. Strossmayer University, Croatia

Massimo Mariani,
Libera Università Mediterranea, Italy

Rachid Sani,
University of Niamey, Niger

Luis Aliaga,
University of Granada, Spain

Robert McGee,
Fayetteville State University, USA

Angel Urbina-Garcia,
University of Hull, United Kingdom

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

Marko Andonov,
American College, Republic of Macedonia

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

Leyla Yilmaz Findik,
Hacettepe University. Turkey

Vlad Monescu,
Transilvania University of Brasov, Romania

Virginia Pulcini,
University of Torino, Italy

Stefano Amelio,
University of Unsubria, Italy

Enida Pulaj,
University of Vlora, Albania

Christian Cave,
University of Paris XI, France

Julius Gathogo,
University of South Africa, South Africa

Claudia Pisoschi,
University of Craiova, Romania

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

Joseph Ntale,
Catholic University of Eastern Africa, Kenya

Kate Litondo,
University of Nairobi, Kenya

Maurice Gning,
Gaston Berger University, Senegal

Katarina Marosevic,
J.J. Strossmayer University, Croatia

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

Syed Shadab,
Jazan University, Saudi Arabia

Koffi Yao Blaise,
University Felix Houphouet Boigny, Ivory Coast

Mario Adelfo Batista Zaldivar,
Technical University of Manabi, Ecuador

Kalidou Seydou,
Gaston Berger University, Senegal

Iveta Reinholde,
University of Latvia, Latvia

Patrick Chanda,
The University of Zambia, Zambia

Meryem Ait Ouali,
University IBN Tofail, Morocco

Laid Benderradji,
Mohamed Boudiaf University of Msila, Algeria

Amine Daoudi,
University Moulay Ismail, Morocco

Claudio Fabian Guevara,
University of Guadalajara, Mexico

Oruam Cadex Marichal Guevara,
University Maximo Gomes Baez, Cuba

Vanya Katarska,
National Military University, Bulgaria

Carmen Maria Zavala Arnal,
University of Zaragoza, Spain

Francisco Gavi Reyes,
Postgraduate College, Mexico

Aysegul Ozbebek Tunc,
Istanbul University, Turkey

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

Mary Kathryn Mc Vey,
Franciscan University of Steubenville, USA

Patricia Randrianavony,
University of Antananarivo, Madagascar

Roque V. Mendez,
Texas State University, USA

Kesbi Abdelaziz,
University Hassan II Mohammedia, Morocco

Eugenio D'Angelo,
Pegaso Telematic University, Italy

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

Ilknur Bayram,
Ankara University, Turkey

Elenica Pjero,
University Ismail Qemali, Albania

Gokhan Ozer,
Fatih Sultan Mehmet Vakif University, Turkey

Komina Amevoin,
University of Lome, Togo

Veronica Flores Sanchez,
Technological University of Veracruz, Mexico

Camille Habib,
Lebanese University, Lebanon

Larisa Topka,
Irkutsk State University, Russia

Paul M. Lipowski,
Creighton University, USA

Marie Line Karam,
Lebanese University, Lebanon

Jorge Wozniak,
National University of Tres de Febrero, Argentina

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

Mohamed Berradi,
Ibn Tofail University, Morocco

Visnja Lachner,
Josip J. Strossmayer University, Croatia

Sangne Yao Charles,
University Jean Lorougnon Guede, Ivory Coast

Omar Boubker,
University Ibn Zohr, Morocco

Judit Sole Resina,
Autonomous University of Barcelona, Spain

Kouame Atta,
University Felix Houphouet Boigny, Ivory Coast

Patience Mpanzu,
University of Kinshasa, Congo

Angeles Aguilera Velasco,
University of Guadalajara, Mexico

Rachid Hsissou,
Ibn Tofail University, Morocco

Svetlana Melentijevic,
Complutense University of Madrid, Spain

Devang Upadhyay,
University of North Carolina at Pembroke, USA

Nyamador Wolali Seth,
University of Lome, Togo

Akmele Meless Simeon,
Ouattara University, Ivory Coast

Mohamed Sadiki,
IBN Tofail University, Morocco

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

Gamal Elgezeery,
Suez University, Egypt

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

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

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

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

Alla Manga,
University Cheikh Anta Diop, Senegal

Lalla Aicha Lrhorfi,
University Ibn Tofail, Morocco

Ruth Adunola Aderanti,
Babcock University, Nigeria

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

Aka Koffi Sosthene,
Research Center for Oceanology, Ivory Coast

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

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

Sophia Barinova,
University of Haifa, Israel

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

T.M.S.P.K. Thennakoon,
University of Sri 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,
Jijjiga University, Ethiopia

Karima Laamiri,
University of Moulay Ismail, Morocco

Elena Hunt,
Laurentian University, Canada

Sharad K. Soni,
Jawaharlal Nehru University, India

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

Florence Kagendo Muindi,
University of Nairobi, Kenya

Maximo Rossi Malan,
Universidad de la Republica, Uruguay

Haggag Mohamed Haggag,
South Valley University, Egypt

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

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

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

Fernando Paulo Oliveira Magalhaes,
Polytechnic Institute of Leiria, Portugal

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

Stefan Cristian Gherghina,
Bucharest University of Economic Studies, Romania

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

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

Aristide Yemmafouo,
University of Dschang, Cameroon

Gabriel Anibal Monzón,
University of Moron, Argentina

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

Arburim Iseni,
State University of Tetovo, Republic of Macedonia

Milad Reda Qelliny,
Minia University, Egypt

Raoufou Pierre Radji,
University of Lome, Togo

Juan Carlos Rodriguez Rodriguez,
Universidad de Almeria, Spain

Mohammadreza Hadizadeh,
Central State University, USAa

Mushtaq Ismael Hasan,
Thi-Qar University, Iraq

Satoru Suzuki,
Panasonic Corporation, Japan

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

Russell Kabir,
Anglia Ruskin University, UK

Nasreen Khan,
SZABIST, Dubai

Luisa Morales Maure,
University of Panama, Panama

Abdelaaziz El Bakkali,
Sidi Mohamed Ben Abdelah University, Morocco

Lipeng Xin,
Xi'an Jiaotong University, China

Harja Maria,
Gheorghe Asachi Technical University of Iasi, Romania

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

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

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

Bertin Desire Soh Fotsing,
University of Dschang, Cameroon

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

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

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

Abdelfettah Maouni,
Abdelmalek Essaadi University, Morocco

Alina Stela Resceanu,
University of Craiova, Romania

Alilouch Redouan,
University Abdelmalek Saadi, Morocco

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

Sufi Amin,
International Islamic University, Islamabad Pakistan

Sanja Milosevic Govedarovic,
University of Belgrade, Serbia

Elham Mohammadi,
Curtin University, Australia

Andrianarizaka Marc Tiana,
University of Antananarivo, Madagascar

Ngakan Ketut Acwin Dwijendra,
Udayana University, Indonesia

Yue Cao,
Southeast University, China

Nishant Agrawal,
Nirma University, India

Audrey Tolouian,
University of Texas, USA

Alaa Abdulhady Jaber,
University of Technology, Iraq

Asli Cazorla Milla,
Federal University of Rio de Janeiro, Brazil

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

Tabou Talahatou,
University of Abomey-Calavi, Benin

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

Hamidreza Izadi,
Chabahar Maritime University, Iran

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

Elsa Kristo,
University of Tirana, Albania

Hanaa Ouda Khadri Ahmed Ouda,
Ain Shams University, Egypt

Rachid Ismaili,
Hassan 1 University, Morocco

Bashar H. Malkawi,
University of Sharjah, UAE

Tamar Ghutidze,
Ivane Javakhishvili Tbilisi State University, Georgia

Emine Koca,
Ankara Haci Bayram Veli University, Turkey

David Perez Jorge,
University of La Laguna, Spain

Ousmane Tanor Dieng,
Cheikh Anta Diop University, Senegal

Irma Guga,
European University of Tirana, Albania

Ozgun Muhittin Esen,
Istanbul University, Turkey

Saif Ur Rehman,
PMAS-Arid Agriculture University, Pakistan

Jesus Gerardo Martínez del Castillo,
University of Almeria, Spain

Mohammed Mouradi,
Sultan Moulay Slimane University, Morocco

Marco Tulio Ceron Lopez,
Institute of University Studies, Mexico

Mangambu Mokoso Jean De Dieu,
University of Bukavu, Congo

Hadi Sutopo,
Kalbis Institute, Indonesia

Priyantha W. Mudalige,
University of Kelaniya, Sri Lanka

Emmanouil N. Choustoulakis,
University of Peloponnese, Greece

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

Pinnawala Sangasumana,
University of Sri Jayewardenepura, Sri Lanka

Abdelali Kaaouachi,
Mohammed I University, Morocco

Dimitrios Belias,
University of Thessaly, Greece

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

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

Amaya Epelde Larranaga,
University of Granada, Spain

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

Youssef Babakhouya,
Inje University, South Korea

Saly Sambou,
Cheikh Anta Diop University, Senegal

Daniela Di Berardino,
University of Chieti-Pescara, Italy

Dorjana Klosi,
University of Vlore “Ismail Qemali, Albania

Abu Hamja,
Aalborg University, Denmark

Stankovska Gordana,
University of Tetova, Republic of Macedonia

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

Maria Leticia Bautista Diaz,
National Autonomous University, Mexico

Bruno Augusto Sampaio Fuga,
North Parana University, Brazil

Anouar Alami,
Sidi Mohammed Ben Abdellah University, Morocco

Vincenzo Riso,
University of Ferrara, Italy

Janhavi Nagwekar,
St. Michael’s Hospital, Canada

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

Xi Chen,
University of Kentucky, USA

Nawaz Ahmad,
Institute of Business Management, Pakistan

Varij Nayan,
Central Institute for Research on Buffaloes, India

Fateh Mebarek-Oudina,
Skikda University, Algeria

Nadia Mansour,
University of Sousse, Tunisia

Jestoni Dulva Maniago,
Majmaah University, Saudi Arabia

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

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

Enriko Ceko,
Wisdom University, Albania

Laura Fischer,
National Autonomous University of Mexico, Mexico

Mauro Berumen,
Caribbean University, Mexico

Jonida Lesha,
University of Tirana, Albania

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

Hanif Qureshi,
University of Cincinnati, USA

Maria Carlota,
Autonomous University of Queretaro, Mexico

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

Bhupendra Karki,
University of Louisville, Louisville, USA

Evens Emmanuel,
University of Quisqueya, Haiti

Iresha Madhavi Lakshman,
University of Colombo, Sri Lanka

Francesco Scotognella,
Polytechnic University of Milan, Italy

Zayde Ayvaz,
Canakkale Onsekiz Mart University, Turkey

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

Rawaa Qasha,
University of Mosul, Iraq

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

Hani Nasser Abdelhamid,
Assiut University, Egypt

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

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

Ilenia Farina,
University of Naples "Parthenope, Italy

Luisa Zanolla,
Azienda Ospedaliera Universitaria Verona, Italy

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

Adriana Burlea-Schiopoiu,
University of Craiova, Romania

Alejandro Palafox-Munoz,
University of Quintana Roo, Mexico

Fernando Espinoza Lopez,
Hofstra University, USA

Ammar B. Altemimi,
University of Basrah, Iraq

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

Davide Calandra,
University of Turin, Italy

Nicola Varrone,
University of Campania Luigi Vanvitelli, Italy

Luis Angel Medina Juarez,
University of Sonora, Mexico

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

Sameer Algburi,
Al-Kitab University, Iraq

Braione Pietro,
University of Milano-Bicocca, Italy

Mounia Bendari,
Mohammed VI University, Morocco

Stamatios Papadakis,
University of Crete, Greece

Aleksey Khlopytskyi,
Ukrainian State University of Chemical Technology, Ukraine

Sung-Kun Kim,
Northeastern State University, USA

Nemanja Berber,
University of Novi Sad, Serbia

Krejsa Martin,
Technical University of Ostrava, Czech Republic

Magdalena Vaverkova,
Mendel University in Brno, Czech Republic

Jeewaka Kumara,
University of Peradeniya, Sri Lanka

Antonella Giacosa,
University of Torino, Italy

Paola Clara Leotta,
University of Catania, Italy

Francesco G. Patania,
University of Catania, Italy

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

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

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

Usama Konbr,
Tanta University, Egypt

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

Branislav Radeljic,
Necmettin Erbakan University, Turkey

Anita Mandaric Vukusic,
University of Split, Croatia

Barbara Cappuzzo,
University of Palermo, Italy

Roman Jimenez Vera,
Juarez Autonomous University of Tabasco, Mexico

Lucia P. Romero Mariscal,
University of Almeria, Spain

Pedro Antonio Martin-Cervantes,
University of Almeria, Spain

Hasan Abd Ali Khudhair,
Southern Technical University, Iraq

Table of Contents:

Implementation of Convolutional Codes with Viterbi Decoding in Satellite Communication Link using Matlab Computational Software.....1

Ayibapreye K. Benjamin

Collins E. Ouserigha

Coffee Berry Borer, Hypothenemus Hampei Ferr.: Cultural Control and In Vitro Effects of Kernel Extracts of Azadirachta indica A. Juss. and Thevetia peruviana (Pers.) Schum.....12

Manga Essouma François

Voula Valteri Audrey

Kone Nsangou Abdou Nourou

Mvondo Nganti Dorothée

Ambang Zachée

Epidemiology of Gill Monogenean Parasites Infections in Nile Tilapia Oreochromis Niloticus (Teleostei: Cichlidae) from Agneby River, Côte d'Ivoire.....30

Adou Yedehi Euphrasie

Blahoua Kassi Georges

Yeo Kolo

Konate Souleymane

Tiho Seydou

**Facteurs Épidémiologiques et Pronostiques Associés Aux Étiologies Des
Hémorragies Digestives Hautes au CHU Campus de Lomé.....44**

Aklessou Bagny

Lidawu Roland-Moise Kogoe

Laconi Yeba Kaaga

Late Mawuli Lawson-Ananissoh

Debehoma Redah

Mawunyo Henoc Gbolou

Yendoukoa Yves Kanake

**Etude de la Performance Economique de la Replantation Annuelle De
Bananiers Plantain, Une Strategie De Gestion des Nematodes au Sud de
la Cote d'Ivoire.....55**

Vawa Otro Serge Théodore

Gnonhoury Goly Philippe

Seri Serge Pacôme

**Les Syndromes Drépanocytaires Majeurs Chez L'enfant et L'adolescent:
Étude de la Cohorte du Centre Hospitalier Régional de Saint-Louis
(Sénégal).....70**

Ndiogou Seck

Khadim Bop

Oumy Mbacke

Ibrahima Diagne

Lamine Thiam

Aliou Abdoulaye Ndongo

Younoussa Keïta

Idrissa Basse

Djibril Boiro

Amadou Sow

**Complications des Mastites Puerpérales: Aspects Cliniques et
Thérapeutiques dans un Hôpital de Zone Rurale au Togo.....86**

Biréga Koutora

Edem Têtê Kouevi-Koko

Mibirim Agbogawo

Kodjo Massogblé Nagbé Koffi

Déladem Yaovi Guinhouya

Kokou Kouliwa Kanassoua

**Utilisation et Gestion des Pesticides dans les Zones Agricoles Urbaines,
Périurbaines et Rurales de la Préfecture de Meknès, Maroc.....94**

Ibrahim El Ghazi

Janvier Egah

Berni Imane

Aziza Menouni

Mohammed Amane

Marie-Paule Kestemont

Samir El Jaafari

**Effets des Demi-Lunes Multifonctionnelles sur la Production du Sorgho
en Afrique de l'Ouest: Cas de la Région de Tahoua au Niger.....112**

Maman Nassirou Ado

Mahamadou Sani Moussa

Harouna Karimou Ambouta

**Facteurs Associés à L'altération de la Qualité de Vie Sexuelle Chez les
Lombalgiques Chroniques à Cotonou.....126**

Zomalheto Z., Possi S.

Dossou-Yovo H.

Hodjigue F.

Virulence and Resistance Characterization of *Staphylococci*-associated Urinary Tract Infection in Pregnant Women in Lagos, Nigeria.....135

Muinah A. Fowora

Faustina U. Onyeaghasiri

Ibilola Omolopo

Adenike Aiyedogbon

Idowu O. Edu-Muyideen

Bamidele A. Iwalokun

Effects of Diabetes Mellitus on the Reproductive System of Adult Male Mice After One Cycle of Spermatogenesis.....149

Kouassi Emile Bégbin

N'Guessan Ernest Zougrou

Georges Abizi

Koffi Kouakou

N'Takpé Emmanuel Jaurès Mangué

Evaluation of Piezotome-Corticision Assisted Orthodontics in Retracting Upper Canine: A Split Mouth Design (Randomized Clinical Trial).....162

Samer Al Refaii

Nadia El Harouni

Aly Osman

Local Allometric Equations for Estimating Above-Ground Biomass (AGB) of Mangroves (*Rhizophora* spp. and *Avicennia germinans*) from the Komo, Mondah and Rio Mouni Estuaries in Gabon.....172

Igor Akendengue Aken

Okanga-Guay Marjolaine

Ondo Assoumou Emmanuel

Ajonina Gordon Nwutih

Mombo Jean-Bernard

Effectiveness of Teaching Program on Critical Care Nurses' Performance during Endotracheal Suctioning in the Intensive Care Units in Syria.....190

Yaser Adnan Abo Jeesh

Elham Fath-Elalium Mohammed Khalid

Ishraqa Mohammed Ahmed Elbashier

Effet des Doses de Semis et de la Méthode De Conduite de La Pépinière sur les Caractéristiques Morphologiques des Plantules de Cinq Variétés D'oignon (*Allium cepa* L.) en Côte d'Ivoire.....208

Koffi Eric-Blanchard Zadjéhi

Diarrassouba Nafan

Yao Saraka Didier Martial

Sie Raoul Sylvère

Signature Géochimique des Granitoïdes de la Branche Est du Sillon de Boundiali-Korhogo (Nord de la Côte d'Ivoire).....223

Fofana Krohognon

Allialy Marc Ephrem

Coulibaly Inza

Teha Koffi Raoul

Etude Phytochimique et Activité Antioxydante des Extraits D'écorces de Tiges de Vitellaria Paradoxa C.F.Gaertn, Une Plante Médicinale Utilisée au Nord de la Côte d'Ivoire.....241

Kamagaté Tidiane

Gboko Abiba Ouattara

Koné Monon

Touré Abdoulaye

Ouattara Karamoko

Technology Regeneration Guided with Fibrin Rica in Platelets in Implantodontia - A Literature Review.....252

Linda Gabriele Gomes Cerqueira

Adriana Vanderlei do Amorim

Effets du Précédent Culturel de L'arachide (Arachis Hypogaea L.) et de la Fumure Minérale sur la Production du Coton (Gossypium Hirsutum L.).....260

N'Goran Kouadio Emmanuel

Ama Tamia Joséphine Epse Abina

Yoboue Ahou Natachat Epse Kouakou

**Prolapsus Muqueux de L'urètre au Centre Hospitalo-Universitaire
Département de Borgou -Parakou, Bénin.....278**

Hadonou Ayaovi Armel

Sade Sabi Rachid

Gandaho Kokou Isidore

Tore Sanni Rafiou

Muhindo Lutegha

Muhindo Valimungighe Moïse

Tamou Sambo Bio

Allode Alexandre Salako

**Caractéristiques Physicochimiques Récoltés des Miels de la Sous-
Préfecture de Cechi (Dans le Département d'Agboville, Côte
d'Ivoire).....286**

Kouamé Koffi Félix

Gbouhoury Eric-Kevin Bolou

Fofié N'Guessan Bra Yvette

Kassi N'Dja Justin



ESJ Natural/Life/Medical Sciences

Implementation of Convolutional Codes with Viterbi Decoding in Satellite Communication Link using Matlab Computational Software

Ayibapreye K. Benjamin (PhD)
Collins E. Ouserigha (PhD)
Niger Delta University, Nigeria

[Doi:10.19044/esj.2021.v17n34p1](https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n34p1)

Submitted: 08 June 2020

Accepted: 22 September 2021

Published: 30 September 2021

Copyright 2021 Author(s)

Under Creative Commons BY-NC-ND

4.0 OPEN ACCESS

Cite As:

Benjamin A.K. & Ouserigha E.C. (2021). *Implementation of Convolutional Codes with Viterbi Decoding in Satellite Communication Link using Matlab Computational Software*. European Scientific Journal, ESJ, 17(34), 1.

<https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n34p1>

Abstract

This paper describes the design of convolutional encoders encoding broadband data with coding rates (r) $3/4$ and $5/6$ at the transmitter, and the Viterbi decoders for the decoding of the encoded data with same coding rates at the receiver. This design uses BPSK (Binary Phase Shift Keying) modulating scheme in an AWGN (Additive White Gaussian Noise) channel in analysing the BER (Bit-error rate) performance of next generation broadband wireless access systems. The constraint length of the convolutional encoder is $K=7$, with number of states $n=2k-1$, and the design was implemented using Matlab Computational Software. The higher coding rates of the convolutional encoders were achieved using puncturing codes and de-puncturing codes for the corresponding Viterbi decoders. In satellite network design, it is vital to compliment the system design with the BER requirement of the network. Plots of BER against SNR (γ) were made for the various coding rates and for data rates of 50000 bits and 12000 bits. The results were analysed based on comparison of coding gain obtained for the different coding rates, theoretical BER and calculated BER. In this paper, Matlab simulation of the convolutional encoder and Viterbi decoder shows improved coding gain for higher data rates and data sequences.

Keywords : Convolutional Encoder, Viterbi decoder, BER, SNR, BPSK

1.0. Introduction

Information transmission over a satellite communication system is prone to degradations in the quality of the information. In analogue links, the degradation is a measure of decrease in signal-to-noise ratio (SNR), while in digital links, this is measured in terms of the bit error rate (Dholakia, 2012).

Over the years, communication systems have provided tremendous changes in data transmission and reception over noisy communication channels such as Rayleigh channels, AWGN (Additive White Gaussian Noise) channels, and other channel models. Digital transmission of voice and data across a communication channel is obviously carried out through digital modulation, mainly Binary Phase Shift Keying and Quadrature Phase Shift Keying (Wong, 2009; Shannon, 1948). Error detection and correction schemes are very reliable in the reduction of noise and impairments at the receiver of digital satellite links. In Nigeria, there is recent emergence of voice and data services by GSM (Global System for Mobile Communication) service providers such as Globalcom, MTN, Etisalat, and Starcom. The transmission of voice and data across communication channels comes with some challenges such as the modulation and demodulation schemes utilized for these applications, the multiplexing techniques, error correction and detection schemes, and performance analysis of the communication link design. The aforementioned challenges are consequences of bandwidth limitation. Bandwidth is expensive and limited. This makes it very important to utilize bandwidth in terms of the number of users that can accommodate specific amount of it (Hamming, 1950; Muller, 1954).

In the transmission of digital data, error checking codes are very significant and the complexity and accuracy of these codes has to be balanced against the corresponding available bandwidth of the channel (Berlekamp, 1987; Huffman, 2010). Next Generation Broadband Wireless Access Systems (IEEE STD 802.16-2009) is a mobile communication system that promises efficient transmission of voice and data (internet). Hence, there is need to design error detection and correction schemes to enhance performance monitoring of the receiver for efficient reconstruction of the original transmitted data. Some communication channels are unreliable which makes a channel to be prone to noise and errors, but in this design, we will be looking at AWGN (Additive White Gaussian Noise) channel. Good error control performance can be met if the chosen error correction technique is based on the communication channel. Additive White Gaussian Noise (AWGN) is inherent in all communication channels. Forward error correction (FEC) schemes are implemented in the transmitter to encode the data stream and receiver to decode and correct the data stream in error, thereby minimizing the bit error rate (BER) to enhance system performance (Wozencraft, 1957; Massey, 1963). Reed-Solomon (RS) can be used in hardware at very high data

rate because its decoding algorithm is relatively low. Hence, it seems to be an ideal scheme for any application, but it performs poorly in AWGN channel. Common channel models comprise of memory-less models where there is certain probability of occurrence of random error, and dynamic models where errors are prone to burst errors (Viterbi,1971; Proakis, 2008).

The trauma of removal of noise, interference, and impairments in the channels of communication networks still remains a major challenge to network designers. This is a major concern as the efficiency and reliability of a communication system is to transmit and receive digital signals error-free. The transmission of analogue signal such as telephone channels and television may be put into digital form and then converted back to analogue form for routing to the end users. This process may be costly in terms of bandwidth, but it offers improved noise performance and increased immunity to interference. In the transmission of information mainly over a satellite link, there is always some degradation in the quality of information. In analogue systems, the degradation takes the form of a decrease in signal-to-noise ratio (SNR), but in digital systems we measure degradation of the information content of a signal in terms of the bit error rate (BER) (Ristenbatt, 1973; Pratt, 1989).

BER is the figure of merit for a digital radio link, and it is also called the bit error probability (PB). This is the probability that a bit sent over the link will be received incorrectly (i.e., that a 1 will be read as 0 or vice versa) or, alternatively, the fraction of a large number of transmitted bits will be received incorrectly. Like a probability, it is usually stated as a single number ---- for example 1×10^{-4} or .0001. By using phase shift keying, usually coherent QPSK, we can again trade bandwidth for signal power and achieve good bit error rates (BER) with high signal-to-noise ratio $\left(\frac{E_b}{N_o}\right)$ (Van Trees, 1979; Pratt, 1989). In the process of reducing error in communication channels, error detection and correction encoding also known as forward error correction (FEC) plays a significant role. In digital communication systems, we can add extra redundant bits to our data stream to detect an occurrence of error in the data, and also where the particular bit or bits have been corrupted.

2.0. System Overview Of The Viterbi Decoder

Figure 2.1 illustrates an overview of the model of the convolutional encoder with Viterbi decoder.

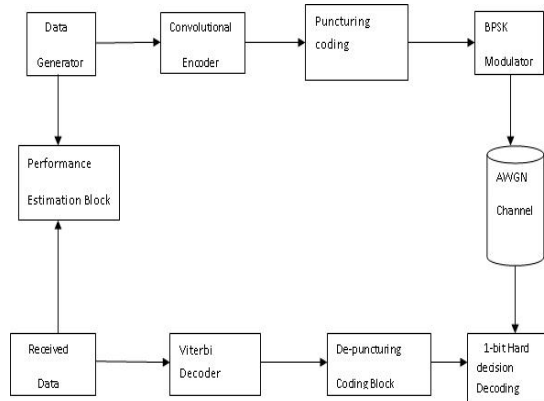


Figure 2.1. Overview of the Viterbi Decoding Model

Binary Random Data Generator

This is the first step involved in modelling of a convolutional encoder with viterbi decoder for next generation broadband wireless access system using Matlab computational software. A random generator was used to generate a uniformly distributed binary data bits of N length using the Matlab random generator rand(), and data rounded off to avoid decimal values with minimum values of zero and maximum values of 1. Prior to the generation of the binary random data, the number of states of the encoder was defined and the constraint length and the number of shift registers was specified. The encoder was set at an initial state of zero using zeros().

Design of Convolutional Encoder

The convolutional encoder is implemented using shift registers and modulo-2- addition of the inputs of the shift registers. The randomly generated data are used as input to the shift registers of the convolutional encoders. The shift registers are set at a zero initial state. A Matlab code is written to insert one bit of the randomly generated data at a particular instant to the shift registers, and for every input data inserted, there is a shift of content in the shift registers from left to right, which result in a change of state of the shift register. For a rate 1/2 encoder and for every input bit inserted into the shift registers, we obtain two (2) output bits. The output follows the path of the generator polynomial of the convolutional encoder (Shamsi et al., 2013). In this project design, with a constraint length of 7, the generator polynomials in octal form are $G_1 = 171$, $G_2 = 133$. The generator polynomials are written in binary form as 1111001 and 1011011 respectively. The number of states of the encoder is 64 with $m = 6$, where m is the number of shift registers. The encoder rates required for this design are rate 3/4 and 5/6, and they are implemented using punctured codes. The essence of the use of the puncturing

code is to obtain higher data rates. This block deletes some predetermined convolutional codes bits in the encoded sequences. These discarded bits are neither transmitted nor considered in the decoding procedure. Two rates are required for this design; the first is rate 3/4, puncturing is required in this rate where the third and the fifth bits of each 6bits are discarded. The last rate is 5/6, where the seventh and eighth bits of each 8bits are deleted (Suganya et al., 2013).

Mapping of Channel Symbols to Signal

Mapping the one/zero output of the convolutional encoder onto an antipodal baseband signalling scheme is simply a matter of translating zeros to +1s and ones to -1s. This can be accomplished by performing the operation $b = 1 - 2a$ on each convolutional encoder output symbol.

BPSK Modulation Scheme

BPSK is the simplest form of PSK. It employs two phase which are separated by 180° and so it can also be termed 2-PSK. For example, the two constellation points are positioned on the real axis at 0° and 180° .

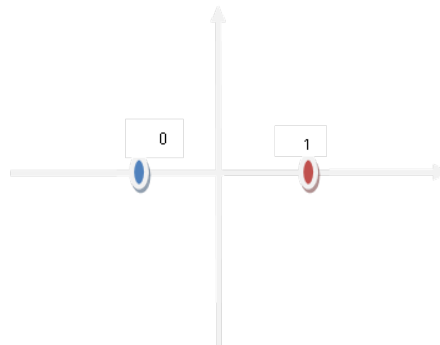


Figure 2.2. Constellation Plot for BPSK

We can transmit binary data with the signals below:

For binary '0';

$$s_0(t) = \sqrt{\frac{2E_b}{T_b}} \cos(2\pi f_c t) \quad (1)$$

For binary '1';

$$s_1(t) = \sqrt{\frac{2E_b}{T_b}} \cos(2\pi f_c t + \pi) = -\sqrt{\frac{2E_b}{T_b}} \cos(2\pi f_c t) \quad (2)$$

Addition of AWGN with the Transmitted Channel Symbols

It is of necessity that AWGN is added to the signal to be transmitted, as noise is inherent in communication channels. Adding noise to the transmitted channel symbols produced by the convolutional encoder involves

generating Gaussian random numbers. It also entails scaling the numbers according to the desired energy per symbol to noise density ration. E_s/N_0 adds the scaled Gaussian random numbers to the channel symbol values (Katta, 2014).

For the uncoded channels, $E_s/N_0 = E_b/N_0$, since there is one channel per bit. However, for the coded channel, $\frac{E_s}{N_0} = \frac{E_b}{N_0} + 10\log_{10}\left(\frac{k}{n}\right)$. For example, for rate 1/2 coding, $\frac{E_s}{N_0} = \frac{E_b}{N_0} + 10\log_{10}\left(\frac{1}{2}\right) = \frac{E_b}{N_0} - 3.01dB$. Similarly, for rate 2/3 coding, $\frac{E_s}{N_0} = \frac{E_b}{N_0} + 10\log_{10}\left(\frac{2}{3}\right) = \frac{E_b}{N_0} - 1.76dB$.

The Gaussian random number generator is the only interesting part of this task. C only provides a uniform random number generator using the function, rand(). In order to obtain Gaussian random numbers, we take advantage of relationships between uniform, Rayleigh, and Gaussian distributions.

Given a uniform random variables U, a Rayleigh random variable R can be obtained by:

$$R = \sqrt{2 \cdot \sigma^2 \ln\left(\frac{1}{1-U}\right)} = \sigma \sqrt{2 \cdot \ln(1/(1-U))} \quad (3)$$

Where σ^2 is the variance of the Rayleigh random variable. Given R and a second uniform random variable V, two Gaussian random variables G and H can be obtained by:

$$G = R \cos V \quad (4)$$

$$H = R \sin V \quad (5)$$

In the AWGN channel, the signal is corrupted by additive noise, n(t), which has the power spectrum $N_0/2$ watts/Hz. The variance σ^2 of this noise is equal to $N_0/2$. If we set the energy per symbol, E_s equal to 1, then

$$\frac{E_s}{N_0} = \frac{1}{2\sigma^2} \quad (6)$$

Where;

$$\sigma = \sqrt{1/(2 \cdot \left(\frac{E_s}{N_0}\right))} \quad (7)$$

Quantising the Received Channel Symbol

An ideal viterbi decoder would work with infinite precision, or at least with floating-point numbers. In practical systems, there is need to quantize the received channel symbols with one or a few bits of precision in order to reduce the complexity of the viterbi decoder, and not to mention the circuits that precede it. If the received channels symbols are quantized to one-bit precision

($<0V = 1, \geq 0V = 0$), the results is called hard-decision data. If the received channels symbols are quantized with more than one bit of precision, the results is called soft-decision data. A viterbi decoder with soft decision data inputs quantized to three or four bits of precision can perform about 2dB better than the one working with hard-decision inputs (Sunanda et al., 2014).

It is important to note that the usual quantization precision is three bits, where more than three bits provides little additional improvement.

The selection of the quantizing levels is an important design decision because it can have a significant effect on the performance of the link. The following is a very brief explanation of one way to set those levels.

Lets assumes our received signals levels in the absence of noise are $-1V = 1, +1V = 0$. With noise, our received signals has mean ± 1 and standard deviation of:

$$\sqrt{\frac{1}{2 \cdot \left(\frac{E_s}{N_0} \right)}}$$

Demodulation

BPSK demodulation of the binary data is done by simply translating the $-1V$ and $+1V$ representing 1's (ones) and 0's respectively back to its binary form. This can be achieved by setting a threshold at which values less than the threshold equals zero, or else it equals 1.

De-puncturing

It is of great necessity that we de-puncture the received signal in order to obtain the same bit sequence sent by the transmitter. According to the puncturing pattern, for those bits deleted, the de-puncturing block inserts a dummy 'zero' bit to make the data sequence as same as the convolutional coding sequence.

Performing Viterbi Decoding

A viterbi decoder uses the viterbi algorithm for decoding a bit stream that has been encoded using FEC based on a convolutional code. The viterbi decoder is used in many FEC applications and systems where data are transmitted and subject to errors before reception. The viterbi algorithm is commonly used in wide range of communications and data storage applications (Proakis, 2012). It is used for decoding convolutional codes, in the base band detection for wireless systems, and also for detection of recorded data in magnetic disk drives. The requirements for the viterbi decoder or viterbi detector, which is a processor that implements the viterbi algorithm, depend on the applications where they are used. The block diagram consists of viterbi decoder shown in Figure 2.3. The block diagram has the following

modules: Branch Metrics, Add-Compact-Select (ACS), Register Exchange, Maximum Path Metric Selection, and Output Register Selection (Proakis, 2008).

3.0. Discussion Of Results Performance of BER with Code Rate $\frac{3}{4}$

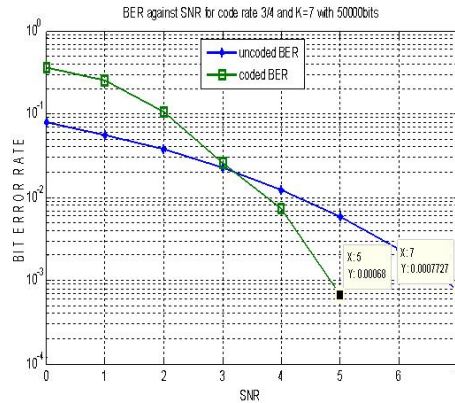


Figure 3.1. A Plot of BER against SNR for $K=7$ and $r = 3/4$ for 50000 bits

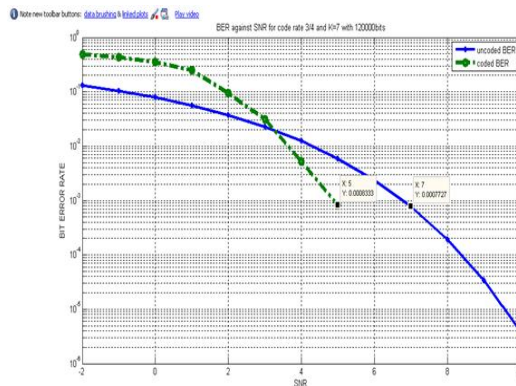


Figure 3.2. A Plot of BER against SNR for $K=7$ and $r=3/4$ for 12000 bits

The figures above represent the BER performance of rate $\frac{3}{4}$ decoder at different data sequences of 10 kbits and 12 kbits respectively. The BER curve for rate $\frac{3}{4}$ with data sequence of 10 kbits was plotted with SNR range of 0:1:7. The coding gain of Figure 3.2 is approximately 1 dB. There was a flat exponential decrease in BER at 0 dB, but with increase in SNR, there was a slight deviation in the path of the BER curve for the coded data. This illustrates that the coded BER curve decays faster at the initial point of the curve and suddenly becomes slower with increasing SNR (E_b/N_0). Figure 3.2 has a coding gain of 2 dB for SNR values of 5 dB to 7 dB. The BER range on

the y-axis of the plot decreased from 10^{-4} to 10^{-6} which once again proves that increasing the SNR results to a reduction in the BER.

The figure below shows the curve of BER against SNR (E_b/N_0) for both uncoded and coded data. The SNR range was set between 1 dB and 7 dB, while the input data sequence of 50 kbits was used for the implementation of this design. The coding gain of this design is 2 dB which is very good considering the SNR range. For a code rate of 3/4 with data sequence of 50 kbits, we achieved a coding gain of 2 dB which is very close to the coding gain of 2.3 dB obtained by a higher rate of 5/6 with higher SNR range of -2 to 10 dB and data sequence of 12 kbits. The BER performance of the decoded data is better than the uncoded data as we can clearly see from the plot. The BER curve for the decoded data falls sharply above 10^{-3} , which is slightly above the BER value of the uncoded data. Thus, we are expected to obtain better BER for higher data sequence, higher SNR, and higher code rate.

Performance of BER with Code Rate 5/6

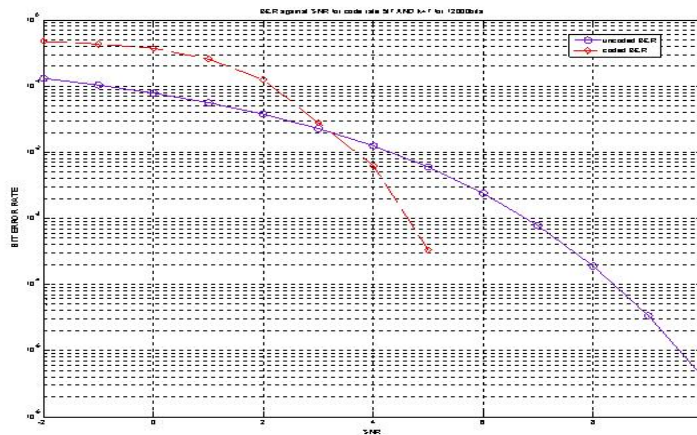


Figure 3.3. A Plot of BER against SNR for K=7 and r=5/6 for 12000 bits

Figure 3.3 shows the BER against SNR curve for 12000 bits data sequence. The SNR values ranges from -2dB to 10dB with single line spacing. Increasing the data sequence helps to improve the BER performance as we intend to reduce the speed of data transmission which results in lowering of the BER. It is obvious from Figure 4.1 and Figure 4.7 that increasing the data sequence improves the BER performance both for lower and higher code rates. The coding gain of the rate 5/6 encoder is about 2.3 dB. For low SNRs, the performance of the uncoded data is better than the coded data as the SNR (E_b/N_0) for uncoded data is greater than the SNR of a coded data. The SNR increases for higher coding rate. For instance, for rate 1/2 $E_s/N_0 = E_b/N_0 - 3.01$

dB, while that of rate 2/3 is $E_s/N_0 = E_b/N_0 - 1.76$ dB. For 12000 bits input data sequence, the BER reduces to 10^{-6} with SNR range of -2:1:10.

Conclusion

This paper presents BER performance of a convolutional encoder with coding rates 3/4 and 5/6 on a wireless AWGN channel using BPSK modulation technique. The proposed convolutional encoder and viterbi decoder designs were simulated in MATLAB computational software. Results obtained show improved BER performance for code rates 3/4 and 5/6 with higher data sequences than uncoded data sequences. For higher data sequences, better coding gains were obtained as shown by the simulated results. Low BER was reported for higher SNR (E_b/N_0), which provides improved system performance and higher coding gains. Future works should explore hard and soft decision viterbi algorithm, which can be distinguished by hamming distance metric as soft decision algorithm cannot use hamming distance metric because of its limited resolution. Understanding of simple convolutional codes will help to expand further into high performance schemes of error control coding like Turbo codes.

References:

1. Berlekamp, E., Peile, R. & Pope, S. (1987). The application of error control to communications. IEEE Communications Magazine, 25(4), 44-57.
2. Dholakia, A. (2012). Introduction to convolutional codes with applications (Vol. 275). Springer Science & Business Media.
3. Hamming, R. W. (1950). Error detecting and error correcting codes. The Bell system technical journal, 29(2), 147-160.
4. Huffman, W. C. & Pless, V. (2010). Fundamentals of error-correcting codes. Cambridge university press.
5. Katta, K. (2014). Design of convolutional encoder and viterbi decoder using MATLAB. International Journal for Research in Emerging Science and Technology, 7.
6. Massey, J. L. (1963). Threshold decoding. MIT Press, Cambridge.
7. Muller, D. E. (1954). Application of boolean algebra to switching circuit design and to error detection. Transactions of the IRE professional group on electronic computers, (3), 6-12.
8. Pratt, T. & Bostian, C. W. (1989). Satellite Communications, John Wiley and Sons.
9. Proakis, J. (2008). Masoud Salehi Digital Communications.
10. Proakis, J. G., Salehi, M. & Bauch, G. (2012). Contemporary communication systems using MATLAB. Nelson Education.

11. Ristenbatt, M. P. (1973). Alternatives in digital communications. Proceedings of the IEEE, 61(6), 703-721.
12. Shamsi, M., Lolive, D., Barbot, N. & Chevelu, J. (September, 2019). Corpus Design Using Convolutional Auto-Encoder Embeddings for Audio-Book Synthesis in Interspeech (pp. 1531-1535).
13. Shannon, C. E. (1948). A mathematical theory of communication. Bell system technical journal, 27(3), 379-423.
14. Suganya, G. S. & Kavya, G. (April, 2013). RTL design and VLSI implementation of an efficient convolutional encoder and adaptive viterbi decoder. In 2013 International Conference on Communication and Signal Processing (pp. 494-498). IEEE.
15. Sunanda, A. & Remmanapudi, S. (2014). VLSI Implementation of Efficient Convolutional Encoder And Modified Viterbi Decoder. International Journal for Research in Applied Science & Engineering Technology (IJRASET), (3).
16. Van Trees, H. L. (1979). Ed., Satellite Communications, IEEE Press, New York.
17. Viterbi, A. (1971). Convolutional codes and their performance in communication systems. IEEE Transactions on Communication Technology, 19(5), 751-772.
18. Wong, Y. S., Ong, W. J., Chong, J. H., Ng, C. K. & Noordin, N. K. (November, 2009). Implementation of convolutional encoder and viterbi decoder using VHDL. In 2009 IEEE Student Conference on Research and Development (SCOREd) (pp. 22-25). IEEE.
19. Wozencraft, J. M. (1957). Sequential decoding for reliable communication.



ESJ Natural/Life/Medical Sciences

Coffee Berry Borer, *Hypothenemus Hampei* Ferr.: Cultural Control and *In Vitro* Effects of Kernel Extracts of *Azadirachta indica* A. Juss. and *Thevetia peruviana* (Pers.) Schum

Manga Essouma François

Central Laboratory of Phytopathology, Mbalmayo Agricultural Research Centre, Institute of Agricultural Research for the Development (IRAD), Yaoundé, Cameroon

Laboratory of Phytopathology, Department of Plant Biology, University of Yaoundé I, Yaoundé, Cameroon

Voula Valteri Audrey

Central Laboratory of Entomology, Mbalmayo Agricultural Research Centre, Institute of Agricultural Research for the Development (IRAD), Yaoundé, Cameroon

Laboratory of Zoology, Department of Biology of Animal Organisms, Faculty of Sciences, University of Yaoundé I, Yaoundé, Cameroon

Kone Nsangou Abdou Nourou

Laboratory of Phytopathology, Department of Plant Biology, University of Yaoundé I, Yaoundé, Cameroon

Research Unit of Applied Botany, Department of Plant Biology, University of Dschang, Dschang, Cameroon

Mvondo Nganti Dorothée

Ambang Zachée

Laboratory of Phytopathology, Department of Plant Biology, University of Yaoundé I, Yaoundé, Cameroon

[Doi:10.19044/esj.2021.v17n34p12](https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n34p12)

Submitted: 12 January 2021
Accepted: 10 August 2021
Published: 30 September 2021

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

Cite As:

Manga Essouma F., Voula Valteri A., Kone Nsangou A.N., Mvondo Nganti D. & Ambang Z. (2021). *Coffee Berry Borer, Hypothenemus Hampei Ferr.: Cultural Control and In Vitro Effects of Kernel Extracts of Azadirachta indica A. Juss. and Thevetia peruviana (Pers.) Schum.* European Scientific Journal, ESJ, 17(34), 12.

<https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n34p12>

Abstract

The coffee berry borer, *Hypothenemus hampei*, is one of the most important coffee berry borer pests in the world, reaching attack rates of 10-100% in Cameroon. The objective of this study is to evaluate the efficacy of crop control and the effects of aqueous extracts of *Thevetia peruviana* kernel powder and aqueous extracts, and oil of *Azadirachta indica* kernel powder against this insect. Crop control was firstly achieved by sanitary harvesting of bark beetle-infested berries and, secondly, by the installation of a network of home-made pheromone traps. The bark beetles were breeding in the laboratory and tests were also carried out on substitute foodstuffs such as maize and groundnuts. The efficacy of pesticidal plant extracts at four concentrations each was evaluated by direct applications of these on bark beetles and berries. The results showed that the reproduction rate of the borer was 11 times higher with coffee berries than with maize and groundnuts. After the direct treatment of the bark beetles, the aqueous extracts of *T. peruviana* showed a significantly average efficiency on the mortality of the bark beetles ranging from 0% to 94.9% of bark beetles killed. Oil extracts of *A. indica* and chlorpyrifos-ethyl (Pyriforce) were more effective against bark beetles with average mortality rates ranging from 78.7 to 100%. After direct treatment of the berries, oil and aqueous extracts of *A. indica* and chlorpyrifos-ethyl were the most effective treatments causing more than 50% mortality of the bark beetles. Oil of *A. indica* and aqueous extracts of *T. peruviana* can therefore be used in the same way as pyriforce in the protection of coffee plants against *H. hampei*.

Keywords: *Hypothenemus hampei*, Pesticidal Plants, Biological Control, *Coffea* sp.

1. Introduction

More than US\$30 billion worth of pesticides are voluntarily dumped into the wild each year worldwide for crop protection (PAN, 2008). The intensive use of these products has not spared Cameroon, which also promotes “second-generation agriculture” in the agricultural policy of the Growth and Employment Strategy Paper (DSCE). This DSCE refers to mechanised agriculture that is commercial and intensive in chemical inputs (Minepat, 2009; Bayiha *et al.*, 2020). For example, the cultivation of coffee trees, an agricultural export product contributing to the improvement of producers' incomes and Cameroon's gross domestic product (GDP) (Mbondji, 1988; Mahob *et al.*, 2006), is not spared by the intensive use of chemical pesticides. Thus, endosulfan and chlorpyrifos-ethyl (chemical insecticides) are used to control the world's largest berry pest, *Hypothenemus hampei* (Ferrari) (Coleoptera: Scolytidae) (Amang-Mbang *et al.*, 2012).

Despite this intensive use of chemical pesticides and the Cameroon's efforts through the Plan for the Recovery and Development of the Cocoa/Coffee Sectors (PRDCCS), the coffee production continues to decrease considerably (Anonymous, 2014). This production reached 27,797 tons of Robusta coffee and 7,418 tons of Arabica coffee in 2020 (Ecofin Agency, 2020), far behind the forecasts of the PRDCCS (with a prospective vision of 125,000 tons of Robusta coffee and 35,000 tons of Arabica coffee from 2015 to 2020) (Anonymous, 2014). This gap is due to bad agricultural practices and strong attacks from diseases including *Colletotrichum kahawae* (pathogen agent causing anthracnose berry disease) and insects such as the coffee berry borer, *H. hampei* (Anonymous, 2014).

With regard to pests, the berry borer (*H. hampei*), native to Africa (Perez-Lachaud *et al.*, 2002), is one of the most important coffee pests in the world (Vega *et al.*, 2015), reaching attack rates of 10-100% in Cameroon (Mahob *et al.*, 2006). Due to its endophytic lifestyle in coffee berries throughout its life cycle (Cochereau & Potiaroa, 1994; Dufour, 2013), attempts to control this insect chemically with the use of chlorpyrifos-ethyl and endosulfan (Damon, 2000; Aristizabal *et al.*, 2012) remain interesting but limited. Similarly, the risks to human health and the environment, and the high persistence of the active ingredients of these chemical pesticides, are today at the origin of their total ban in agriculture (PAN, 2008).

To monitor their use, it is essential today to promote agro-ecology and organic farming through the use of natural products in agricultural production. In this perspective, cultural control with sanitary harvesting (Dufour & Frérot, 2008) or biological control with the use of pesticidal plant extracts (Nguema-Ndoutoumou *et al.*, 2015; Samy, 2018) have shown interesting effects against the coffee berry borer. With the aim of providing coffee producers with other palliative solutions to chemical pesticides that are less costly, more respectful of the environment and human health and guarantee quality coffee production, this study had the following objectives: (i) to evaluate the effectiveness of sanitary harvesting of berries infested with bark beetles and the use of pheromone traps; (ii) to evaluate the effectiveness of using aqueous extracts of *Thevetia peruviana* kernels, aqueous extracts and oil of *Azadirachta indica* kernels against this bark beetle; and (iii) to assess the influence of the application mode of the treatments on their effectiveness against *H. hampei*.

2. Materials And Methods

2.1. Study Sites

The berries and bark beetles were collected in the woodlots of the Institute of Agricultural Research for Development (IRAD) stations located in the localities of Foubot (Latitude 05°29'034" and Longitude 010°33'33.0"; altitude 1,240 m to 2,740 m; mean annual temperatures 19 °C) and

Nkoémvone (2°90 of latitude North to 12°2 of longitude East; altitude 500 and 1,000 m; mean annual temperatures 25 °C) (IRAD, 2008). The tests were carried out in the Phytopathology and Entomology Laboratories of the IRAD, located in Yaoundé, Cameroon.

2.2. Hunting of Coffee Berry Borers and Breeding in the Laboratory

The adult insects of *Hypothenemus hampei*, from laboratory breeding, were used in the experimental tests. However, the initial population of bred insects was obtained on the one hand by harvesting bark beetle-infested berries, and on the other hand, through a network of home-made traps installed in the coffee fields.

The traps were made from an empty mineral water bottle that had been cut out and the upper part was turned over and nested in the lower part of the bottle. A small bottle of about 4 ml containing a solution of ethanol and methanol (proportion 1:1) (Figure 1A) was hung inside and the whole thing was held on the coffee tree with a wire, i.e., 36 traps per hectare (Figure 1B & 1C). This model was adapted to the BROCAP model (Dufour & Frérot, 2008).

The insects collected were identified with a magnifying glass on the basis of the identification characters defined by Vega *et al.* (2015). The observations made were confirmed by the observation of the collection boxes from the Entomological Conservatory of the Entomology Laboratory of the Mbalmayo Agricultural Research Centre.

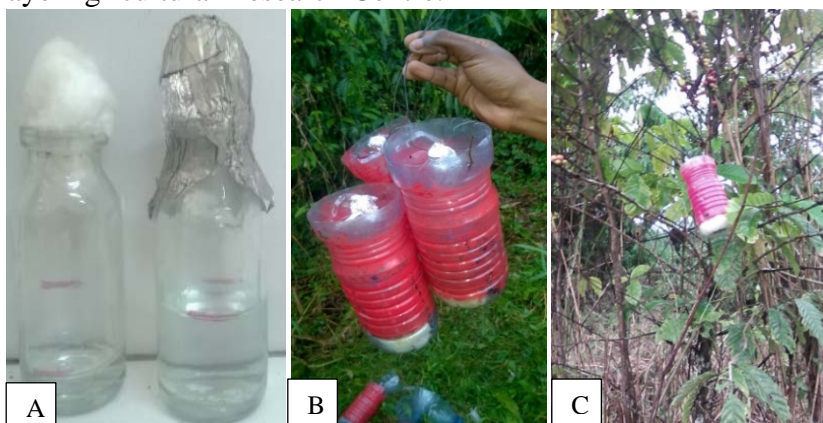


Figure 1. Manufacture of the Artisanal Trap for Hunting Bark Beetles

A: Bottle Containing the Pheromones; **B** and **C:** Traps Made and Hung on the Coffee Tree

For coffee berry borer rearing, about 5 kg of fresh and healthy berries (semi-ripe and ripe) were harvested and distributed in 04 buckets (20 litres) covered with muslin. A population of about 300 live coffee berry borers was removed from these buckets and placed in jars (22.5 × 14.5 × 5.5 cm volume) at a rate of 30 berry borers per jar with 30 healthy cherries (Figure 2). After 21-30 days of incubation of the insects (corresponding to the complete life

cycle of the coffee berry borer under artificial conditions), at a temperature of 25 ± 2 °C, new generations of coffee berry borers were produced (Dufour & Frérot, 2008; Vega *et al.*, 2015). Fresh and healthy berries were added weekly in the buckets.



Figure 2. Harvest of Bark Beetles from Infested Berries

Other tests were carried out on alternative foods that could help to produce and maintain the borer population after the coffee season. For this purpose, semi-dry groundnut and maize kernels were used as a food source compared to coffee berries. Therefore, 100 g of each food were placed in 5 jars ($22.5 \times 14.5 \times 5.5$ cm in volume) and 15 insects including 5 males and 10 females were placed in each jar. These jars were randomly placed in the insectarium at 25 ± 2 °C for a photoperiod of 12:12 and the insects were counted in each substrate according to sex after 43 days.

From the number of male and female insects obtained, the reproduction rate as well as the sex ratio were calculated using the formula:

$$Rr = \frac{FF}{IP} \quad ; \quad Sr = \frac{NM}{NF}$$

Rr: reproduction rate; **FP:** final population obtained; **IP:** initial population; **Sr:** sex ratio;
NM: number of males obtained; **NF:** number of females obtained

2.3. In Vitro Assessment of the Insecticidal Activity of Plant Extracts on *Hypothenemus hampei*

2.3.1. Obtaining and Preparing the Various Extracts and Test Doses

The already dried kernels of the ripe neem (*Azadirachta indica*) fruit were obtained in the Far North region of Cameroon. For the yellow laurel (*Thevetia peruviana*), the ripe kernels were collected in the Central Cameroon region, locality of Yaoundé and its surroundings. Subsequently, these fruits were manually stripped of their shells. In the laboratory, the kernels of the two pesticide-treated plants were dried at room temperature for three weeks, then cleaned and finely crushed using a manual grinder. The powders thus obtained and stored in opaque glass vials allowed the preparation of the aqueous extracts. Purchased, the neem oil was traditionally hot extracted and sold by the women on the local market of Dana, in the district of Kaélé, department of Mayo-Kani, region of Far North Cameroon.

Referring to Stoll's (1988) method for the preparation of the aqueous extracts, 500 g of the kernel powders (of the two pesticidal plants) were dissolved in 1 litre of distilled water. The mixture was homogenised every 2 hours for 24 hours at room temperature and filtered before testing. From the stock solution, four doses of each extract were prepared, i.e., 12.5, 25, 50 and 100 mg/ml for the aqueous extracts and the same concentrations in $\mu\text{l/ml}$ of sterile distilled water mixed with 0.01 g of soap powder for the oil extracts. The following formula of Gata-gonçalves (2003) was used to obtain these doses:

$$C_i V_i = C_f V_f$$

C_i: initial concentration; **V_i**: initial volume; **C_f**: final concentration; **V_f**: final volume

These doses were compared with the chemical insecticide (positive control), pyriforce composed of chlorpyrifos-ethyl 600 g/l at the recommended dose of 1l/ha (50 ml for a 16-litre sprayer) or 4.6 μl dissolved in 1 ml of sterile distilled water and with sterile distilled water (negative control) (Figure 3).



Figure 3. Preparation of Plant Extracts and Coffee Berries

2.3.2. Toxicity and Anti-appetence Test by Direct Treatment of Bark Beetles

Toxicity tests were carried out on approximately 450 non-sexed adult bark beetles with 120 insects for each type of extract. In 10 cl volume boxes lined with cotton and absorbent paper, 10 insects previously cleaned (with a 1% solution of sodium hypochlorite and sterile distilled water) and soaked for 15 seconds in one of the concentration of the extracts (Butt & Goettel, 2000), were placed at the bottom of the box with 10 coffee berries. Each treatment was repeated three times. Observations were made for 12 days, and that is enough time for the extracts to take effect before they lost their effectiveness. Twenty-four hours (24 h) after the start of the experiment, dead bark beetles (recovered and pricked with the pin) and perforated berries were counted daily in each treatment. The experiment was repeated twice.

The corrected mortality (CM) was expressed according to Abbott's formula (1925):

$$CM = \frac{Mt - Mc}{100 - Mc} \times 100$$

CM: corrected mortality; **Mt**: observed mortality in the different extract treatments; **Mc**: natural mortality in the control treatment

Similarly, the rate of attack or berry perforation by *H. hampei* was calculated using the following ratio:

$$Ta = \frac{Npb}{Ntb} \times 100$$

Npb: number of perforated berries; **Ntb**: total number of berries introduced at the beginning of the experiment

2.3.3. Toxicity and Anti-appetence Test by Direct Treatment of the Berries

For this test, the same number of insects was used as in the previous experiment. In this case, the berries were directly treated by dipping them in the different concentrations of the extracts and the number of dead insects and perforated berries were counted.

2.4. Statistical Analysis

Data were analysed using XLSTAT 2014 software. The cumulative and corrected mortality rates underwent angular transformations (ArcSin), and then by an analysis of variance (ANOVA) followed by a multiple comparison test of the Fisher means. The transformed mean values obtained were cross-referenced with the transformed concentrations in decimal logarithm (Jayarama, 1999). From these transformations, "arcsin-logarithmic" regression lines were generated of the type $y = ax + b$ ($y = \arcsin$ of the mortality rate; $x = \log$ arithm of the concentration or time; $a = \text{slope}$ of the regression line). From these regression equations, lethal concentrations causing 50 and 90% mortality were determined by the maximum likelihood method (Lazar, 1968). A Principal Component Analysis (PCA) was carried out to determine the relationships between mortality rate, berry attack rate, and the mode of application of extracts.

3. Results

3.1. Hunting and Breeding of *Hypothenemus hampei* in the Laboratory

The hunting of bark beetles by picking berries infested with them resulted in the highest insect population (about 60 ± 15.3 insects on average per berry) compared to the insect population caught in traps, which was relatively low (4 ± 0.2 insects on average per trap every two days).

The breeding of bark beetles in the laboratory showed that the average number of insects produced (162.4 ± 16.9) is significantly higher with coffee berries than with groundnut kernels (4.6 ± 1.1) and maize (2.8 ± 0.8). The

reproduction rate of the borer is 11 times higher with coffee berries than with other substrates where there is a loss of introduced insects at the start. The reproductive rate of the coffee berry borer is better for both females (144) and males (18.4), i.e., a sex ratio of 0.13 compared to groundnut (sex ratio = 0.39) and maize (sex ratio = 0.64) (Table 1).

Table 1. Average Number of *Hypothenemus hampei* obtained after 43 Days of Rearing

Reproduction evaluation parameters		Substrate		
		Coffee Berries	Groundnut Kernels	Maize Kernels
Total number of bark beetles	Start	15	15	15
	End	162.4 ± 16.9 ^b	4.6 ± 1.1 ^a	2.8 ± 0.8 ^a
	Reproduction rate	10.8 ± 1.1 ^b	0.3 ± 0.1 ^a	0.2 ± 0.1 ^a
Female	Start	10	10	10
	End	144 ± 11.9 ^b	4.6 ± 1.1 ^a	2.8 ± 0.8 ^a
	Reproduction Rate	14.4 ± 1.2 ^b	0.5 ± 0.1 ^a	0.3 ± 0.1 ^a
Male	Start	5	5	5
	End	18.4 ± 5.1 ^b	1.8.10 ⁻¹⁵ ± 0.0 ^a	1.8.10 ⁻¹⁵ ± 0.0 ^a
	Reproduction Rate	3.7 ± 1.0 ^b	0.0 ± 0.0 ^a	0.0 ± 0.0 ^a
Sex ratio at the End		0.13	0.39	0.64
<i>The values of the same line with different letters are significantly different at p < 0.05 according to the Fisher test.</i>				

3.2. Evaluation of the Toxicity and Anti-appetence of Extracts after Treatment of Bark Beetles

The observation of Figure 4 shows that in general, the mortality of *Hypothenemus hampei* was strongly related ($R^2 = 0.930$ and $Pr < 0.0001$) to the treatments applied while the attack on the berries was moderately related ($R^2 = 0.786$ and $Pr < 0.0001$). Specifically, this mortality was strongly linked to aqueous extracts of *T. peruviana* kernel powder and the attack on the berries was linked to extracts of *Azadirachta indica*.

Analysis of insect mortality showed that aqueous extracts of *A. indica* kernel powder were very poorly effective against the bark beetle at any concentration, with rates ranging from 0% (C1 to C4) to 11.8% (C3). Aqueous extracts of *Thevetia peruviana* showed significantly average efficacy on bark beetle mortality. Mortalities were almost proportional to the concentrations applied, ranging from 0% (C2) to 94.9% of killed bark beetles (C4). Oil extracts of *A. indica* were more effective against the coffee berry borer; average mortality rates of 78.7, 90.7, and 100% were observed for C3, C1, C2, and C4 respectively (Figure 4).

The berry attack was related to the treatments applied and the mortality rates of the coffee berry borer. All the treatments that caused high mortality of bark beetles had low rates of attack on coffee berries. Aqueous extracts of *A.*

indica showed berry attack rates between 31.3 (C4) and 73% (C2), while aqueous extracts of *T. peruviana* showed berry attack rates between 18% (C4) and 82.2% (C2). The oil extracts of *A. indica* showed berry attack rates between 0% (C2 and C4) and 26% (C3) while with distilled water the berry attack rate was 68% and 0% with pyriforce (Figure 4).

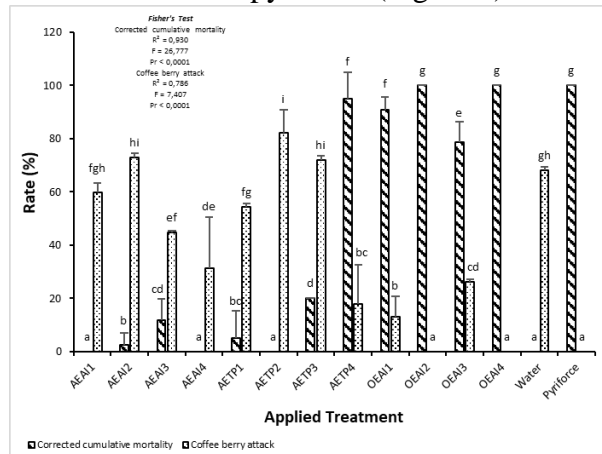


Figure 4. Corrected Cumulative Mortality Rate of *Hypothenemus hampei* and Coffee Berry Attack *In Vitro* under the Influence of Aqueous Extracts of *Azadirachta indica*, *Thevetia peruviana* and Pyriforce

AEAI: Aqueous extract of *Azadirachta indica*; **AETP:** Aqueous extract of *Thevetia peruviana*; **OEA:** Oil extract of *Azadirachta indica*; **Pyriforce:** Insecticide composed of chlorpyrifos-ethyl (4.6 µl/ml); **1, 2, 3 and 4** correspond respectively to concentrations 12.5, 25, 50 and 100 in mg/ml for the aqueous extracts and in µl/ml for the oil extract.

The values with different letters for the same variable are significantly different at the threshold $\alpha= 0.05$ according to the Fisher test.

3.3. Evaluation of the Toxicity and Repulsion of Extracts by Berry Treatments

By treating the berries directly, 100% bark beetle mortality was obtained with the oil extracts of *Azadirachta indica* (C2, C3 and C4) and chlorpyrifos-ethyl for berry perforation rates of 11% (C2) and 0% (C3, C4 and Pyriforce) respectively. With the AETP4, 91% mortality was observed for a berry perforation rate of 11%. More than fifty percent mortality on average was observed with AEA13 (55%), AETP1 (59%), AETP3 (61%) and OEA11 (79%) for bay perforation rates of 33, 13, 19 and 7% respectively. Average mortalities of less than 50% were obtained in water treatment (0%), AEA11 (16%), AEA14 (36%), AEA12 (39%) and AETP2 (49%) for average bay attack rates of 50, 39, 19, 40 and 10%, respectively (Figure 5).

In sum, mortality ($R^2 = 64\%$; $Pr < 0.0001$) as well as berry attack ($R^2 = 64\%$; $Pr < 0.0001$) were correlated to the treatments applied. Oil and aqueous extracts of *A. indica* and the chlorpyrifos-ethyl (Pyriforce) were the most effective treatments causing more than 50% mortality except for AEAIT2. These are also the same treatments that protected about 80% of the coffee berries. However, no significant difference was observed between the mortality rates of the *A. indica* oil extract treatments (Figure 5).

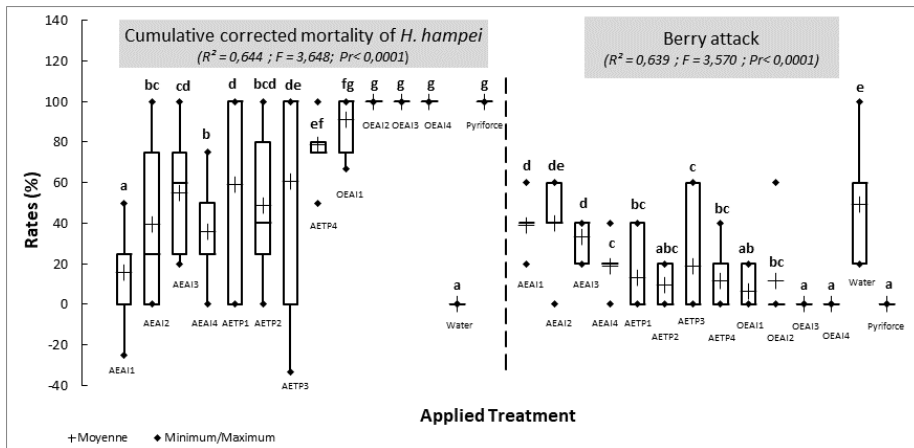


Figure 5. Mortality and Attack Rate of *Hypothenemus hampei* Berries *In Vitro* after Berry Treatment

AEAI: Aqueous extract of *Azadirachta indica*; **AETP:** Aqueous extract of *Thevetia peruviana*; **OEAI:** Oil extract of *Azadirachta indica*; **Pyriforce:** Insecticide composed of chlorpyrifos-ethyl (4.6 μ l/ml); **1, 2, 3 and 4** correspond respectively to concentrations 25, 50, 75 and 100 in mg/ml for the aqueous extracts and in μ l/ml for the oil extract.

Values with different letters for the same variable are significantly different at the threshold $\alpha = 0.05$ according to the Fisher test. Mortality ($R^2 = 0.644$; $F = 3.570$; $Pr < 0.0001$) and Berry attack ($R^2 = 0.639$; $F = 3.570$; $Pr < 0.0001$).

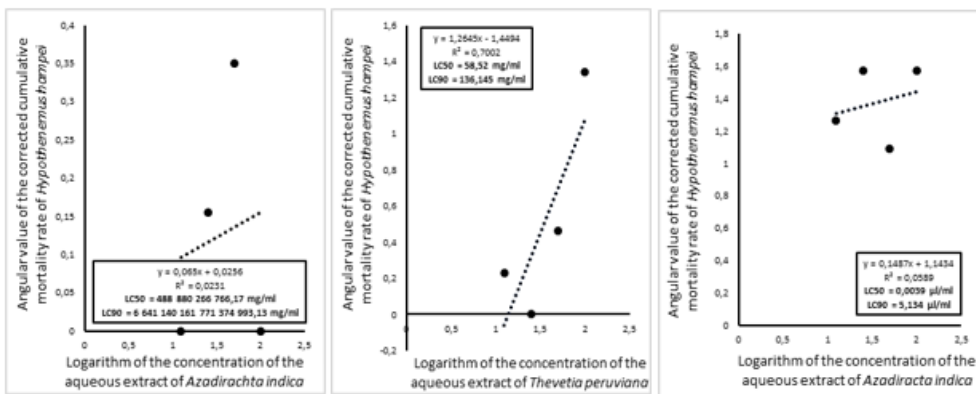
3.4. Relationship between Mortality of *Hypothenemus hampei*, Doses of Extracts of *Thevetia peruviana* and *Azadirachta indica*

Adjustment of the cumulative corrected mortality rates of *Hypothenemus hampei*, according to the concentrations of aqueous extracts of *Thevetia peruviana* and aqueous and oil extracts of *Azadirachta indica* after 12 days of incubation, showed a very weak linear relationship between the concentrations of the AEA1 ($R^2 = 0.0231$) and OEAI ($R^2 = 0.0589$) treatments, a mean linear relationship between the concentrations of the AETP treatment ($R^2 = 0.7002$), and the mortality of bark beetles after treatment of the latter. The inverse logarithm (antilog) of the linear regression equation revealed that

lethal concentrations causing 50 (LC₅₀) and 90% (LC₉₀) bark beetle mortality were higher with aqueous extracts of *A. indica* (AEAI) than with aqueous extracts of *T. peruviana* (AETP). With the oil extracts of OEAI, the LC₅₀ was 0.0039 µl/ml while the LC₉₀ was 5.134 µl/ml (Figure 6).

After treatment of coffee berries with plant extracts, the linear relationship between mortality of *H. hampei* and the concentrations of aqueous extracts of *A. indica* (R² = 0.20) and *T. peruviana* (R² = 0.21) was weak. This linear relationship was mean between bark beetle mortality and the concentrations of oil extracts of *A. indica* (R² = 0.6). In sum, it took about 25 times more aqueous extract of *A. indica* (LC₅₀ = 161.68 mg/ml) to kill fifty percent of bark beetles than aqueous extracts of *T. peruviana* (LC₅₀ = 6.49 mg/ml). The LC₅₀ (0.13 µl/ml) was even lower with *A. indica* oil to kill fifty percent of bark beetles. The same findings were made when LC₉₀ was observed, where it took about 2.4 times *A. indica* extract to kill ninety percent of bark beetles compared to *T. peruviana* extracts. Application of the extracts to the berries had a faster effect on bark beetle mortality than direct application to the bark beetles (Figure 6).

After treatment of bark beetle



After treatment of the coffee berries

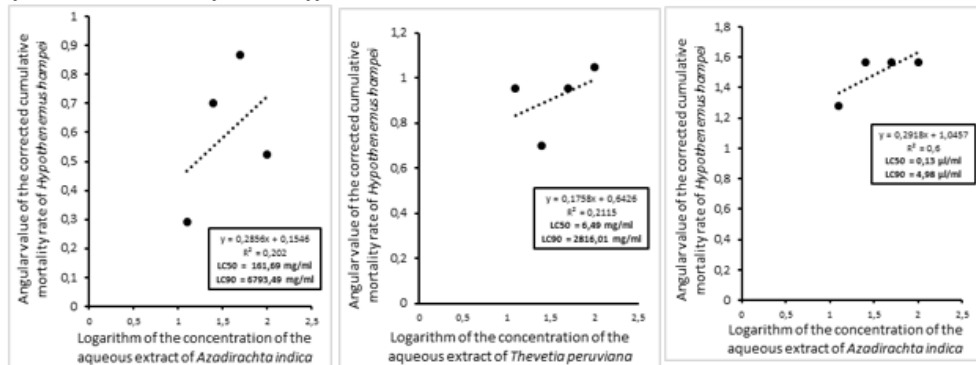


Figure 6. Linear Regression of the Angular Values of the Corrected Cumulative Mortality of *Hypothenemus hampei* as a Function of the Decimal Logarithms of the Extract Concentrations

Arcsin-logarithm regression equation of type $y = ax + b$ where $y = \arcsin$ of the percentage of the corrected cumulative mortality of *H. hampei*; $x = \log$ of the *B. bassiana* dose; $a =$ slope of the line; $R^2 =$ the coefficient of determination.

3.5. Influence of the Mode of Application of Treatments on their Effectiveness against *Hypothenemus hampei*

Principal Component Analysis (PCA) of bark beetle mortality rates and berry attack rates, according to the modes of application of pesticide treatments, showed that the majority of treatments (pyriforce, OEAI1, OEAI2, OEAI4 and AETP4) that caused high mortality and low berry attack rates were effective by treating the bark beetles directly (Figure 7).

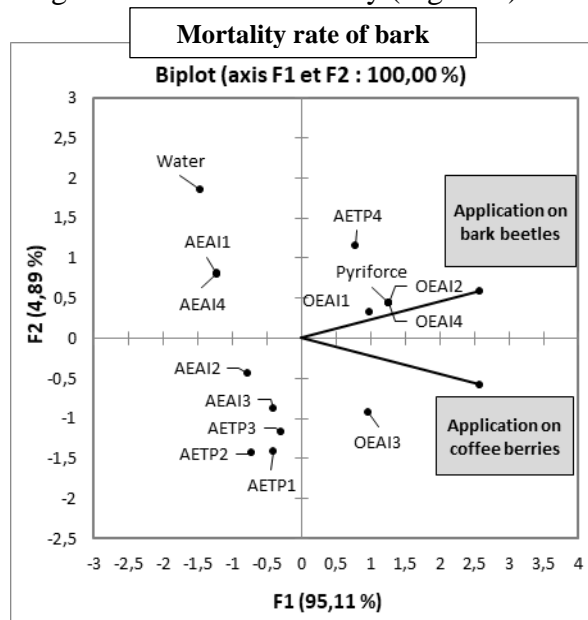


Figure 7. Analysis in main Components of the Modes of Application of the Different Treatments according to the Mortality of the Bark Beetles and the Attack Rates of the Berries

AEAI = Aqueous extract of *Azadirachta indica*; AETP = Aqueous extract of *Thevetia peruviana*; OEAI = Oil extract of *Azadirachta indica*; Pyriforce = Insecticide composed of chlorpyrifos-ethyl; 1, 2, 3 and 4 correspond to C1 (12.5), C2 (25), C3 (50) and C4 (100) in mg/ml for the aqueous extracts and in $\mu\text{l/ml}$ for the oil extract.

4. Discussion

At the end of this study, it was observed that sanitary harvesting of *Hypothenemus hampei* infested berries can be an effective solution to stop the infestation of plantations. This is because the bark beetle population obtained

was better (60 ± 15.3 coffee berry borers on average per berry) through the harvesting of infested berries in the field than through pheromone traps. This harvest eliminates all sources of food for the bark beetles and reduces the insect population in the field; a single berry can host 100 to 200 bark beetles as larvae, nymphs mostly adults according to Mahob *et al.* (2006) and Infante *et al.* (2014). However, this solution is costly in terms of final berry production, time, and energy for harvesting the infested berries and processing them (transport and destruction) (Dufour & Frérot, 2008).

Reproduction of bark beetles has been better with coffee berries than with groundnut or maize kernels, confirming that coffee berries remain the preferred food source for *H. hampei* regardless of sex. A small population of bark beetles has been able to persist in groundnuts and maize. This showed that these substrates can help the survival of this insect and divert the attention of part of the bark beetle population from the coffee berries in a field. A similar observation was made by Damon (2000) and Vega *et al.* (2015), who noted that the borer can infest other crops in the absence of coffee berries. Attempts to rear this pest in the laboratory showed that it was good (162.4 borer beetles obtained at the end with coffee), but could be better if the number of females in the boxes was increased. Various authors report an average sex ratio of 10 female bark beetles to about one male (Cochereau & Potiaroa, 1994). Green and semi-ripe berries have been used for the rearing of bark beetles; this phenological stage of the berries is better for the blossoming (nutrition and development) of the bark beetles, although the bark beetles do not distinguish these fruit stages according to their volatile compounds (Blassioli-Moraes *et al.*, 2018). Furthermore, Mathieu *et al.* (1999) reveal that the fertility rate of the coffee berry borer is higher in over-ripe berries than in unripe berries.

The oil constituents of *Azadirachta indica* kernels such as azadirachtin are thought to be responsible for the insecticidal and anti-appetent effects observed on the coffee berry borer. A similar effect was obtained against the borer by Isman (2006), Mawussi (2008), Vijayalakshmi *et al.* (2014), Green *et al.* (2015), and Samy (2018). The constituents of *Thevetia peruviana* kernels, including cardenolides called thevetin A&B and others including peruvosid, nerrifolin, thevetoxin and rivosid, would have the same effects as with *A. indica* oil and chlorpyrifos-ethyl. They act more effectively from the first days of direct contact with the bark beetles. Chougourou *et al.* (2012) showed that *T. peruviana* kernels were very rich in oil which has an insecticidal effect against *Musca domestica* as well as *A. indica* oil. Kernel extracts from these two plants contain compounds such as tannins, anthocyanins, saponins, sterols, and many other secondary metabolites that have strong antimicrobial and antifungal activity (Scalbert, 1999; Kosma *et al.*, 2011; Mboussi *et al.*, 2016). Comparison of LC₅₀ and LC₉₀ confirmed this

finding by showing that more aqueous extract of *A. indica* kernels than *T. peruviana* or *A. indica* oil is required to cause fifty or ninety percent mortality. The majority of lethal concentrations were higher when the extracts were applied directly to the bark beetles than to the berries. Thus, the treatment of the berries would poison them and/or play a repellent role in attempts to feed the bark beetles causing them to starve themselves. This assertion is in line with the findings of Green *et al.* (2015) who found that aqueous extracts of *A. indica* kernel powders had a significant repellent effect against coffee berry borer insects. Similarly, the results obtained with *A. indica* oil are similar with those of Depieri and Martinez (2010) and Celestino *et al.* (2016) who showed that this oil caused high mortality of bark beetles and provided protection of coffee berries.

The presence of unperforated berries and the absence of mortality were noted with sterile distilled water and at high concentrations of certain treatments. One explanation could be that the insect sex ratio was not applied. The majority of berries are perforated by the females when they go to lay eggs and these are followed by the males after their entry. This would have had a considerable effect if the insect populations used for the tests consisted mostly of females that would have entered the berries before being influenced by the extracts. The males would have followed females into the same berries resulting in low berry attack rates, the presence of unperforated berries, in some treatments and particularly in water treatment. Depieri and Martinez (2010) and Celestino *et al.* (2016) showed that by spraying only female bark beetles and berries with 1% (v/v) neem oil, they obtained about 80% bark beetle mortality and very few berry attacks.

5. Conclusion

Coffee berries remain the food of choice for the coffee berry borer, *Hypothenemus hampei*. The alternatives such as groundnuts or maize would divert very little attention from the coffee berry borer if these crops were combined with coffee in the field. However, these two crops have been shown to help a small population of bark beetles to survive during breeding, rather than to reproduce in the absence of coffee berries. Oil extracts of *Azadirachta indica* and aqueous extracts of *Thevetia peruviana* had a better insecticidal effect than aqueous extracts of *A. indica* kernel powders which had little or no effect against adult beetles. By directly poisoning coffee berries or borer, the mortality and attack rates of the berries were high, but slightly better after direct treatment of the borers. *A. indica* oil and aqueous extracts of *T. peruviana* could therefore be used in the same way as chlorpyrifos-ethyl in the protection of coffee plants against *H. hampei*. It would be interesting to investigate the effects of these two plants in the natural environment.

Acknowledgements

The authors are grateful to the International Foundation for Science (IFS) in Sweden [Research Grant Agreement No. I-1-C-6256-1] and the International Centre for Agricultural Research for Development (CIRAD) through the DP/Agroforestry in Cameroon for their financial support. The authors are grateful to the Institute of Agricultural Research for Development (IRAD) for technical assistance.

References:

1. Abbott, W.S. (1925). A Method for Computing the Effectiveness of an Insecticide. *Journal of Economic Entomology*, 18: 265-267.
2. Agence ecofin (2020). L'industrie camerounaise du café. <https://www.agenceecofin.com/agro/1507-78548-lindustrie-camerounaise-du-cafe-infographie>. Page created on July 15, 2020 and accessed on December 17, 2020.
3. Amang-Mbang J., Mounjouenpou P., Mahob R. J., Mbarga Amougou M., Mouen Bedimo, J. & Nyasse, S. (2012). Evaluation naturelle de l'impact de *Beauveria bassiana* : Champignon entomopathogène dans la dynamique de population de *Hypothenemus hampei*, scolyte de baies des cerises de *Coffea canefora*. *African Crop Science Journal*, 20: 443-451.
4. Anonymous (2014). Plan de relance et de développement des filières cacao et café du Cameroun. Cellule technique de suivi et de coordination des filières cacao et café, services du Premier Ministre de la République du Cameroun, 106 p.
5. Aristizabal, L. F., Lara, O. & Arthurs, S. P. (2012). Implementing an Integrated Pest Management Program for Coffee Berry Borer in a Specialty Coffee Plantation in Colombia. *Journal of Integrated Pest Management*, 3(1): 1-5.
6. Bayiha, G. P., Temple, L. & Mathé, S. (2020). Diversité des trajectoires de l'agriculture biologique au Cameroun. *Systèmes alimentaires / Food Systems*, Classic Garnier ed., 5: pp. 181-204.
7. Blassioli Moraes, M. C., Michereff, M. F. F., Magalhães, D. M., Morais, S. D., Hassemer, M. J., Laumann, R. A., Meneghin, M. A., Birkett, D. M., Withall, J. N., Medeiros, C. M., Corrêa, C. & Borges, M. (2018). Influence of Constitutive and Induced Volatiles from Mature Green Coffee Berries on the Foraging Behaviour of Female Coffee Berry Borers, *Hypothenemus hampei* (Ferrari) (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae). *Arthropod-Plant Interactions*, 13: 349-358.
8. Butt, T. M. & Goettel, M. S. (2000). *Bioassays of Entomopathogenic Microbes and Nematodes*. K.R.S. CABI Publishing, New York. 320 p.

9. Celestino, F. N., Pratisoli, D., Machado L. C., Gonçalves, S. J. H. J., Vagner, T. Q. & Mardgan, L. (2016). Control of Coffee Berry Borer, *Hypothenemus hampei* (Ferrari) (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae) with Botanical Insecticides and Mineral Oils. *Acta Scientiarum. Agronomy Maringá*, 38(1): 1-8.
10. Chougourou, C. D., Dellouh, P. L., Agbaka, A., N'guessan, K. R. & Gbenou, J. D. (2012). Toxicité et effets répulsifs de certaines huiles extraites des plantes locales béninoises sur la mouche domestique *Musca domestica* L. (Diptera : Muscidae). *Journal of Applied Biosciences*, 55: 3953-3961.
11. Cochereau, P. & Potiaroa, T. (1994). Lutte biologique contre le scolyte de la graine du caféier *Hypothenemus hampei* Ferr. (Coleoptera : Scolytidae) en Nouvelle-Calédonie. Fonds documentaire ORSTOM, cote : B*5341, Ex : 1. 32 p.
12. Damon, A. (2000). Review of the Biology and Control of Coffee Berry Borer, *Hypothenemus hampei* Ferrari (Coleoptera: Scolytidae). *Bulletin of Entomological Research*, 90: 453-465.
13. Depieri, R. A. & Martinez, S. S. (2010). Redução da sobrevivência da broca-do-café, *Hypothenemus hampei* (Ferrari) (Coleoptera: Scolytidae), e do seu ataque aos frutos de café pela pulverização com nim em laboratório. *Neotropical Entomology*, 39(4): 632-637.
14. Dufour, B. P. & Frérot, B. (2008). Optimization of Coffee Berry Borer, *Hypothenemus hampei* Ferrari (Coleoptera: Scolytidae), Mass Trapping with an Attractant Mixture. *Journal of Applied Entomology*, 132: 591-600.
15. Gata-Gonçalves, L., Nogueira, J. M. F., Matos, O. & Bruno De Sousa, R. (2003). Photoactive Extract from *Thevetia peruviana* with Antifungal Properties against *Cladosporium cucumerinum*. *Journal of Photochemistry and Photobiology*, 70(1): 51-54.
16. Green Paul, W. C., Davis, A. P., Cossé, A. A. & Vega, F. E. (2015). Can Coffee Chemical Compounds and Insecticidal Plants be harnessed for Control of Major Coffee Pests? *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 63(43): 9427-34.
17. Infante, F., Pérez, J. & Vega, F. (2014). The Coffee Berry Borer: The Centenary of a Biological Invasion in Brazil. *Brazilian Journal of Biology*, 74: 125-126.
18. Institut de Recherche Agricole pour le Développement (IRAD) (2008). Rapport national sur la situation des ressources phylogénétiques pour l'alimentation et l'agriculture au Cameroun. 93 p.
19. Isman, M. B. (2006). Botanical Insecticides, Deterrents and Repellents in Modern Agriculture and an Increasingly Regulated World. *Annual Review of Entomology*, 51: 45-66.

20. Jayarama, K. (1999). Manuel de statistique pour la recherche forestière. Organisation des nations unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO), 242 p.
21. Kosma, P., Ambang, Z., Begoude, B. A. D., Ten Hoopen, G. M., Kuate, J. & Amougou, A. (2011). Assessment of Nematicidal Properties and Phytochemical Screening of Neem Kernel Formulations using *Radopholus similis* Parasitic Nematode of Plantain in Cameroon. *Crop protection*, 30: 733-738.
22. Lazar, P. (1968). Les essais biologiques. *Revue de statistique appliquée, Société française de statistique*, 16(3): 5-35.
23. Mahob, R., Babin, R. & Dibog, L. (2006). Test de piège Brocap au Cameroun, pour améliorer la lutte contre le scolyte des baies du caféier *Hypothenemus hampei* (Coleoptera : Scolytidae), in : Bella Manga, Kamga André, Omokolo Ndoumou D., Havard Michel éd., Atelier de présentation des résultats des opérations de recherche participative, 21-23 février, Yaoundé, Cameroun. Cirad – Agritop, <https://agritop.cirad.fr/540864/>. Page accessed on October 03, 2019.
24. Mathieu, F., Brun, L. O., Frérot, B., Suckling, D. M. & Frampton, C. (1999). Progression in Field Infestation is linked with Trapping of Coffee Berry Borer, *Hypothenemus hampei* (Coleoptera: Scolytidae). *Journal of Applied Entomology*, 123: 535-540.
25. Mawussi, G. (2008). Bilan environnemental de l'utilisation de pesticides organochlorés dans les cultures de coton, café et cacao au Togo et recherche d'alternatives par l'évaluation du pouvoir insecticide d'extraits de plantes locales contre le scolyte du café (*Hypothenemus hampei* Ferrari). Thèse de Doctorat, l'Institut National Polytechnique de Toulouse, Université de Toulouse, France. 207 p.
26. Mbondji, M. P. (1988). Etude épidémiologique d'*Hypothenemus hampei* (Coleoptera : Scolytidae), ravageur des baies du caféier, dans deux régions du Cameroun. *Naturaliste canadien, (Review of Ecology, Evolution and Systematics)*, 115: 245-249.
27. Mboussi, S. B., Ambang, Z., Ndogho, A., Ngoh Dooh, J. P. & Manga Essouma, F. (2016). In Vitro Antifungal Potential of Aqueous Kernels Extracts of *Azadirachta indica* and *Thevetia peruviana* against *Phytophthora megakarya* in Cameroon. *Journal of Applied Life Sciences International*, 4(4): 1-12.
28. Ministère de l'Économie et de la Planification du Territoire (MINEPAT), République du Cameroun (2009). Document de stratégie pour la croissance et l'emploi (DSCE 2010-2020), Cameroun, 167 p.
29. Nguema Ndoutoumou, P., Ondo Ovono, P., Gatarasi, T. & Okoumba, J. S. O. (2015). Effet des extraits de *Jatropha curcas* L. et de *Tabernaemontana iboga* Baill. dans la lutte contre le scolyte du caféier

- (*Hypothenemus hampei* Ferrari) au Sud-Est du Gabon. International Journal of Biological and Chemical Sciences, 9(6): 2764-2775.
30. PAN Germany (2008). Introduction progressive d'alternatives à l'endosulfan. PAN International, Hambourg. 8 p.
 31. Perez-Lachaud, Hardy, I. C. W. & Lachaud, J. P. (2002). Insect Gladiators: Competitive Interactions between Three Species of Bethyloid Wasps Attacking the Coffee Berry Borer, *Hypothenemus hampei* (Coleoptera: Scolytidae). Biological Control Journal, 25: 231-238.
 32. Samy, M. A. (2018). The Potential of Neem, Pongamia Oil and Garlic Extracts Formulation for an Effective Management of Berry Borers in Organic Coffee Plants. International Journal of Food and Bioscience, 1(1): 49-55.
 33. Scalbert, A. (1999). Antimicrobial Properties of Tannins. Phytochemistry, 20: 875-883.
 34. Stoll, G. (1988). Protection naturelle des végétaux en zones tropicales. AGRECOL- Centre Technique de Coopération Agricole (CTA) Ed. Josef Margraf. 97985 Weikersheim (Allemagne), 180 p.
 35. Vega, F. E., Infante, F. & Johnson, A. J. (2015). Chapter 11. The Genus *Hypothenemus*, with Emphasis on *H. hampei*, the Coffee Berry Borer, in: Vega F. E., Hoffstetter R. W. eds., Bark Beetles. Biology and Ecology of Native and Invasive Species. Academic Press, Elsevier. London, UK, pp. 427-494.
 36. Vijayalakshmi, C. K., Tintumol, K. & Vinodkumar, P. K. (2014). Effect of few Commercial Neem-Based Insecticides in the Management of Coffee Berry Borer, *Hypothenemus hampei* Ferrari (Coleoptera: Curculionidae). The Journal of Zoology Studies, 1(1): 22-25.



ESJ Natural/Life/Medical Sciences

Epidemiology of Gill Monogenean Parasites Infections in Nile Tilapia *Oreochromis Niloticus* (Teleostei: Cichlidae) from Agneby River, Côte d'Ivoire

Adou Yedehi Euphrasie

Research Unit on Ecology and Biodiversity, Laboratory of Ecology and Sustainable Development, University Nangui Abrogoua, Abidjan, Côte d'Ivoire

Blahoua Kassi Georges

Research Unit on Hydrobiology, Laboratory of Natural Environments and Biodiversity Conservation, University Félix Houphouët-Boigny, Abidjan, Côte d'Ivoire

Yeo Kolo

Konate Souleymane

Tiho Seydou

Research Unit on Ecology and Biodiversity, Laboratory of Ecology and Sustainable Development, University Nangui Abrogoua, Abidjan, Côte d'Ivoire

[Doi:10.19044/esj.2021.v17n34p30](https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n34p30)

Submitted: 22 June 2021

Accepted: 15 September 2021

Published: 30 September 2021

Copyright 2021 Author(s)

Under Creative Commons BY-NC-ND

4.0 OPEN ACCESS

Cite As:

Adou.Y.E., Blahoua K.G., Yeo K., Konate S. & Tiho S. (2021). *Epidemiology of Gill Monogenean Parasites Infections in Nile Tilapia Oreochromis Niloticus (Teleostei: Cichlidae) From Agneby River, Côte d'Ivoire*. European Scientific Journal, ESJ, 17(34), 30.

<https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n34p30>

Abstract

The Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* is a fast growing fish and has a great importance for fisheries, aquaculture, and screen aquarium in Côte d'Ivoire. Parasitic infections constitute significant economic loss in fish production. The work based on Epidemiology of gill Monogenean parasites of *O. niloticus* from the Agneby River between August to December 2020, for the first time, was aimed to characterize the physicochemical parameters of this River, to inventory the gill Monogenean species in Nile tilapia, to analyze the parasitism as a function study areas and to highlight the parasite species' distribution on the gill. A total of 102 specimens of fishes was sampled and

examined for parasites. Gill helminthofauna of this fish consisted of *Cichlidogyrus cirratus*, *C. tilapiae*, *C. halli* and *Scutogyrus longicornis*. Fishes of the Agneby River at Agboville are more infested than the other ones due to environmental conditions. The examination of the two sides of the fish revealed that parasites species have the same affinity for the both sides of the fish. In contrast, at the level of the gill arch, these parasites preferred median gill arches (arches II and III).

Keywords : Parasitic Infection, Gill Monogenean, *Oreochromis Niloticus*, Agneby River, Côte d'Ivoire

Introduction

The Nile tilapia *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1758) has long been presented as the gem of African fish farming in view of its high market demand (Amoussou *et al.*, 2016). This fish species is highly prized by Ivorian consumers because of its nutritional value. It has been the subject of various research and extension programs worldwide and in Africa (Amoussou *et al.*, 2016). However, this fish, like any other living organism, doesn't escape parasitic monogeneans. These organisms are ectoparasites whose biological cycle is direct. These pathogens are flatworms of aquatic organisms, mainly fish, in which they frequently infest various organs such as the gills, skins, fins, rectal cavities and nostrils.

Their study has a triple interest : scientific, ecological and economic (Hem and Avit, 1994). Indeed, these parasites are excellent bio-indicators, phylogenetic, geographical and ecological indicators of host populations (Paugy and Guégan, 1989 ; Guégan and Lambert, 1991). In addition, they often create pathologies and behavioral changes (Lafferty *et al.*, 2008). The development of aquaculture has therefore led to greater attention being paid to problems caused by parasitic gill monogeneans leading to constraint in fish productivity. Thus, studies related to these parasites have been conducted in order to have reference data for the subsequent monitoring investigations of the parasitic fauna of fish and to elaborate adequate measures to assure a better productivity. The Nile tilapia representing the most used species in aquaculture can be confronted with parasitism problems.

In Africa, most of the studies have been done on Monogeneans parasites focused on inventory and taxonomy (Pariselle and Euzet, 2009). Little study concerning epidemiology of these parasites infections was carried out. But, this is very necessary to understand the processes involved in the structure and maintenance of parasite communities (Zharikova, 2000) in order to fight against these pathogens. Indeed, epidemiological data on infection by these parasites allow the use of adequate methods for effective control of these pathogens, especially in fish farming. These studies also provide important

information on their host (Zharikova, 2000). Unfortunately, studies related to gill Monogenean parasites of fish from freshwater such as rivers are scarce, while parasites have an impact on the dynamics of fish stocks. In Côte d'Ivoire, except for the works carried out in the artificial lake (Blahoua *et al.*, 2016), no studies have been done on the epidemiology of *O. niloticus* parasitic infection by Monogenean in the Agneby River where, strong anthropogenic pressures are exerted. It's well known that these pressures can modify biodiversity in general and parasite biodiversity in specially. The present investigation was aimed to study some ecological aspects of gill Monogeneans parasites of *O. niloticus* in the Agneby River.

Materials and methods

Study sites

The Agneby River (Figure 1) is located in southern Côte d'Ivoire between 3°50' and 4°41' W longitude and between 5°10' and 6°08' N latitude (Goula *et al.*, 2009). With a length of 217 km, this river is a continuum which takes its source near the villages of Affery and Agoua in the department of Bongouanou and flows towards the Ebrie lagoon by throwing itself in that one in the town of Dabou (Goula *et al.*, 2009). Its watershed covers an area of approximately 8900 km² (Savané, 2010) and is located East of the Tiassalé-Dimbokro-M'bahiakro line. The Agneby River also shows signs of eutrophication and the water body is invaded by aquatic plants, particularly *Eichornia crassipes*. Its course is entirely under forest type vegetation. Plantations of coffee, cocoa, banana and oil palm are developed around this River.

Two stations, Agneby-Agboville and Agneby-village were selected for this study. The Agneby-Agboville station (4°12' W - 5°56' N) is characterized by a substrate composed of a mixture of clay, mud, and foliage. The canopy is almost non-existent except in a few places on the border. The river is constantly receiving waste water and garbage from the said city. Furthermore, the Agneby-village station (4°20' W - 5°19' N) is characterized by a type of swamp forest, with mangroves and bamboo. In addition to fishing, this water is used for household activities (washing up, laundry) and for domestic waste (waste water, garbage, faeces).

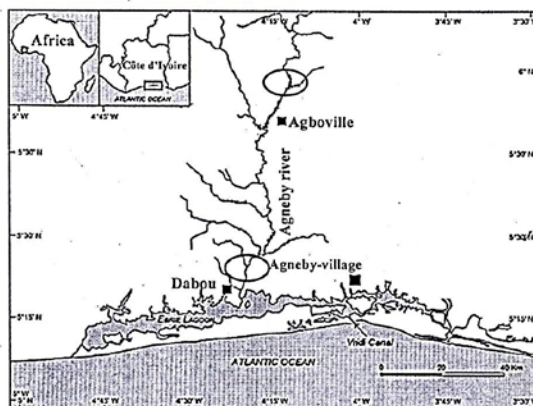


Figure 1. Study area and location of sampling sites on the Agneby River

Host sampling and parasitological examination

From August to December 2020, a total of 102 *Oreochromis niloticus* individuals from the two study stations were collected. The fishes were captured with gillnets (mesh size 8 to 90 mm). They were identified following the Teugels and Thys van den Audenaerde (2003) keys. The four left and right gill arches were removed by scissors and forceps and preserved in ice (0°C). In the laboratory, each of the gill arches was separated and placed in Petri dishes containing water. They were numbered from I to IV from the anterior part of the gill arch under the operculum to the posterior part. Each gill arch was put under a binocular microscope (Olympus SZ 60) for examination of parasites. They were collected, mounted between slide and coverslip in a micro-drop of ammonium picrate-glycerin. They were determined up to the species with the Pariselle and Euzet (2009) keys.

Water quality

Parameters (temperature, dissolved oxygen, pH and conductivity) were measured in water surface, with a scientific portable multi-parameter probe (multiparameter HANNA 9828). The transparency was measured using a Secchi disk. Water samples were collected and preserved at 4°C for subsequent analyses of nutrients: nitrate–nitrogen, nitrite–nitrogen and ammonia–nitrogen using DR\2010 spectrophotometer. The results of analysis were expressed as mg/liter except for temperature and conductivity which were measured as °C and microsiemens ($\mu\text{S}/\text{cm}$), respectively.

Data analysis

The prevalence and mean intensity as defined by Bush *et al.* (1997) were calculated. Species classification was done by prevalence data according to the scale of Valtonen *et al.* (1997). Parasitic species are frequent if the

prevalence is greater than 50%, they are less frequent if the prevalence is ranged between 10 and 50% and rare if the prevalence is less than 10%. Mean intensity (MI) is high if its value is greater than 100, average if its value varies from 50 to 100, low if its value varies from 10 to 50 and very low if its value is less than 10 (Bilong Bilong and Njiné, 1998).

Statistical analysis

The nonparametric tests of Kruskal-Wallis (K) and Mann Whitney (U) were used to determine whether the variability of parasite intensity is significant. STATISTICA 7.1. Software was used for data analysis and results were considered significant at the 95 % level ($p < 0.05$).

Results

Monogenean parasite species composition

The observation of *Oreochromis niloticus*'s gills from Agneby River revealed the presence of four Monogenean species belonging to genera *Cichlidogyrus* Paperna, 1969 and *Scutogyrus* Pariselle & Euzet, 2003 (Table 1). These Monogeneans are *Cichlidogyrus tilapiae*, *C. halli*, *C. cirratus* and *Scutogyrus longicornis*.

In both study stations (Agneby-village station and Agneby-Agboville station), the prevalence values of the Monogenean parasites *Cichlidogyrus cirratus* and *C. halli* were greater than 50%. Thus, they were classified as common or core species of this community. In addition, the prevalence value of parasite *C. tilapiae* was between 10 and 50% while the prevalence value was less than 10% for the parasite *Scutogyrus longicornis*. These two Monogeneans were classified as secondary and rare species of this community, respectively. Except for the low mean intensities of *C. cirratus* and *C. halli* observed in the Agneby-Agboville station, the other parasite species mean intensities were very low in the two study stations.

Spatial distribution of Monogenean species of *Oreochromis niloticus*

The prevalence and mean intensity of Monogenean species on the gills of Nile tilapia from Agneby River's two stations (Agneby-Agboville station and Agneby-village station) are shown in Table 1. The analysis of these data revealed that, generally, the epidemiological indices values were higher in fishes captured in the first station than those captured in the second one.

In the first Agneby River station, the highest prevalence (92%) was noted for the species *Cichlidogyrus cirratus* while the lowest one (9.61%) was recorded for the species *Scutogyrus longicornis*. In the second Agneby River station, the highest and the lowest prevalence of these parasite species were 78% and 6%, respectively. For each parasite, the prevalence values differences observed were not statistically different between the two Agneby River stations

($X^2 = 1.41$ and 1.28 ; $ddl = 1$; $p = 0.23$ and $0.09 > 0.05$, respectively). Thus, based on the rate of infestation, the Monogeneans *C. cirratus* and *S. longicornis* were partitioned equally between the fishes captured from two study stations.

In Agneby-Agboville and Agneby-village stations, the highest values of mean parasite intensity (12.13 ± 1.6 and 6.05 ± 0.2 respectively) were noted for *Cichlidogyrus halli* and *C. cirratus*. The lowest values (3 ± 0.01 and 2.33 ± 0.02) were recorded for *Scutogyrus longicornis*. The intensity values of each parasite species were statistically different between the two Agneby River stations ($p = 0.02 < 0.05$). Thus, in term of number of parasites, the fishes captured in the Agneby-Agboville station were the most infested.

Table. 1 Prevalence (%) and mean intensity of *Cichlidogyrus* and *Scutogyrus* species according to study stations of Agneby river

Study stations	Parasites species	NEF	P (%)	MI \pm SE
Village station	<i>C. cirratus</i>	50	78	6.05 ± 0.2
	<i>C. halli</i>	50	72	2.61 ± 0.01
	<i>C. tilapiae</i>	50	42	3.9 ± 0.1
	<i>S. longicornis</i>	50	6	2.33 ± 0.02
Agboville station	<i>C. cirratus</i>	52	92	11.52 ± 2.3
	<i>C. halli</i>	52	82.69	12.13 ± 1.6
	<i>C. tilapiae</i>	52	46.16	6.08 ± 1.3
	<i>S. longicornis</i>	52	9.61	3 ± 0.01

C = *Cichlidogyrus* ; S = *Scutogyrus* ; NFE = Number of examined fish ; P = Prevalence ;

MI = Mean Intensity ; SE = Standard Error.

Branchial repartition of Monogenean species

The intensity of parasites species as a function of the gills of Nile tilapia from Agneby River's two stations are shown in Table 2. It shows that Monogenean species *Cichlidogyrus cirratus* ($n = 120$) and *C. tilapiae* ($n = 43$) were more abundant on the left gills of the fish, while the Monogeneans *C. halli* ($n = 49$) and *Scutogyrus longicornis* ($n = 4$) were more concentrated on the right gills at the Agneby-village station. Except for Monogenean *C. cirratus* ($n = 280$) which was more abundant on the right gills, the other species *C. halli* ($n = 263$), *C. tilapiae* ($n = 76$) and *Scutogyrus longicornis* ($n = 8$) were more accumulated on the left gills at the Agneby-Agboville station. There was no preference in the distribution of parasites species between the left and right gills of *Oreochromis niloticus* ($p = 0.06 > 0.05$).

The intensity of the parasitic species as a function of the gill arch is transcribed in Table 3. It indicates that Monogeneans *C. cirratus*, *C. halli* and *Scutogyrus longicornis* were more concentrated on gill arch II ($n = 180$, 171 and 5 respectively) and the gill arch III ($n = 185$, 177 and 5 respectively) ($p = 0.01 < 0.05$) at the Agneby-Agboville station. In addition, Monogenean *C. tilapiae* was more accumulated on gill arch II ($n = 59$) and the gill arch I ($n = 44$).

Furthermore, all parasite species *C. cirratus*, *C. halli*, *C. tilapiae* and *Scutogyrus longicornis* preferred the gill arch II (n= 92, 34, 29 and 3 respectively) at the Agneby-village station and the gill arch III (n= 95, 31, 30 and 2 respectively) at the Agneby-village station ($p = 0.02 < 0,05$).

Table 2. Intensity of parasites species as a function to host side of *Oreochromis niloticus* in Agneby river

Study stations	Parasites species	Number of parasites		p value
		Right gills	Left gills	
Village station	<i>Cichlidogyrus cirratus</i>	116	120	$p > 0.05$
	<i>C. halli</i>	49	45	
	<i>C. tilapiae</i>	39	43	
	<i>S. longicornis</i>	4	3	
Agboville station	<i>C. cirratus</i>	280	273	$p > 0.05$
	<i>C. halli</i>	259	263	
	<i>C. tilapiae</i>	70	76	
	<i>S. longicornis</i>	7	8	

C = *Cichlidogyrus* ; S = *Scutogyrus*.

Table 3. Intensity of parasites species as a function to the gill arch of *Oreochromis niloticus*

Study stations	Parasites species	Number of parasites				p value
		Branchial arches				
		I	II	III	IV	
Village station	<i>C. cirratus</i>	37	92	95	12	$p > 0.05$
	<i>C. halli</i>	16	34	31	13	
	<i>C. tilapiae</i>	15	29	30	8	
	<i>S. longicornis</i>	1	3	2	1	
Agboville station	<i>C. cirratus</i>	101	180	185	87	$p > 0.05$
	<i>C. halli</i>	106	171	177	68	
	<i>C. tilapiae</i>	44	59	31	12	
	<i>S. longicornis</i>	3	5	5	2	

C = *Cichlidogyrus* ; S = *Scutogyrus*.

Water quality

Water quality parameters were shown in Table 4. The minimum and maximum of temperature values were respectively as 27.34°C and 30.83°C at Agneby-village station. The median value of this parameter in this station was 28.38 °C. It varied from 27.64 to 31.45°C with a median value of 28.57°C at Agneby-Agboville station. These different values did not reveal any significant difference between the two stations. The temperature values were practically the same between the two study stations

The minimum and maximum of oxygen level values were respectively as 2.75 and 4.45 mg/l at Agneby-village station. The median value of dissolved oxygen level measured at this station was 1.84 mg/l. These data ranged between 1.12 and 2.3 mg/l with a median value of 0.83 mg/l at Agneby-Agboville station. Dissolved oxygen level showed that there was significant

difference between the two stations ($p = 0.001 < 0.05$). The Agneby River waters at Agboville station were the least oxygenated.

The pH of water varied from 6.50 to 8.44 at Agneby-village station and from 6.49 to 7.75 at Agneby-Agboville station. Median values were 7.18 and 7.46, respectively. The analysis of the Mann-Whitney U test indicated no significant variation of this parameter between stations ($p = 0.1 > 0,05$). The pH values were practically the same between the two study stations.

The water transparency fluctuated between 54 and 165 cm with a median value of 64.26 cm at Agneby-village station. The values ranged from 39 to 82 cm with a median value of 35.2 cm at Agneby-Agboville station. The statistical analysis test ($p = 0.01 < 0.05$) revealed that the Agneby River at the village station was more transparent than the Agneby River at the Agboville station. In other words, the Agneby River waters at Agboville station were the least transparent.

The conductivity varied between 62 and 618.33 $\mu\text{S}/\text{cm}$ at Agneby-village station. It ranged from 167 to 361 at Agneby-Agboville station. The corresponding median conductivities were 93.4 and 244.5 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Mann-Whitney U test showed significant variation of this parameter between stations ($p = 0.02 < 0.05$) with the highest conductivity recorded at Agneby-village station and the lowest obtained at Agneby-Agboville. This means that the Agneby River waters at Agboville station were the richest in dissolved solids.

The minimum and maximum of ammonium values were respectively 0.01 and 0.06 mg/L at village station. The median value of this parameter in this station was 0.025 mg/L. It varied from 0.02 to 0.09 mg/L with a median of 0.05 mg/L at Agboville station. The ammonium showed significant difference between the two stations ($p = 0.001 < 0.05$). The nitrate of the water varied between 0.16 and 0.37 mg/L at village station and from 0.32 to 0.6 mg/L at Agboville station. Median values were 0.2 et 0.48 mg/L respectively. The analysis of the Mann-Whitney U test indicated significant variation of this parameter between stations ($p = 0.001 < 0,05$). The Agneby River waters at Agboville station were the most mineralized in ammonium and nitrate ions. The nitrite fluctuated between 0.004 and 0.06 with a median value of 0.005 mg/L at village station. The values ranged between 0.001 and 0.003 mg/L with a median value of 0.002 mg/L at Agboville station. This parameter showed significant difference between the two stations ($p = 0.002 < 0.05$). The Agneby River waters at Agboville station were the most mineralized in nitrite ions too. These observations reflect sources of nutrient input through agropastoral activities that are developed on both banks.

Table 4. Physical and chemical parameters of Agneby river (Village and Agboville stations)

Study stations	Values	T (°C)	O ₂ (mg/L)	pH	Trans (cm)	Cond (µS/cm)	NH ₄ ⁺ (mg/L)	NO ₃ ⁻ (mg/L)	NO ₂ ⁻ (mg/L)
Village station	Maximum	30.83	4.45	8.44	165	618.33	0.06	0.37	0.06
	Minimum	27.34	2.75	6.5	54	62	0.01	0.16	0.004
	Medians	28.38	1.84	7.18	64.26	93.4	0.025	0.2	0.005
Agboville station	Maximum	31.45	2.3	7.75	82	361	0.09	0.6	0.003
	Minimum	27.64	1.12	6.49	39	167	0.02	0.32	0.001
	Medians	28.57	0.83	7.46	35.2	244.5	0.05	0.48	0.002

T= Temperature ; O₂ = Dissolved oxygen ; pH = Hydrogen potential ; Trans = Transparency ;

Cond = Conductivity ; NH₄⁺ = Ammonium ; NO₃⁻ = Nitrate ; NO₂⁻ = Nitrite.

Discussion

Four Monogenean parasites species, *Cichlidogyrus halli*, *C. tilapiae*, *C. cirratus* and *Scutogyrus longicornis* were recorded on the gill filaments of *Oreochromis niloticus* caught in the Agneby River. These results are different from the findings of Blahoua *et al.* (2016) who had observed six Monogenean species belonging to the genera *Cichlidogyrus* and *Scutogyrus* in the gills of the same fish. Comparatively to previous studies, the low number of parasite species observed in Agneby River could be explained by the fact that the River flow could make this environment unfavorable to the development of certain Monogeneans species. Indeed, in flowing rivers, infesting larvae can be washed away by the water current before they infest their host. This result could suggest the difficulty for these four parasites species to survive in the Agneby River. These results are in consistency with Zharikova (2000) who had highlighted that the parasite richness related to habitat type. According to this author, with specific ecological conditions, each area presents specific groups of parasite species in composition and abundance.

Moreover, this study revealed a polyparasitism with predominance of *Cichlidogyrus* species on the gills of *O. niloticus* collected at Agneby River. Such results have been already noted by some authors. It is the case of Blahoua *et al.* (2016, 2020) with *Oreochromis niloticus*. The permanent presence of vacant niches on the gill biotope due to the low mean intensities of the four gill Monogenean obtained in the two study stations would explain its colonization by several parasite species. Our results agree with the findings of Simkova *et al.* (2006). According to these authors, the generally low parasitic load observed is attributed to the low host density in the natural environment. Indeed, under such conditions, many parasites do not reach their target because of their death due to the strong water flow and thus there was the low infective larvae. According to Simkova and Rohde (2013), interspecific competition for space is not possible since vacant niches are available on fish gills. Thus, despite the polyparasitism observed in the present study, the low parasitic

loads found exclude the hypothesis of interspecific competition as a factor governing the structuring of gill communities of Nile tilapia, *O. niloticus*. This study corroborates with the findings of Lo and Morand (2000) who stated that there is no interspecific competition in the distribution of *Stegastes nigricans* congeneric ectoparasites.

Specific parasitic load varied according to the study stations. Monogenean species mostly parasitized specimens of *O. niloticus* caught in the Agneby River at Agboville station. This could be attributed to the environmental conditions of the Agneby River at Agboville station (Aguirre-Macedo *et al.*, 2007). Indeed, the physico-chemical parameters measured in the two stations showed that the Agneby River waters at Agboville station are less oxygenated, poorly transparent and rich in nutrients compared to those of the Agneby River at village. In fact, the dissolved oxygen level is almost zero (0.83 mg/l) and this value is lower than the limit value of 2 mg/l below which fish mortality is common as indicated by Francis-Floyd (2003). Also, this decrease in dissolved oxygen level is accompanied by high nutrient values recorded (nitrate, ammonium) at this station. This is due to the fact that the Agneby River at Agboville station is located in the middle of town and receives all the wastewater of the local population. In addition, it's the place where washermen do their laundry and children and animals also defecate in and around the river. Taking into account the above-mentioned assertion, the Agneby River waters at Agboville are polluted and dangerously affect the health of fish. This situation could reduce the immune capacity of the fish which favors a high infection. Thus, the present results agree with the findings of Adou (2018)] who showed that the high nitrate, nitrite and ammonium concentrations indicate the poor water quality and were positively correlated with the intensity infection. This implies that there is a large quantity organic material in this environment which could be due to the high density of particules in suspension and this would favor the transport of eggs/infesting stages to the fish, thus promoting their high infection. These findings concurring with Cone *et al.* (1993), Marcogliese (2005) and Blanar *et al.* (2009) who found that the increase in the transmission of the parasites and the decrease of their population could be caused by ecological conditions of the water.

The right and left body sides of *Oreochromis niloticus* were similarly infected. Some authors have found a similar distribution of Monogeneans on both sides of the gills of fishes. This is the case of Blahoua *et al.* (2016) with *O. niloticus* and Lim *et al.* (2016) with species of the genus *Oreochromis*. The parasite body symmetry is often involved in the choice of parasite for a specific site of the host as suggested by Rohde (1979). The equitable distribution on both sides of the gills of parasites of the genus *Cichlidogyrus* and *Scutogyrus* are due to the presence of bilateral symmetry of their

morphology as well as similar exposure to the water current. In contrast, an asymmetric distribution is known for the monogenean *Bothithrema bothi* parasite of the Bothidae on *Scophthalmus aquosus* (Hendrix, 1990). This phenomenon is probably related to the body of Bothidae which is flat and dissymmetric as suggested by Dessouter (1992). In the present study, the bilateral symmetry of *O. niloticus* and its gill Monogeneans could be due the equitable distribution of these pathogens on both sides of the gills.

In *O. niloticus*, the Monogeneans mostly accumulated on middle arches II and III. Similarly, Blahoua *et al.* (2016) found that *Cichlidogyrus halli* and *Scutogyrus longicornis* were more attached to gill arches II and III of the same fish. This finding is in consistency with Le Roux *et al.* (2011) who had highlighted that the Monogenean *Cichlidogyrus philander* was concentrated on the median arches of *Pseudocrenilabrus philander philander*. Among environmental factors that determine the microhabitat choice of Monogeneans, the water current is considered to be the most important factor (Madanire-Moyo *et al.*, 2010). This reinforces the idea that for many parasites that have free-living stages (egg or larvae) and whose behavioral responses depend on the ambient environment, oncomiracidia attachment could be influenced by water currents (Echi and Ezenwaji, 2009). The other explanation is that, the middle arches offer a hydrodynamically protected habitat and better oxygenated conditions as suggested by Yao and Nie (2004). Indeed, the median part of the gill arches receiving the strongest current of water thus the high water quantity could provide a high number of parasites (Jerônimo *et al.*, 2013). The preference of parasites for median arches could also be due to the large areas they offer to parasites as a habitat (Koskivaara *et al.*, 1991). In the present study, the synergy of the two factors "heterogeneity of the branchial system and the flow pattern of the respiratory water " would explain the parasitic abundances levels on the gill arches.

Conclusion

The present study emerged four (4) Monogenean parasite species on the gills of *Oreochromis niloticus* from Agneby River. Fish infection was related to the measured physico-chemical parameters of water of study areas. Fishes captured in the Agneby River at the Agboville station were more infested because of the poor water quality due to the numerous anthropic activities that are carried out there. The study also highlighted that Monogenean species preferred the middle arches II and III.

Acknowledgments

The authors are grateful to the local fishermen for the data collecting on the study area.

References:

1. Adou, Y. E. (2018). Diversité et écologie des Monogènes parasites branchiaux de *Coptodon zillii* (Gervais, 1848), *Coptodon guineensis* (Günther, 1862), leur Hybride et de *Sarotherodon melanotheron* (Rüppel, 1852) (Cichlidae) du lac de barrage d'Ayamé 2 et de la lagune Ebrié (Côte d'Ivoire). Thèse de Doctorat Unique de l'Université Félix Houphouët-Boigny. 296 p.
2. Aguirre-Macedo, M. L., Vidal-Martínez, V. M., González-Solís, D. and Caballero, P. I. (2007). Helminth communities of four commercially important fish species from Chetumal Bay, Mexico. *Journal of Helminthology*, 80: 1-14.
3. Amoussou, T. O., Toguyeni, A., Imorou, T. I., Chikou, A. and Youssao, A. K. I. (2016). Caractéristiques biologiques et zootechniques des tilapias africains *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1758) et *Sarotherodon melanotheron* (Rüppel, 1852): une revue. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 10(4): 1869-1887.
4. Bilong Bilong, C. F and Njiné, T. (1998). Dynamique de populations de trois Monogènes parasites d'*Hemichromis fasciatus* (Peters) dans le lac Municipal de Yaoundé et intérêt possible en pisciculture intensive. *Sciences Naturelles et Vie*, 34(2): 295-303.
5. Blahoua, K. G., Adou, Y. E., Etilé, N. R and Tiho, S. (2020). Parasite community of *Oreochromis niloticus* from man-made Lake Ayame I, Côte d'Ivoire. *International Journal of Biosciences*, 16(3): 321-333.
6. Blahoua, K. G., Yao, S. S., Etilé, R. N. and N'Douba, V. (2016). Distribution of gill Monogenean parasites from *Oreochromis niloticus* (Linné, 1758) in man-made Lake Ayame I, Côte d'Ivoire. *African Journal of Agricultural Research*, 11(2): 117-129.
7. Blanar, C. A., Munkittrick, K. R., Houlihan, J., MacLatchy, D. L. and Marcogliese, D. J. (2009). Pollution and parasitism in aquatic animals: a meta-analysis of effect size. *Aquatic Toxicology*, 93: 18-28.
8. Bush, A. O., Kevin, D. L., Jeffrey, M. L. and Allen, W. S. (1997). Parasitology meets ecology on its own terms. *Journal of Parasitology*, 83: 575-583.
9. Cone, D. K., Marcogliese, D. J. and Watt, W. D. (1993). Metazoan parasite communities of yellow eels (*Anguilla rostrata*) in acidic and limed rivers of Nova Scotia. *Canadian Journal of Zoology*, 71: 177-184.
10. Dessouter, M. (1992). Bothidae. In: Faune des poissons d'eaux douces et saumâtres de l'Afrique de l'Ouest. Tome 2. (Lévêque C., Paugy D., Teugels G. G.), Faune Tropicale. pp 858-859.

11. Echi, P. C and Ezenwaji, M. G. (2009). The parasite fauna of characids (Osteichthyes: Characidae) Anambra river, Nigeria. *African Journal Ecology*, 48: 1-4.
12. Francis-Floyd, R. (2003). Dissolved Oxygen for fish production. Institute of Food and Agriculture Sciences. University of Florida. 3p.
13. Goula, B. T. A., Kouadio, Z. A., Kouakou, K. E., N’Goh, Y. A., N’Doume, C. and Savane I. (2009). Simulation du comportement hydrologique du bassin versant de l’Agnéby, en Côte d’Ivoire. *Revue Ivoirienne des Sciences et Technologie*, 13: 91-119.
14. Guégan, J. F. and Lambert, A. (1991). Dactylogyrids (Plathelminthes, Monogenea) of Labeo (Teleostei, Cyprinidae) from West African coastal rivers. *Journal Helminthological Society of Washington*, 58(1): 85-99.
15. Hem, S. and Avit, J. B. (1994). Acadja comme système d’amélioration de productivité aquatique. In : Biodiversité et aquaculture en Afrique (Agnès J.F., ed.). Abidjan, Côte d’Ivoire ; ORSTOM, pp. 12-20.
16. Hendrix, S. S. (1990). Attachment and microhabitat of *Bothriotrema bothi* (Monogenea). ICOPA VII, Paris, S6 A. Dynamique des populations parasites. Résumé de la communication. 1p.
17. Jerônimo, G. T., Gonçalves, E. L. T., Bampi, D., Paseto, A., De Pádua, S. B., Ishikawa, M. M. and Martins, M. L. (2013). Microhabitat of Monogenea and copepodids of *Lernaea cyprinacea* on the gills of four Brazilian freshwater fish. *Neotropical Helminthology*, 7(1): 65-74.
18. Lafferty, K. D., Allesina, S., Arim, M., Briggs, C. J., DeLeo, G., Dobson, A. P., Dune, J. A., Johnson, P. T., Kuris, A. M., Marcogliese, D. J., Martinez, N. D., Memmott, J., Marquet, P. A., McLaughlin, J. P., Mordecai, E. A., Pascual, M., Poulin, R. and Thieltges, D. W. (2008). Parasites in food webs: the ultimate missing links. *Ecology Letters*, 11: 533-546.
19. Lim, S. Y., Ooi, L. A and Wong, L. W. (2016). Gill Monogeneans of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) and red hybrid tilapia (*Oreochromis* spp.) from the wild and fish farms in Perak, Malaysia : infection dynamics and spatial distribution. *Springer Plus*, 5: 1-10.
20. Lo, C. M. and Morand, S. (2000). Spatial distribution and coexistence of Monogenean gill parasites inhabiting two damselfishes from Moorea island in French Polynesia. *Journal of Helminthology*, 74(4): 329-336.
21. Madanire-Moyo, G. N., Malta, M. M., Olivier, P. A. S. and Luus-Powell, W. J. (2010). Population dynamics and spatial distribution of Monogeneans on the gill of *Oreochromis mossambicus* (Peters, 1852) from two lakes of the Limpopo river system, South Africa. *Journal of Helminthology*, 27: 1-7.

22. Marcogliese, D. J. (2005). Parasites of the superorganism: Are they indicators of ecosystem health? *International Journal of Parasitology*, 35: 705-716.
23. Pariselle, A. and Euzet, L. (2009). Systematic revision of dactylogyridean parasites (Monogenea) from cichlid fishes in Africa, the Levant and Madagascar. *Zoosystema*, 31(4): 849- 898.
24. Paugy, D. and Guégan, J. F. (1989). Note à propos de trois espèces d'*Hydrocynus* (Pisces, Characidae) du bassin du Niger suivie de la réhabilitation de l'espèce *Hydrocynus vittatus* (Castelnau, 1861). *Revue d'Hydrobiologie Tropicale*, 22(1): 63-69.
25. Rohde, K. (1979). A critical evaluation of intrinsic and extrinsic factors responsible for niche restriction in parasites. *American Naturalist*, 114(5): 648-671.
26. Savané, I. (2010). Les ressources en eaux. In : Atlas de la biodiversité de l'Afrique de l'Ouest, volume III (Konaté A et Kammann D., eds.), Côte d'Ivoire, 126-131.
27. Simkova, A. and Rohde, K. (2013). Community stability and instability in ectoparasites of marine and freshwater fish. Rohde, K. ed. *The Balance of Nature and Human Impact*. Cambridge University Press: Cambridge, 75-87.
28. Simkova, A., Verneau, O., Gelnar, M. and Morand, S. (2006). Specificity and specialisation of congeneric Monogeneans parasitizing Cyprinid fish. *Evolution*, 60: 1023-1037.
29. Teugels, G. G. and Thys van den Audenaerde, D. F. E. (2003). Cichlidae. In: Faune des poissons d'eaux douces et saumâtres de l'Afrique de l'Ouest. Tome 2. (Lévêque C., Paugy D. & Teugels G.G., eds.), MRAC (Tervuren), ORSTOM (Paris), pp 521-600.
30. Valtonen, E. T., Holmes, J. C. and Koskivaara, M. (1997). Eutrophication, pollution and fragmentation : effects on parasites communities in roach (*Rutilus rutilus*) and perch (*Perca fluviatilis*) in four lakes in central Finland. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 54: 572-585.
31. Yao, W. J. and Nie, P. (2004). Population distribution and seasonal alternation of two species of Monogeneans on the gills of *Hypophthalmichthys molitrix* and *Ctenopharyngodon idellus*. *Acta Hydrobiologica Sinica*, 28: 664-667.
32. Zharikova, T. I. (2000). The adaptative reactions of the gill ectoparasites of the bream (*Abramis brama*) and the white bream (*Blicca bjoerkna*) on to the anthropogenic factor influence in the Ivan'kovo reservoir. *Parasitologia*, 34(1): 50-55.

Facteurs Épidémiologiques et Pronostiques Associés Aux Étiologies Des Hémorragies Digestives Hautes au CHU Campus de Lomé

Aklesso Bagny

Service d'Hépatogastroentérologie, CHU Campus, Lomé, Togo
Département d'Hépatogastroentérologie, Université de Lomé, Togo

Lidawu Roland-Moise Kogoe

Laconi Yeba Kaaga

Service d'Hépatogastroentérologie, CHU Campus, Lomé, Togo

Late Mawuli Lawson-Ananissoh

Service d'Hépatogastroentérologie, CHU Campus, Lomé, Togo
Département d'Hépatogastroentérologie, Université de Lomé, Togo

Debehoma Redah

Mawunyo Henoc Gbolou

Yendoukoa Yves Kanake

Service d'Hépatogastroentérologie, CHU Campus, Lomé, Togo

[Doi:10.19044/esj.2021.v17n34p44](https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n34p44)

Submitted: 18 August 2021

Accepted: 07 September 2021

Published: 30 September 2021

Copyright 2021 Author(s)

Under Creative Commons BY-NC-ND

4.0 OPEN ACCESS

Cite As:

Bagny A., Roland-Moise Kogoe L., Yeba Kaaga L., Lawson-Ananissoh L.M., Redah D., Gbolou H.M. & Kanake Y.Y. (2021). *Facteurs Épidémiologiques et Pronostiques Associés Aux Étiologies Des Hémorragies Digestives Hautes Au CHU Campus de Lomé*. European Scientific Journal, ESJ, 17(34), 44.

<https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n34p44>

Résumé

Objectif : Décrire les aspects épidémiologique, clinique et pronostique associés aux étiologies des hémorragies digestives hautes au CHU Campus de Lomé

Patients et méthode: Etude transversale à collecte rétrospective, à visée descriptive et analytique menée du 1er Janvier 2014 au 31 Décembre 2019. Le seuil de significativité était retenu pour $p < 0,05$.

Résultats: Deux cent cinquante et un patients avaient été inclus. L'hémorragie était d'origine hypertensive portale chez 69 patients (27,71%) ; ulcéreuse gastro-duodénale chez 100 patients (39,84%). Chez 25 patients

(9,96%), la fibroscopie œsogastroduodénale était normale. Une rupture de varices œsophagiennes était retrouvée chez 98,55% des patients présentant une hypertension portale. Les ulcères gastroduodénaux représentaient 54,94% des hémorragies digestives hautes d'origine non hypertensive portale. La valeur moyenne du score de Rockall était de 4(\pm 1) chez les patients présentant une hémorragie d'origine hypertensive et de 3(\pm 1) chez les patients avec hémorragie non hypertensive portale ($p < 0,001$). La valeur moyenne du score de Glasgow-Blatchford était de 10(\pm 3) chez les patients présentant une hémorragie d'origine hypertensive et 9(\pm 3) chez les patients avec hémorragie digestive haute d'origine non hypertensive ($p < 0,001$). La récurrence hémorragique et le décès étaient survenus chez les patients présentant un saignement d'origine hypertensive portale dans respectivement 54,84% ($p < 0,001$) et 71,42% ($p < 0,001$).

Conclusion: Les lésions inflammatoires aiguës et chroniques représentent la première étiologie des hémorragies digestives hautes dans le service d'Hépatogastroentérologie du CHU Campus. Ces hémorragies sont associées à la prise de médicaments gastrotoxiques et à un moindre risque de récurrence hémorragique et de décès.

Mots clés : Hémorragie Digestive Haute, Etiologie, Pronostique, Lomé, Togo

Epidemiological and Prognostic Factors Associates with Upper Gastrointestinal Bleeding in Campus Teaching Hospital of Lome

Aklesso Bagny

Service d'Hépatogastroentérologie, CHU Campus, Lomé, Togo
Département d'Hépatogastroentérologie, Université de Lomé, Togo

Lidawu Roland-Moise Kogoe

Laconi Yeba Kaaga

Service d'Hépatogastroentérologie, CHU Campus, Lomé, Togo

Late Mawuli Lawson-Ananissoh

Service d'Hépatogastroentérologie, CHU Campus, Lomé, Togo
Département d'Hépatogastroentérologie, Université de Lomé, Togo

Debehoma Redah

Mawunyo Henoc Gbolou

Yendoukoa Yves Kanake

Service d'Hépatogastroentérologie, CHU Campus, Lomé, Togo

Abstract

Objective: To describe epidemiological et prognostic outcomes associated with etiologies upper gastrointestinal bleeding in Campus Teaching Hospital of Lome

Patients and method: Cross-sectional study with retrospective collection, descriptive and analytical aim carried out from January 1, 2014 to December 31, 2019.

Results: Two hundred and one patients were included. The hemorrhage was of portal hypertensive origin in 69 patients (27.71%); peptic ulcer in 100 patients (39.84%). In 25 patients (9.96%), the oesogastroduodenal fibroscopy was normal. Ruptured esophageal varices were found in 98.55% of patients with portal hypertension. Peptic ulcers accounted for 54.94% of upper GI bleeding of non-portal hypertensive origin. The mean value of the Rockall score was 4(\pm 1) in patients with hemorrhage of hypertensive origin and 3(\pm 1) in patients with non-portal hypertensive hemorrhage ($p < 0.001$). The mean Glasgow-Blatchford score was 10(\pm 3) in patients with hemorrhage of hypertensive origin and 9(\pm 3) in patients with upper GI hemorrhage of nonhypertensive origin ($p < 0.001$). Hemorrhagic recurrence and death occurred in patients with bleeding of hypertensive origin in 54.84% ($p < 0.001$) and 71.42% ($p < 0.001$) respectively.

Conclusion: Acute and chronic inflammatory lesions represent the first etiology of upper GI bleeding in the Gastroenterology Department of the Campus Teaching Hospital of Lome. These hemorrhages are associated with the use of gastrototoxic drugs and with a lower risk of recurrence of hemorrhage and death.

Keywords: Upper Gastrointestinal Bleeding, Etiology, Prognosis, Lome, Togo

1. Introduction

L'hémorragie digestive haute (HDH) est un saignement dont l'origine est localisée sur la portion du tube digestif située en amont de l'angle de Treitz. Cette hémorragie peut s'extérioriser par une hématomèse ou un méléna (Lasserre N et al., 2009). C'est une urgence médico-chirurgicale nécessitant une prise en charge minutieuse. L'incidence annuelle est estimée à 100-150 épisodes pour 100000 habitants (Hervé S, 2007; Lasserre N et al., 2009). Les étiologies des HDH sont classées en deux catégories : les hémorragies digestives hautes d'origine hypertensive, et les hémorragies digestives hautes d'origine non-hypertensives (Czernichow P et al., 2000). Les HDH d'origine hypertensive portale sont une complication majeure de la cirrhose (D'amigo & De Franchis, 2003). En 2012, une étude menée (Bagny et al., 2012) avait permis de déterminer le profil étiologique des hémorragies digestives hautes,

sans toutefois décrire les éléments épidémiologique et pronostique propres aux étiologies retrouvées. Ainsi, avait-il semblé nécessaire de mener notre étude avec comme objectif de décrire les aspects épidémiologique et pronostique associés aux étiologies des hémorragies digestives hautes au CHU Campus de Lomé.

2. Patients et méthode

Il s'agit d'une étude transversale à collecte rétrospective, à visée descriptive et analytique menée du 1^{er} Janvier 2014 au 31 Décembre 2019. Avaient été inclus tous les patients hospitalisés dans le service d'Hépatogastroentérologie du CHU Campus pour hémorragie digestive haute, ou ayant présenté une hémorragie digestive haute en cours d'hospitalisation, pendant la période d'étude ; et ayant réalisé une fibroscopie œsogastroduodénale. L'hémorragie digestive haute était définie par la présence d'une hématomèse et/ou d'un méléna. Les patients présentant une instabilité hémodynamique avaient initialement bénéficié de mesures de réanimation médicale avant réalisation de la fibroscopie œsogastroduodénale. N'avaient été admis en salle de fibroscopie que les patients stables sur le plan hémodynamique.

Les caractéristiques épidémiologiques, cliniques, évolutives et les résultats endoscopiques ont été recueillies à l'aide d'une fiche conçue sous Microsoft Word version 2010 et entrées dans un masque Epidata 3.1. Les scores de Rockall et de Glasgow-Blatchford avaient permis d'évaluer le pronostic des patients. Ces données ont été traitées et apurées à l'aide du logiciel Stata version 2013.

L'analyse comprenait un volet descriptif de l'ensemble des patients puis des deux groupes étiologiques ; puis un volet analytique. L'étude analytique avait consisté à rechercher l'existence de facteurs associés aux différents groupes étiologiques. Les données quantitatives ont été présentées sous forme de moyenne, d'écart-type et d'intervalles. Les données qualitatives ont été présentées sous formes d'effectifs et de pourcentages. Les tests t de Student, exact de Fischer et Chi-carré ont été appliqués aux différents paramètres. Le seuil de significativité était retenu pour $p < 0,05$.

3. Résultats

Au total 4772 patients avaient été admis dans le service durant la période d'étude. Parmi ces patients, 314 présentaient une hémorragie digestive haute (fréquence hospitalière= 6,58%) ; et 251 remplissaient les critères d'inclusion.

Caractéristiques de la population d'étude

L'âge moyen de la population d'étude était de 45,34($\pm 16,72$) ans [15ans – 95 ans]. L'étude retrouvait 182 sujets de sexe masculin (72,80% ;

sex-ratio H/F=2,64). L'âge moyen chez les hommes était de 43,36(±15,61) ans, contre 50,61(±18,49) chez les femmes (IC à 95%= [43,25 – 47,42] ; p=0,002). La tranche d'âge des [30 ans – 40 ans] était la plus représentée. (Tableau 1).

Tableau 1. Caractéristiques Épidémiologiques, Cliniques Et Évolutifs

		Population d'étude			Hémorragie d'origine hypertensive portale			Hémorragie d'origine non hypertensive portale			p
		n	%	Moyenne	n	%	Moyenne	n	%	Moyenne	
Sexe	Masculin	182	72,80	-	51	75	-	130	72,22	-	0,339
	Féminin	69	27,20	-	17	25	-	51	27,78	-	
Age				45,34±16,72			43,11±13,96			46,05±17,64	0,219
Hépatopathie chronique		29	11,65		27	39,71		2	1,12		<0,001
Ethylisme		85	34,14		26	38,24		59	32,96		0,436
Tabagisme		11	5,58		2	3,29		9	6,52		0,381
Prise d'AINS		82	32,93		11	16,18		70	39,11		0,001
Ulcère gastroduodénal		18	7,73		2	3,03		16	9,64		0,090
Glasgow-Blatchford				9±3			10±3			8±3	<0,001
Rockall				4±1			4±1			3±1	<0,001
Récidive hémorragique		31	12,35		17	24,64		14	7,78		<0,001
Décès		14	5,58		10	14,49		4	2,22		<0,001

L'hémorragie digestive était extériorisée à type d'hématémèse associée à un méléna dans 87,10% des cas, de méléna isolé dans 12,90% des cas. Les antécédents retrouvés étaient : l'existence d'une hépatopathie chronique (11,65%), une notion de prise d'anti-inflammatoire avait été retrouvée dans 55,38% des cas. A l'admission, 70,93% présentaient un retentissement hémodynamique ayant nécessité la mise en route de mesures de réanimation spécifiques.

Etiologies des hémorragies digestives hautes

L'exploration endoscopique avait permis de retrouver comme origine du saignement : une hypertension portale chez 69 patients (27,71%) ; une maladie ulcéreuse gastro-duodénale chez 100 patients (39,84%), des lésions aiguës de la muqueuse gastroduodénale chez 67 patients (26,69%) ; un Mallory-Weiss chez 11 patients (4,38%), une œsophagite chez 9 patients (3,59%), un cancer gastrique chez 7 patients (2,79%). Deux patients (0,80%) avaient présenté un diverticule œsophagien, et un patient (0,40%) une angiodysplasie gastrique. Chez 25 patients (9,96%), la fibroscopie œsogastroduodénale était normale.

Hémorragies digestives hautes d'origine hypertensive portale

L'analyse des 69 patients présentant une hémorragie digestive d'origine hypertensive portale avait permis de retrouver comme lésion une

rupture de varices œsophagiennes chez patients 68 (98,55%) et une rupture de varices gastriques chez 1 patient. L'âge moyen des patients était de 43,11(\pm 13,96) ans [20 ans – 80 ans] ; les sujets de sexe masculin représentaient 75% ; et la tranche d'âge des [30 ans – 40 ans] était la plus représentée. L'hypertension portale était d'origine intra-hépatique chez l'ensemble des patients ; et la cirrhose était en cause, suivie de la bilharziose hépatique dans respectivement 96% et 4 % des cas.

Hémorragies digestives hautes d'origine non hypertensive

L'analyse des patients présentant une hémorragie digestive haute d'origine non hypertensive portale retrouvait un âge moyen de 46,05(\pm 17,64) ans [15 ans – 95 ans]. Les hommes représentaient 72,22% (sex-ratio H/F=2,32). (Tableau 2)

Tableau 2. Étiologies des hémorragies digestives hautes non hypertensives

Etiologies		Age moyen (années)	Sex-ratio H/F	Effectifs	Pourcentages
Œsophagite		36,88 \pm 18,67	2	9	5,73
Mallory-Weiss		37,90 \pm 20,49	4,5	11	7
Diverticule œsophagien		54,5 \pm 9,5	2/0	2	1,27
Gastroduodénites aiguës		47,58 \pm 15,41	2,2	67	42,67
Angiodysplasie gastrique		23	0/1	1	0,64
Cancers gastriques		56,42 \pm 25,52	6	7	4,46
Ulcères gastroduodénaux		46,45 \pm 17,04	3,8	100	63,69
	Forrest I			2	-
	Forrest II			8	-
	Forrest III			90	-

Les lésions siégeaient à l'œsophage, à l'estomac au bulbe et au duodénum dans respectivement 5,88%, 41,17%, 37,10% et 0,90%. Les ulcères gastroduodénaux représentaient 54,94% des hémorragies digestives hautes d'origine non hypertensive portale.

Scores pronostiques

Le score de Rockall avait été évalué chez les patients à l'admission et après réalisation de la fibroscopie. Le score de Rockall avait une valeur moyenne de 4(\pm 1) (extrêmes de 1 et 9) chez l'ensemble des patients. La valeur moyenne du score de Rockall était de 4(\pm 1) chez les patients présentant une hémorragie d'origine hypertensive et de 3(\pm 1) chez les patients avec

hémorragie non hypertensive portale ($p < 0,001$). On ne notait pas de différence statistique significative par rapport au sexe. (**Tableau 1**)

Le score de Glasgow-Blatchford avait été évalué chez les patients à l'admission. On notait une valeur moyenne de $9(\pm 3)$ (extrêmes de 2 et 17) chez l'ensemble des patients. La valeur moyenne du score de Glasgow-Blatchford était de $10(\pm 3)$ chez les patients présentant une hémorragie d'origine hypertensive et $9(\pm 3)$ chez les patients avec hémorragie digestive haute d'origine non hypertensive ($p < 0,001$). Il n'y avait pas de différence statistique significative par rapport au sexe. (**Tableau 1**)

Evolution

L'évolution pendant les 42 jours suivant l'admission avait été marquée par une récurrence hémorragique chez 31 patients (12,35%) et un décès chez 14 patients (5,58%). La récurrence hémorragique et le décès étaient survenus chez les patients présentant un saignement d'origine hypertensive portale dans respectivement 54,84% ($p < 0,001$) et 71,42% ($p < 0,001$). (**Tableau 1**)

4. Discussion

L'hémorragie digestive haute est une urgence médico-chirurgicale dont la prise en charge en Afrique nécessite un plateau technique adéquat. Dans les pays en voie de développement où le plateau technique est défaillant et le personnel insuffisant, il importe de pouvoir identifier les facteurs associés aux différentes étiologies d'une part, et les facteurs de mauvais pronostic d'autres parts, afin de déterminer dès l'admission les patients nécessitant une surveillance particulière.

L'âge moyen était de $45,34(\pm 16,72)$ ans, avec une prédominance masculine (sex-ratio H/F=2,64). Ces données sont similaires à celles de Gueye et al (Gueye MN et al., 2021) au Sénégal et Okon et al (Okon AJ et al., 2015) en Côte d'Ivoire. Les facteurs de risque de lésions inflammatoires aiguës ou chroniques œsogastroduodénales (prise de médicaments gastrotoxiques, jeûne); et l'évolution lente des hépatopathies chroniques responsables d'hypertension portale expliquent la survenue des hémorragies digestives hautes chez l'adulte jeune. Notons que la moyenne d'âge dans les séries

Africaines était inférieure à celle rapportée par Nahon et al (Nahon S et al., 2014) en France (63 ans) et Cooper et al (Cooper GS et al., 2012) aux USA (66 ans). Cette différence d'âge s'expliquerait par l'existence dans ces pays d'une population vieillissante en rapport avec une espérance de vie plus élevée.

Les patients avaient été classés en deux groupes en fonction des résultats de leurs fibroscopies. Il s'agissait du groupe des HDH d'origine hypertensive portale, et du groupe des HDH d'origine non hypertensive portale. Dans 27,71% des cas le saignement était d'origine hypertensive

portale. La majorité des patients présentait une rupture de varices œsophagiennes compliquant une cirrhose. Chez 72,11% des patients, l'hypertension portale n'était pas responsable du saignement. L'exploration endoscopique avait retrouvé chez ces patients des lésions inflammatoires aiguës ou chroniques des muqueuses de l'appareil digestif haut.

Les résultats de cette étude sont identiques à ceux des séries Ouest-Africaines (Katile D et al., 2020; Okon AJ et al., 2015) ; mais différent des données européennes (Cooper GS et al., 2012; Nahon S et al., 2014). L'explication réside dans l'épidémiologie des infections aux virus des hépatites (B et C) qui sévissent en Afrique sub-saharienne sur un mode endémique, avec contamination en période péri-natale. L'hypertension portale résultant de ces hépatopathies chroniques est ainsi plus fréquente en Afrique sub-saharienne.

La prédominance masculine retrouvée pourrait s'expliquer dans le groupe des HDH hypertensives par une exposition plus élevée des sujets de sexe masculin aux facteurs de risque des hépatopathies (alcoolisme, hépatite virales B et C). L'anamnèse avait retrouvé comme unique facteur associé à ce groupe l'existence préalable d'une hépatopathie chronique ($p < 0,001$). La prise d'anti-inflammatoire non stéroïdien était statistiquement associée au groupe des HDH d'origine non hypertensive portale ($p < 0,001$).

L'éthylisme chronique, le tabagisme et l'existence d'une maladie ulcéreuse œsogastro-duodénale n'étaient pas statistiquement associées au groupe des HDH d'origine non hypertensive portale. Cette différence non significative serait en rapport avec le faible effectif de notre échantillon d'une part, et à l'existence de données manquantes d'autres parts.

Sept patients présentaient un cancer gastrique. L'âge moyen de ces patients était la plus élevée ($56,42 \pm 25,52$ ans), et on notait une forte prédominance masculine. Ces résultats sont superposables à l'épidémiologie des cancers gastriques, qui surviennent chez le sujet âgé, avec une prédominance masculine. Cette prédominance masculine serait en rapport avec une inégale exposition aux facteurs de risque : tabagisme ; alcoolisme (Thrumurthy et al., 2013). Le cancer gastrique survenait précocement chez nos patients, comparativement aux séries européennes. La précocité de l'infection à *Helicobacter Pylori* en Afrique, corrélée à la diminution de cette même infection en Europe serait responsable de cet écart d'âge (Arnold et al., 2013).

L'angiodyplasie est une lésion vasculaire acquise superficielle de la muqueuse. Elles représentent 4% des étiologies des hémorragies digestives hautes (Moreto et al., 227apr. J.-C.). Dans notre étude, le seul cas d'angiodyplasie représentait 0,64% des étiologies des hémorragies. Cette faible fréquence est certainement due à l'absence dans notre plateau technique de moyens d'exploration de l'ensemble du grêle. En effet 40% à 60% des angiodyplasies digestives sont localisées sur l'intestin grêle (Lecleire et al.,

2012). Les angiodysplasies surviendraient généralement après 60 ans (Boley & Brandt, 1986), contrairement à notre patient chez qui le diagnostic avait été posé à 29 ans.

La fibroscopie œsogastro-duodénale était normale chez 9,96% des patients. Plusieurs études similaires (Arka et al., 2019; Hearnshaw et al., 2007; Van Leerdam ME et al., 2003) avaient rapporté que la fibroscopie œsogastroduodénale réalisée dans le cadre de l'exploration d'une hémorragie digestive haute était normale dans 3% à 17%. Arka et al (Arka et al., 2019) avaient mené des explorations complémentaires (vidéocapsule endoscopique, entéroscopie double ballon, angioscanner abdominal) qui avaient permis de retrouver la lésion en cause dans 48% des cas.

Les patients ayant présenté une hémorragie digestive haute d'origine hypertensive portale avaient des scores pronostiques, un taux de récurrence hémorragique et de décès plus élevés ($p < 0,001$). La survenue d'une récurrence hémorragique et du décès étaient similaires à celles rapportées par Gueye et al (Gueye MN et al., 2021), mais supérieures à celle rapportées par Nahon et al (Nahon S et al., 2014). Ce meilleur pronostic retrouvé dans les séries européennes s'explique par la disponibilité des médicaments adéquats dont l'utilisation est indiquée dans la prise en charge des hémorragies digestives hautes par hypertension portale. L'absence de ces drogues dues à leur coût élevé est responsable d'une morbi-mortalité élevée associée aux hémorragies digestives hautes en Afrique (Gueye MN et al., 2021).

Conclusion

Les lésions inflammatoires aiguës et chroniques représentent la première étiologie des hémorragies digestives hautes dans le service d'Hépatogastroentérologie du CHU Campus. Ces hémorragies sont associées à la prise de médicaments gastrotoxiques et à un moindre risque de récurrence hémorragique et de décès.

References:

1. Arka, B., Saptarshi, B., & Gopal, K. (2019). Acute upper gastrointestinal bleed: An audit of the causes and outcomes from a tertiary care center in eastern India. *Indian J Gastroenterol*, 38(3), 190-202.
2. Arnold, M., Karim-Kos, H., & Coebergh, J. (2013). Recent trends in incidence of five common cancers in 26 European countries since 1988: Analysis of the European cancer observatory. *Eur J Cancer*, 51(9), 1164-87.
3. Bagny, A., Bouglouga O, & Djibril, M. (2012). Profil étiologique des hémorragies digestives hautes de l'adulte au CHU-campus de Lomé (Togo). *J Afr Hepato Gastroenterol*, 6, 38-42.

4. Boley, S., & Brandt, L. (1986). Vascular ectasias of the colon. *Dig Dis Sci*, 31(9), 26-42.
5. Cooper GS, Chak A, & Way LE. (2012). Early endoscopy in upper gastrointestinal hemorrhage: Associations with recurrent bleeding, surgery, and length of hospital stay. *Gastrointest Endosc*, 49, 145-152.
6. Czernichow P, Hochain P, Nousbaum JB, Raymond JM, Rudelli A, & Dupas JL. (2000). Epidemiology and course of acute upper gastrointestinal haemorrhage in four French geographical areas. *Eur J Gastroenterol Hepatol*, 12, 175-181.
7. D'amigo, G., & De Franchis, R. (2003). Upper digestive bleeding in cirrhosis. Post-therapeutic outcome and prognostic indicators. *Hepatology*, 38, 599-612.
8. Gueye MN, Diallo S, Ndiaye BM, Fall MP, Cisse SAB, Diouf G, Bassene ML, Dia D, & Mbengue M. (2021). Upper gastrointestinal bleeding in Senegal: Preliminary results of a single-centre prospective study. *Japanese J of Gastroenterol*, 1-4.
9. Hearnshaw, S., Logan, R., & Lowe, D. (2007). Acute upper gastrointestinal bleeding in the UK: patient characteristics, diagnoses and outcomes in the 2007 UK audit. *Gut*, 60, 1327-1335.
10. Hervé S. (2007). Epidemiology of upper digestive bleedings: New aspects. *Hepato-Gastro*, 14, 205-210.
11. Katile D, Sangare S, Traore LI, Sogoba G, & Cisse SM. (2020). Etiological profile of upper digestive haemorrhages externalized in decentralized environment : Case of the regional hospital of Kayes in Mali. *Rev Int Sc Med Abj*, 22, 123-126.
12. Lasserre N, Duval F, & Pateron D. (2009). Upper digestive bleedings, management into emergency services. *Emergence*, 98, 959-968.
13. Lecleire S, Iwanicki-Carron I, & Di-Fiore A. (2012). Yield and impact of emergency capsule enteroscopy in severe obscure-overt gastrointestinal bleeding. *Endoscopy*, 44(4), 337-342.
14. Moreto M, Figa M, & Ojembarrena E. (1986). Vascular malformations of the stomach and duodenum: An endoscopic classification. *Endoscopy*, 18(6), 227-229.
15. Nahon S, Hagège H, & Latrive JP. (2014). Epidemiological and prognostic factors involved in upper gastrointestinal bleeding : Results of a French prospective multicenter study. Epidemiological and prognostic factors in UGIB in France. *Endoscopy*, 44, 214-218.
16. Okon AJ, Thot'o AS, Diakite M, Soro D, Ouattara A, & Kone A. (2015). Résultats et facteurs prédictifs de mortalité des hémorragies digestives hautes en hospitalisation : Étude multicentrique en Côte-d'Ivoire. *Acta Endosc*, 45, 285-290.

17. Thrumurthy S, Chaudry M, & Hochhauser D. (2013). The diagnosis and management of gastric cancer. *BMJ*, 347, 6367.
18. Van Leerdam ME, Vreeberg EM, & Rauws EAJ. (2003). Acute upper GI bleeding: Did anything change ? Time trend analysis of incidence and outcome of acute upper GI bleeding between 1993/1994 and 2000. *Am J Gastroenterol*, 98, 1494-1499.



ESJ Natural/Life/Medical Sciences

Etude de la Performance Economique de la Replantation Annuelle De Bananiers Plantain, Une Strategie De Gestion des Nematodes au Sud de la Cote D'ivoire

***Vawa Otro Serge Théodore
Gnonhoury Goly Philippe***

Centre National de Recherche Agronomique (CNRA),
Station de Recherche de Bimbresso, Abidjan, Côte d'Ivoire

Seri Serge Pacôme
Université Félix Houphouët Boigny, UFR Bioscience,
Abidjan, Côte d'Ivoire

[Doi:10.19044/esj.2021.v17n34p55](https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n34p55)

Submitted: 23 June 2021

Accepted: 09 August 2021

Published: 30 September 2021

Copyright 2021 Author(s)

Under Creative Commons BY-NC-ND

4.0 OPEN ACCESS

Cite As:

Théodore V.O.S., Philippe G.G. & Pacôme S.S. (2021). *Etude de la Performance Economique de la Replantation Annuelle De Bananiers Plantain, Une Strategie De Gestion des Nematodes au Sud de la Cote D'ivoire*. European Scientific Journal, ESJ, 17(34), 55.

<https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n34p55>

Résumé

Les présents travaux ont été menés dans le cadre de l'accroissement durable de la production de bananier plantain et de la stratégie de sécurité alimentaire en Côte d'Ivoire. Dans cette perspective, la gestion culturale des nématodes phytoparasites par la replantation annuelle de la culture de bananiers plantains a été évaluée. En condition de culture de contre saison, la variété CORNE 1 a été plantée à haute densité (2500 plants/ha) dans un dispositif impliquant quatre traitements : culture continue sans nématicide, culture continue avec nématicide, culture replantée avec nématicide et culture replantée sans nématicide. La replantation a eu lieu à 0,8 m du pied fructifère de la saison de culture qui a été déraciné avec les rejets successeurs. L'essai a duré trois cycles de culture. La culture replantée a permis d'obtenir des rendements élevés, 35,08 t/ha et 34,26 t/ha respectivement au 2ème et 3ème cycle de culture. Les rendements en culture replantés sont statistiquement comparables à celui obtenu à la première année de culture (35 t/ha). Par contre, en culture continue, des baisses de rendements de 41,4 % et 63,5 % ont été enregistrées respectivement au 2ème et 3ème cycle de culture. Par rapport à la

culture continue, la replantation annuelle a généré une marge bénéficiaire brute de plus de 64 % et 207 % respectivement au 2ème et 3ème saison de culture. En définitive, la culture replantée semble économiquement plus rentable que la culture pluriannuelle de bananier plantain.

Mots clés : Phytonématodes, Nématicides, Culture Continue, Replantation Annuelle, Marge Bénéficiaire, Côte d'Ivoire

Study of The Economic Performance of Annual Plantain Replanting, A Nematode Management Strategy in Southern Cote D'ivoire

*Vawa Otro Serge Théodore
Gnonhoury Goly Philippe*

Centre National de Recherche Agronomique (CNRA),
Station de Recherche de Bimbresso, Abidjan, Côte d'Ivoire

Seri Serge Pacôme
Université Félix Houphouët Boigny, UFR Bioscience,
Abidjan, Côte d'Ivoire

Abstract

The work herein reported has been conducted in the framework of the sustainable improvement of production of plantain and the food security strategy of the Côte d'Ivoire. In this perspective, the annual replanting of plantain orchards has been assessed as a tool for cultural management of plant-parasitic nematodes. The cultivar Horne 1 has been planted at high density (2500 plants/ha) in the framework of an off-season production system. Four treatments were applied: three continuous cycles with no nematicide application; three continuous cycles with applications of nematicide; annual replanting with nematicide applied and annual replanting with no nematicide application. Replanting was done at 0.8m from the bunch bearing-tree of the previous crop that was totally uprooted after harvest. In general, the populations of *R. similis* and *P. coffeae* were concentrated (80 %) within a radius of 50 cm around the bunch bearing-plantain. The lowest nematode infestations were recorded under annual planting replanting with or without nematicide treatments. In addition, yields remained high ($P < 0.05$) during the second (35 t/ha) and third crops (30 t/ha) and were not statistically different from that of the first crop (35 t/ha). On the contrary, under successive crop cycles, yields declined by 41.4 and 63.5 % respectively during the second and third crop cycles. Compared to the classic plantain cultivation method, annual replanting has generated a gross margin of 64 % and 207 % during the second

and third seasons. Finally, the replanted crop appears to be economically more profitable than the multi-year plantain crop.

Keywords: Phytonematodes, Nematicides, Crop Cycles, Annual Replanting, Profit Margin, Côte d'Ivoire

Introduction

Le bananier est une plante annuelle. Le passage d'un cycle de production à un autre, se fait par le choix d'un rejet successeur. De telle pratique culturale, à partir de rejets aux faibles potentiels de production conduit à un déclin de la production d'un cycle de production à un autre et favorise un accroissement de la pression parasitaire (Vawa *et al.*, 2015). Dans ces conditions, la densité de plantation n'atteint guère 1667 plants/ha et les rendements obtenus sont faibles variant entre 5 et 10 t/ha (Kobenan *et al.*, 2006). Les plantations sont hétérogènes ce qui engendre une production disparate, non homogène. Ces pratiques culturales engendrent des dates de récolte des régimes de bananiers qui ne sont pas planifiées et échelonnées. Ce handicap crée un risque d'écoulement des régimes, de mévente de la production et des pertes énormes pour les agriculteurs. Ces techniques de production combinées à la rareté des pluies, entraînent la fluctuation de l'offre de la banane plantain sur les marchés nationaux et sous régionaux qui se caractérise par une abondance de la production d'Octobre à Avril et une pénurie de Mai à Septembre, occasionnant une hausse de plus de 49% des prix (N'kendah et Akeampong, 2003 ; Gnonhour, 2015). Les plantations dans ces conditions sont en général créées à partir des rejets aux faibles potentiels de production et demeurent en place pendant plusieurs cycles de culture sans mesures phytosanitaires (Vawa *et al.*, 2015). Cette pratique culturale favorise un accroissement des phytonématodes et des pertes de production variant entre 30 % et 75 % (Sarah, 2000). La lutte contre ces nématodes est essentiellement chimique, avec le recours en quantité énorme de nématicides (15 kg à 20 kg de matière active /an). La plupart de ces nématicides sont des biocides généraux (Sarah, 1989) et entraînent des risques de pollution des milieux naturels. Ils constituent des dangers potentiels pour les populations et les animaux. Dans un tel contexte de faible rendement et de pollution de l'environnement, des techniques novatrices de culture écologique s'imposent. La replantation annuelle de bananier plantain, à base de vivoplants, se faisant sans usage de nématicides, permet de réduire de 70 % les populations de nématodes à la floraison et d'avoir des rendements de plus de 35 t/ha à la première saison de culture (Bélalcazar et Cayon, 2001). Ce triple avantage de la replantation annuelle permet d'établir une marge bénéficiaire comparativement à la culture continue. La présente étude vise à étudier la

performance économique générée par la technique de culture de bananiers replantées comparativement à la technique de culture continue pluriannuelle.

I. Présentation du milieu d'études

L'étude s'est déroulée dans la région de l'Agneby-Tiassa, dans le Département de Tiassalé, à Tabouatien (Figure 1). La localité de Tabouatien est située au Sud de la Côte d'Ivoire, à environ 120 km au Nord d'Abidjan (Monnier, 1983), entre les Latitudes Nord $5^{\circ}56'53,4''$; $5^{\circ}56'51,1''$ et les Longitudes Ouest $4^{\circ}51'06,6''$; $4^{\circ}51'06,7''$ et à $50,5 \pm 0,5$ m d'altitude. Elle se situe à la fin de la région des Lagunes et marque la fin du « V » Baoulé au Sud. Le Département de Tiassalé est situé à équidistance des deux capitales, (120 km de Yamoussoukro et d'Abidjan). Il est limité au Nord par ceux de Toumodi et de Bongouanou, à l'Est par celui d'Agboville, à l'Ouest par ceux de Taabo et de Divo et enfin au Sud par ceux de Grand-Lahou et de Sikensi. La parcelle expérimentale, ayant fait l'objet d'étude se situe dans la forêt humide semi décidue du domaine Guinéen caractérisée par un climat de type Sub-équatorial (Monnier, 1983). La température annuelle moyenne a été de $26,99 \pm 1,28$ °C. Les hauteurs de pluie moyennes mensuelles ont été de $128,83 \pm 104,01$ mm. L'humidité relative moyenne de l'air ambiante a été de $85 \pm 1,5$ %.

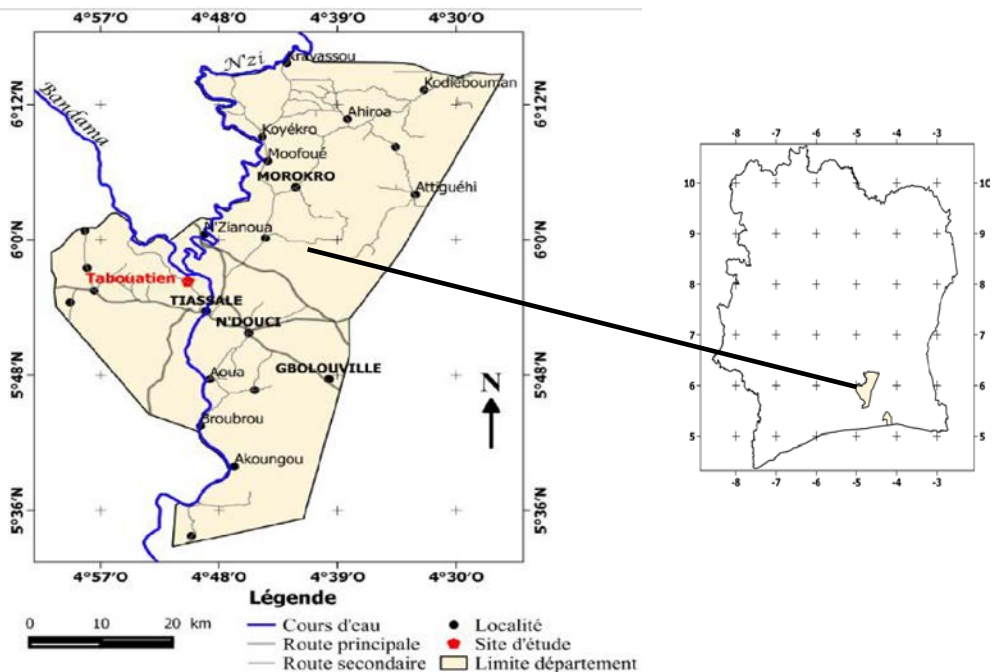


Figure 1. Localisation du site d'étude de Tabouatien (Vawa, 2015)

II. Matériel et méthodes

II.1. Matériel

II.1.1. Matériel végétale

Le matériel végétal de plantation est constitué de vivoplant du cultivar CORNE 1 (Figure 2). Il est originaire de la Côte d'Ivoire. Il est du groupe génomique AAB et du groupe variétal FAUX CORNE. Il est issu d'un croisement de *Musa accuminata* AA et de *Musa balbisiana* (Thiemele *et al.*, 2015). C'est une variété locale, majoritairement cultivée en zone humide et consommée en Côte d'Ivoire. Le choix du cultivar CORNE 1 s'explique par le fait qu'il représente plus de 80 % de la production nationale de bananiers plantain et sa culture est favorable aux conditions pédoclimatiques de la Côte d'Ivoire (N'da, 1993). De plus, ses fruits, se prêtent à plusieurs mets en Côte d'Ivoire. La floraison survient sept (7) à huit (8) mois après plantation et la durée du cycle de production est d'environ 12 mois (Thiemele *et al.*, 2015).



Figure 2. Cultivar de bananier CORNE 1 au stade vivoplant

II.1.2. Matériel parasitaire

Les nématodes étudiés sont *Radopholus similis* et *Pratylenchus coffeae*. Ces deux nématodes endoparasites migrants font tout leur cycle de vie à l'intérieur de la cellule parasitée et représentent à eux seuls plus de 60 % de la nématofaune rencontrée dans les plantations de bananiers en Côte d'Ivoire et causent plus de 90 % des pertes de production liées aux parasites telluriques en Côte d'Ivoire (Lavigne, 1987). *R. similis* est un nématode foreur des pieds de bananier. Les mâles sont assez rares. La vulve est médiane, à 50 % ou 60 % de la longueur du corps. Les tubes génitaux chez les femelles sont deux et développés. La queue chez les femelles est un peu conoïde et allongée, avec une terminaison arrondie ou indentée. La queue chez les mâles est allongée, conoïde, arquée ventralement. Les bourses s'étendent sur les deux tiers de la longueur de la queue (Siddiqi., 2000). Quant à *P. coffeae*, les mâles sont assez rares. La queue est convexe et conoïde. Les bourses s'étendent jusqu'à l'extrémité de la queue. La vulve est nettement postérieure, à 70 % ou 80 % de la longueur du corps. Seul le tube antérieur est développé chez les

femelles. La queue chez les femelles est conoïde, ventralement concave. Les terminaisons sont grossièrement arrondies, tronquées ou irrégulièrement crénelées (Siddiqi., 2000).

II.2. Methodes

II.2.1. Dispositif expérimental

L'étude a été réalisée sur trois saisons de culture de bananier plantain. Lors du premier cycle de culture, les bananiers ont été plantés dans un dispositif de plantation en lignes jumelées à raison de 1,6 m sur la ligne et 2 m entre une double ligne. Les lignes jumelées ont été séparées entre elles par des couloirs de 3 m, donnant une densité de plantation de 2500 pieds/ha. L'essai est constitué de quatre blocs de culture, avec quatre parcelles élémentaires par bloc. Une parcelle élémentaire mesure 192 m² soit 16 m x 12 m. Elle est constituée de 56 plants dont 26 plants de bordure et 30 plants d'observations. Quatre traitements ont été distribués dans un bloc de Fisher complètement randomisé. Les traitements appliqués sont :

- Culture continue sans application de nématicide (Témoin), (CCNT) ;
- Culture continue avec application de nématicide de référence (Cadusafos 10%), (CCT)
- Culture replantée à chaque fin de cycle, par déplacement de la ligne de culture avec application de nématicide (CRT) ;
- Culture replantée à chaque fin de cycle, par déplacement de la ligne de culture sans application de nématicide (CRNT).

II.2.2. Conduite culturale

Le planting s'est fait dans des trous de 30 x 30 x 40 cm de dimension. A la plantation, 166,6 g de dolomie et 133 g de phosphate tricalcique ont été apportés dans chaque trou de bananier comme engrais de fond. A partir de deux mois de végétation, 22 g d'urée 46 % et 55 g de chlorure de potasse ont été appliqués en large couronne de 30 cm autour de chaque pied de bananier, chaque mois jusqu'à la floraison. Le nématicide Cadusafos 10 % a été appliqué en couronne large de 30 cm autour des pieds de bananier à raison de 30 g/pied, à intervalle de trois mois ; septembre, décembre et mars à la 2^{ème} saison et octobre, janvier et avril à la 3^{ème} saison de culture. Le fongicide Chlorothalonil (720 g/l) a été appliqué sur les feuilles des bananiers pour 2 l/ha tous les 30 jours à partir du 4^{ème} mois, après plantation jusqu'à la fructification. Les parcelles ont été irriguées, goutte à goutte, cinq fois par semaine à raison de sept mm d'eau par jour. L'effeuillage a été réalisé au besoin lorsque les bananiers ont atteint un mètre de hauteur. L'œilletonnage a été réalisé mensuellement sur les pieds de bananier. Pour les parcelles en culture continue, un rejet successeur a été choisi à partir de la récolte. Un désherbage

manuel a été réalisé chaque deux mois pour maintenir la parcelle propre. Chaque bananier a été tuteuré à la floraison.

II.2.3. Suivi d'un gradient d'infestation le long du profile racinaire

La replantation annuelle des bananiers a été faite dans les interlignes suivant un gradient d'infestations racinaire décroissant qui a servi d'indicateur à l'établissement des nouvelles lignes de plantation par rapport à celle de la culture précédente. Au 2^{ème} et 3^{ème} cycle de culture, le gradient d'infestation a consisté en un suivi régulier des populations de nématodes à deux distances à partir du pied fructifère entre 0 et 0,5 m ; 0,5 m et 1 m à 40 cm de profondeur.

II.2.4. Méthodes d'échantillonnage des racines

Les prélèvements de racines ont été faits au cours de trois stades végétatifs de développement des bananiers : en fin de la phase de croissance (à 182, 186 et 192 jours après plantation respectivement au premier, second et troisième cycle de culture), à 50 % de floraison, soit à 243, 249 et 255 jours après plantation respectivement au premier, second et troisième cycle de culture et à 95 % de récolte soit à 324 jours après plantation. A chaque stade végétatif, les échantillons ont été collectés selon la méthode de Tabarant (2013) en creusant une excavation de diamètre de [0 m ; 0,5 m [et] 0,5 m ; 1 m [à 40 cm de profondeur tangentielle à la souche du bananier plantain.

II.2.5. Evaluation des rendements des bananiers

Le régime de bananier est récolté 80 jours après floraison et pesé puis le poids rangé en fonction du traitement appliqué à la parcelle. Le rendement réel par traitement et par cycle de production (kg) a été déterminé par la somme des masses du nombre de pieds de bananiers collectés par traitements. Le rendement réel par traitement et par cycle de production (kg) a été converti par pied récolté.

$$R \text{ (Kg)} = \Sigma Mn \text{ (kg)}$$

$$R/\text{pied} = \Sigma Mn / n \text{ (Kg)}$$

Avec, **M** : masse (Kg) du régime de bananier récolté ;

n : Nombre total de régimes de bananier récolté ;

R : Rendement réel des bananiers obtenu par traitement ;

R/pied : Rendement réel des bananiers obtenu par pied.

II.2.6. Marge bénéficiaire relative aux deux techniques culturales de plantain de densité 2500 plants/ha

La marge bénéficiaire a été évaluée et exprimée en F CFA. Elle a été basée sur le différentiel de revenu lié aux spécificités de charges. Seules les

charges spécifiques à chaque technique culturale ont été prises en compte. Les charges d'investissement communes aux deux techniques de culture n'ont pas été prises en compte. Les charges sont l'ensemble des biens et services achetés et consommés du fait des besoins impartis à chaque technique culturale (Technique de replantation annuelle et technique de culture continue de bananiers). Elles concernent les charges opérationnelles ou variables. Leur évaluation a porté sur l'ensemble des charges spécifiques supportées par les exploitants au 2^{ème} et 3^{ème} cycle de production. Les charges spécifiques à la technique de culture replantée sont constituées des frais d'achat et du transport des vivoplants, de dessouchage, d'andainage, de piquetage, de trouaison et de planting. Les charges spécifiques à la technique de culture continue se composent des frais de sélection du rejet successeur, d'achat, du transport et des kits d'application et du coût de la main d'œuvre de l'application des nématicides (Tableau 1).

$$CER = AV + TV + DA + PTP$$

Avec, **CER** : Charges d'exploitation spécifiques à la culture replantée ;

AV : Frais d'achat des vivoplants ;

TV : Frais de transport des vivoplants ;

DA : Frais de dessouchage et d'andainage ;

PTP : Frais de piquetage, trouaison et planting.

$$CEC = SR + AN + TN + AK + MO$$

Avec, **CEC** : Charges d'exploitation spécifiques à la culture continue ;

SR : Frais de sélection de rejet successeur ;

AN : Frais d'achat des nématicides ;

TN : Frais de transport des nématicides ;

AK : Frais d'achat des kits d'application des nématicides ;

MO : Coût de la main d'oeuvre de l'application des nématicides.

Tableau 1. Typologie de charges spécifiques à la culture replantée et continue pour la gestion des nématodes, pour une densité de 2500 plants/ha de bananier plantain

Opérations Effectuées	Charges spécifiques à la technique de la culture replantée bananier	Charges spécifiques à la technique de la culture continue de bananier
1. Matériel végétal	- Achat des vivoplants - Transport des vivoplants	
2. Opérations Culturelles	- Piquetage, Trouaison et planting - Dessouchage et andainage	- Sélection d'un rejet successeur
3. Pesticides		- Achat des nématicides - Transport des nématicides
4. Kits d'application des nématicides		- Doses - Achat de gants - Achats de masques de

		protection - Achats de seaux - Combinaisons
5. Main d'œuvre de l'applicateur		- Coût de la main d'œuvre de l'application - Tâches exécutées au cours des opérations culturales

II.2.7. Estimation des recettes de la vente des bananes plantain

La vente des régimes de banane plantain a été considérée. Les régimes ont été récoltés en contre saison. Cette période de la faiblesse de l'offre des bananes sur les marchés a permis de créer une plus-value sur la vente des bananes plantain.

$$MB = RE - CE$$

Avec, **MB** : Marge bénéficiaire ;

RE : Recettes d'exploitation ;

CE : Charges d'exploitation.

La performance économique de la technique de culture replantée de bananier plantain a été établie à partir de la différence de la marge bénéficiaire de la technique de culture replantée et celle de la culture continue.

$$PECR = MB CR - MB CC$$

Avec, **PECR** : Performance économique de la culture replantée de bananier plantain

MB CR : Marge bénéficiaire de la technique de culture replantée

MB CC : Marge bénéficiaire de la technique de culture continue

II.2.8. Analyses statistiques

Le logiciel STATISTICA 9.0 a été utilisé pour l'analyse des données. Les densités de nématodes ont été transformées en $\log(x+1)$ et les proportions en $\arcsin(x)$ avant les analyses statistiques. Les analyses de variances et les moyennes ont été discriminées à l'aide du test de la Plus Petite Différence Significative au seuil de 5 % de Fisher, P valeur seuil 5 %.

III. Resultats

III.1. Effets des pratiques culturales sur le rendement

La 1^{ère} saison de culture a enregistré 30 t/ha. A la seconde saison de production, la replantation annuelle avec application de nématicide (CRT) (36,25 t/ha) ou sans traitement nématicide (CRNT) (35,08 t/ha) améliore le rendement par rapport à la culture continue avec (30,75 t/ha) ou sans traitement nématicide (20,51 t/ha). Ces différences de rendements sont statistiquement significatives ($P < 0,05$) (Tableau 2). Comparativement au

rendement obtenu au cours de la première année de culture (35 t/ha), la replantation annuelle avec et sans application de nématicide a permis de maintenir le niveau de production de + 3,58 et + 0,23 % respectivement en culture replantée avec application de nématicide (CRT) et en culture replantée sans application de nématicide (CRNT)]. En culture continue en revanche, des baisses de rendements ont été enregistrées et qui vont de 12,14 % avec application (CCT) à 41,40 % sans application de nématicide (CCNT). Au troisième cycle de culture, une baisse des rendements a été observée sur toutes les pratiques culturales. Une baisse de rendement de 0,40 % a été notée avec la culture replantée avec application de nématicide (CRT), 2,11 % en culture replantée sans application de nématicide (CRNT), 26,80 % en culture continue avec application de nématicide (CCT) et de 62,57 % en culture continue sans application de nématicide (CCNT) (Tableau 2). Les rendements sont tous statistiquement différents ($P < 0,05$). Concernant les rendements au 2^{ème} et 3^{ème} cycle, la culture continue non traitée (CCNT), la culture continue traitée (CCT) et la culture replantée non traitée (CRNT) ont présenté une différence hautement significative ($P \leq 0,05$) ; contrairement à la culture replantée traitée où les rendements au 2^{ème} et 3^{ème} cycle sont sans différence significatives (Tableau 2).

Tableau 2. Rendements de bananier plantain du cultivar CORNE 1 en fonction des pratiques culturales au 2^{ème} et 3^{ème} saison de culture

	Cycle de production		Rendements des bananiers (t/ha)	
	CCNT	CCT	CRNT	CRT
Cycle 2	20,51 ± 0,30 d ^a	30,75 ± 0,55 c ^a	35,08 ± 0,30 b	36,25 ± 0,22 a ^a
Cycle 3	13,10 ± 0,28 d ^b	25,62 ± 0,26 c ^b	34,26 ± 0,39 b ^b	34,86 ± 0,35 a ^a

*Les moyennes suivies d'une même lettre majuscule sur la même ligne ne sont pas statistiquement significatives au seuil de probabilité 5 % (Test PPDS)

**Les moyennes suivies d'une même lettre minuscule en exposant sur la même colonne ne sont pas statistiquement significatives au seuil de probabilité 5 % (Test PPDS de Fisher).

***CCNT : Culture continue non traitée ; CCT : Culture continue traitée ; CRNT : Culture replantée non traitée ; CRT : Culture replantée traitée.

III.2. Charges d'exploitations spécifiques à la replantation d'un hectare de bananier plantain de densité 2500 plants/hectare

Le coût d'acquisition des 2 500 vivoplants plantés s'élève à 750 000 F CFA en raison de 300 F CFA l'unité. Le coût du transport des 2 500 vivoplants de bananiers plantains s'élève à 125 000 F CFA à raison de 50 F CFA le transport d'un plant. Les charges liées à la mise en terre des semences de bananier se résument aux frais de dessouchage, d'andainage des résidus et rejets des bananiers du cycle de culture précédente, de piquetage, de trouaison et de planting dans les couloirs où le niveau d'infestation est potentiellement faible. Le coût des frais de dessouchage et d'andainage des résidus et rejets des bananiers du cycle de culture précédente s'élève à 125 000 F CFA. Le coût

de piquetage, de trouaison et de mise en terre des vivoplants s'élève à 125 000 F CFA. Le coût de piquetage, trouaison et de planting s'élève à 50 F CFA l'unité. Le total des charges inhérentes à la technique de replantation s'élève à 1 125 000 F CFA à la 2^{ème} saison de culture et 1 125 000 F CFA à la 3^{ème} saison de culture (Tableau 3).

III.3. Charges d'exploitations spécifiques à la culture continue d'un hectare de bananier plantain de densité 2500 plants/ hectare

Le coût des 225 kg de nématicide Cadusafos 10 % nécessaires en culture continue, pendant une saison de culture s'élève à 562 500 F CFA en raison de 2 500 F CFA le kilogramme de Cadusafos 10 %. Pour la mise en place de la 2^{ème} saison de culture, un rejet successeur a été sélectionné. Le coût de sélection des 2500 rejets s'élève à 62 500 F CFA à raison de 25 F CFA par rejet sélectionné. Le coût de transport des nématicides au champ s'élève à 135 000 F CFA à raison de 600 F CFA/kg de nématicide. Quarante dosettes ont été nécessaires pour appliquer les 225 kg de nématicides. Le coût des dosettes pour appliquer les nématicides s'élève à 20 000 FCFA à raison de 500 F CFA l'unité. Dix gants ont été acquis pour protéger les mains de l'applicateur. Le coût d'acquisition des gants s'élève à 10 000 F CFA en raison de 1 000 F CFA l'unité. Quatre masques de protection pour éviter aux applicateurs d'inhaler le nématicide Cadusafos 10 % ont été utilisés. Le prix d'achat desdits masques s'élève à 100 000 FCFA à raison de 25 000 F CFA l'unité. Quatre combinaisons ont été utilisées pour protéger les applicateurs contre les effets nocifs du nématicide Cadusafos 10 %. Le coût d'acquisition des quatre combinaisons s'élève à 160 000 FCFA à raison de 40 000 F CFA l'unité. Quatre seaux de ménage ont été utilisés. Le coût des seaux qui ont servi à appliquer les nématicides en plantation s'élève à 4 000 F CFA à raison de 1 000 F CFA l'unité. Les applicateurs ont mis 72 heures pour appliquer les nématicides. Le coût de la main d'œuvre de l'application s'élève à 250 000 F CFA à raison de 3472,23 F CFA/h. Le total des charges inhérentes à la technique de culture continue s'élève à 1 304 000 F CFA et 1 304 000 F CFA aussi bien à la 2^{ème} qu'à la 3^{ème} saison de culture (Tableau 3).

III.4. Estimation des recettes de production spécifiques à la replantation et à la culture continue de 2 500 plants/ hectare de bananier plantain

Les rendements obtenus par la technique de replantation sont estimés à 35 030 Kg et 30 260 Kg respectivement à la 2^{ème} et à la 3^{ème} saison. Ceux obtenus par la technique de culture continue sont de 20 510 Kg et 12 790 Kg respectivement à la 2^{ème} et à la 3^{ème} saison. Les recettes de la culture replantée de plantain sont estimées à 10 509 000 F CFA et 9 078 000 F CFA respectivement à la 2^{ème} et à la 3^{ème} saison contre 6 153 000 F CFA et 3 837

000 F CFA respectivement à la 2^{ème} et à la 3^{ème} saison en culture continue (Tableau 3).

III.5. Marge bénéficiaire de la culture replantée comparativement à la culture continue de densité 2 500 plants/ hectare

La marge bénéficiaire des recettes d'exploitation de chaque pratique culturale a été évaluée. Elle est estimée à 9 384 500 F CFA et 7 953 000 F CFA respectivement au 2^{ème} et 3^{ème} cycle en culture replantée contre 5 703 800 F CFA et 2 587 800 F CFA respectivement au 2^{ème} et 3^{ème} cycle en culture continue. La performance économique de la technique de la culture replantée comparée à celle de la culture continue est estimée à 2 680 700 F CFA et 3 265 200 F CFA respectivement au 2^{ème} et 3^{ème} cycle. La technique de replantation est économiquement bénéfique comparée à la technique de culture continue.

Rubriques	CULTURE REPLANTE						CULTURE CONTINUE					
	Saison 2			Saison 3			Saison 2			Saison 3		
	Quantité	Prix unitaire	Coût total	Quantité	Prix unitaire	Coût total	Quantité	Prix unitaire	Coût total	Quantité	Prix unitaire	Coût total
I. CHARGES												
I.1. Matériel végétal												
Vivoplants (pieds)	2500	300	750 000	2500	300	750 000						
Transport des vivoplants (pied)	2500	50	125 000	2500	50	125 000						
I.2. Opérations culturales												
Dessouchage et d'andamage (pied)	2500	50	125 000	2500	50	125 000						
Piquetage, trouaison et planting							2500	25	62 500	2500	25	62 500
Sélection de rejets successeurs												
I.3. Achat des nématicides												
Cadusafos 10 % (kg)							225	2 500	562 500	225	2500	562 500
Transport Cadusafos 10 %							225	600	135 000	225	600	135 000
I.4. Application nématicides												
Dosettes							40	500	20 000	4	5 000	20 000
Main d'œuvre (heure)							24	10 417	250 000	24	10 417	250 000
Gants							10	1 000	10 000	10	1 000	10 000
Masques de protection							4	25 000	100 000	4	25 000	100 000
Bassinnet "porte nématicide"							4	1 000	4 000			
Combinaisons							4	40 000	160 000	4	40 000	160 000
Amortissement équipements									54 000			54 000
			1 125 000			1 125 000			1 304 000			1 304 000
Total charges												
II. Produit												
Recettes (rendement/kg)	35 030	300	10509000	30260	300	9 078 000	26 510	300	7 953 000	19 790	300	5 937 000
III. Marge Nette			9 384 000			7 953 000			6 649 000			4 633 000

III.7. Discussion

III.7.1. Performance économique de la technique de replantation de densité 2500 plants/hectare de bananiers plantain

La marge bénéficiaire en culture intensive de bananiers plantain s'obtient par la différence entre les charges opérationnelles de la culture replantée et la culture continue (produits et des charges d'exploitation). Ainsi, la marge bénéficiaire de la technique de replantation annuelle comparée à celle de la culture continue à partir d'une densité de plantation de 2500 plants à l'hectare a été évaluée. Les charges d'exploitation liées à la technique de la culture replantée sont estimées à 1 125 000 F CFA au 2^{ème} cycle et à 1 125 000

F CFA au 3^{ème} cycle de culture. Celles liées à la technique de la culture continue s'élèvent à 1 304 000 F CFA au 2^{ème} et à 1 304 000 F CFA au 3^{ème} cycle de culture. La production a été faite en période de pénurie de banane plantain sur le marché, le kilogramme de banane a été marchandé dès lors à 300 F CFA. La production est estimée à 35 030 et 30 260 kg respectivement au 2^{ème} et 3^{ème} cycle en culture replantée et à 20 510 et 12 790 kg respectivement au 2^{ème} et 3^{ème} cycle en culture continue. Les recettes liées à la vente de la production se chiffrent respectivement à 10 509 000 et 9 078 000 F CFA en culture replantée respectivement au 2^{ème} et 3^{ème} cycle et à 5 953 000 et 3 837 000 respectivement au 2^{ème} et 3^{ème} cycle en culture continue. La marge bénéficiaire spécifique à la technique de replantation s'est élevée respectivement au 2^{ème} et 3^{ème} cycle à 9 384 500 et 7 953 000 F CFA et en culture continue respectivement au 2^{ème} et 3^{ème} cycle à 5 703 800 et 2 587 800 F CFA. Ainsi, la performance économique de la technique de replantation liée aux variations de la marge bénéficiaire de ladite technique et celle de la culture continue hormis les charges liées aux études d'impact environnemental se chiffre respectivement à 3 680 700 et 5 365 200 F CFA à la 2^{ème} et 3^{ème} saison de culture. Béalcazar et Cayon (1998) en Amérique Latine et au Caraïbes ont obtenus des marges bénéficiaires avec des rendements issus des densités élevées de 3000 plants/ha de plantation de bananiers plantain. En effet, avec des augmentations de plus de 50 % de rendements, comparées aux densités classiques de 1667 plants/ha, une marge bénéficiaire de 500 % a été enregistrée, comparée aux bananeraies à base de rejets attenants. Une telle performance économique de la culture replantée des bananiers plantain a été établie par Béalcazar (1999), Béalcazar et Cayon (2001), Adiko (2001) et Vawa et *al* (2015). En effet, selon eux, la production de la culture replantée de bananier plantain, à des densités de plus de 2500 plants/ha, exportées aux USA et dans l'Union Européenne génère des performances économiques de plus de 80 % comparée à la production marchandée bord champ.

Conclusion

En définitive, la technique culturale novatrice basée sur la replantation annuelle des bananiers plantain est triplement avantageuse. Elle est économiquement rentable comparée à la culture pluriannuelle ; écologiquement intéressante car elle n'est pas inféodée à l'usage des nématicides et elle permet surtout de sédentariser les parcelles de bananiers (plus de trois saisons de culture) en gérant les peuplements de nématodes nuisibles. Pour avoir une étude beaucoup plus exhaustive dans l'optique de mieux apprécier la performance économique de la technique de replantation cyclique des bananiers, les charges inhérentes à l'étude d'impact environnementales devraient être intégrées dans l'élaboration de l'étude économique. Le conseil agricole devra promouvoir cette technique de

replantation annuelle des bananiers plantains. Cette technique de replantation, sans avoir recours aux nématicides doit se faire avec du matériel de plantation sain (vitroplants) et planifier la production en période de pénurie de banane sur le marché de telle sorte à induire une plus-value sur le marchandage de la production.

References:

1. Adiko A. (2001). Amélioration des techniques culturales et de l'économie du plantain en Amérique Latine et les Caraïbes. Quelles perspectives pour l'Afrique de l'Ouest et du Centre. Rapport de mission en République Dominicaine et au Costa Rica. 22-29 Avril 2001, 18 p.
2. Belalcazar S. C. (1999). Practical guide for plantain production. Armenia, Quindio, Colombia. INIBAP-LAC, 38 p.
3. Belalcazar S. C., Cayon G. S. (1998). High-density planting. In proceedings of International seminar on plantain production. Armenia. Quindio, Columbia. 4 to 8 May 1998, 147-154.
4. Belalcazar S. C., Cayon G. S. (2001). High density planting. INIBAP. LAC, 9 p
5. Gnonhour G. P., 2015. Communication personnelle.
6. Kobenan K., Traore S., Gnonhour G. P., Yao T. (2006). Lutte intégrée contre la maladie des raies noires (MRN) du bananier plantain (Musa, AAB, cv Orishele) sous différentes densités de plantation. *Agronomie Africaine*, 18 (2) : 157-163.
7. Kwa M. (1998). Production de rejets chez le bananier en cultures intensives. *Fruits*, 53 (6) : 365-374.
8. Lavigne C. (1987). Contribution à l'étude du système racinaire du bananier. Mise au point du rhizotron et premiers résultats. *Fruits*, 42 : 264-271.
9. Mounier Y. (1983). Végétation in " Les atlas jeune Afrique Côte d'Ivoire". J. A, 16 -18 Pp, 78 p.
10. N'da A. A. (1993). La culture du bananier plantain au Cameroun et en Côte d'Ivoire. *Fruit*, 4 (2) 125-132.
11. Nkendah R., Akyeampomg E., 2003. Données socioéconomiques sur la filière plantain en Afrique Centrale et de l'Ouest. *InfoMusa*, 12 (1): 8-12.
12. Sarah J. L. (2000). In: Diseases of banana, abaca and ensete. C.A.B International, Wallingford, Pp 295-303.
13. Siddiqi M. R., 2000. Tylenchida: parasites of plants and insects. CABI, Wallingford, UK, 833 p.
14. Tabarant P. (2013). Effets d'apport de matières organiques sur le contrôle biologique des nématodes parasites du bananier en

Guadeloupe. Thèse de Doctorat Paris Technique. Institut des sciences et industries du vivant et de l'environnement, 176 p.

15. Thiemele D. E. F., Issali A. E., Traore S., Kouassi K. M., Aby N., Gnonhourri G. P., Kobenan K., Yao N. T., Adiko A., Zakra N. A. (2015). Macropropagation of plantain (*Musa spp*) cultivars PITA 3, FHIA 21, ORISHELE and CORNE 1: effect of benzylaminopurine (BAP) concentration. *Journal Plant Development*, 22: 31-39.
16. Vawa O. S. T., Gnonhourri G. P., Adiko A., Zakra N., Otchoumou A. (2015). La replantation annuelle du bananier plantain : une stratégie de gestion des nématodes endoparasites *Radopholus similis* et *Pratylenchus coffeae* en Côte d'Ivoire.



ESJ Natural/Life/Medical Sciences

Les Syndromes Drépanocytaires Majeurs Chez L'enfant et L'adolescent: Étude de la Cohorte du Centre Hospitalier Régional de Saint-Louis (Sénégal)

***Ndiogou Seck,
Khadim Bop,
Oumy Mbacke,
Ibrahima Diagne***

Service de pédiatrie, Centre Hospitalier Régional de Saint-Louis, boulevard Abdoulaye Mar Diop, Saint-Louis, Sénégal

Lamine Thiam

Service de Pédiatrie, Hôpital de la Paix, Boucotte, Ziguinchor, Sénégal

***Aliou Abdoulaye Ndongo,
Younoussa Keïta***

Service de pédiatrie Hôpital Aristide Ledantec, Dakar, Sénégal

Idrissa Basse

Hôpital pour enfants de Diamniadio, Bargny, Sénégal

***Djibril Boiro,
Amadou Sow***

Service de pédiatrie, Centre Hospitalier Abass Ndao, Avenue Cheikh Anta Diop, Dakar, Sénégal

[Doi:10.19044/esj.2021.v17n34p70](https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n34p70)

Submitted: 21 June 2021

Accepted: 23 August 2021

Published: 30 September 2021

Copyright 2021 Author(s)

Under Creative Commons BY-NC-ND

4.0 OPEN ACCESS

Cite As:

Seck N., Bop K., Mbacke O., Diagne I., Thiam L., Ndongo A.A., Keïta Y., Basse I., Boiro D. & Sow A. (2021). *Les Syndromes Drépanocytaires Majeurs Chez L'enfant et L'adolescent : Étude de la Cohorte du Centre Hospitalier Régional de Saint-Louis (Sénégal)*. European Scientific Journal, ESJ, 17(34), 70.

<https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n34p70>

Résumé

La drépanocytose est une maladie héréditaire de l'hémoglobine, à transmission autosomique récessive, caractérisée par la présence d'une hémoglobine anormale appelée « hémoglobine S ». Les syndromes drépanocytaires majeurs regroupent la forme homozygote « SS » et les hétérozygoties composites (SC, SD et S bêta thalassémie « Sβ »). Depuis

février 2011, une cohorte d'enfants et d'adolescents atteints de syndrome drépanocytaire majeur est suivi au Centre Hospitalier Régional de Saint-Louis, Sénégal. Cette cohorte a fait l'objet de notre travail dont l'objectif principal était de décrire les caractéristiques épidémiologiques, cliniques, biologiques et évolutifs.

Il s'agissait d'une étude épidémiologique, rétrospective et descriptive portant sur l'ensemble des dossiers des patients âgés de 0 à 20 ans, porteurs d'un syndrome drépanocytaire majeur, régulièrement suivis à la période du 1er janvier 2011 au 31 décembre 2016 (6 ans).

Le diagnostic de syndrome drépanocytaire majeur était établi sur la base d'une NFS et d'une électrophorèse de l'hémoglobine.

Durant la période d'étude 191 patients porteurs d'un syndrome drépanocytaire majeur ont été suivis au Centre Hospitalier Régional de Saint-Louis, Sénégal. Cent vingt-sept (127) dossiers ont été retenus dont 71 garçons et 56 filles. La majorité des patients (111 soit 87%) étaient de profil homozygote « SS ». L'âge moyen au diagnostic de la maladie était de 4 ans et 10 mois et l'âge moyen de début du suivi était de 6 ans 2 mois. Les circonstances de découverte de la maladie étaient dominées par une crise vaso-occlusive (58,5 % des cas). Le taux d'hémoglobine de base moyen était de 8,6 g/dl. Les deux principales complications aiguës rencontrées étaient une anémie aiguë (22 %) et les infections sévères (22 %). Les complications chroniques étaient dominées par la lithiase vésiculaire (5,5 %). Le nombre moyen d'hospitalisation était de 1,9. La létalité était de 3,1 %.

La drépanocytose est fréquente au Sénégal. Elle est relativement bien tolérée malgré son diagnostic et sa prise en charge tardifs. Pour améliorer la prise en charge et le pronostic des malades, il sera nécessaire de mettre en place un programme national de dépistage néonatal et la création de centres de référence de prise en charge et de suivi des patients drépanocytaires.

Mots clés: Syndrome Drépanocytaire Majeur, Morbidité, Enfant, Adolescent, Sénégal

Sickle Cell Disease in Children and Adolescents at Saint-Louis Regional Hospital (Senegal)

*Ndiogou Seck,
Khadim Bop,
Oumy Mbacke,
Ibrahima Diagne*

Service de pédiatrie, Centre Hospitalier Régional de Saint-Louis, boulevard
Abdoulaye Mar Diop, Saint-Louis, Sénégal

Lamine Thiam

Service de Pédiatrie, Hôpital de la Paix, Boucouutte, Ziguinchor, Sénégal

Aliou Abdoulaye Ndongo,

Younoussa Keïta

Service de pédiatrie Hôpital Aristide Ledantec, Dakar, Sénégal

Idrissa Basse

Hôpital pour enfants de Diamniadio, Bargny, Sénégal

Djibril Boiro,

Amadou Sow

Service de pédiatrie, Centre Hospitalier Abass Ndao, Avenue Cheikh Anta
Diop, Dakar, Sénégal

Abstract

Sickle cell disease is an inherited disease of hemoglobin, with recessive autosomal transmission, characterized by the presence of an abnormal hemoglobin called hemoglobin "S". Major sickle cell syndromes include the homozygote form "SS" and composite heterozygous (SC, SD and S beta thalassemia). Since February 2011, a cohort of children and adolescents with sickle cell disease has been monitored at the St. Louis Regional Hospital Center, Senegal. This cohort was the focus of our work, the main objective of which was to describe epidemiological, clinical, biological, and evolutionary characteristics.

This was an epidemiological, retrospective, and descriptive study of all the records of patients aged 0 to 20 years, with major sickle cell syndrome, regularly followed in the period from 1 January 2011 to 31 December 2016 (6 years).

The diagnosis of major sickle cell syndrome was based on hemogram and hemoglobin electrophoresis.

During the study period 191 patients with major sickle cell syndrome were followed at St. Louis Regional Hospital Center, Senegal. One hundred and twenty-seven (127) were retained, including 71 boys and 56 girls. Most patients (111 or 87%) were of homozygotic "SS" profile. The average age at diagnosis of the disease was 4 years and 10 months and the average age of

onset of follow-up was 6 years 2 months. The circumstances of discovery of the disease were dominated by a vaso-occlusive crisis (58.5% of cases). The average baseline hemoglobin level was 8.6 g/dL. The two main acute complications encountered were acute anaemia (22%) and severe infections (22%). Chronic complications were dominated by vesicular lithiasis (5.5%). The average number of hospitalizations was 1.9. The lethality was 3.1%.

Sickle cell disease is common in Senegal. It is relatively well tolerated despite its late diagnosis and management. To improve the management and prognosis of patients, it will be necessary to set up a national neonatal screening program and the creation of referral centers for the management and follow-up of sickle cell patients.

Keywords: Major Sickle Cell Syndrome, Morbidity, Child, Adolescent, Senegal

Introduction

La drépanocytose est une maladie héréditaire de l'hémoglobine, à transmission autosomique récessive, caractérisée par la présence d'une hémoglobine anormale appelée « hémoglobine S ». Elle résulte d'une substitution de la valine par l'acide glutamique en position six de la chaîne bêta de globine. C'est la maladie génétique la plus répandue dans le monde. Elle touche essentiellement mais pas exclusivement les populations de race Noire (Bardakjian & Wajcman, 2004).

Elle se présente sous deux formes: la forme hétérozygote « AS » ou trait drépanocytaire et les syndromes drépanocytaires majeurs qui regroupent la forme homozygote « SS » et les hétérozygoties composites (SC, SD et S bêta thalassémie « S β ») (Bardakjian & Wajcman, 2004).

Dans le monde, selon Loupec (2014), près de 120 millions de personnes seraient porteuses d'une mutation drépanocytaire et chaque année, 500 000 nouvelles naissances seraient concernées. Au Sénégal 10 % de la population générale serait atteinte et chaque année, près de 1 700 nouveau-nés (soit 0,5 % des naissances) naissent avec la forme homozygote « SS » (Boiro et al., 2016), (North et al., 1995).

La drépanocytose est une maladie chronique dont l'évolution peut être émaillée de complications aiguës (anémie aiguë, infections graves, accidents vaso-occlusifs majeurs) et chroniques (lithiase biliaire, ostéonécrose aseptique de la tête fémorale, insuffisance cardiaque, insuffisance rénale...).

Ces complications sont à l'origine d'une létalité non négligeable et d'une importante morbidité surtout dans les pays en développement. En effet, la mortalité infanto-juvénile des sujets porteurs de syndromes drépanocytaires majeurs constitue l'une des plus élevées dans la population générale.

Depuis février 2011, une cohorte d'enfants et d'adolescents atteints de syndrome drépanocytaire majeur est suivi au Centre Hospitalier Régional de Saint-Louis (CHR/SL), Sénégal. Cette cohorte a fait l'objet de notre travail dont :

L'objectif principal était : de décrire les caractéristiques épidémiologiques, cliniques et évolutifs des enfants et adolescents suivis pour syndrome drépanocytaire majeur au CHR/SL

Les objectifs spécifiques étaient de:

- décrire les caractéristiques socio démographiques des enfants et adolescents porteurs de syndrome drépanocytaire majeur ;
- décrire les aspects cliniques et biologiques des enfants et adolescents porteurs de syndrome drépanocytaire majeur ;
- analyser l'influence des aspects épidémio-cliniques sur l'évolution de la maladie.

Patients et méthodes

Notre travail s'est déroulé dans le service de pédiatrie du Centre Hospitalier Régional de Saint-Louis. C'est l'unique établissement de la région qui propose depuis février 2011 une prise en charge et un suivi des enfants et adolescents atteints de syndrome drépanocytaire majeur.

Il s'agissait d'une étude épidémiologique, rétrospective et descriptive portant sur l'ensemble des dossiers des patients âgés de 0 à 20 ans, porteurs d'un syndrome drépanocytaire majeur, régulièrement suivis à la période du 1^{er} janvier 2011 au 31 décembre 2016 (6 ans).

Le diagnostic de syndrome drépanocytaire majeur était établi sur la base d'une numération formule sanguine (NFS) et d'une électrophorèse de l'hémoglobine.

Une fois le diagnostic retenu, les patients étaient revus systématiquement en consultation tous les trois à quatre mois en l'absence de manifestations critiques ou d'affections intercurrentes. Cependant les patients présentant des manifestations aiguës étaient admis en urgence dans le service de pédiatrie.

Critères d'inclusion

Les dossiers médicaux de tous les enfants et adolescents âgés de 0 à 20 ans atteints de syndrome drépanocytaire majeur, suivis régulièrement durant la période d'étude.

Critères de non inclusion

Les dossiers ne pouvant pas être exploités en raison des données manquantes et les dossiers de patients perdus de vue sur une période de plus de 12 mois.

Recueil et analyses des données

Les données étaient collectées par l'étude des dossiers médicaux et consignées sur une fiche d'enquête individuelle, elles étaient éventuellement complétées au téléphone si la famille est joignable.

Les paramètres étudiés ont été :

- Les données sociodémographiques : âge, sexe, taille de la fratrie, niveau d'instruction et niveau socio-économique des parents, degré de consanguinité, statut vaccinal des patients...
- Les données anamnestiques et cliniques : âge et circonstances de découverte de la maladie, le nombre de crises vaso-occlusives...
- Les données biologiques : type d'hémoglobinopathie, le taux d'hémoglobine de base...
- Les données évolutives : le nombre d'hospitalisations de transfusion sanguine, les complications aiguës et chroniques...

Ces données ont été saisies et analysées avec le logiciel Epi info version 3.5.3 (Référence).. Le seuil de significativité retenu est une valeur de p inférieure à 0,05.

Résultats

Du 1^{er} janvier 2011 au 31 décembre 2016, 191 patients porteurs d'un syndrome drépanocytaire majeur ont été suivis au CHR/SL. Cent vingt-sept (127) dossiers ont pu être exploités et retenus pour l'étude. Le sexe ratio était de 1,2 avec 71 garçons.

Sur le plan génotypique, la majorité des patients (111 soit 87 %) étaient de profil homozygote « SS » et 10 (8 %) étaient des hétérozygotes « SC » (figure 1).

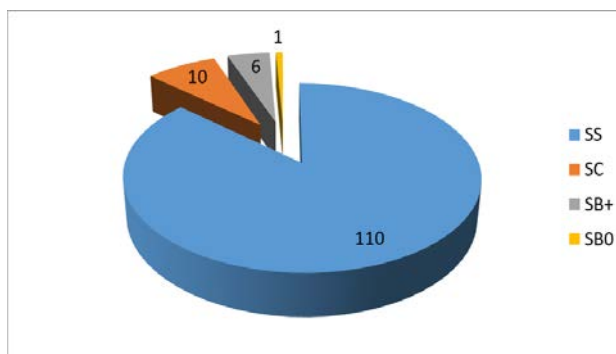


Figure 1. Profil génotypique des patients drépanocytaires suivis au CHR

L'âge des patients au moment de l'étude variait entre 2 ans 5 mois et 19 ans 11 mois avec une moyenne de 10 ans 6 mois. La majorité des patients (91,4 %) avaient plus de 5 ans (figure 2).

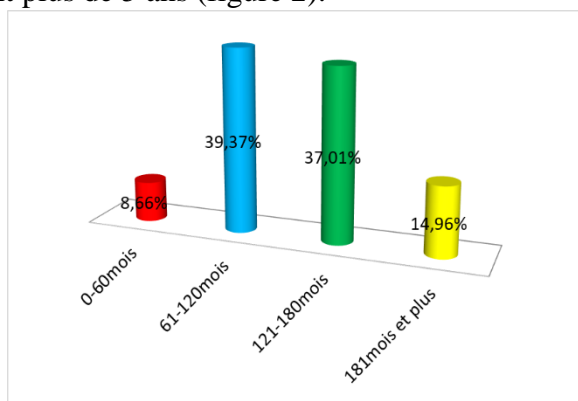


Figure 2. Répartition des patients en tranches d'âge de 60 mois

L'âge au diagnostic de la maladie survenait entre 1 mois et 17 ans 7 mois avec une moyenne de 4 ans 10 mois. Chez 60 % des patients, la maladie a été découverte au cours des cinq premières années de vie.

L'âge de début du suivi de la maladie était de 7 mois à 17 ans 8 mois avec une moyenne de 6 ans 2 mois. Près de la moitié (44,7 %) des patients avaient démarré leur suivi avant l'âge de 5 ans.

Le niveau de scolarisation a été renseigné pour 105 patients, seuls 8 (7,6 %) des enfants n'étaient pas scolarisés.

Concernant le niveau d'instruction des parents, seuls 12,3 % des pères et 4,3 % des mères avaient reçu une instruction jusqu'au niveau secondaire correspondant au lycée. Le taux d'analphabétisme était plus faible chez les pères (2,2 %) vs 11,9 % chez les mères.

La majorité des patients (80 %) étaient issus de ménages sans ou à faibles revenus.

Il existait un lien de consanguinité parentale dans près de la moitié (51,3 %) des unions. Cette consanguinité était apparentée au deuxième degré dans deux tiers des cas.

Le statut vaccinal des patients a été apprécié en premier par la réalisation des vaccins du programme élargi de vaccination (PEV) qui permet, de la naissance à 15 mois, une protection contre la tuberculose, l'hépatite B, la diphtérie, le tétanos, la coqueluche, la poliomyélite, les infections à pneumocoque, à Haemophilus influenzae b, à rotavirus, la fièvre jaune, la rougeole et la rubéole. Puis par la réalisation de vaccins fortement recommandés chez le patient drépanocytaire. La majorité des patients (111 soit 87,4 %) étaient à jour pour le PEV. Quant aux vaccins recommandés, la

couverture était de 25,4 % pour le pneumocoque, 44 % par rapport à la fièvre typhoïde et 26,7 % pour les infections à méningocoques (A,C,Y et W135).

Les circonstances de la découverte de la maladie ont été précisées chez 123 patients. Chez la majorité des patients (114 soit 92,6 %), la drépanocytose a été découverte lors des manifestations de la maladie notamment à l'occasion d'une crise vaso-occlusive (CVO) dans 58,5 % des cas, d'une anémie dans 21,1 % des cas et chez 14 patients (11,3 %) à l'occasion d'une complication aiguë de la maladie (figure 3).

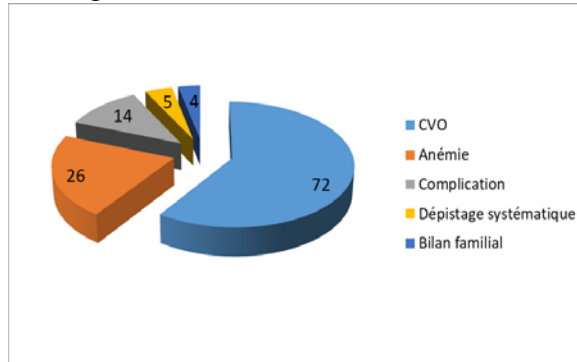


Figure 3. Répartition des patients selon les circonstances de découverte de la maladie
CVO : crise vaso-occlusive

Dans notre cohorte, sur les 127 patients, 30 (24 %) n'avaient jamais été hospitalisés. Chez les 95 autres, le nombre d'hospitalisation variait de 1 à 10 avec une moyenne de 1,9. la durée des hospitalisations variait de 2 à 63 jours avec une moyenne de 9,5 jours.

Les complications aiguës rencontrées chez nos patients tout au long du suivi en fonction du type de drépanocytose ont été résumées dans le tableau I.

Tableau I. Fréquence des complications aiguës en fonction du profil génotypique des patients

Profil C.A	SS	SC	SB plus	SBzéro
Anémie aiguë	26	00	1	1
Accident Vaso-occlusive Grave	7	00	00	00
Infection sévère	24	1	2	1

C.A : complications aiguës ; « SS » : drépanocytose homozygote « SS » ; « SC » : drépanocytose « SC » ; « SB plus » drépanocytose S bêta thalassémie plus

Ces complications étaient majoritairement une anémie aiguë (28 patients soit 22 %) et les infections sévères (28 patients soit 22 %). Un cas de séquestration splénique se compliquant d'une anémie aiguë sévère a été noté chez un nourrisson.

Les complications infectieuses étaient dominées par la pneumonie (21 cas soit 75 % des infections) suivie de l'ostéomyélite aiguë (6 cas soit 21,4 %) ; un cas de méningite d'origine tuberculeuse a été noté.

A côté de ces deux complications : nous avons enregistré quatre cas d'accident vasculaire cérébral (AVC), deux cas de syndrome thoracique aiguë (STA) et un cas de priapisme chez un adolescent homozygote « SS ».

Durant leur suivi, neuf patients avaient présenté une complication chronique à type de lithiase biliaire chez 7 malades, d'ostéonécrose de la tête fémorale chez un patient et un cas d'hypersplénisme. Aucun cas d'ulcère de jambe ni d'insuffisance rénale chronique n'a été rapporté. L'âge minimum de survenue de ces complications chroniques était de 4 ans.

La fréquence des complications chroniques en fonction du profil des patients était représentée sur le tableau II.

Tableau II. Fréquences des complications chroniques en fonction du profil génotypique des patients

Profil	Homozygote SS	Hétérozygote SC	Hétérozygote SB plus	Hétérozygote SB zéro
C.C				
Lithiase biliaire	7	00	00	00
Hypersplénisme	1	00	00	00
Ostéonécrose	1	00	00	00
Ulcère de jambe	00	00	00	00
Insuffisance cardiaque	00	00	00	00
Insuffisance rénale	00	0	00	00

C.C : complications chroniques ; « SS » : drépanocytose homozygote « SS » ; « SC » : drépanocytose « SC » ; « SB » drépanocytose S bêta thalassémie

Sur le plan biologique, le taux d'hémoglobine de base était défini comme le taux le plus constant sur les hémogrammes effectués en période de stabilité clinique. Ce taux moyen était de 8,6 g/dl avec un écart type de 1,4 chez les homozygotes SS, de 11g/dl (écart type 0,8) chez les sujets hétérozygotes SC et de 8,4 g/dl (écart type 2,3) dans le groupe des patients hétérozygotes Sβ.

Le nombre de transfusions (sang total ou concentrés de culot globulaire) par malade variait de 1 à 6 avec une moyenne de 1,8. Soixante-sept (53,2%) de nos patients avaient bénéficié au moins une transfusion sanguine.

Sur le plan thérapeutique, tous les patients de cette cohorte étaient sous acide folique à la dose de 5 mg tous les deux jours. L'antibioprophylaxie par pénicilline V était systématiquement proposée aux enfants de moins de cinq ans ; cependant, seuls 28 % des patients recevaient régulièrement cette antibioprophylaxie. Quatre patient (3,1 %) ont été mis sous hydroxyurée en

raison de la répétition des CVO et pour la prévention des AVC. Aucun patient n'a été dans un programme d'échange transfusionnel.

Quatre décès ont été enregistrés soit une létalité de 3,1 %. Ces décès ont été liés à une infection sévère (chez deux patients), un STA (chez un malade) et le quatrième décès était secondaire à une anémie aigue.

Discussion

Dans toutes les études portant sur la drépanocytose, la forme homozygote SS est de loin la plus fréquente. Cependant nous avons noté une fréquence plus élevée de la forme hétérozygote SC comparée à la cohorte du Centre Hospitalier National d'enfants Albert Royer (CHNEAR) de Dakar au Sénégal (5,7%) (Sall-Paye, 2015) et celle du Centre Hospitalier Abass Ndao (CHAN) de Dakar (Sénégal) (4,5%) (Boiro et al., 2016). La fréquence de l'hémoglobine C semble plus élevée dans la région Nord du Sénégal. Des études épidémiologiques basées sur le dépistage néonatal permettraient d'établir la cartographie des hémoglobinopathies.

L'âge de nos patients au moment de l'étude variait de deux ans cinq mois (2 ans 5 mois) à 19 ans 11 mois. La tranche d'âge (5-10 ans) était la plus représentée, soit 39,37 %. Dans la cohorte du CHNEAR, qui regroupe le plus grand nombre de patients, Diagne et al. (2000) avaient également constaté un plus grand nombre de patients âgés de six à dix ans. Dans l'étude de Doumbia-Diarra (2009) au Mali, La tranche d'âge 0-4 ans était la plus représentée.

Les garçons étaient légèrement plus atteints que les filles avec un sexe ratio de 1,2. Cette prédominance masculine est observée dans de nombreuses études (Sall-Paye, 2015), (Diop et al., 2003), (Thiam et al., 2017) même si, rappelons que la transmission de la maladie n'est pas liée au sexe.

Le diagnostic de la drépanocytose survient tardivement avec un âge moyen au diagnostic qui était de 4 ans et 10 mois. Seuls 4 % des patients avaient été diagnostiqués avant six mois. L'âge moyen au diagnostic était de 4 ans 11 mois au CHNEAR à Dakar (Sall-Paye, 2015), 4 ans et 4 mois au service de pédiatrie du CHAN (Boiro et al., 2016) et de de huit ans à Ziguinchor (Sénégal) (Thiam et al., 2017). Ce retard au diagnostic s'explique par l'absence d'un programme national de dépistage néonatal, la méconnaissance de la maladie par la population et le personnel de santé qui est souvent au premier contact dans les formations sanitaires de base et l'absence de moyen de diagnostic des hémoglobinopathies (hémogramme, électrophorèse de l'hémoglobine) dans les centres et postes de santé, voir dans certains hôpitaux régionaux. Le plus souvent le diagnostic est établi à l'occasion des manifestations cliniques de la maladie (crise vaso-occlusive (CVO), ictère, splénomégalie...) ou devant l'existence d'une anémie chronique. Avant l'âge de six mois, les manifestations cliniques de la maladie étant exceptionnelles contribuent davantage à retarder le diagnostic. Dans

notre étude les circonstances de découvertes ont été une CVO dans 58,5 % des cas et une anémie dans 21,1 % des cas. Boiro et al. (2016) et Thiam et al. (2017) avaient également fait les mêmes observations.

Le suivi de la maladie débutait en moyenne à l'âge de 6 ans et 2 mois soit 16 mois après l'âge moyen au diagnostic. Ce décalage pourrait s'expliquer par le fait que les populations ont souvent recours en première intention aux traitements traditionnels. En effet, au Sénégal, comme dans la plupart des pays d'Afrique, environ 80% de la population a recours à la médecine traditionnelle pour les soins de santé primaires (Carboni, 2009).

Le faible niveau de revenus des ménages corrélé à leur faible niveau d'instruction peuvent également expliquer ce retard au diagnostic et à la prise en charge. En effet, près de la moitié des pères de familles (47,9 %) et 2/3 des mères n'avaient pas d'emploi ou d'activités génératrices de revenus fixes. Dans les travaux de Boiro et al. (2016), 46,5 % des patients étaient issus de ménages avec un niveau socio-économique bas. Chez Diagne et al. (2000), 30 % des pères avaient des revenus faibles et irréguliers voir nuls. En l'absence d'une couverture médicale, le coût moyen de la prise en charge d'un enfant drépanocytaire est estimé à cinq cent mille (500 000) francs par an au Sénégal. Le niveau d'instruction des parents était très faible, seuls 12,3 % des pères et 4,3 % des mères avaient reçu une instruction jusqu'au niveau secondaire correspondant au lycée.

La moitié de nos patients étaient issus d'un mariage consanguin dont 51,3 % était apparenté au deuxième degré. Ces données sont proches de celles de Boiro et al. (2016) et Abderrahim (2013) à Fès (Maroc) qui avaient retrouvé respectivement 50 % et 57,1 % de consanguinité parentale. Au Sénégal, et plus généralement en Afrique, les mariages consanguins occupent une place considérable dans les ménages.

Dans notre cohorte, la couverture vaccinale de 87,3 % par rapport aux vaccins du PEV est satisfaisante comparée aux taux de 78 % et 65 % rapportés respectivement par Boiro et al. (2016) et Diagne et al. (2000), ainsi qu'aux 72,7 % rapportés par Gbadoé et al. (2001) au Togo. Quant aux vaccins fortement recommandés chez le sujet drépanocytaire, les taux de couverture sont encore faibles. Un quart de nos patients avaient reçu le vaccin polysidique anti pneumococque et 44 % étaient vaccinés contre la fièvre typhoïde. Chez Diagne et al. (2000), 21,4 % des patients étaient protégés contre le pneumocoque et seuls 8,7 % étaient vaccinés contre la fièvre typhoïde. Ces vaccins sont à la charge des patients et leurs coûts élevés expliquent les faibles pourcentages constatés.

La détermination du taux d'hémoglobine de base est un élément essentiel dans le suivi des malades drépanocytaires permettant de repérer les épisodes d'anémie aiguë. La transfusion sanguine est recommandée si le taux d'hémoglobine de base baisse d'au moins 2 g/dl (Médecins experts, 2018).

Les drépanocytaires « SC » et « S β + » ont habituellement un taux d'hémoglobine de base plus élevé du fait d'une hémolyse chronique qui est moins importante que les drépanocytaires « SS » et « S β^0 ». Les valeurs habituelles du taux d'hémoglobine de base chez les homozygotes « SS » se situent entre 6 et 10 g/dl selon Begue & Castello-herbreteau (2001) et Ferster et al. (2005). Dans notre cohorte, le taux d'hémoglobine de base était de 8,6 g/dl. Cette même valeur a été retrouvée dans les travaux de Thiam et al. (2017). Au CHAN, Boiro et al. (2016) avaient noté un taux d'hémoglobine moyen de 7,9 g/dl. Par contre au Gabon Thuillez et al. (1996) avaient obtenu un taux de base de 7g/dl, en dessous de celui qui est observé habituellement au Sénégal. Les haplotypes « Arab-india » et « Sénégal » sont associés à une hémolyse moins importante et une expression clinique de la maladie moins sévère que les autres haplotypes. Des études réalisées chez les patients drépanocytaires sénégalais par Pagnier et al. (1984) montraient que 82 % avaient un haplotype « Sénégal » au moins à l'état hétérozygote. Plus récemment, en 2018, sur une série plus importante, Doupa et al. (2018) avaient confirmé la présence de cet haplotype « Sénégal » chez 90 % des patients sénégalais dont 58 % à l'état homozygote.

La drépanocytose est une maladie chronique dont l'évolution peut être émaillée de complications aiguës. Celles-ci sont très fréquentes dans les pays en développement et en font toute la gravité notamment les complications infectieuses et l'anémie aiguë.

Les complications infectieuses sont à redouter particulièrement chez l'enfant du fait du risque important de décès en l'absence de prise en charge adéquate. L'incidence des bactériémies chez les enfants drépanocytaires serait 30 à 100 fois supérieure à celle observée chez les enfants du même âge indemnes de drépanocytose (Doumbia-Diarra, 2009). Vingt-huit cas soit 22 % d'infections sévères ont été enregistrées dans notre étude. La pneumonie était la localisation infectieuse la plus fréquente. Au CHAN, Boiro et al (2016), avaient retrouvé 34 % d'infections sévères dans sa cohorte, de même au Burkina-Fasso (Ye et al., 2008). Cette forte prévalence des infections pourrait s'expliquer par les mauvaises conditions d'hygiène, la faible couverture vaccinale notamment contre le pneumocoque, le méningocoque et une faible adhésion à l'antibioprophylaxie par pénicilline V chez les enfants de moins de cinq ans (28 % de nos patients recevaient réellement une antibioprophylaxie). L'anémie aiguë était la deuxième complication aiguë rencontrée dans notre série (22 %). Elle est également une cause non négligeable de décès. Dans notre cohorte sur les quatre décès, l'un était secondaire à une anémie aiguë. Chez Sall-Paye (2015), 22 % des décès étaient secondaires à une anémie aiguë. A Libreville dans l'étude de Koko et al. (1998), la létalité de l'anémie aiguë était de 72 %.

Parmi les accidents vaso-occlusifs majeurs nous avons notés quatre cas d'accident vasculaire cérébral (AVC) soit 3,1 %, deux cas de syndrome thoracique aigu (STA) et un cas de priapisme. Le risque d'AVC est une menace réelle qui pèse sur les enfants drépanocytaires, essentiellement chez les sujets « SS » et « Sβ° ». Sa survenue peut être précoce. Une étude faite aux États-Unis par Kossorotoff et al. (2014) a permis d'évaluer le risque spontané d'AVC symptomatique à 11% avant l'âge de 20 ans chez les patients homozygotes « SS ». La prévalence des AVC était de 2 % chez Sall- Paye (2015), elle était plus élevée (5,1%) chez Boiro et al. (2016). Le dépistage de la vasculopathie cérébrale drépanocytaire se fait au moyen d'un doppler transcranien annuel. Il est systématique à partir de deux ans, ce qui permet une stratification du risque (Médecins experts, 2018). Les enfants à risque élevé doivent bénéficier d'une prévention primaire par des échanges transfusionnels. Le STA, accident vaso-occlusif majeur, constitue une complication fréquente dans notre contexte ; sa létalité est également élevée. Au CHAN, Boiro et al. (2016) avaient noté quatre cas de STA. Un cas a été observé à Ziguinchor dans la cohorte de Thiam et al. (2017). Dans notre étude nous avons notifié deux cas. La survenue d'un STA chez un patient drépanocytaire est une indication de choix à un traitement par hydroxy-urée pour prévenir d'autres épisodes.

Les complications chroniques de la drépanocytose apparaissent dès l'enfance et leur fréquence a tendance à augmenter avec l'âge. Elles sont principalement liées à l'hémolyse chronique, l'ischémie et l'anémie. Les atteintes les plus fréquemment observées dans l'enfance sont la lithiase biliaire, l'ostéonécrose de la hanche, la rétinopathie et l'ulcère de jambe.

Dans notre cohorte, nous avons enregistré sept cas de lithiase biliaire, un cas d'ostéonécrose de la tête fémorale et un cas d'hypersplénisme. L'âge de survenue de ces complications variait de 4 à 16 ans. L'ostéonécrose de la tête fémorale peut survenir chez tous les variants génotypiques drépanocytaires mais est plus fréquente chez les patients Sβ thalassémiques (Haute Autorité de Santé, 2005). L'hypersplénisme est une complication liée à la persistance de la splénomégalie chez le drépanocytaire (Diagne et al., 2010).

Dans notre cohorte, le nombre d'hospitalisations moyen au cours du suivi était de 1,9 avec des extrêmes de 1 à 10. Parmi les patients suivis, 76 % avaient été hospitalisés au moins une fois. Diagne et al. (2000) avaient retrouvé un nombre moyen d'hospitalisations de 2,4 chez les homozygotes « SS ». Plus de la moitié (53,2 %) de nos patients avaient déjà bénéficié d'au moins une transfusion sanguine. Chez Diagne et al. (2000), le nombre de patients transfusés était de 30 %. Ce pourcentage élevé du nombre de transfusion dans notre série pourrait s'expliquer par une transfusion abusive avant la découverte de la maladie

Nous avons enregistré une létalité de 3,1 %. Ce taux de décès est proche de celui décrit par Sall-Paye (2015) qui était de 2,3 %, en revanche il est plus élevé que celui décrit par Diagne et al. (2000) (1,1 %).

Conclusion

La drépanocytose est une maladie héréditaire de l'hémoglobine particulièrement fréquente en Afrique Noire. Elle constitue un réel problème de Santé publique du fait de son fort taux de mortalité notamment des syndromes drépanocytaires majeurs.

La forme homozygote est la plus fréquente (87 % de nos patients), l'âge au diagnostic est encore tardif avec un âge moyen de 4 ans et 10 mois. La maladie est souvent découverte à l'occasion d'une CVO chez 58,5 % de nos patients ou devant une anémie dans 21,1 % des cas. Il existe un décalage moyen de 16 mois entre le diagnostic et le début de la prise en charge. Le faible niveau d'instruction et le faible niveau socio-économique des ménages constatés dans notre étude pourraient l'expliquer. La couverture vaccinale par le PEV est satisfaisante dans notre cohorte (87,4 %) mais elle est encore très faible par rapport aux vaccins fortement recommandés chez le sujet drépanocytaire. Ce qui explique la fréquence élevée des complications infectieuses (22 %). L'anémie aigue était la deuxième complication aigue dans notre étude. Les complications chroniques sont dominées par la lithiase biliaire (sept cas). Les autres complications chroniques notamment rénales doivent être recherchées activement à partir de 10 ans. La létalité était de 3,1 % dans notre série.

Pour améliorer la prise en charge et le pronostic des malades, il sera nécessaire de :

- Mettre en place un programme national de dépistage néonatal
- Créer des centres de référence de prise en charge et de suivi des patients drépanocytaires

References:

1. Bardakjian J, Wajcman H. Epidémiologie de la drépanocytose. Rev Prat 2004 ; 54 : 1531-33.
2. Loupec RM. La drépanocytose. Observatoire régional de la santé en Guyane. Octobre 2014.
3. Boiro D, Gueye M, Thiongane A, Ndongo AA, Hounbadji M, Keita Y, Dieng YJ, Seck N, Benjoloune A, Ndiaye O. Drépanocytose chez l'enfant : profils clinique et évolutif à propos de 138 cas suivis au service de pédiatrie de l'hôpital Abass Ndao de Dakar. Médecine d'Afrique noire 2016 ; 63, 6 : 327-32.
4. Diagne I, Ndiaye O, Moreira C, Signate-Sy H, Camara B, Diouf S, Diack-Mbaye A, Ba M, Sarr M, Sow D, Fall M. Les syndromes

- drépanocytaires majeurs en pédiatrie à Dakar (Sénégal). Arch Pédiatr 2000 ; 7 : 16-24.
5. North ML, Piffaut MC, Duwig I. Hémoglobinopathie : actualisation du diagnostic biologique. Revue Française des laboratoires 1995 ; 275 : 107-115.
 6. Sall-Paye A. Létalite des syndromes drépanocytaires majeurs dans l'enfance et l'adolescence au Sénégal : étude de la cohorte du Centre Hospitalier National d'Enfants Albert Royer de Dakar de 1991 à 2010. Thèse médecine université Cheikh Anta Diop de Dakar 2015 n°33
 7. Doumbia-Diarra A. Aspects épidémiocliniques des enfants drépanocytaires suivis en pédiatrie de 2005 à 2008. Thèse médecine université de Bamako 2009.
 8. Diop S, Mokono SO, Ndiaye M, Touré-Fall AO, Thiam D, Diakhaté L. Homozygous sickle cell in patients above 20 years age: follow-up of 108 patients in Dakar. La Revue de Médecine Interne 2003; 24: 711–715.
 9. Thiam L, Dramé A, Coly I.Z, Diouf F.N, Seck N, Boiro D, Ndongo A.A, Basse I, Niang B, Ly-Deme I, Sylla A, Diagne I, Ndiaye O. Profils épidémiologiques, cliniques et hématologiques de la drépanocytose SS en phase intercritique chez l'enfant à Ziguinchor, Sénégal. Revue d'oncologie hématologie pédiatrique (2017) 5, 130—135
 10. Carboni C. La drépanocytose au Sénégal : un exemple de médecine traditionnelle. Thèse pharmacie Université de Grenoble 2009 n° 7046.
 11. Abderrahim M. La drépanocytose chez l'enfant au service de pédiatrie à l'Hôpital Al Farabi Oujda. Thèse médecine université Sidi Mohammed Ben Abdelah de Fés 2013 n° 083/13.
 12. Gbadoe AD, Atsou K, Agbodjan-Djossou OA, Tsolenyanu E, Nyadanu M. Prise en charge ambulatoire des drépanocytaires : évaluation de la première année de suivi des patients dans le service de pédiatrie de Lomé (Togo). Bull Soc Pathol Exo, 2001 ; 94,2 : 101-105.
 13. Médecins experts. Guide de prise en charge : la drépanocytose en Afrique/ avec l'appui du gouvernement de la principauté de Monaco – juin 2018 : 29
 14. Begue P, Castello-herbreteau B. La drépanocytose : de l'enfant à l'adolescent. Prise en charge en 2001. Bull Soc Pathol, Exo 2001 ; 94,2 : 85-89.
 15. Ferster A, Kentos A, Bradstreet C, Vertongen F, Gulbis B. Drépanocytose : diagnostic et paramètres biologiques. JEUR 2005 ; 18 : 228-9.

16. Thuilliez V, Ditsambou V, Mba JR, Mba-Meyo S, Kitengue J. Aspects actuels de la drépanocytose chez l'enfant au Gabon. Arch pédiatr 1996 ; 3 : 668-675.
17. Pagnier J, Mears JG, Dunda-Belkhodia O, Kim E, Shaefer-Rego KE, Beldjord C, Nagel RL, Labie D. Evidence for the multicentric origin of the sickle cell hemoglobin gene in Africa. Proc Natl Acad Sci USA 1984; 81: 1771-3.
18. Doupa D, Djité M, Kandji PM, Makalou D, Thiam S, Boye O et al. Polymorphism of the β gene in homozygous sickle cell patients in Senegal and its influence on the main complications of the disease. Advances in Biochemistry 2018; 6, 3: 19-25
19. Ye D, Koueta F, Dao L, Kaboret S. Prise en charge de la drépanocytose en milieu pédiatrique : expérience du Centre Hospitalier Universitaire Pédiatrique Charles-De-Gaulle de Ouagadougou 2008 ; 18, 2.
20. Koko J, Dufillot D, Ba-Meyo JM, Gahouma D, Kani F. Mortalité des enfants drépanocytaires dans un service de pédiatrie en Afrique Central. Arch pédiatr 1998 ; 5 : 965-9.
21. Kossorotoff M, Grevent D, De montalembert M. cerebral vasculopathy in pediatric sickle-cell anemia. Arch pédiatr 2014; 21: 404-414
22. Haute Autorité de Santé. Prise en charge de la drépanocytose chez l'enfant et l'adolescent. Septembre 2005.
23. Diagne I, Diagne-Guèye NR, Fall AL, Dème I, Sylla A, Coly JI, Camara B, Sow HD. Epidemiology, and course of splenomegaly in children and adolescents with sickle cell disease in Sénégal. Arch pédiatr 2010; 17:1017-1025.



ESJ Natural/Life/Medical Sciences

Complications des Mastites Puerpérales: Aspects Cliniques et Thérapeutiques dans un Hôpital de Zone Rurale au Togo

Biréga Koutora

Service de Chirurgie,
Hôpital de l'Ordre de Malte d'Elavagnon, Togo

Edem Têtê Kouevi-Koko

Service de Brûlés, Plaies et Cicatrisation,
CHU Sylvanus Olympio – Lomé, Togo

Mibirim Agbogawo

Clinique Médico-Chirurgicale (Pavillon Militaire),
CHU Sylvanus Olympio – Lomé, Togo

Kodjo Massogblé Nagbé Koffi

Déladem Yaovi Guinhouya

Service de Gynécologie – Obstétrique,
CHU Sylvanus Olympio – Lomé, Togo

Kokou Kouliwa Kanassoua

Département de Chirurgie et Spécialités Chirurgicales,
Faculté des Sciences de la Santé, Université de Lomé, Togo

[Doi:10.19044/esj.2021.v17n34p86](https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n34p86)

Submitted: 29 July 2021

Accepted: 13 September 2021

Published: 30 September 2021

Copyright 2021 Author(s)

Under Creative Commons BY-NC-ND

4.0 OPEN ACCESS

Cite As:

Koutora B., Kouevi-Koko E.T., Agbogawo M., Nagbé Koffi K.M., Guinhouya D.Y. & Kanassoua K.K. (2021). *Complications des Mastites Puerpérales : Aspects Cliniques et Thérapeutiques dans un Hôpital de Zone Rurale au Togo*. European Scientific Journal, ESJ, 17(34), 86.

<https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n34p86>

Résumé

Introduction: L'objectif de cette étude était de décrire les aspects cliniques et thérapeutiques des complications des mastites puerpérales dans un hôpital confessionnel en zone rurale au Togo. **Méthodologie:** Il s'est agi d'une étude transversale descriptive menée à l'Hôpital de l'Ordre de Malte d'Elavagnon de Janvier à Décembre 2020. Etaient incluses, les patientes allaitantes prises en charge pour cellulites, abcès et fasciites nécrosantes du sein. **Résultats:** 47 patientes ont été enregistrées avec un âge moyen de 24,5

± 5,1 ans. Il s'agissait majoritairement d'agricultrices (61,7%). Toutes les patientes avaient eu recours au traitement indigène avant leur admission à l'hôpital. Les lésions étaient représentées par 27 cas d'abcès (57,4%), 14 cas de fasciite nécrosante (29,8%), et 6 cas de cellulite (12,8%). Le sein droit était le plus atteint (72,3%). La prise en charge comportait un traitement médical fait d'analgésie et d'antibiothérapie probabiliste, et un traitement chirurgical qui était fonction des lésions. L'évolution était bonne dans tous les cas. **Conclusion:** La mastite puerpérale est une affection handicapante de la femme allaitante. Le retard à la prise en charge et le recours à des traitements inadaptés exposent à des complications plus graves dont la prise en charge est plus longue.

Mots clés: Mastite Puerpérale, Abcès, Cellulite, Fasciite Nécrosante, Zone Rurale

Complications of Puerperal Mastitis: Clinical and Therapeutic Aspects in a Rural Zone Hospital in Togo

Biréga Koutora

Service de Chirurgie,
Hôpital de l'Ordre de Malte d'Elavagnon, Togo

Edem Têtê Kouevi-Koko

Service de Brûlés, Plaies et Cicatrisation,
CHU Sylvanus Olympio – Lomé, Togo

Mibirim Agbogawo

Clinique Médico-Chirurgicale (Pavillon Militaire),
CHU Sylvanus Olympio – Lomé, Togo

Kodjo Massogblé Nagbé Koffi

Déladem Yaovi Guinhouya

Service de Gynécologie – Obstétrique,
CHU Sylvanus Olympio – Lomé, Togo

Kokou Kouliwa Kanassoua

Département de Chirurgie et Spécialités Chirurgicales,
Faculté des Sciences de la Santé, Université de Lomé, Togo

Abstract

Introduction: The aim of this study was to describe clinical and therapeutic aspects of puerperal mastitis complications in a confessional hospital in rural zone in Togo. **Methodology:** It was a descriptive transversal study carried out at « Ordre de Malte » Hospital of Elavagnon, including breastfeeding patients treated for cellulitis, abcess, and necrotizing fasciitis of the breast, from January to December, 2020. **Results:** 47 patients were

registered with an average age of 24.5 ± 5.1 years old. The patients were mainly farmers (61.7%). All patients undergone indigenous treatment before admission to hospital. The lesions were abscesses in 27 cases (57.4%), necrotizing fasciitis in 14 cases (29.8%), and cellulitis in 6 cases (12.8%). Management included treatment with analgesics and probabilistic antibiotics, and surgical treatment. The outcome was good in all cases. **Conclusion:** Puerperal mastitis is a disabling condition of breastfeeding women. The delay in treatment and the use of inappropriate treatments expose to complications that take a long time to take care of.

Keywords: Puerperal Mastitis, Abscess, Cellulitis, Necrotizing Fasciitis, Rural Zone

Introduction

La mastite puerpérale aussi appelée mastite lactationnelle est une inflammation du sein souvent associée à une infection, survenant pendant la période d'allaitement. Elle touche 10 à 20% des femmes pendant les six premiers mois de lactation, les six à huit premières semaines étant les plus à risque (Mertz, 2014 ; Wilson, 2020). Son diagnostic est essentiellement clinique, basé sur l'apparition d'une douleur, d'un rougeur, d'une chaleur et d'une tuméfaction du sein parfois accompagnée d'un état fébrile. Le retard à la prise en charge et le recours à des traitements inadaptés exposent à des complications comme l'abcès, la cellulite et la fasciite nécrosante du sein (Mertz, 2014 ; Yu, 2018). En milieu rural, en raison des difficultés d'accès aux soins de santé, mais aussi des croyances des populations, le recours au traitement traditionnel est quasi-systématique devant toute affection. La consultation dans les structures conventionnelles de soins se fait alors souvent après échec du traitement indigène au stade des complications. Ainsi, les patientes souffrant de mastite puerpérale sont vues à l'hôpital au stade de complications, après des soins reçus des charlatans et tradi-praticiens. Cette étude a pour but de décrire les aspects cliniques et thérapeutiques des complications des mastites puerpérales prises en charge à l'Hôpital de l'Ordre de Malte d'Elavagnon, un hôpital confessionnel situé en zone rurale au Togo.

Méthodologie

Il s'est agi d'une étude transversale descriptive menée à l'Hôpital de l'Ordre de Malte d'Elavagnon de Janvier à Décembre 2020 (un an). Etaient incluses, toutes les patientes allaitantes prises en charge dans ledit hôpital pour abcès, cellulites et fasciites nécrosantes du sein. Les patientes étaient recrutées au fur et à mesure de leur admission à l'hôpital à partir d'une fiche d'enquête. Le diagnostic était clinique. Le traitement comportait un volet médical, un volet chirurgical, et des mesures générales. Le volet médical était constitué

d'un traitement antalgique et d'un traitement antibiotique probabiliste fait d'Amoxicilline-acide clavulanique ou d'Erythromycine en cas de cellulite ou d'abcès, et d'Amoxicilline-acide clavulanique associé au Métronidazole lorsqu'il s'agissait d'une fasciite nécrosante. Aucun examen cytobactériologique n'était fait car non réalisable localement. Le traitement chirurgical était fonction de la lésion et consistait en incision – drainage d'abcès ou de sérosités, décapage suivi de greffe de peau à distance du processus infectieux. Les mesures générales comportaient essentiellement l'expression manuelle du lait au niveau du sein.

Les paramètres étudiés étaient : l'âge, la profession, les aspects lésionnels et les modalités thérapeutiques. Le traitement des données a été fait à partir du tableur Excel 2019. Les images ont été traitées sur le logiciel Paint.

Résultats

Aspects épidémiologiques

Quarante – et – sept patientes ont été enregistrées avec un âge moyen de $24,5 \pm 5,1$ ans (extrêmes : 17 ans et 36 ans). Il s'agissait majoritairement d'agricultrices (61,7%). La parité moyenne était de 1,8 (extrêmes 1 et 5). Les paramètres épidémiologiques sont récapitulés dans le tableau I.

Tableau I. Récapitulatif des paramètres épidémiologiques des complications des mastites puerpérales à l'Hôpital de l'Ordre de Malte d'Elavagnon

		Effectif	Pourcentage
Tranche d'âge	[17 - 25[26	55,3
	[25 - 35[19	40,4
	≥ 35	2	4,3
Profession	Agricultrices	29	61,7
	Coiffeuses	12	25,5
	Elèves	3	6,4
	Tissérantes	3	6,4
Parité	1	19	40,4
	2	18	38,3
	3	7	14,9
	4	2	4,3
	5	1	2,1

Aspects cliniques

Le délai d'apparition des symptômes variait entre 23 jours et 8 mois d'allaitement. Toutes les patientes avaient eu recours au traitement à l'indigénat avant leur admission à l'hôpital. Trois patientes (6,4%) étaient en arrêt d'allaitement à cause du décès de leurs bébés. Les lésions étaient dominées par les abcès (27 cas / 57,4%). On avait 14 cas de fasciite nécrosante (29,8%) et 6 cas de cellulite (12,8%). Les figures 1, 2, et 3 sont des exemples illustratifs d'images respectivement d'abcès, de cellulite et de fasciite

nécrosante du sein retrouvés dans cette série. Le sein droit était le plus atteint (34 cas / 72,3%). Il n'y avait aucun cas où les deux seins étaient atteints.



Figure 1. Images d'abcès du sein



Figure 2. Cellulite du sein gauche avec crevasse au mamelon



Figure 3. Fasciite nécrosante du sein droit avec dépôt de produits de décoction (flèche). A : patiente de 33 ans, quatrième geste – quatrième par. B : Patiente de 19 ans, primipare

Aspects thérapeutiques

Le traitement médical comportait la prise en charge de la douleur et le traitement antibiotique probabiliste. Le traitement de la douleur était fait à base d'Acide Acétylsalicylique lorsqu'il n'y avait plus d'allaitement (à cause du

décès du bébé), et de Paracétamol dans les autres cas avec poursuite de l'allaitement maternel. L'antibiothérapie probabiliste était à base d'Amoxicilline-acide clavulanique et d'Erythromycine respectivement dans 29 cas (61,7%) et 4 cas (8,5%) en cas de cellulite ou d'abcès ; et d'Amoxicilline-acide clavulanique associé au Métronidazole lorsqu'il s'agissait d'une fasciite nécrosante (14 cas / 29,8%). La durée médiane de l'antibiothérapie était de 8 jours (extrêmes : 7 jours et 18 jours).

Le traitement chirurgical était fonction des lésions. Les abcès étaient traités par incision – drainage de pus. Une ponction à l'aveugle faite dans deux cas d'abcès s'était soldée par une récurrence respectivement au troisième jour et cinquième jour, imposant une incision. Les cellulites étaient traitées par incision et expression des sérosités. La prise en charge chirurgicale des fasciites nécrosantes consistait en des décapages et soins locaux réguliers. Une greffe de peau autologue était réalisée dans 12 cas (25,5%) à distance du processus infectieux. Le délai médian pour la réalisation de la greffe de peau était de 21,3 jours (15 jours et 29 jours). La cicatrisation spontanée était obtenue dans 2 cas de fasciites nécrosantes après un délai moyen de 71,3 jours ; et dans les plaies d'incisions d'abcès et de cellulites après un délai moyen respectivement de 25,7 jours, et 17,2 jours. La figure 4 est un exemple illustratif d'évolution d'une fasciite nécrosante du sein prise en charge dans cette série.

Les autres mesures thérapeutiques étaient essentiellement constituées de l'expression du lait de façon manuelle au niveau du sein malade, et de la poursuite de l'allaitement maternel par le sein sain.

L'évolution était bonne dans tous les cas. Le recul moyen de suivi était de 6,3 mois. La mortalité était nulle.



Figure 4. Images illustratives d'évolution d'une fasciite nécrosante du sein sous prise en charge. A : aspect à l'admission à l'hôpital ; B : aspect au 17^{ème} jour après décapage et soins locaux ; C : aspect au 15^{ème} jour de la greffe de peau autologue.

Discussion

La mastite puerpérale est une morbidité maternelle qui affecte le bien-être des mères et de leurs bébés. Elle résulte souvent d'une stase laiteuse, conséquence d'une vidange incomplète du lait. La stase laiteuse peut évoluer

vers une mastite non infectieuse, laquelle devient infectieuse suite à l'entrée bactérienne rétrograde à travers les canaux galactophores ou le mamelon traumatisé, mais aussi par voie hématogène ou lymphatique (Abou-Dakn, 2010 ; Yu, 2018). La vidange incomplète du lait est en général le résultat de techniques pauvres d'allaitement, ou de l'inexpérience de l'allaitement (Khanal, 2015 ; Yu, 2018). En effet, dans cette série, 55% des patientes avaient moins de 25 ans, et 40% étaient des primipares. Cependant, la mastite puerpérale peut affecter toute femme allaitante quels que soient l'âge et la parité (Bond, 2017).

Débutée tôt, la prise en charge de la mastite puerpérale est simple et repose sur la vidange du lait, le traitement de la douleur et éventuellement un traitement antibiotique. Cette prise en charge rapide et adaptée évite l'évolution vers des complications (Jahanfar, 2016 ; Yu, 2018). Ces dernières étaient les motifs de consultation dans cette étude, en raison du retard à la consultation et du recours systématique au traitement indigène. Le retard de prise en charge à ce stade de complications peut être fatal notamment en cas d'abcès ou de fasciite nécrosante dont le risque immédiat est le choc septique. Le diagnostic dans cette série était clinique. Aucune culture n'était faite pour l'identification des germes en cause, du fait de l'insuffisance du plateau technique local. Le traitement antibiotique était probabiliste en se basant sur les données de la littérature concernant les mastites et leurs complications. En effet, les germes en cause peuvent être les bactéries présentes sur la peau ou les bactéries pathogènes. Il s'agit souvent de *Staphylococcus aureus*, de Streptocoques du groupe B, et des anaérobies ; mais aussi parfois de : *Coagulase Negative Staphylococci*, *Viridans Streptococci*, *Enterococcus faecalis* (Foxman, 2002 ; Bond, 2017 ; Yu, 2018 ; Hajji, 2020). L'antibiothérapie probabiliste instituée dans cette étude a été conduite jusqu'à la fin du traitement avec un bon résultat clinique. Le traitement chirurgical qui s'y associait à ce stade de complications rendait la prise en charge plus coûteuse et plus longue pour la patiente et son entourage, avec le risque de préjudice esthétique. Ce qui souligne l'intérêt de la précocité de consultation dans les structures de santé conventionnelles, afin qu'un traitement adéquat puisse y être débuté et éviter la survenue des complications. Ainsi, des activités de sensibilisations devraient être menées auprès des populations des zones rurales mais aussi des charlatans et tradi-praticiens, les incitant à se rendre précocement à l'hôpital pour se faire consulter, et à éviter le recours systématique au traitement indigène devant toute affection. Par ailleurs, les prestataires de santé en charge de l'accouchement doivent apprendre aux mères la vidange complète du lait et l'hygiène afin de prévenir la mastite ; et les sensibiliser sur la prise en charge des complications de l'allaitement.

Conclusion

La mastite puerpérale est une complication de l'allaitement dont la prévention est essentielle. Le retard à la consultation et le recours à des traitements inadaptés exposent à des complications. Ces complications pourraient être évitées par des activités de sensibilisation incitant les populations à se faire consulter précocement à l'hôpital et à éviter le recours systématique au traitement indigène devant toute affection. La prise en charge adéquate des complications des mastites puerpérales quoique plus coûteuse et longue que celle de la mastite simple donne des résultats satisfaisants.

References:

1. Abou-Dakn, M., Richardt, A., Schaefer-Graf, U., & Wöckel, A. (2010). Inflammatory breast diseases during lactation : milk stasis, puerperal mastitis, abscesses of the breast, and malignant tumors – current and evidence-based strategies for diagnosis and therapy. *Breast Care (Basel)* ; 5(1) : 33-7
2. Bond, DM., Morris, JM., & Nassar, N. (2017). Study protocol : evaluation of the probiotic *Lactobacillus Fermentum* CECT5716 for the prevention of mastitis in breastfeeding women : a randomised controlled trial. *BMC Pregnancy and Childbirth* ; 17 :148 doi 10.1186/s12884-017-1330-8
3. Foxman, B., D'Arcy, H., Gillespie, B., Bobo, JK., & Schwartz, K. (2002). Lactation mastitis : Occurrence and medical management among 946 breastfeeding women in the United States. *Am J Epidemiol* ; 155 : 103-14
4. Hajji, A., Toumi, D., Njima, M., Cherif, O., Ben Salem, A., Korbi, A., & Faleh, R. (2020). Fasciite nécrosante du sein : traitement conservateur et préjudice esthétique, rapport d'un cas. *Pan Afr Med J Clinical Med* ; 3(188) doi 10.11604/pamj-cm.2020.3.188.23858
5. Jahanfar, S., Ng, CJ., & Teng, CL. (2016). Antibiotics for mastitis in breastfeeding women. *Sao Paulo Med J* ; 134(3) : 273
6. Khanal, V., Scott, JA., Lee, AH., & Binns, CW. (2015). Incidence of Mastitis in the Neonatal Period in a Traditional Breastfeeding Society : Results of a Cohort Study. *Breastfeeding Med* ; 10(10) : 481-7
7. Mertz, L., De Courten, C., & Orasch, C. (2014). Infections du sein. *Rev Med Suisse* ; 10 : 925-30
8. Wilson, E., Woodd, SL., & Benova, L. (2020). Incidence of and Risk Factors for Lactational Mastitis : A Systematic Review. *J of Human Lactation* ; 36(4) : 673-86
9. Yu, Z., Sun, S., & Zhang Y. (2018). High-Risk Factors for Suppurative Mastitis in Lactating Women. *Med Sci Monit* ; 24 : 4192-7



ESJ Natural/Life/Medical Sciences

Utilisation et Gestion des Pesticides dans les Zones Agricoles Urbaines, Périurbaines et Rurales de la Préfecture de Meknès, Maroc

Ibrahim El Ghazi

Université Moulay Ismail, Cluster des Compétences
Environnement et santé, Meknès, Maroc
Université Catholique de Louvain, Belgique

Janvier Egah

Université Catholique de Louvain, Belgique
Laboratoire Société- Environnement (LaSEn), Faculté d'Agronomie,
Université de Parakou, Bénin

Berni Imane,

Aziza Menouni,

Mohammed Amane

Université Moulay Ismail, Cluster des Compétences
Environnement et santé, Meknès, Maroc

Marie-Paule Kestemont

Université Catholique de Louvain, Belgique

Samir El Jaafari

Université Moulay Ismail, Cluster des Compétences
Environnement et santé, Meknès, Maroc

[Doi:10.19044/esj.2021.v17n34p94](https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n34p94)

Submitted: 26 August 2021

Accepted: 15 September 2021

Published: 30 September 2021

Copyright 2021 Author(s)

Under Creative Commons BY-NC-ND

4.0 OPEN ACCESS

Cite As:

El Ghazi I., Egah J., Imane B., Menouni A., Amane M., Kestemont M-P. & El Jaafari S. (2021). *Utilisation et Gestion des Pesticides dans les Zones Agricoles Urbaines, Périurbaines et Rurales de la Préfecture de Meknès, Maroc*. European Scientific Journal, ESJ, 17(34), 94. <https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n34p94>

Résumé

L'utilisation inappropriée des pesticides a des effets négatifs sur l'Homme, la faune et la flore. Le manque d'une base de données sur l'utilisation des pesticides dans la Préfecture de Meknès (Maroc), nous a conduit à réaliser des enquêtes auprès de 120 agriculteurs choisis de façon aléatoire stratifiée dans cette localité. Le questionnaire a porté sur les

pesticides utilisés, les moyens de protection des agriculteurs pendant la préparation de la bouillie et l'usage des pesticides, la gestion des emballages des pesticides, le rinçage des pulvérisateurs et l'élimination de la bouillie restante. Les résultats de l'enquête auprès des enquêtés ont montré que les pesticides les plus fréquemment utilisés sont essentiellement des herbicides et des fongicides à des taux respectifs de 44% et 29%. Les familles chimiques des pesticides les plus recensées durant cette enquête sont celles des triazoles (21%) et des organophosphorés (17%). Le glyphosate a été la matière active la plus utilisée (13%). Les 120 agriculteurs interrogés traitaient sans protection et vivaient à côté des parcelles. Il est essentiel donc d'accentuer la sensibilisation des agriculteurs sur l'utilisation rationnelle des pesticides et l'adoption des techniques alternatives pour diminuer les impacts sur la santé et l'environnement.

Mots clés: Pesticides, Herbicides, Glyphosate, Enquête, Meknès, Maroc

The Use and Management of Pesticides in Urban, Peri-Urban and Rural Agricultural Areas of The Prefecture of Meknes, Morocco

Ibrahim El Ghazi

Université Moulay Ismail, Cluster des Compétences
Environnement et santé, Meknès, Maroc
Université Catholique de Louvain, Belgique

Janvier Egah

Université Catholique de Louvain, Belgique
Laboratoire Société- Environnement (LaSEn), Faculté d'Agronomie,
Université de Parakou, Bénin

Berni Imane,

Aziza Menouni,

Mohammed Amane

Université Moulay Ismail, Cluster des Compétences
Environnement et santé, Meknès, Maroc

Marie-Paule Kestemont

Université Catholique de Louvain, Belgique

Samir El Jaafari

Université Moulay Ismail, Cluster des Compétences
Environnement et santé, Meknès, Maroc

Abstract

The inappropriate use of pesticides has negative impact on humans, fauna and flora. The lack of a database on pesticides use in the Prefecture of Meknes (Morocco), led us to conduct surveys in this locality. A stratified of 120 farmers was randomly selected. The questionnaire focused on pesticides used, farmers' protective measures during the slurry preparation and pesticides use, management of pesticide packaging, sprayers rinsing and disposal of leftover slurry. The results of this survey show that the herbicides and fungicides were the main pesticides used at 44% and 29% respectively. The chemical families of pesticides most frequently identified during this survey were triazoles (21%) and organophosphates (17%). Glyphosate is the most consumed active ingredient (13%). The 120 farmers interviewed treated without protection and lived next to the plots. It is therefore essential to accentuate farmers' awareness of the rational use of pesticides and the adoption of alternative techniques to reduce the impact on health and environment.

Keywords: Pesticides, Herbicides, Glyphosate, Survey, Meknes, Morocco

Introduction

Le Maroc est très dépendant du secteur agricole. En effet, environ 40% de la population laborieuse travaille dans l'agriculture et 14% du Produit Intérieur Brut (PIB) est généré par ce secteur (MAPM, 2014). En outre, l'agriculture assure l'approvisionnement alimentaire de la population marocaine et est destinée également pour l'exportation. La culture agricole conventionnelle des céréales, des fruits et des légumes au Maroc comme dans la plupart des autres pays du monde est associée à l'utilisation des pesticides. Ces pesticides sont des substances toxiques qui permettent d'éliminer les plantes, les insectes et les champignons nuisibles. Lorsqu'ils sont utilisés de manière abusive et inappropriée, des résidus de produits toxiques se forment dans les denrées cultivées (Morillon, 2016 ; Assogba-Komlan *et al.*, 2007 ; Carvalho, 2006 ; FAO, 1978). Aussi la biodiversité en pâtit-elle également (El Bakouri, 2006 ; Pazou *et al.*, 2006) et les sources d'eaux sont susceptibles d'être contaminées (Berni *et al.*, 2021_a ; Naamane *et al.*, 2020 ; Maldani *et al.*, 2017 ; El Azzouzi *et al.*, 2014 ; Detroux, 1996).

La forte demande des produits alimentaires par les consommateurs et la nécessité de maintenir les prix des denrées alimentaires aussi bas que possible exigent une production intense qui pousse à l'utilisation massive des produits phytosanitaires pour booster la production et améliorer le rendement. L'usage exagérée de ces produits est susceptible d'affecter négativement la qualité de l'air (Guiral *et al.*, 2016 ; Chahine, 2011 ; FOCUS, 2008; Houze, 2003), du sol (Raffa et Chiampo 2021 ; Barriuso *et al.*, 2005 ; Bouzoubaa,

2002 ; Van Jaarsveld *et al.*, 1999), de l'eau (Berni *et al.*, 2021_b), la biodiversité (Cusaac *et al.*, 2015 ; Brühl *et al.*, 2011 ; Dinehart *et al.*, 2009) et la santé à la fois des applicateurs de ces produits phytosanitaires et des consommateurs des denrées agricoles traités (Berni *et al.*, 2021_b; Saadane, 2018 ; Belhad *et al.*, 2017 ; Morillon, 2016; Idrissi *et al.*, 2010 ; Carvalho, 2006 ; Wade, 2003).

Au Maroc, selon les statistiques de l'Office des Changes, les importations des produits phytosanitaires sont en constante augmentation depuis l'année 2005 (El Ouilani, 2011). Elles avoisinent 12000 tonnes par an et représentent un chiffre d'affaire estimé à 90 millions de Dollars US par an (Mojtahid, 2006). Par ailleurs, selon le Centre Antipoison, les pesticides représentent la deuxième cause d'intoxication au niveau national, tout en sachant que près de 20 000 décès accidentels (WHO, 1990) et 385 millions de cas d'intoxication aiguë non intentionnelle sont liés à l'exposition aux pesticides chaque année au niveau mondial (Boedeker *et al.*, 2020).

C'est dans ce contexte que nous avons conduit ce travail dans la Préfecture de Meknès au Maroc. La Préfecture de Meknès, est une région caractérisée par des potentialités agricoles très diversifiées qui lui ont permis d'être placée parmi les meilleures zones agricoles du Maroc. Elle enregistre une consommation annuelle dépassant 362 tonnes de produits phytosanitaires (ABH, 2005). L'objectif de cette étude est d'évaluer le mode d'utilisation et de gestion des pesticides par les agriculteurs de cette Préfecture.

Matériels et méthodes

Zone d'étude

Cette étude a été réalisée dans la Préfecture de Meknès, située à 33°53'36" N et 5°32'50" O (**Figure 1**). Cette Préfecture compte 835 695 habitants. Sa population rurale est de 148 120 habitants (RGPH, 2014). La Préfecture se caractérise par un climat méditerranéen semi-continentale, dont les hivers sont frais et pluvieux et les étés sont chauds et secs. La surface agricole utile (SAU) au niveau de cette région est de 149 516 Ha soit 1,7% de la SAU totale au niveau national. Le choix de cette aire d'étude est dû à sa forte contribution dans la production agricole du pays et son potentiel de nourrir à la fois ses habitants et ceux de la région de Fès- Meknès.

Les communes étudiées sont Mejjate, Dkhissa, Sidi Sliman Moul Kiffane, Oued Jdida, M'haya, Meknès, Ouislane et Toulal (**Figure 1**).

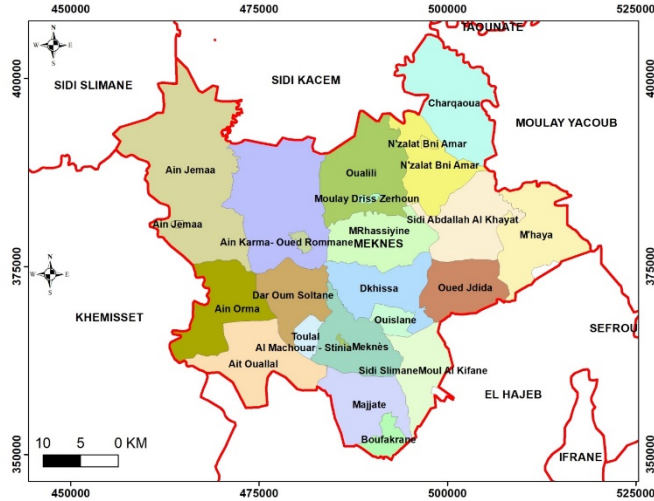


Figure 1. Géolocalisation de la zone d'étude

Unités de recherche et échantillonnage

Les unités de recherche sont les agriculteurs des zones urbaines, périurbaines et rurales. Au total, 120 agriculteurs à raison de 15 agriculteurs par commune et 40 agriculteurs par zone ont été enquêtés. La technique d'échantillonnage est l'échantillonnage stratifié.

Collecte et analyse des données

Pour connaître l'utilisation des pesticides dans la Préfecture de Meknès, nous avons soit utilisé une fiche d'enquête pour la collecte des données soit interrogé directement les agriculteurs dans les différentes zones de la Préfecture (zones urbaines, périurbaines et rurales). Les enquêtes ont été réalisées entre le 15 novembre 2020 et le 26 février 2021. Elles consistaient à récolter les données relatives à l'emploi des différents produits chimiques (herbicides, insecticides, fongicides) durant la campagne agricole 2019/2020. Les données collectées ont été saisies et analysées avec le logiciel Microsoft Excel 2010. La statistique descriptive a été utilisée pour calculer les fréquences et le test de Khi2 a été utilisé pour comparer les variables quantitatives. Le seuil de signification retenu était la probabilité $P \leq 0,05$. Le logiciel ArcGIS 9.3 a été utilisé pour l'élaboration de la carte de la géolocalisation de la zone d'étude (Figure 1).

Résultats et discussions

Les principales cultures dans la zone d'étude

L'analyse de la figure 2 fait ressortir que 50% de la surface agricole lors de l'enquête est consacrée aux céréales, suivies par l'arboriculture (26%)

et les légumineuses (13%). La superficie agricole résiduelle est répartie entre les cultures maraichères, fourragères et les oléagineuses.

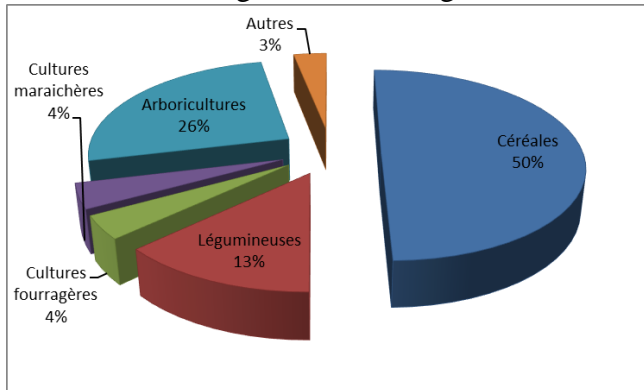


Figure 2. Distribution de la superficie enquêtée par type de culture. *Source : enquêtes 2020-2021*

Les principaux pesticides utilisés par les producteurs de la Préfecture de Meknes

Cette étude révèle que tous les agriculteurs interrogés (100%) emploient des pesticides. Les pesticides utilisés sont essentiellement des herbicides (44%) et des fongicides (29%) (**Tableau 1** et **Figure 3**). Ce résultat corrobore ceux constatés en Amérique (INSERM, 2013) et en Europe (OCDE, 2003). En effet, au Maroc, Maldani *et al.* (2017) ont rapporté que les herbicides représentaient 57% de la quantité de pesticides chimiques de synthèse répertoriés. Un résultat similaire a été enregistré à Tadla au Maroc où les herbicides constituaient 33% des pesticides utilisés (Hafiane *et al.*, 2021). En revanche, ce résultat diverge de celui observé en Algérie où les insecticides et fongicides représentaient 86% du total des pesticides pulvérisés (Belhadi, 2017).

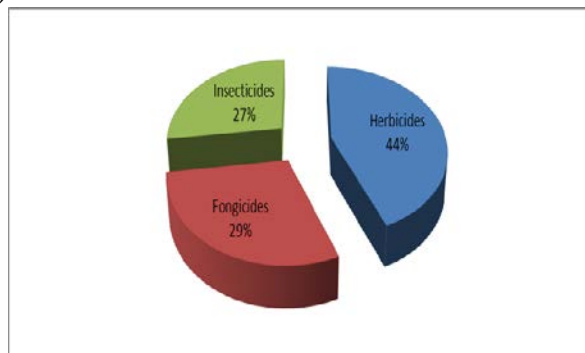


Figure 3. Répartition des pesticides utilisés en fonction des classes. *Source: enquêtes 2020-2021*

Tableau 1. La liste des pesticides les plus couramment utilisés dans la zone d'étude

Source : enquêtes 2020-2021

Pesticides	Classe	Famille chimique	Matière active
DAKA 50 WP	Herbicides	Urées substituées	Linuron (50%)
TOYOTO 24	Herbicides	Diphényl-éthers (dérivés du benzène)	Oxyfluorène (240 g/l)
FUSILADE FORTE	Herbicides	Azyloxyphenoxypropionique	Fluazifop-p-butyl (150 g/l)
GALLANT SUPER	Herbicides	Organophosphorés	Haloxifop-R-méthyl ester (104 g/l)
GRAMOXONE	Herbicides	bipyridinium	Paraquat
AGIL	Herbicides	Aryloxyphenoxypropionate	Propaquizafop (100 g/l)
ALFAHD MIX	Herbicides	Herbicides phénoxy	2,4-D + MCPA-diméthylamine (DMA)
BOOM SUPER	Herbicides	Organophosphorés	Glyphosate -sel d'isopropylamine (360 g/l)
GRANSTAR 75 DF	Herbicides	Sulfonylurées	Tribenuron Methyl (75%)
TORNADO SE	Herbicides	Triazolopyrimidines & aryloxyacides	2,4-D (300 g/l) & Florasulame (6.25 g/l)
MEGA 2,4-D	Herbicides	Herbicides phénoxy	2,4-D -sel d'amine (840 g/l)
DAM	Herbicides	Acides phénoxyacétiques	2,4-D -sel d'amine (400 g/l)
AGIL	Herbicides	Aryloxyphénoxy propionate	propaquizafop (10%)
ROUND UP	Herbicides	Organophosphorés	Glyphosate (450 g/l)
Ei Afrit Ø 200	Herbicides	Aryloxy-acides	2,4 D-ester butylglycol (200 g/l)
CHEVAL ET LION	Herbicides	Aryloxy-acides	2,4-D-2-éthylhexyl ester (200 g/l)
MENJEL 24 EC	Herbicides	Aryloxy-acides	2,4D d'Esther Butylglycol
AL FAHD MIX	Herbicides	Aryloxy-acides	2,4-D 240 (g/l) + MCPA240 (g/l)
EL GHOU	Herbicides	Aryloxy-acides	2,4-D-ester isocytlique (480 g/l)
TARZAN 60	Herbicides	Sulfonylurées	Metsulfuron Methyl 60%
SEKATOR OD	Herbicides	Sulfonylurées	Amidosulfuron (100 g/l) + iodosulfuron (25g/l) + Safner (250 g/l)
OPUS	Fongicides	Triazoles	Epoxiconazole (125 g/l)
PUNCH C	Fongicides	Triazoles, Benzimidazoles	Flusilazole (250g/l) + Carbendazime (125 g/l)
APACHE	Fongicides	Triazoles	Propiconazole (250 g/l)
BACHLOR 125SC	Fongicides	Triazoles	Epoxiconazole (125 g/l)
SCORE 250 EC	Fongicides	Triazoles	Difenoconazol (250 g/l)
FALCON 460 EC	Fongicides	Triazoles	Tebuconazol (167 g/l) + Triadimenol (43 g/l)+ Spiroxamina (250 g/l)
PROPLANT	Fongicides	Carbamates	Propamocarbe HCL (722 g/l)
BAYOUD 10 EC	Fongicides	Triazoles	Penconazole (100 g/l)
MATIZ 430 SC	Fongicides	Triazoles	Tebuconazole (430 g/l)
CARAMBA 60 SL	Fongicides	Triazoles	Metconazole (60g/l)
TOKRA	Fongicides	Triazoles+ Strobilurines	Penconazole (87,5g/kg)+ krésoxim-méthyl (250 g/kg)
BASAFORT	Fongicides	Carbamates	Zirame (90%)
ORSALIS	Fongicides	Triazoles	d'Hexaconazole (50 g/l)
TAKUMI® 20WG	Fongicides	Diamides	Flubendiamide (20%)
TRACTOR 10 E	Insecticides	Pyréthroïdes	Alpha-cyperméthrine (100 g/l)
MALATHION 50	Insecticides	Organophosphorés	Malathion (500 g/l)
SYNERGY	Insecticides	Organophosphorés & Pyréthrinoïdes	Chlorpyrifos-éthyl (50%) + Cyperméthrine (5%)
DECIS PROTECH	Insecticides	Pyréthrinoïdes	Deltaméthrine (15 g/l)
PIRIMOR 50 DG	Insecticides	Carbamates	Pyrimicarbe (50%)
DIMETHON	Insecticides	Organophosphorés	Dimethoate (400g/l)
KARATE® 5 EC	Insecticides	Pyréthrinoïdes	Lambda- Cyhalothrine (50g/l)
ACTARA® 25 WG	Insecticides	Neonicotinoïdes	Thiamethoxam (25%)
PROTEUS	Insecticides	Neonicotinoïdes+ Pyréthrinoïdes	Thiaclopride (100 g/l) + (10 g/l) Deltaméthrine
DECIS® 25 EC	Insecticides	Pyréthrinoïdes	Deltaméthrine
DURSBAN 4	Insecticides	Organophosphorés	chlorpyrifos-éthyl (480 g/l)
REEVA 5 EC	Insecticides	Pyréthrinoïdes	Lambda-Cyhalothrine (50g/l)
IMIDAN 50 WG	Insecticides	Organophosphorés	Phosmet (50 %)

D'après la figure 4, les familles chimiques des pesticides les plus identifiés lors de cette enquête sont les triazoles (21 %), les organophosphorés (17%) et les aryloxyacides (10%). Ce constat contredit les résultats d'une étude menée au Maroc par le Centre Antipoison et de Pharmacovigilance (CAPM), qui en 2015, a révélé que les organophosphorés représentaient 58% des pesticides consommés au niveau national (CAPM, 2010). Ce résultat diverge également celui relevé par Maldani *et al.* (2017) qui ont signalé dans leur enquête que les pesticides de la famille des organophosphorés sont les plus utilisés.

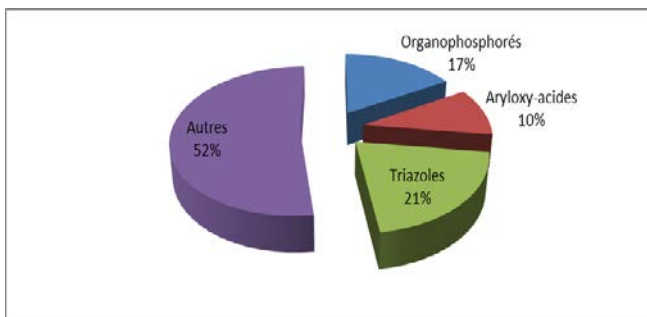


Figure 4. Répartition des pesticides utilisés par les agriculteurs enquêtés en fonction des familles chimiques.

Source: enquêtes 2020-2021

Les résultats d'enquête indiquent que le glyphosate est la matière active la plus utilisée (13 %). En Allemagne, 39% des terres agricoles exploitées sont traitées avec du glyphosate (Gravert *et al.*, 2013). Au Royaume-Uni, le glyphosate est la matière active la plus consommée (Garthwaite, 2010). En ce qui concerne le Maroc, Maldani *et al.* (2017) ont constaté que le glyphosate était la matière active la plus répandue (15%).

Mesures de protection prises par les agriculteurs enquêtés

L'analyse de la figure 5 montre que plus de la moitié des applicateurs (53%) de la Préfecture de Meknès n'ont pris aucune disposition de protection. La principale mesure adoptée pendant le traitement est le port du cache-nez (35%). Les applicateurs qui portent des gants et un cache-nez sont seulement 11%. Enfin, aucun applicateur ne se dote de la tenue de protection complète. Ce résultat est indépendant du niveau d'éducation et de l'ancienneté dans la profession agricole. En effet, le recours au test du Chi-deux pour le croisement des variables niveau d'éducation et non-port de la tenue de protection et entre les variables ancienneté en agriculture et le non-port de la tenue de protection a donné des valeurs $> 0,05$. Le faible recours à l'utilisation des équipements de protection par les agriculteurs lors de la pulvérisation des pesticides a été également observé en Côte d'Ivoire par Doumbia et Kwadjo (2009), au Sénégal par Diop (2013), en Algérie par Belhadi (2017), au Burkina Faso par Son *et al.* (2018) et au Bénin (Ahouangninou *et al.*, 2011 ; 2015 ; Gbonsou *et al.*, 2020). Les résultats de l'enquête révèlent également que 22% des applicateurs consomment de la nourriture ou du tabac durant les opérations de préparation de la bouillie et lors des traitements.

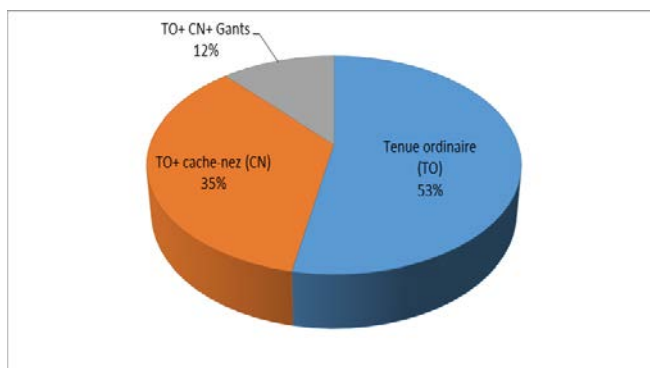


Figure 5. Proportion des moyens de protection utilisés par les agriculteurs enquêtés.
Source : enquêtes 2020-2021

Mesures de protection post-traitement

Pendant la phase de post-traitement, 59% des applicateurs se lavaient les mains et se changeaient. Les personnes qui ont fait le bon choix en se douchant ne représentaient que 41% (**Figure 6**).

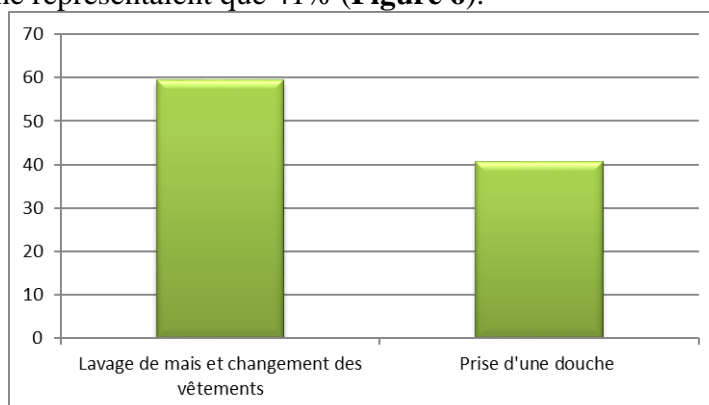


Figure 6. Mesures de protection prises par les agriculteurs enquêtés après la fin des traitements.
Source : enquêtes 2020-2021

Devenir des emballages et contenants usagés

La figure 7 fournit des informations sur la façon dont les emballages de pesticides sont gérés. Les emballages vides sont incinérés par 45% et jetés en pleine nature par 42% des applicateurs. Au Togo, 68% des emballages vides sont brûlés (Kanda *et al.*, 2013), en Côte d'Ivoire, 28% des maraichers laissent les emballages dans les champs et 52% les brûlent avec les ordures ou les enfouissent dans le sol (Dombia et Kwadjo, 2009) et au Bénin, 46 % des producteurs réutilisaient les emballages vides pour se procurer à nouveau des produits phytosanitaires chez les détaillants, 24 % abandonnaient les flacons dans les champs, 10 % les jetaient dans les mares, 2 % les brûlaient et 3 % les jetaient à la décharge (Ahouangninou *et al.*, 2011). Au Maroc, une enquête

réalisée par l'Association d'Education Environnementale et de Protection des Oiseaux au Maroc (SEEPOM), a indiqué que 28% des agriculteurs des régions de Meknès, Rabat et Tétouan utilisent les emballages vides de pesticides pour le conditionnement des produits alimentaires, entre autres l'eau, 40% les enfouissent dans le sol, 29% les incinèrent à l'air libre ou les jettent avec les ordures ménagères et 3% les abandonnent dans les champs ou les jettent dans la nature (SEEPOM, 2009). A Tadla au Maroc, 53% des agriculteurs jettent les emballages vides des pesticides, 10% les incinèrent et 9% les réutilisent (Hafian *et al.*, 2021). Dans la région de Doukkala-Abda (Maroc), le recours à l'incinération des emballages est l'usage le plus fréquent chez la majorité des agriculteurs (76%) (ONSSA, 2015). En Algérie, les emballages vides sont jetés dans la nature par 43% des agriculteurs et incinérés par 40% (Belhadi, 2017).

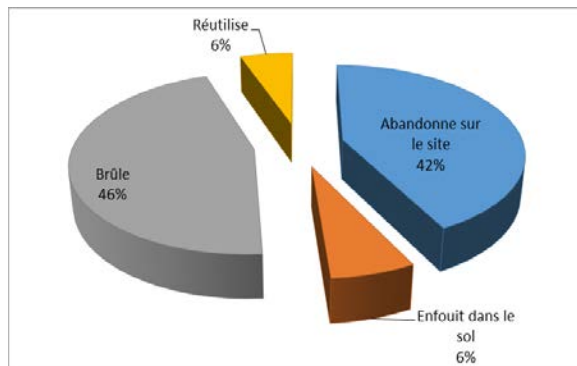


Figure 7. Sort des emballages vides des pesticides utilisés. *Source : enquêtes 2020-2021*



Figure 8. Emballage vide abandonné

Devenir de la bouillie restante après traitement

D'après les résultats de cette enquête, deux tiers des agriculteurs interrogés parviennent à utiliser la totalité de la bouillie préparée pour lutter contre les ravageurs des cultures au cours d'une campagne agricole. Près d'un tiers de ces agriculteurs préparent des volumes de bouillie sans les pulvériser entièrement. Cela les amène à déverser l'excédent de bouillie sur le sol. Enfin, une très faible proportion d'agriculteurs (3%) a conservé le reste de la bouillie pour une utilisation ultérieure. Ce résultat est en désaccord avec celui rapporté par Belhadi (2017) qui a constaté que les trois quarts des agriculteurs n'utilisent pas la totalité de la bouillie préparée. Dans la région de Doukkala-Abda au Maroc, 86% des agriculteurs utilisent toutes les quantités de bouillie préparée et 10% des agriculteurs éliminent les quantités restantes dans la nature (ONSSA, 2015).

Devenir de l'eau de lavage des pulvérisateurs

A Meknès, l'eau issue du lavage des pulvérisateurs est déversée sur le sol par 93% des agriculteurs et seulement 7% des agriculteurs épandent l'eau du rinçage des pulvérisateurs sur les cultures déjà traitées (**Figure 9**). En Algérie, l'eau issue du lavage des pulvérisateurs est vidée sur le sol à côté des sources d'eau par 98,5% des agriculteurs. Seulement 1,5% des applicateurs répandent l'eau de lavage du pulvérisateur (Belhadi, 2017).

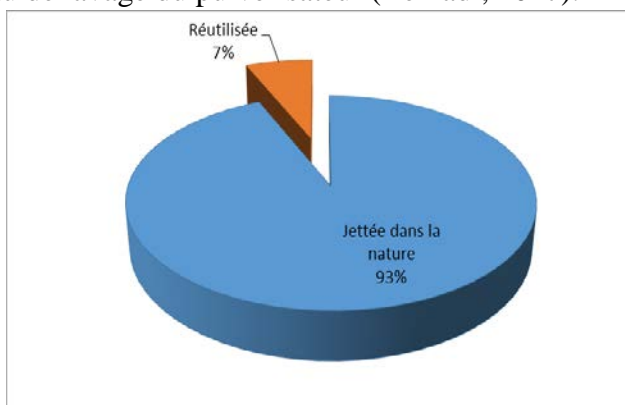


Figure 9. Devenir de l'eau issue du rinçage des pulvérisateurs.
Source: enquêtes 2020-2021

Connaissances des instructions d'utilisation des pesticides

Les résultats de la dernière partie de l'enquête révèlent que 52% des agriculteurs ignorent les instructions d'utilisation des pesticides (**Figure 10**). Parmi ces instructions, il faut éviter tout contact des pesticides avec la peau et les yeux, éviter d'inhaler le brouillard de pulvérisation, interdire l'accès à la parcelle traitée à toute personne non impliquée dans les opérations de traitement, aux enfants et au bétail. Lors du traitement, il faut éviter tout

entraînement du brouillard sur les cultures avoisinantes. Il faut également faire le traitement à un temps calme, ne pas manger, ni boire ou fumer dans les endroits où ces produits sont manipulés, entreposés ou mis en œuvre.

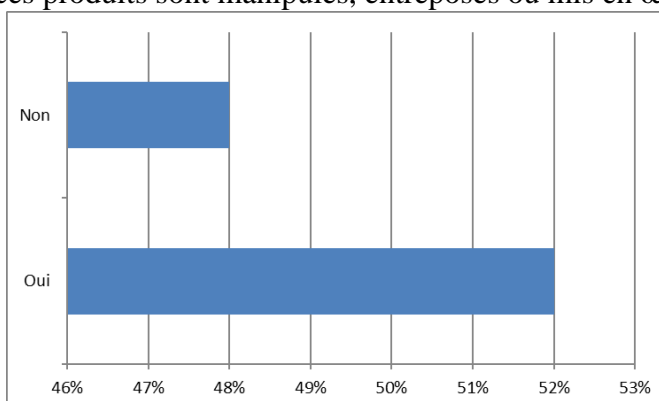


Figure 10. Connaissance des instructions d'utilisation des pesticides.
Source: enquêtes 2020-2021

Respect des doses des pesticides recommandées

D'après les résultats de l'enquête, 16% des agriculteurs ne respectent pas les doses des pesticides recommandées (**Figure 11**). Ce résultat contredit celui rapporté par Naamane *et al.* (2020) au niveau de la région de Casablanca-Settat (Maroc), où 44 % des agriculteurs utilisent les pesticides au hasard. En France, d'après Morillon (2016), 80% des agriculteurs respectent les doses prescrites et les 20% restants utilisent des doses inférieures car ils adoptent des techniques alternatives.

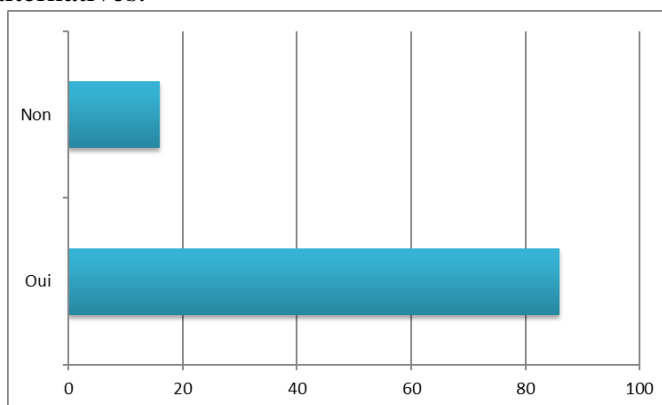


Figure 11. Respect des doses recommandées.
Source: enquêtes 2020-2021

Les maladies liées à la manipulation des pesticides citées par les agriculteurs enquêtés.

Les maladies qui ont été les plus évoquées par les agriculteurs de Meknès suite à l'exposition aux pesticides sont : les troubles de vision, les

difficultés respiratoires, les irritations cutanées, les maux de tête, les diarrhées, la fatigue, les nausées et les vomissements (**Figure 12**).

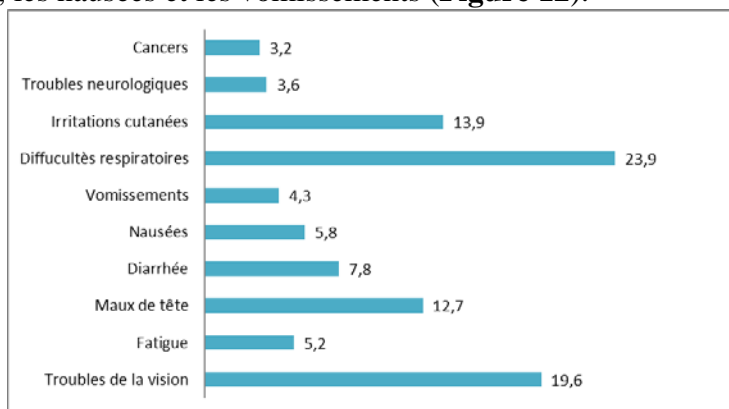


Figure 12. Les maladies les plus évoquées par les agriculteurs de Meknès suite à l'exposition aux pesticides
Source: Enquêtes 2020-2021

Conclusion

La gestion des pesticides avant, pendant et après leur utilisation constitue une problématique environnementale et sanitaire. La production des vivriers (céréales, légumineuses, cultures maraîchères) est soumise à l'utilisation des pesticides à Meknès au Maroc. Les pesticides utilisés sont principalement les herbicides et les fongicides. Ils appartiennent aux familles chimiques des triazoles, des organophosphorés et des aryloxyacides. Le glyphosate est la matière active la plus utilisée. La plupart des applicateurs n'ont pris aucune disposition de protection. Toutefois, le port du cache-nez et des gants est observé chez certains applicateurs pendant le traitement. Pendant les opérations de préparation de la bouillie et de traitements, certains applicateurs consomment de la nourriture ou du tabac. Après le traitement, certains applicateurs ont incinéré les emballages vides alors que d'autres les ont jetés en pleine nature. Environ 59% des applicateurs se lavaient les mains et se changeaient. La plupart des agriculteurs ignorent les instructions d'utilisation des pesticides. Par conséquent, les applicateurs de Meknès ont souffert des troubles de vision, des difficultés respiratoires, des irritations cutanées, des maux de tête, des diarrhées, de la fatigue, des nausées et des vomissements. Il est crucial de promouvoir la formation des agriculteurs de la Préfecture de Meknès sur l'utilisation judicieuse des produits phytosanitaires par l'organisation des ateliers, des sites de démonstration, porte à porte et la distribution des documentations afin qu'ils adoptent de nouvelles pratiques. Des études complémentaires devraient porter sur le contrôle des résidus de pesticides dans les cultures. Il est indispensable de tester également dans cette zone d'étude, les biopesticides et les techniques de lutte biologique et de

l'agriculture intégrée, qui ont déjà démontré leur efficacité dans de nombreuses régions du monde et sont moins nocifs pour l'homme et plus écologiques. Le développement de variétés résistantes serait également une piste intéressante pour limiter l'utilisation des produits phytosanitaires.

Remerciement

Nous remercions l'Académie de Recherche et d'Enseignement Supérieur (ARES) du Gouvernement belge pour le financement de notre séjour postdoctoral à l'Université Catholique de Louvain.

References:

1. Agence du Bassin Hydraulique de Sebou (ABH). (2005). Mission 1 : « Étude de l'impact de la pollution agricole sur la qualité des eaux de la nappe Fès/Meknès ». Rapport définitif.
2. Assogba-Komlan, F., Anihouvi P., Achigan, E., Sikirou, R., Boko, A., Adje, C., Ahle, V., Vodouhe, R & Assa A. (2007). Pratiques culturales et teneur en éléments antinutritionnels (nitrates et pesticides) du *Solanum macrocarpum* au Sud du Bénin. *African Journal of Food, Agriculture, Nutrition and Development* 7 : 1-21.
3. Barriuso, E., Benoit, P., Bedos, C & Charnay, M.P. (2005). Les pesticides dans le sol. Conséquences agronomiques et environnementales. Editions France Agricoles, Paris, 637p.
4. Ahouangninou, C., Fayomi B & Martin, T. (2011). Évaluation des risques sanitaires et environnementaux des pratiques phytosanitaires des producteurs maraîchers dans la commune rurale de Tori-Bossito (Sud-Bénin). *Cahiers Agricultures*, 20:216-222.
5. Ahouangninou, C., Martin, T., Cledjo, P., Assogba-Komlan, F., Djogbénu, L., Assogba, B., Soumanou, M.M., Boko, M & Fayomi, B. (2015). Caractérisation des risques sanitaires et environnementaux des pratiques phytosanitaires dans la production de légumes dans les communes de Cotonou, de Seme-Kpodji et de Ouidah au Sud-Bénin. *Cahiers du Centre Béninois de la Recherche Scientifique et Technique*, 2: 135-171.
6. Belhadi A. (2017). Évaluation de la durabilité et étude des pratiques phytosanitaires des exploitations maraîchères sous abri serre d'une région aride : cas des Ziban (Biskra). Thèse de doctorat en sciences agronomiques, école nationale supérieure agronomique El-Harrach – Alger. 324 p.
7. Berni, I., Menouni, A., El Ghazi, I., Godderis, L., Duca, RD & El Jaafari, S. (2021a). Health and ecological risk assessment based on pesticide monitoring in Saïss plain (Morocco) groundwater.

- Environmental Pollution, 276, 116638, ISSN 0269-7491, <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2021.116638>.
8. Berni, I., Menouni, A., El Ghazi, I., Duca, RD., Kestemont, MP., Godderis, L & El Jaafari, S. (2021b). Understanding farmers' safety behavior regarding pesticide use in Morocco. *Sustainable Production and Consumption*, 25 : 471- 483.
 9. Boedeker, W., Watts, M., Clausing, P & Marquez , E. (2020). The global distribution of acute unintentional pesticide poisoning: estimations based on a systematic review. *BMC Public Health*, 20, 1875. <https://doi.org/10.1186/s12889-020-09939-0>.
 10. Bouzoubaa, A. (2002). Etude de la persistance chimique, la mobilité et l'adsorption du methyl isothiocyanate dans le sol. Thèse de doctorat, Université Mohammed V, Rabat.
 11. Brühl, C.A., Pieper, S & Weber B. (2011). Amphibians at risk? Susceptibility of terrestrial amphibian life stages to pesticides. *Environmental Toxicology and chemistry*, 30: 2465-2472.
 12. Chahine, A. (2011). Modélisation de la dispersion aérienne de pesticides des échelles locales aux échelles régionales, influence des aménagements et quantification des niveaux d'exposition Thèse de Doctorat, Centre International d'Etude Supérieures en Sciences Agronomiques, Montpellier SupAgro, 184p.
 13. Carvalho, F.P. (2006). Agriculture, pesticides, food security and food safety. *Environmental Science & Policy*, 9 (7-8): 685– 692.
 14. Cusaac, J.P.W., Mimbs IV W.H., Belden, J.B., Smith, L.M & McMurry S.T. (2015). Terrestrial exposure and effects of Headline AMP® Fungicide on amphibians. *Ecotoxicology*, 24: 1341-1351.
 15. Detroux L.(1996). Les produits phytopharmaceutiques : Leurs Objectifs et leurs impacts sur la qualité de la nourriture, de l'eau et de l'environnement. Centre de recherche agronomique, Gembloux.
 16. Dinehart, S.K., Smith, L.M., McMurry, S.T., Anderson, T.A., Smith, P.N & Haukos, D.A. (2009). Toxicity of a glufosinate and several glyphosate-based herbicides to juvenile amphibians from the Southern High Plains, USA. *Science of the Total Environment*, 407: 1065-1071.
 17. Diop A. (2013). Diagnostic des pratiques d'utilisation et quantification des pesticides dans la zone des Niayes de Dakar (Sénégal). Thèse de doctorat. Université du Littoral Côte d'Opale.190p.
 18. Doumbia, M & Kwadjo, K.E. (2009). Pratiques d'utilisation et de gestion des pesticides par les maraîchers en Côte d'Ivoire : Cas de la ville d'Abidjan et deux de ses banlieues (Dabou et Anyama). *Journal of Applied Biosciences*, 18 : 992 – 1002.
 19. El Azzouzi, E.H., El Bouzaidi, H., Nouri, K., El Azzouzi, M & Fekhaoui, M. (2014). Study the impact of pesticides using pressure

- indicator and toxicity watershed Merja Zerga (Morocco). *Advances in Environmental Biology*, 8(17): 31–35.
20. El Bakouri, H. (2006). Développement de nouvelles techniques de détermination des pesticides et contribution à la réduction de leur impact sur les oiseaux par utilisation des substances organiques Naturelles. « Thèse, Université AbdElmalek Saadi, 2006 » .p.9,24, 52.
 21. FOCUS (2008). Pesticides in Air: Considerations for Exposure Assessment. Report of the FOCUS Working Group on Pesticides in Air, EC Document Reference SANCO/10553/2006 Rev 2 June 2008. 327 pp.
 22. Food and Agriculture Organisation (FAO). (1978). Résidus des pesticides dans les produits alimentaires. Rapport de la réunion conjointe FAO/OMS, Rome.
 23. Garthwaite, DG. (2010). Pesticide Usage Survey Report 235: Arable Crops in the United Kingdom,. Food & Environment Research Agency, DEFRA, UK.
 24. Garvert, H., Schmitz, P. M. & Mirza Nomman, A. (2013), Agro-Economic Analysis of the use of glyphosate in Germany. *Outlooks on Pest Management*, 24 : 81-85.
 25. Gbonsou , A.I.A., Adouknpè F. M., Ahouangninou, C., Badou, R. B, Bonou, M.A., Agbossodé J., Adossou E., Atrèvi, N & Patrick A. Etorh. (2020). Plant protection practices and health impacts in market gardening in South Benin (West Africa), *International Journal of Development Research*, 10 (10): 40982-40991.
 26. Guiral C., Bedos C., Ruelle B., Basset-Mens C., Douzals JP, Cellier P, Barriuso E. (2016) Les émissions de produits phytopharmaceutiques dans l’air. Facteurs d’émission, outils d’estimation des émissions, évaluations environnementales et perspectives de recherche – Synthèse ADEME 47p.
 27. Hafiane, F.Z., El Bouzaidi, H., Nouayti, N., Tahri, L., El Jarmouni, M., Didi, S and Fekhaoui, M. (2021). Inventory: The pesticides application and its risk assessment in the irrigated perimeter of Tadla-Morocco. *Limnological Review*, 21 (1) : 15-27.
 28. Houze, E. (2003). Mesure des pesticides dans l’air ambiant en milieu urbain, rapport Air Breizh, 78 p.
 29. Idrissi, M., Aït Daoud, N., Ouammi, L., Rhalem, N., Soulaymani, A and Soulaymani Bencheikh, R. (2010). Toxicologie Maroc, n°4, 1 trimmestre : 5-7.
 30. Institut national de la santé et de la recherche médical (INSERM). (2013). Pesticides: Effets sur la sante, synthèses et recommandations. Rapport. Paris : XII-1001 p.

31. Kanda, M., Djaneye-Boundjou, G., Wala, K., Gnandi, K., Batawila, K., Sanni, A & Akpagana, K.. (2013). Application des pesticides en agriculture maraichère au Togo. *Vertigo - la revue électronique en sciences de l'environnement* [En ligne], Volume 13 Numéro 1 | avril 2013, mis en ligne le 11 avril 2013. (Consulté le 27 juillet 2021), [en ligne], adresse URL: <http://vertigo.revues.org/13456> ; DOI : 10.4000/vertigo.13456.
32. Maldani, M., Dekaki, EM., Nassiri, L and Ibijbijen, J. (2017). State of Art on the Use of Pesticides in Meknes Region, Morocco. *American Journal of Agricultural Science*, 4 (6) :138-148.
33. MAPM - L'agriculture marocaine en chiffres, 2014. Ministère de l'alimentation, de l'agriculture et de la pêche (MAAP). (2009). Les politiques agricoles à travers le monde - Quelques exemples - Collection 2015 – Maroc.
<https://www.agropolis.fr/formation/pdf/2009-politique-agricole-monde-maroc.pdf>. Consulté le 23 Août 2021.
34. Mojtahid A. (2006). Nouveau contexte phytosanitaires, adaptation du secteur. *Agriculture du Maghreb*. 14 : 63-66.
35. Morillon A. (2016). Les risques liés à l'utilisation des pesticides: Enquête auprès des agriculteurs du Poitou Charentes. Thèse de Doctorat en pharmacie. Université de POITIERS, Faculté de Médecine et de Pharmacie. 108 p.
36. Naamane, A., Sadiq, A., Belhouari, A., Iounes N & El Amran, S. (2020). Enquête sur l'utilisation des engrais et pesticides chez les agriculteurs de la région de Casablanca-Settat. *Revue Marocaine des Sciences Agronomiques et Vétérinaires*, 8(3): 279-285.
37. Office National de Sécurité Sanitaire des produits Alimentaires (ONSSA). (2015). étude sur le suivi de l'effet des pesticides sur la santé humaine et l'environnement, 73 p.
38. Pazou, EYA., Laleye, P., Boko, M., Van Gestel, CAM., Ahissou, H., Akpona, S., van Hattum, B., Swart, K & van Straalen, NM. (2006). Contamination of fish by organochlorine pesticide residues in the Ouémé river catchment in the Republic of Bénin. *Environment International*, 32 : 594-9.
39. Raffa, C.M & Chiampo, F. (202). Bioremediation of Agricultural Soils Polluted with Pesticides: A Review. *Bioengineering*, 8 (92) :1-29.
40. Saadane, O. (2018). Impact des pesticides sur l'environnement et la santé humaine et méthodes alternatives. Thèse de doctorat en médecine, Université Mohammed V, Rabat, 163p.
41. SEEPOM. (2009, juin). L'utilisation des emballages vides des pesticides pour le stockage des aliments et de l'eau nuit à la santé

- [affiche]. Séminaire National sur la Gestion des Emballages Vides de Pesticides au Maroc, Rabat, Maroc
42. Son, D., Zerbo, K.B.F., Bonzi, S., Legreve, A., Somda, I., Schiffers, B & Legreve, A. (2018). Assessment of Tomato (*Solanumlycopersicum* L.) Producers' Exposure Level to Pesticides, in Kouka and Toussiana (Burkina Faso). *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 15, 204.
 43. Van Jaarsveld, J.A & Van Pul. (1999). Modelling of Atmospheric Transport and Deposition of Pesticides. *Water, Air Soil Pollut.*, 115 : 167 – 182.
 44. Wade CS. (2003). L'utilisation des pesticides dans l'agriculture périurbaine et son impact sur l'environnement. Thèse de Pharmacie, Dakar.http://indexmedicus.afro.who.int/iah/fulltext/wade_cheikh.pdf. WHO, UNEP, editors. Public health impact of pesticides used in agriculture. Geneva: World Health Organization; 1990. p. 128. Available from:
<https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/39772/9241561394.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. [cited 2020 Mar 12].

Effets des Demi-Lunes Multifonctionnelles sur la Production du Sorgho en Afrique de l'Ouest: Cas de la Région de Tahoua au Niger

Maman Nassirou Ado

Mahamadou Sani Moussa

Faculté des Sciences Agronomiques, Université de Tahoua, Tahoua, Niger

Harouna Karimou Ambouta

Faculté d'Agronomie, Université Abdou Moumouni, Niamey, Niger

[Doi:10.19044/esj.2021.v17n34p112](https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n34p112)

Submitted: 31 May 2021

Accepted: 16 July 2021

Published: 30 September 2021

Copyright 2021 Author(s)

Under Creative Commons BY-NC-ND

4.0 OPEN ACCESS

Cite As:

Ado M.N, Moussa M.S. & Karimou Ambouta H. (2021). *Effets des Demi-Lunes Multifonctionnelles sur la Production du Sorgho en Afrique de l'Ouest : Cas de la Région de Tahoua au Niger*. European Scientific Journal, ESJ, 17(34), 112.

<https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n34p112>

Résumé

La dégradation des sols constitue un problème écologique ayant des conséquences néfastes considérables sur la production alimentaire au Niger et dans la région de Tahoua en particulier. L'objectif de cette étude, conduite à Kalfou dans la région de Tahoua au Niger, est d'évaluer les effets des demi-lunes multifonctionnelles sur la production agricole de sorgho. Ainsi l'essai expérimental, installé sur un terrain initialement encrouté et dénudé pendant deux (2) campagnes agricoles successives, est un bloc randomisé complet composé de trois (3) traitements sur (i) un sol aménagé en zaï (Zaï), (ii) un sol aménagé en demi-lunes conventionnelles (DLC) et (iii) un sol aménagé en demi-lunes multifonctionnelles intégrant à la fois les zaï et les tranchés de reboisement (DLM). Les résultats de l'étude ont montré que la croissance des cultures du sorgho est significativement plus élevée dans les ouvrages de demi-lunes multifonctionnelles que dans les ouvrages de zaï et de demi-lunes conventionnelles. En outre, les ouvrages de demi-lunes multifonctionnelles ont permis de produire 639 et 2159 Kg/ha de grains de sorgho respectivement en première et deuxième campagne. Ce rendement en grains est 3 à 4 fois plus élevé dans les ouvrages de demi-lunes multifonctionnelles que dans les ouvrages de zai et des demi-lunes conventionnelles. Ainsi, l'introduction de

ces nouveaux ouvrages de demi-lunes multifonctionnelles, adaptés au contexte de la région sahélienne de Tahoua au Niger, permet d'optimiser l'utilisation des éléments nutritifs et des eaux de ruissellement pour la production agricole, ce qui peut renforcer la résilience de la population dans ladite zone. Toutefois, il serait nécessaire d'évaluer les impacts de ces ouvrages sur la production agricole à long terme tout en intégrant également d'autres cultures.

Mots clés : Dégradation Des Sols, Restauration Des Terres, Zaï, Demi-Lunes Conventionnelles, Demi-Lunes Multifonctionnelles, Agriculture, Tahoua, Niger, Afrique De l'Ouest

Effects of Multifunctional Half-Moons on Production of Sorgho in West Africa: The Case Study of Tahoua Region in Niger

Maman Nassirou Ado

Mahamadou Sani Moussa

Faculté des Sciences Agronomiques, Université de Tahoua, Tahoua, Niger

Harouna Karimou Ambouta

Faculté d'Agronomie, Université Abdou Moumouni, Niamey, Niger

Abstract

Soil degradation is an ecological problem which has considerable negative consequences on food production in Sahel. The objective of this study, undertaken in Kalfou in the Tahoua region in Niger, was to test the effectiveness of multifunctional half-moons (DLM) for agricultural production of sorghum. The experiment design, installed on soil encrusted two (2) successive cropping seasons of sorghum, was a complete randomized block composed of three (3) treatments in three (3) : i) soil with local practice of zai, ii) soil with conventional half-moons (DLC) and iii) soil with multifunctional half-moons (DLM). Results showed that sorghum crop growth was significantly higher in multifunctional half-moons than in zaï and conventional half-moons structures. Besides,, the multifunctional half-moon structures produced 639 and 2159 kg.ha⁻¹ of sorghum grain at the first and second season respectively. This grain yield was three (3) to four (4) times higher in multifunctional half-moon structures than in zai and conventional half-moon structures. Thus, the introduction of these new multifunctional half-moon structures, adapted to the context of Tahoua region allows optimizing the use of nutrients and runoff water for agricultural production, which can improve people's resilience in the zone. Nevertheless , it would be necessary

to evaluate the impacts of these rain water harvesting technologies on agricultural production in the long-term while also integrating other crops.

Keywords: Soil Degradation, Land Restoration, Zaï, Conventional Half-Moons, Multifunctional Half-Moons, Agricultural Production Of Sorghum

Introduction

En Afrique, l'exploitation des ressources en terres pour l'agriculture est la principale source alimentaire de la population. Cette activité est pratiquée essentiellement par des petits exploitants en culture pluviale. On estime qu'en Afrique subsaharienne, 95% des terres cultivées sont sous l'agriculture pluviale (Svendsen *et al.*, 2009). Cependant, dans cette zone l'agriculture est tributaire des aléas climatiques et des conditions pédologiques très souvent défavorables (Sawadogo, 2006 ; Roose, 2017). En effet, 65 % des terres en Afrique sont dégradées et le continent voit disparaître chaque année pratiquement trois (3) millions d'hectares de forêts et les pertes de terres et de nutriments amputent son PIB annuel de 3 % (Banque Mondiale, 2016). Ainsi, les agriculteurs dépendent de plus en plus de terres marginales pour la production alimentaire en raison de la dégradation continue des sols, de la disponibilité limitée des terres fertiles et de la pression démographique croissante (il serait mieux de mettre la source). Ces terres dégradées fournissent généralement des rendements médiocres (Wildemeersh *et al.*, 2015 ; Roose, 2017). Par ailleurs, la perte d'eau de pluie par des voies non productives notamment le ruissellement limite sérieusement l'agriculture pluviale en Afrique subsaharienne (Biazin *et al.*, 2012). On estime qu'au Sahel dont le Niger, seulement une très petite fraction (<10%) de l'eau de pluie qui est utilisée par les cultures La majeure partie de ces eaux de pluie est perdue sous forme d'eau d'évaporation (30-50%), de ruissellement (25-50%) et de percolation profonde (10-30%) (Rockström *et al.*, 1998 ; Wildemeersh *et al.*, 2015). Cette situation a eu des conséquences néfastes sur l'environnement et a entraîné, de ce fait, un retard dans le décollage économique de cette zone d'Afrique (Ambouta et Bouzou, 2004 ; Roose, 2004). Dans un tel contexte, la réhabilitation des terres dégradées pour l'amélioration de la productivité des terres par les techniques de conservation des eaux et des sols (C.E.S) est une alternative afin de restaurer la productivité des terres et assurer les besoins alimentaires de la population Il s'agit non seulement de réduire le ruissellement et l'érosion, mais de recouvrir la terre, de soigner le sol et de nourrir les plantes pour la production agricole (Roose *et al.*, 2010). Plusieurs études ont montré l'efficacité de ces techniques à restaurer la productivité des terres dégradées (Biazin *et al.*, 2012; Zougmore *et al.*, 2014; Roose, 2017; Yosef et Asmamaw, 2015). Récemment, des études ont également confirmé que les ouvrages de restauration des terres permettent d'augmenter l'humidité du sol, la

disponibilité des nutriments et de favoriser la croissance des plantes cultivées (Wildemeersh *et al.*, 2015; Ding *et al.*, 2021; Tadros *et al.*, 2021) afin d'augmenter la production agricole et d'améliorer la sécurité alimentaire de la population (Nyamekye *et al.*, 2018; Kokerai et Kagedera, 2019).

Ainsi, ces ouvrages de restauration des terres ont fait l'objet de diffusion chez les producteurs notamment au Niger. Dans ce pays, il a été estimé que 1,2 million d'agriculteurs ont restauré 5 millions d'hectares de terres arables et planté 200 millions d'arbres grâce à leurs propres ressources (Banque Mondiale, 2016). Cependant, des études récentes ont montré que le taux d'adoption des techniques de récupération de terres dégradées reste encore faible car les rendements des cultures qui y sont pratiquées (mil, niébé) ne justifient pas les investissements en termes de main d'œuvre et de matériel requis par ces techniques (Wildemeersh *et al.*, 2015). Dans les perspectives d'améliorer l'efficacité de ces ouvrages de restauration des terres dégradées, des innovations sont de plus en plus initiées. C'est le cas notamment des demi-lunes multifonctionnelles, intégrant à la fois les zai et les tranchées de reboisement, introduites au Niger particulièrement dans la région sahéenne de Tahoua où la pluviométrie est faible et aléatoire. Les principaux objectifs visés à travers ces nouveaux ouvrages sont d'optimiser l'utilisation de l'eau et des éléments nutritifs et de diversifier la production agro-sylvo-pastorale. Cependant, le fonctionnement et la valeur ajoutée de ces nouveaux ouvrages par rapport aux ouvrages conventionnels ne sont pas encore scientifiquement prouvés surtout dans un contexte d'irrégularité des pluies à l'image de la région de Tahoua au Niger. L'objectif de cette étude est de tester le fonctionnement et d'évaluer les effets des demi-lunes multifonctionnelles sur la production agricole par comparaison avec les pratiques locales et les ouvrages conventionnels.

2. Matériel et Méthodes

2.1 Site d'étude

L'étude a été conduite à Kalfou (14°52.263' latitude Nord et 005°31.067' longitude Est) qui est situé à 35 km au Nord-est de la ville de Tahoua au Niger (Figure 1). Le climat de la zone est de type sahéen avec une moyenne pluviométrique annuelle durant les dix dernières années estimée à 305 mm. Le site expérimental est un terrain abandonné sur un plateau d'une pente de 2 à 3 % et est caractérisé par un sol dénudé, encrouté suite aux processus de ruissellement et de l'érosion en nappe. Ce qui empêche l'exploitation agricole de ce terrain.



Figure 1. Localisation du site d'étude

2.2 Matériel végétal

Le matériel végétal utilisé pour la conduite de l'étude est composé essentiellement de la variété de sorgho *Mota-Maradi*, provenant du CERRA de Maradi au Niger qui a un cycle de 75 à 80 jours et un rendement potentiel de 2000 kg/ha (MA, 2012).

2.3 Dispositif expérimental

Le dispositif expérimental est un bloc randomisé (0.5 ha) complet composé de trois(3) traitements en trois(3) répétitions sur des parcelles élémentaires de 15m x 15m espacées les unes des autres de 2 m (Figure 1) sur un sol aménagé en zaï considéré comme témoin en pratique locale (Zaï), (ii) un sol aménagé en demi-lunes conventionnelles (DLC) et sur (iii) un sol aménagé en demi-lunes multifonctionnelles intégrant à la fois les zaï et les tranchés de reboisement (DLM) (Figure 2).

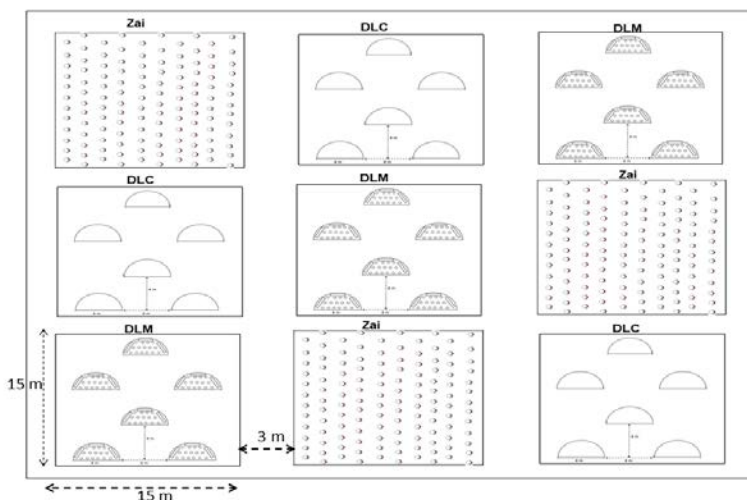


Figure 2. Schéma du dispositif expérimental de l'essai

Zai sont des parcelles aménagées en zai, DLC sont des parcelles aménagées en demi-lunes conventionnelles et DLM sont des parcelles aménagées en demi-lunes multifonctionnelles.

Les Zai, ouvrages de 30 cm de diamètre et 20 cm de profondeur, ont été installés en quinconce perpendiculairement à la pente selon des écartements de 70 cm et 100 cm respectivement sur et entre les lignes (Figure 3). Les DLC, ouvrages de 4 m de diamètre et 20 cm de profondeur d'excavation, ont été installés perpendiculairement à la pente selon un écartement de 4 m sur la même ligne et entre deux (2) lignes voisines (Figure 3). La terre de déblais est déposée sur le demi-cercle en un bourrelet semi-circulaire au sommet aplati. Les DLM, installées selon le même dispositif que les DLC sans excavation à l'intérieur, intègrent 16 zai disposés en quinconce et 3 tranchés de reboisement de 1 m de longueur et 50 cm de largeur et 50 cm de profondeur (Figure 3).



Figure 3. Photographies des différents types d'ouvrages sur le site de l'essai.

Zai sont des parcelles aménagées en zai, DLC sont des parcelles aménagées en demi-lunes conventionnelles et DLM sont des parcelles aménagées en demi-lunes multifonctionnelles.

A l'installation du dispositif, 5 échantillons du sol ont été prélevés respectivement sur les 4 côtés et au milieu de la grande parcelle d'essai (soit un échantillonnage en X). Les échantillons prélevés ont été analysés au Laboratoire des Sciences du Sol de la Faculté d'Agronomie de l'Université Abdou Moumouni de Niamey (Niger) pour déterminer les caractéristiques physico-chimiques du sol à l'état initial.

2.4. Conduite de l'essai

L'essai a été conduit pendant deux campagnes de cultures de sorgho respectivement en 2019 et 2020 pendant les saisons des pluies au Niger.

Après l'installation des ouvrages et avant le semis de la première campagne, le compost à base du fumier des petits ruminants a été appliqué uniformément dans les ouvrages selon une dose de 10 t/ha soit 80 g par ouvrage de zai et 7 kg par ouvrage de demi-lune. Les mesures et les observations ont été réalisées sur les paramètres de croissance notamment le

nombre de talles, la hauteur des plants, le diamètre des tiges chaque semaine pendant les saisons culturales. Les rendements en biomasse et en grains de sorgho ont été évalués sur les différents traitements à la fin de chaque campagne agricole .

2.5 Traitement statistique des données

Les analyses de variance (ANOVA) ont été réalisées sur les variables agronomiques de sorgho notamment les paramètres de croissance et les rendements de sorgho en utilisant le logiciel XLSTAT version 2016. Le test de Fisher au seuil de 5% a été utilisé pour séparer les moyennes deux à deux.

3. Résultats et Discussion

3.1 Résultats

3.1.1 Caractéristiques des sols sur le site expérimental

Le sol du site expérimental à l'état est de type ferruginosol caractérisé par une texture sablo-argileuse avec un pH acide. Il est marqué par des faibles teneurs en matières organiques, en bases échangeables et en phosphore assimilable (Tableau 1).

Tableau 1. Caractéristiques physico-chimiques du sol du site à l'état initial

pH	Bases échangeables (meq/100g)					P (ppm) Assimilable	matières organiques (%)				Granulométrie (%)		
	H ₂ O	Ca ⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺	K ⁺		CEC	C	M.O	N	C/ N	Argiles	Limons
5,1	3,5	0,6	0,2	0,3	4,7	16,1	0,2	0,4	0,03	6,7	32,3	13,8	53,9

3.1.2 Evolution de la hauteur des plants

La figure 4 présente l'évolution des hauteurs des plants du sorgho au niveau des différents traitements pendant les deux campagnes culturales. Il ressort de cette figure que la hauteur des plants du sorgho augmente avec le temps pour tous les traitements pour les deux campagnes. La hauteur maximale des plants est comprise entre 120 et 170 cm et entre 195 et 215 cm respectivement pendant la première et la deuxième campagne culturale. Ainsi, la hauteur des plants est plus élevée pendant la campagne de 2020 que pendant celle de 2019. La hauteur des plants est plus élevée à toutes les dates au niveau de DLM qu'au niveau de DLC et zai où une évolution similaire des plants de sorgho est observée.

A la fin du stade de montaison avant l'épiaison, correspondant aux 71^{ème} et 68^{ème} jours après le semi respectivement pendant la première et la deuxième campagne, les plants du sorgho sont significativement plus longs sur le sol aménagé en DLM que sur le sol aménagé en DLC et en zai. La hauteur des plants est de 168 et 215 cm respectivement en 2019 et 2020 dans les DLM contre 124 et 196 cm dans les zai (Figure 4).

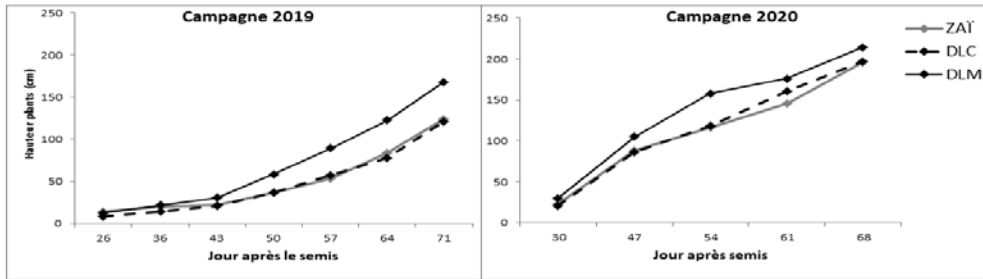


Figure 4. Evolution de hauteur des plants du sorgho au niveau des différents traitements pendant les campagnes 2019 et 2020

Zai est la pratique locale considérée comme témoin, DL est le sol aménagé avec des demi-lunes conventionnelles, DLM est le traitement du sol aménagé avec des demi-lunes multifonctionnelles.

3.1.2 Nombre des talles et diamètres des plants

Les résultats du tableau 2 montrent que le nombre des talles et le diamètre des plants sont plus élevés pendant la deuxième campagne que pendant la première campagne au niveau de tous les traitements. Le nombre des talles est compris entre 3 et 5 pendant la première campagne agricole alors qu'il a varié de 7 à 9 pendant la deuxième campagne. Par ailleurs, le nombre des talles et le diamètre des plants sont significativement plus élevés dans les ouvrages DLM que dans les ouvrages de Zai et de DLC pendant les deux campagnes excepté le nombre de talles pendant la première campagne qui est statistiquement similaire entre les différents traitements.

Tableau 2. Variation du nombre des talles et du diamètre des plants en fin stade de montaison selon les traitements

Campagne	Variation	Zai	DLC	DLM
2019	Nombre des talles	3,2a	3,6a	4,5a
	Diamètre des plants	12,6a	11,7a	15,8b
2020	Nombre des talles	7,3a	7,0a	8,7b
	Diamètre des plants (mm)	14,7a	14,9a	16,2b

Zai est la pratique locale considérée comme témoin, DLC est le sol aménagé avec des demi-lunes conventionnelles, DLM est le traitement du sol aménagé avec des demi-lunes multifonctionnelles Les moyennes affectées par les mêmes lettres pour une même variable et par campagne ne sont pas statistiquement différentes selon le test de Fisher au seuil de 5%.

3.1.3 Rendements en biomasses de sorgho

Les biomasses fraîches et sèches du sorgho sont plus élevées pendant la deuxième année que pendant la première année au niveau de tous les

traitements (Figure 5). La quantité de biomasse fraîche est comprise entre 1840 et 6016 kg/ha et entre 3439 et 13455 kg/ha respectivement pour la première et deuxième campagne agricole. Quant à la biomasse sèche, sa quantité est comprise entre 1000 et 3350 kg/ha et 1800 et 7000 kg/ha respectivement pour la première et la deuxième campagne. Les biomasses fraîches et sèches sont significativement plus élevées dans les demi-lunes multifonctionnelles (DLM) que dans les demi-lunes conventionnelles et les zai pour les deux campagnes. En effet, la biomasse fraîche est 3,3 fois plus élevée dans les DLM (6016 et 13455 kg/ha) que dans les Zai (1840 et 3439 kg/ha) respectivement pendant la première et la deuxième campagne (**Figure 5**).

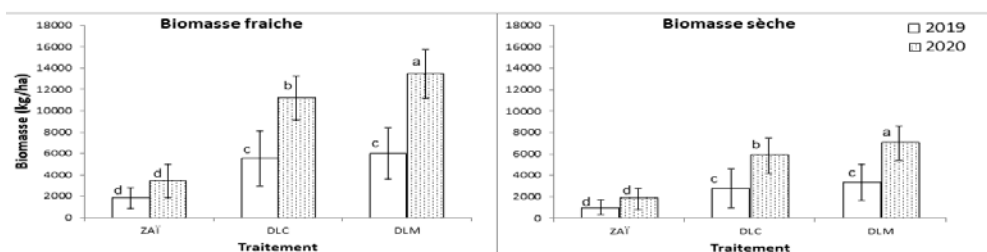


Figure 5. Variations des rendements en biomasses fraîche et sèche du sorgho au niveau des différents traitements par campagne agricole

Zai est la pratique locale considérée comme témoin, DLC est le sol aménagé avec des demi-lunes conventionnelles, DLM est le traitement du sol aménagé avec des demi-lunes multifonctionnelles. Les barres représentent les écarts types des moyennes. Les moyennes présentées en histogrammes affectées par les mêmes lettres pour une même variable ne sont pas statistiquement différentes selon le test de Fisher au seuil de 5%.

3.1.4 Rendements en grains de Sorgho

Le tableau 3 présente le rendement en épis et en grains du sorgho récoltés pendant les deux campagnes agricoles. En effet, le rendement en grains du sorgho est significativement plus élevé à la fin de la deuxième campagne qu'à la fin la première campagne au niveau de tous les traitements. Il est compris entre 691 et 2159 kg/ha à la fin de la campagne de 2020 soit environ 4 fois plus élevé qu'à la fin de la campagne de 2019 où le rendement est compris entre 188 et 638 kg/ha. Par ailleurs, le rendement en grains de sorgho est significativement plus élevé dans les ouvrages de demi-lunes multifonctionnelles (DLM) que dans les ouvrages de demi-lunes conventionnelles (DLC) et dans le Zai à la fin de chaque campagne agricole. A la fin de la deuxième campagne, il est 3 fois plus faible dans les ouvrages de Zai (691 kg/ha) que dans les ouvrages de demi-lunes multifonctionnelles (2159 kg/ha) montrant ainsi l'intérêt agronomique de ces ouvrages de DLM

pour l'amélioration de la production du sorgho dans la région sahélienne de Tahoua, au Niger.

Tableau 3. Rendement en grains de sorgho par traitement

Année	Traitements	Poids des épis (kg/ha)	Rendement grains (kg/ha)
2019	ZAI	273 (\pm 182)d	189 (\pm 114)c
	DLC	752 (\pm 328)cd	497 (\pm 198)bc
	DLM	1062 (\pm 306)c	638 (\pm 180)b
2020	ZAI	1019 (\pm 339)c	691 (\pm 231)b
	DLC	2570 (\pm 743)b	1858 (\pm 563)a
	DLM	3114 (\pm 682)a	2159 (\pm 463)a

Zai est la pratique locale considérée comme témoin, DLC est le sol aménagé avec des demi-lunes conventionnelles, DLM est le traitement du sol aménagé avec des demi-lunes multifonctionnelles. Les valeurs entre parenthèses indiquent les écarts types des moyennes.

Discussion

Tout comme les ouvrages de zaï et des demi-lunes conventionnelles, les nouveaux ouvrages des demi-lunes multifonctionnelles sont opérationnelles dans la région de Tahoua au Niger et permettent la croissance et le développement des cultures du sorgho sur un terrain initialement encrouté et inculte. En effet, pendant deux campagnes agricoles en saisons des pluies au Niger, les cultures du sorgho se sont développées dans les ouvrages pour une hauteur maximale de 168 à 215 cm dans les demi-lunes multifonctionnelles contre 120 à 197 cm dans de demi-lunes conventionnelles et 124 à 196 cm dans les Zaï. Ces hauteurs des plantes cultivées du sorgho sont similaires à celles indiquées dans le catalogue national des espèces végétales au Niger pour la même culture (MA, 2012) et à celles rapportées par Abdou *et al.* (2014). Cette croissance des plantes cultivées du sorgho serait expliquée par l'impact des ouvrages de restauration à augmenter la quantité d'eau stockée dans le profil du sol et réduire le ruissellement des eaux de surface en augmentant le taux d'infiltration de l'eau de pluie, ce qui augmente davantage la disponibilité d'eau dans la zone racinaire des plantes cultivées (Motsi *et al.*, 2004 ; Amede *et al.*, 2011 ; Kokerai et Kugedera, 2019). En outre, la décomposition du compost apporté dans les ouvrages améliore la structure du sol, favorise l'infiltration et augmente la disponibilité en éléments nutritifs pour les cultures tels que rapportés par plusieurs auteurs (Zougmoré *et al.*, 2003; Sawadogo, 2006; Fatondji *et al.*, 2009; Ganry et Thuriès, 2017).

Par ailleurs, les ouvrages de demi-lunes multifonctionnelles ont permis de produire 639 et 2159 kg/ha de grains de sorgho respectivement en première (2019) et deuxième (2020) année de campagne. Ce rendement en grains est 4 fois plus élevé dans les ouvrages de demi-lunes multifonctionnelles que dans

les ouvrages de zai et de demi-lune conventionnelle. Il est de 189 et 691 kg/ha dans les ouvrages de zai et 497 et 1858 kg/ha dans les demi-lunes conventionnelles respectivement à la fin la première (2019) et la deuxième (2020) campagne. Le rendement en grains obtenu dans les ouvrages de demi-lunes multifonctionnelles notamment à la fin de la deuxième campagne est comparable à celui indiqué dans le catalogue national des espèces végétales au Niger pour cette variété de sorgho *Mota-Maradi* (2000 Kg/ha) (MA, 2012). Par contre, le rendement est plus élevé que celui obtenu par Zougmoré *et al.* (2003) dans les demi-lunes conventionnelles sur des ferralsols lessivés au Burkina Faso (1000kg/ha) ayant reçu du compost (14t/ha). Le rendement en grains de sorgho est significativement plus élevé à la fin de la deuxième année qu'à la fin de la première année contrairement aux résultats obtenus par Zougmoré *et al.* (2003). Ces résultats seraient expliqués par l'effet de la matière organique issue de la décomposition des résidus des cultures de la première campagne qui aurait amélioré la structure du sol et augmenté la disponibilité en eau et en éléments nutritifs pour les cultures pendant la deuxième campagne (Ganry et Thuriès, 2017). Par ailleurs, les rendements en biomasses et en grains sont significativement plus élevés dans les ouvrages des demi-lunes multifonctionnelles que dans les ouvrages de zai et de demi-lunes conventionnelles pendant les deux campagnes. En effet, les biomasses (fraîche et sèche) sont 4 fois plus élevées dans les DLM que dans les Zai pendant les deux campagnes. A la fin de la deuxième campagne, le rendement en grains est 3 fois plus faible dans les ouvrages de zai (691 kg/ha) que dans les ouvrages de demi-lunes multifonctionnelles (2159 kg/ha). Ces résultats seraient expliqués par la disponibilité en eau dans le sol pour les cultures qui serait plus élevée dans les ouvrages de demi-lunes multifonctionnelles que dans les autres ouvrages. En effet, les ouvrages demi lunes multifonctionnelles semblent être plus favorables à optimiser l'utilisation des nutriments et des eaux de ruissellement collectées par les cultures par rapport aux ouvrages de zai qui ont un impluvium plus petit que celui de demi-lune et de DLC où l'eau collectée est répartie sur la superficie totale de l'excavation de l'ouvrage. Alors que dans les ouvrages DLM, l'eau collectée est concentrée dans les sous-ouvrages destinés aux poquets des cultures.

Conclusion

Cette étude a permis d'évaluer les effets des demi-lunes multifonctionnelles sur la production agricole de sorgho en comparaison avec la pratique locale de zai et les demi-lunes conventionnelles. En effet, il ressort de cette étude que l'installation des nouveaux ouvrages de demi-lunes multifonctionnelles a permis de restaurer les terres dégradées et permettre la production du sorgho dans la région sahélienne de Tahoua au Niger. Ainsi, tout comme les demi-lunes conventionnelles et les zai, les nouveaux ouvrages

multifonctionnels ont permis la croissance et le développement des cultures du sorgho. La croissance de ces cultures ~~de sorgho~~ est significativement plus élevée dans les demi-lunes multifonctionnelles que dans les demi-lunes conventionnelles et les zaï après deux campagnes (2019-2020). En outre, le rendement en grains du sorgho est plus élevé dans les DLM (639-2159 kg/ha) que dans les DLC (497-1858 kg/ha) et dans les zaï (189-691 kg/ha) sur la même période que précédemment. Les résultats de cette étude permettent de dire que les demi-lunes multifonctionnelles, tout comme les demi-lunes conventionnelles, sont adaptées au contexte local sahélien du département de Tahoua au Niger et permettent d'augmenter la production agricole de manière significative. Toutefois, il serait nécessaire d'évaluer les impacts de ces ouvrages sur la production agricole à long terme tout en intégrant également d'autres cultures.

References:

1. Ambouta J.M.K., Bouzou M.I. (2004). Expériences de récupération des sols sahéliens dégradés grâce à l'incorporation de doses variables de fumier et d'un hydro rétenteur fertilisant. *Sécheresse* 15 (1) ,49-55
2. Amede, T., Tarawali, S., and Peden, D.(2011). Zai improves nutrient and water productivity in the Ethiopian highlands. *Experimental Agriculture* 47 (1): 7-20.
3. Banque mondiale [2016/11/16].
<https://www.banquemondiale.org/fr/news/feature/2016/11/14/africas-bold-and-ambitious-endeavor-restoring-100m-hectares-of-land-by-2030>.
4. Biazin, B., Sterk, G., Temesgen, M., Abdulkedir, A., Stroosnijder, L. (2012). Rainwater harvesting and management in rainfed agricultural systems in sub-Saharan Africa—a review. *Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C*, 47, 139-151
5. Bouzou-Moussa I., Dan Lamso N., 2004. Le « tassa » : une technique de CES bien adaptée aux conditions physiques et socio-économiques des glaciés des régions semi-arides (Niger). *Revue de Géographie Alpine*, 92 : 61-70.
6. Ding, W., Wang, F., Dong, Y., Jin, K., Cong, C., Han, J., Ge, W. (2021). Effects of rainwater harvesting system on soil moisture in rainfed orchards on the Chinese Loess Plateau. *Agricultural Water Management* 243 (1) : 106-496.
7. Fatondji, D., Martius, C., Biielders, C.L., Koala S., Vlek, P.L.G., Zougmore, R. (2009). Decomposition of organic amendment and nutrient release under the zai technique in the Sahel. *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 85 (3): 225-239.

8. Ganry, F. et Thuriès, L. (2017). Intérêt des fumiers pour restaurer la fertilité des sols en zone semi-aride d'Afrique. In : Restauration de la productivité des sols tropicaux et méditerranéens : contribution à l'agroécologie. Roose, Eric (ed.). Marseille : IRD, pp. 179-195.
9. Kokerai L. K. & Kugedera A. T. (2019). Review: role of in situ Rainwater Harvesting and integrated soil fertility management on small Grain Productivity. International Journal of Agriculture & Agribusiness 2 (2) : 249-259.
10. Motsi, K. E., Chuma, E., Mukamuri, B. B. (2004). Rainwater harvesting for sustainable agriculture in communal lands of Zimbabwe. Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C, 29(15-18), 1069-1073.
11. Nyamekye, C., Thiel, M., Schönbrodt-Stitt, S., Zoungrana, B. J. B., & Amekudzi, L. K. (2018). Soil and Water Conservation in Burkina Faso, West Africa. Sustainability 10 (9) : 31-82.
12. Okou, F.A.Y.; Tente, B.; Bachmann, Y.; Sinsin, B. (2016). Regional erosion riskmapping for decision support: A case study from West Africa. Land Use Policy 56: 27–37.
13. Rockström J, Jansson PE, Barron J. (1998). Seasonal rainfall partitioning under runoff and runoff conditions on sandy soil in Niger. On-farm measurements and water balance modelling. Journal of Hydrology, 210 (1-4): 68-92.
14. Roose E. (2004). La gestion conservatoire de l'eau et de la fertilité des sols: une stratégie nouvelle de la lutte antiérosive pour le développement durable. Sécheresse, 15 (1) :5-7.
15. Roose É., Sabir M., Laouina A. (2010). Gestion durable de l'eau et des sols au Maroc. Valorisation des techniques traditionnelles méditerranéennes. Marseille, IRD Éditions, 343 p.
16. Roose E. (2017). Restauration de la productivité des sols tropicaux et méditerranéens. Contribution à Agroécologie. Edition IRD, pp 711.
17. Sawadogo H. (2006). Fertilisation organique et phosphatée en système de culture zaï en milieu soudano-sahélien du Burkina Faso. Thèse de doctorat : Faculté universitaire des Sciences agronomiques de Gembloux (Belgique).
18. Svendsen, M., Ewing, M., Msangi, S. (2009). Measuring irrigation performance in Africa. IFPRI Discussion Paper, IFPRI, Washington.
19. Tadros, M. J., Al-Mefleh, N. K., Othman, Y. A., & Al-Assaf, A. (2021). Water harvesting techniques for improving soil water content, and morpho-physiology of pistachio trees under rainfed conditions. Agricultural Water Management 243 : 106464.
20. Wildemeersch, J. C., Timmerman, E., Mazijn, B., Sabiou, M., Ibro, G., Garba, M., & Cornelis, W. (2015). Assessing the constraints to adopt

- water and soil conservation techniques in Tillaberi, Niger. *Land Degradation & Development* 26 (5): 491-501.
21. Yosef, B. A., & Asmamaw, D. K. (2015). Rainwater harvesting: An option for dry land agriculture in arid and semi-arid Ethiopia. *International Journal of Water Resources and Environmental Engineering*, 7(2) : 17-28.
 22. Zougmore, R., Jalloh, A., & Tioro, A. (2014). Climate-smart soil water and nutrient management options in semiarid West Africa: a review of evidence and analysis of stone bunds and zaï techniques. *Agriculture & Food Security* 3 (1): 16.
 23. Zougmore, R., Zida, Z., Kambou, N. F. (2003). Role of nutrient amendments in the success of half-moonsoil and water conservation practice in semiarid Burkina Faso. *Soil and Tillage Research*, 71(2) : 143-149.

Facteurs Associés à L'altération de la Qualité de Vie Sexuelle Chez les Lombalgiques Chroniques à Cotonou

*Zomalheto Z.,
Possi S.,
Dossou-Yovo H.,
Hodjigue F.*

Service de rhumatologie du Centre National Hospitalier Universitaire Hubert
Koutoukou Maga de Cotonou

[Doi:10.19044/esj.2021.v17n34p126](https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n34p126)

Submitted: 10 July 2021
Accepted: 10 August 2021
Published: 30 September 2021

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

Cite As:

Zomalheto Z., Possi S., Dossou-Yovo H. & Hodjigue F. (2021). *Facteurs Associés à L'altération de la Qualité de Vie Sexuelle Chez les Lombalgiques Chroniques à Cotonou*. European Scientific Journal, ESJ, 17(34), 126.
<https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n34p126>

Résumé

Objectif: Étudier les facteurs associés à l'altération de la qualité de vie sexuelle des patients souffrant de lombalgie chronique en milieu rhumatologique au Centre National Hospitalier et Universitaire Hubert Koutoukou Maga (CNHU-HKM) de Cotonou.

Patients et méthodes: Il s'est agi d'une étude transversale à visée descriptive et analytique qui s'est déroulée dans le service de rhumatologie du CNHU-HKM portant sur 127 patients lombalgiques chroniques chez qui la qualité de vie sexuelle a été évaluée grâce à une échelle de qualité de vie sexuelle validée (SQoL). Les données collectées ont été traitées et analysées à l'aide du logiciel Epi-info 7.2.1.0.

Résultats: La fréquence hospitalière des troubles de la sexualité était de 67,71%. Les troubles sexuels retrouvés étaient majoritairement la baisse de la libido (72,10%) et la diminution de la fréquence des rapports sexuels (59,30%). La durée moyenne d'installation des troubles sexuels par rapport au début de la lombalgie était de 3 ans \pm 2,70. Soixante dix sept (77) patients (62%) avaient une douleur lombaire per-coïtale. La majorité des patients (86%) avait une mauvaise qualité de vie sexuelle dont 9 femmes sur 10 contre 3 hommes sur 4. Le score SQoL moyen était de 49,13 \pm 15,7 [9-100]. Les

facteurs associés à une altération de la qualité de vie sexuelle étaient le sexe féminin ($p=0,022$); la présence d'une irradiation ($p=0,050$) ; la baisse de la libido ($p=0,007$) et l'absence de rééducation fonctionnelle dès le début de la lombalgie ($p<0,001$).

Conclusion: Au Bénin, la qualité de vie sexuelle des patients lombalgiques est fortement altérée bien que le sujet soit tabou au sein de la population. Il importe donc au soignant d'inclure dans le but de la prise en charge des lombalgies chroniques l'amélioration de la qualité de vie pour une réponse plus efficace.

Mots clés : Qualité de Vie Sexuelle, Lombalgie chronique, Bénin

Factors Associated with Impaired Quality of Sexual Life in Chronic Low Back Pain Patients in Cotonou

Dr. Karimou Laouali Idi

Université Abdou Moumouni, Faculté des Sciences et Techniques,
Département de géologie, Laboratoire de Géologie, Equipe Bassins et
Géoressources, Niamey, Niger

Dr. Abdoulwahid Sani

Université d'Agadez, Faculté des Sciences et Techniques, Département de
Géologie, Niamey, Niger

Prof. Moussa Konaté

Université Abdou Moumouni, Faculté des Sciences et Techniques,
Département de géologie, Laboratoire de Géologie, Equipe Bassins et
Géoressources, Niamey, Niger

Abstract

Aim: To study the factors associated with the alteration of the sexual quality of life of patients suffering from chronic low back pain in a rheumatology setting at the Centre National Hospitalier et Universitaire Hubert Koutoukou Maga (CNHU HKM) in Cotonou.

Patients and methods: This was a descriptive and analytical cross-sectional study conducted in the rheumatology department of the CNHU-HKM on 127 patients with chronic low back pain whose sexual quality of life was assessed using a validated sexual quality of life scale (SQoL). The data collected were processed and analysed using Epi-info 7.2.1.0 software.

Result: The hospital frequency of sexual disorders was 67.71%. The sexual disorders found were mainly a decrease in libido (72.10%) and a decrease in the frequency of sexual intercourse (59.30%). The average duration of the sexual problems in relation to the onset of the low back pain was 3 years \pm 2.70. Seventy-seven (77) patients (62%) had pericoital low back

pain. The majority of patients (86%) had a poor quality of sexual life, including 9 out of 10 women and 3 out of 4 men. The mean SQoL score was 49.13 ± 15.7 [9-100]. Factors associated with an altered sexual quality of life were female gender ($p=0.022$); the presence of radiation ($p=0.050$); reduced libido ($p=0.007$) and the absence of functional rehabilitation from the onset of low back pain ($p<0.001$).

Conclusion: In Benin, the sexual quality of life of patients with low back pain is strongly altered although the subject is taboo in the population. It is therefore important for the health care provider to include in the management of chronic low back pain the improvement of the quality of life for a more effective response.

Keywords: Quality of Sexual Life, Chronic Low Back Pain, Benin

Introduction

La lombalgie constitue un véritable problème de santé publique avec une incidence annuelle selon l'OMS de 60 à 90%. De par ses multiples conséquences, elle a un impact sur la qualité de vie avec des répercussions psychosociales majeures qui peuvent affecter la sexualité (Bailly et al, 2015).

En Afrique, la sexualité reste un sujet tabou du fait de l'attachement des peuples aux valeurs morales et croyances religieuses (Pakpour et al, 2015) ce qui limite la prise en charge des patients souffrant des troubles sexuels et ne favorise point l'amélioration de leur qualité de vie. L'importance du bas du dos dans l'accomplissement de l'acte sexuel n'est plus à démontrer. L'atteinte d'une structure du rachis lombaire peut rendre douloureux l'acte sexuel favorisant une hypervigilance avec évitement de la douleur.

Cette hypervigilance entrainera l'apparition de troubles sexuels notamment une baisse de la libido (Bahouq et al, 2013). La détresse psychologique résultant de ces troubles constitue un facteur d'entretien de la lombalgie. Un cercle vicieux est donc constitué. L'objectif de ce travail a été d'étudier les facteurs associés à l'altération de la qualité de vie sexuelle des patients souffrant de lombalgie chronique en milieu rhumatologique au CNHU-HKM de Cotonou.

1. Patients et méthodes

1.1. Type d'étude

Nous avons conduit une enquête transversale de six (06) mois allant du 15 avril 2020 au 15 octobre 2020 dans le service de rhumatologie du CNHU-HKM pour mener une étude descriptive quantitative.

La population d'étude était constituée des patients lombalgiques qui ont consulté ou sont hospitalisés dans le service de rhumatologie.

Sont inclus dans l'étude, les patients âgés d'au moins 18 ans, souffrant d'une lombalgie de plus de 3 mois et qui ont donné leur consentement par écrit ou verbalement.

Sont exclus de l'étude tout patient atteint de lombalgie inflammatoire ou infectieuse, tout patient ayant des troubles sexuels avant d'être lombalgique, tout patient sexuellement inactif pour des raisons autres que la lombalgie.

Pour collecter les données nous avons procédé à un entretien individuel structuré avec chaque patient au décours de leur consultation. Les informations étaient recueillies à l'aide d'une fiche d'enquête.

1.2. Variables

La variable d'intérêt était la présence ou non d'une bonne qualité de vie sexuelle. Elle a été évaluée à partir de la version française du Score de qualité de vie sexuelle Score Quality of Sex Life (SQOL-M) (Abraham et al, 2008) pour les hommes et SQOL-F pour les femmes (Symonds et al, 2005). Le score total de la qualité de vie se situe entre 0 et 100 (Abraham et al, 2008 ; Symonds et al, 2005). L'augmentation des scores se traduit par une meilleure qualité de vie sexuelle. Selon les données de l'étude de validation originale, les hommes et les femmes sans dysfonctionnement sexuel ont obtenu des scores moyens élevés pour la qualité de vie sexuelle 87,13% et 90,1% respectivement (Abraham et al, 2008 ; Symonds et al, 2005). Avaient donc une bonne qualité de vie sexuelle les sujets de sexe masculin et féminin ayant obtenu respectivement au moins 87% et 90% du score maximal avaient une bonne qualité de vie sexuelle.

Les variables indépendantes quant à elles étaient relatives aux caractéristiques sociodémographiques (age, sexe) ; au profil clinique (Indice de Masse Corporelle, intensité de la lombalgie, durée de la lombalgie, présence d'irradiation et atteintes de l'arc postérieure) et thérapeutique (traitement par antalgiques anti inflammatoires non stéroïdiens, infiltrations lombaires aux corticoïdes, rééducation physique et enfin à l'activité sexuelle (présence ou non de troubles sexuels).

1.3. Analyse des données

Les données ont été traitées et analysées à l'aide du logiciel Epi-info 7.2.1.0. Les mesures descriptives ont été utilisées pour synthétiser les données. Les associations entre la variable dépendante et les différentes variables indépendantes ont été étudiées avec les tests de Chi² ou test exact de FISHER. Le seuil de significativité est de 5%, p-valeur<0,05.

1.4. Difficultés et limites de l'étude

La difficulté rencontrée au cours de ce travail était la réticence de certains patients à décrire leur habitude sexuelle. Une mise en confiance des enquêtés a permis de surmonter cette dernière.

2. Résultats

2.1. Caractéristiques générales des patients

L'âge moyen des 127 (87 hommes, 40 femmes) patients était de 49,83 ans \pm 11,77 [extrêmes: 19-80 ans] avec un sex-ratio (H/F) de 0,46.

L'EVA moyen des patients était 6,19 \pm 1,81 [extrêmes: 4-9]. La durée moyenne d'évolution de la lombalgie était de 5,01 \pm 4,47 [extrêmes: 0,5-25] ans. L'irradiation dans un membre pelvien était observée chez 78 patients (61,40%). L'atteinte de l'arc antérieur était présente chez 99 patients (77,95%).

Le tableau I résume les caractéristiques générales des patients.

Tableau I. Caractéristiques générales des patients

	Effectif (n=127)
	Moyenne \pm SD ou n (%)
Caractéristiques socio démographique	
Sex ratio (H/F)	0,46
Age moyen (ans)	49,83 \pm 11,77 [19-80]
Caractéristiques cliniques	
IMC (kg/m ²)	28,96 \pm 5,54 [18-46,38]
Intensité de la lombalgie	6,19 \pm 1,81 [4-9]
Durée de la lombalgie (en années)	5,01 \pm 4,47 [0,5-25]
Présence d'irradiation	78/127(61,40%)
Atteinte de l'arc antérieur	99/127 (77,95%)
Caractéristiques thérapeutiques	
Antalgiques	127/127 (100%)
AINS*	113/127(89%)
Myorelaxants	79/127 (62%)
Infiltration rachidienne corticoïdes	49/127 (39%)
Rééducation fonctionnelle	44/127 (35%)
*Anti Inflammatoire Non Stéroïdien	

2.2. Activité sexuelle des patients

Quatre vingt-six patients (67,71%) avaient des troubles de la sexualité. La durée moyenne d'installation des troubles sexuels après le début de la lombalgie était de 3 \pm 2,77 [1-20] ans. Ces troubles étaient plus fréquents chez les sujets de sexe féminin (n=87; 68,5%). La baisse de la libido était le trouble sexuel le plus rencontré (72,10%) suivi de la diminution de la fréquence des rapports sexuels (59,30%) .

Les douleurs lombaires au cours des rapports sexuels (douleur lombaire percoitale) étaient présentes dans 62% des cas.

La figure 1 retrace les différents troubles sexuels des patients enquêtés.

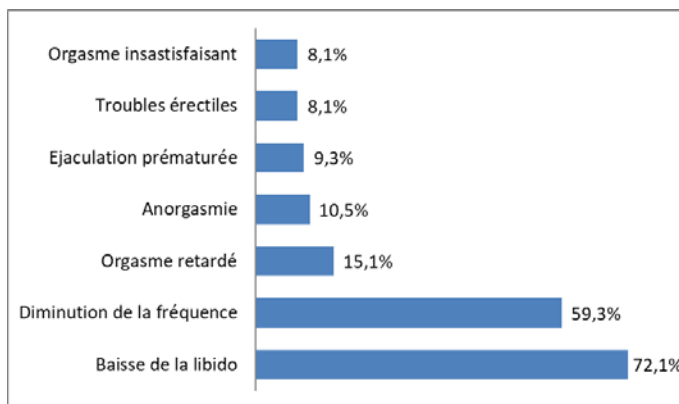


Figure 1. Différents troubles sexuels des patients

2.3. Qualité de vie sexuelle des patients

Selon les données de l'étude de validation du score SQoL avaient une bonne qualité de vie sexuelle les sujets de sexe masculin et féminin ayant obtenu respectivement au moins 87% et 90% du score maximal avaient une bonne qualité de vie sexuelle.

Tableau II. Qualité de vie sexuelle des patients

	Effectif (n=127)
	Moyenne \pm SD ou n (%)
Prévalence de la mauvaise qualité de vie	109/127 (85,80%)
Score SQoL moyen	49,13 \pm 15,70 [9,09-100]
Homme	42 \pm 14,59 [11-66]
Femme	50,14 \pm 15,9 [18-100]

2.4. Facteurs associés à l'altération de la qualité de vie sexuelle

Le sexe féminin, la présence d'une irradiation au membre pelvien, la présence des troubles sexuels et l'absence de la rééducation fonctionnelle étaient statistiquement associés à une altération de la qualité de vie sexuelle ($p=0,022$, $p=0,050$, $p=0,007$ et $p=0,001$ respectivement). Les femmes avaient un risque élevé de 70% d'avoir une mauvaise qualité de vie sexuelle comparé aux hommes et les sujets ayant des troubles avaient un risque multiplié par quatre (4) d'avoir une mauvaise qualité de vie sexuelle.

Parmi les troubles sexuels, seule la baisse de la libido était statistiquement associée à une altération qualité de vie sexuelle ($p=0,021$; OR=3,98 ; IC : 1,33-14,74).

Par contre le massage du dos avant les rapports sexuels apparaît comme un facteur d'une bonne qualité de vie sexuelle ($p=0,047$; $OR=0,19$; $IC : 0,03-0,86$) et réduisait de 81% le risque d'avoir des crises douloureuses lombaires pendant les rapports sexuels.

Le tableau III met en évidence les différents facteurs associés à l'altération de la qualité de vie sexuelle.

Tableau III. Facteurs associés à l'altération de la qualité de vie sexuelle

Facteurs associés	P-value	OR (IC)
Sexe féminin	0,022	0,30 (0,11-0,84)
Présence d'irradiation	0,050	0,27 (0,06-0,89)
Baisse de la libido	0,021	3,98 (1,33-14,74)
Absence de rééducation fonctionnelle	0,001	0,10 (0,03-0,30)
Massage du dos avant les rapports sexuels	0,047	0,19 (0,03-0,86)

3. Discussion

La prédominance féminine des patients lombalgiques notée dans notre étude pourrait être liée à certains facteurs prédisposant dans la gent féminine telles que les grossesses, les activités ménagères. Mais, dans la littérature il n'y a pas une unanimité par rapport à ce résultat (Ambler et al, 2001).

La prévalence des troubles de la sexualité était faible par rapport aux données de Bahouq et al (2013) qui étaient de 81% (Bahouq et al, 2013). Cette prévalence élevée témoigne de l'impact négatif de la lombalgie sur la sexualité.

La prédominance masculine des troubles de la sexualité s'expliquerait par la manifestation plus expressive sur le plan physique des troubles de la sexualité chez l'homme en comparaison avec celle de la femme ; l'acte sexuel chez l'homme étant avant tout conditionné par la qualité de l'érection (Sjogren et al, 1981).

La baisse de la libido et la diminution de la fréquence des rapports sexuels étaient également retrouvées par Maigne (2001) en France. Par ailleurs, la forte prévalence de la douleur lombaire per coïtale constatée également chez Bahouq et al en 2013 témoigne également de l'handicap que représente la lombalgie pour la réalisation de l'acte sexuel.

La qualité de vie sexuelle était fortement altérée chez les patients avec un score SQoL moyen qui avoisine celui de Bahouq et al (2013) au Maroc ($44,65 \pm 17,4$). Cette altération s'expliquerait par la prévalence élevée des troubles sexuels et de la douleur lombaire per coïtale dans notre population.

Le sexe féminin, la présence d'une irradiation au membre pelvien, la présence des troubles sexuels et l'absence de la rééducation fonctionnelle étaient statistiquement associés à une altération de la qualité de vie sexuelle (respectivement $p=0,022$, $p=0,050$, $p=0,007$ et $p=0,001$).

Le handicap lié à la douleur lombaire pourrait expliquer que les femmes avaient plus de risque d'avoir une mauvaise qualité de vie sexuelle car elles souffriraient de douleur plus souvent et plus longtemps que les hommes (Maigne et al, 2001).

La mauvaise qualité de vie sexuelle n'était pas associée à l'âge dans notre série. Bahouq et al (2013) par contre, notait que la qualité de vie sexuelle était plus perturbée chez les patients âgés ($p=0,003$) du fait qu'au fil des années, la tonicité physiologique diminue de même que l'intensité et la qualité de la relation sexuelle (Bahouq et al, 2013). Par ailleurs, Il est généralement admis que les patients âgés ont moins d'activité sexuelle que les jeunes (Sjogren et al, 1981).

Au plan médical, la rééducation du rachis lombaire axée sur la physiothérapie sédative, les massages doux pourraient permettre d'améliorer la qualité de vie sexuelle des patients ($p=0,047$; $OR=0,19$; $IC : 0,03-0,86$) comme l'ont démontré d'autres auteurs (Alagnide et al, 2017; Pynor et al, 2005) .

Conclusion

Les troubles sexuels restent fréquents au cours des lombalgies communes. L'impact de la lombalgie sur la qualité de vie sexuelle et l'altération significative des différentes étapes de la réponse sexuelle restent certaine. La prise en charge de toute lombalgie doit prendre en compte cette qualité de vie pour une action optimale sur l'allègement de la souffrance du patient. La rééducation semble avoir un effet positif qu'il faudra confirmer par des études cas témoins. Par ailleurs, une prise en charge psychologique doit nécessairement faire partie de l'arsenal thérapeutique de toute lombalgie chronique pour une amélioration de la qualité de vie sexuelle des patients.

References:

1. Frymoyer JW, Cats-Baril WL. An overview of the incidences and costs of low back pain. *Orthop Clin North Am.* 1991;22(2):263-71.
2. Bailly F, Foltz V, Rozenberg S, Fautrel B, Gossec L. Les répercussions de la lombalgie chronique sont en partie liées à la perte du rôle social: une étude qualitative. *Rev Rhum.* 2015; 82(6):396-401. DOI:10.1016/j.rhum.2015.08.005.
3. Pakpour AH, Nikoobakht M, Campbell P. Association of pain and depression in those with chronic low back pain: the mediation effect of patient sexual functioning. *The Clinical journal of pain.* 2015;31(1):44-51. DOI:10.1097/AJP.0000000000000076.

4. Bahouq H, Fadoua A, Hanan R, Ihsane H, Najia H-H. Profile of sexuality in Moroccan chronic low back pain patients. *BMC Musculoskeletal Disorders*.2013;14(1):63.
DOI: 10.1186/1471-2474-14-63.
5. Abraham L, Symonds T, Morris MF: Psychometric validation of a sexual quality of life questionnaire for use in men with premature ejaculation or erectile dysfunction. *The SQOL-M J Sex Med* 2008, 5:595–601.
6. Symonds T, Boolell M, Quirk F: Development of a questionnaire on sexual quality of life in women. *J Sex Marital Ther* 2005, 31:385–397.
7. Ambler N, de C, Williams AC, Hill P, Gunary R, Cratchley G. Sexual difficulties of chronic pain patients. *Clin J Pain*.2001;17(2):138-45.
DOI:10.1097/00002508-200106000-00006.
8. Sjogren K, Fugl-Meyer AR. Chronic back pain and sexuality. *International rehabilitation medicine*. 1981;3(1):19-25.
DOI:10.3109/03790798109167110.
9. Maigne J-Y, Chatellier G. Assessment of sexual activity in patients with back pain compared with patients with neck pain. *Clinical Orthopaedics and Related Research*.2001;(385):82-7.
DOI: 10.1097/00003086-200104000-00014.
10. Lopes P, Poudat F-X. *Manuel de sexologie*. 2ème édition. Paris: Elsevier Masson;2010.
11. Tousignant-Laflamme Y, Marchand S. Sex differences in cardiac and autonomic response to clinical and experimental pain in LBP patients. *Eur J Pain* 2006, 10603–614. DOI: 10.1016/j.ejpain.2005.09.003.
12. Alagnide HE, Hougbedji GM, Azanmasso H et al. Résultats du traitement rééducatif des lombalgies suivies au Centre National Hospitalier et Universitaire Hubert Koutoukou Maga de cotonou. *J. Rech. Sci*. 2017; 19(3):413-22.
13. Pynor R, Weerakoon P, Jones MK et al. A preliminary investigation of physiotherapy students attitudes towards issues of sexuality in clinical practice.*Physiotherapy*.2005;91(1):42-8.
DOI:10.1016/j.physio.2004.06.012.



Virulence and Resistance Characterization of Staphylococci-associated Urinary Tract Infection in Pregnant Women in Lagos, Nigeria

Muinah A. Fowora

Department of Molecular Biology and Biotechnology, Nigerian Institute of Medical Research. 6, Edmund Crescent, off Murtala Mohammed Way, Yaba, Lagos, Nigeria

Faustina U. Onyeaghasiri

FOWM Biotechnology Limited, Lagos, Nigeria

Ibilola Omolopo

Adenike Aiyedogbon

Department of Molecular Biology and Biotechnology, Nigerian Institute of Medical Research. 6, Edmund Crescent, off Murtala Mohammed Way, Yaba, Lagos, Nigeria

Idowu O. Edu-Muyideen

Department of Microbiology, Nigerian Institute of Medical Research. 6, Edmund Crescent, off Murtala Mohammed Way, Yaba, Lagos, Nigeria

Bamidele A. Iwalokun

Department of Molecular Biology and Biotechnology, Nigerian Institute of Medical Research. 6, Edmund Crescent, off Murtala Mohammed Way, Yaba, Lagos, Nigeria

[Doi:10.19044/esj.2021.v17n34p135](https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n34p135)

Submitted: 03 September 2021

Accepted: 13 September 2021

Published: 30 September 2021

Copyright 2021 Author(s)

Under Creative Commons BY-NC-ND

4.0 OPEN ACCESS

Cite As:

Fowora. M.A., Onyeaghasiri F.U., Omolopo I., Aiyedogbon A., Edu-Muyideen I.O. & Iwalokun B.A. (2021). *Virulence and Resistance Characterization of Staphylococci-associated Urinary Tract Infection in Pregnant Women in Lagos, Nigeria*. European Scientific Journal, ESJ, 17(34), 135.

<https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n34p135>

Abstract

Background: Urinary Tract Infection (UTI) is the most prevalent bacterial infection in developing countries. UTI is sometimes asymptomatic. The occurrence of UTI in pregnancy can result in complications such as premature or low-birth-weight babies. *Escherichia coli* is the most common

cause of UTI followed by Staphylococci species. However, E.coli associated UTI has been well studied while there is paucity of data on the virulence and resistance of Staphylococci-associated UTIs in women. This study aimed to characterize the virulence and resistance genes in Staphylococci species isolated from the urine of pregnant women.

Methods: This was a cross-sectional study involving pregnant women attending ante-natal clinic in Lagos State, Nigeria. Clean catch midstream urine specimens were collected from the women and cultured on appropriate agar. Bacteria were identified using both biochemical and molecular methods and evaluated for resistance to antibiotics. Polymerase chain reaction was used to detect the *mecA* and *blaZ* resistance genes and the PVL and TSST virulence genes.

Results: Staphylococci species were isolated from 21 (26.25%) of the 80 urine samples of which 7 (29%) were *Staphylococcus aureus* and 17 (71%) coagulase-negative staphylococcus (CoNS). *S. epidermidis* and *S. saprophyticus* were the most commonly isolated CoNS. All the isolates tested were resistant to cotrimoxazole, cloxacillin, erythromycin, ampicillin, amoxicillin-clavulanate, and tetracycline. Both *blaZ* and the *mecA* genes were detected in the isolates that were phenotypically susceptible to methicillin and cefoxitin. There was an occurrence of the *mecA*, *blaZ* and PVL genes in *S. saprophyticus* in patients who were co-infected with *S. aureus*.

Conclusion: UTI caused by Staphylococci is common among pregnant women. There is a need to consider staphylococcal associated UTI screening in both symptomatic and asymptomatic cases of UTI in pregnant women.

Keywords: Urinary Tract Infection, Pregnant Women, Staphylococcus Species, Multi-Drug Resistance

Introduction

Urinary Tract Infection (UTI) is the invasion and subsequent propagation of microorganisms in the urinary tract and it is one of the most prevalent bacterial infections, especially in developing countries, with a high morbidity rate and financial costs (Foxman, 2014; Vasudevan, 2014). UTI is the most common hospital-acquired infection, accounting for up to 35% of nosocomial infections, and it is the second leading cause of bacteraemia in hospitalized patients (Agaba et al., 2017).

UTI is associated with several complications for both the fetus and the mother, including pyelonephritis, preterm birth, low birth weight, and increased perinatal mortality (Ghourì et al., 2019; Vasudevan, 2014). Some women who develop asymptomatic bacteriuria during pregnancy are more likely to have premature or low-birth-weight babies.

The causative agents for UTI are many and differ from location to location and their patterns of susceptibility and resistance often vary. As with *S. aureus*, a high prevalence of coagulase-negative staphylococci (CoNS) causing UTI has also been reported (França et al., 2021; Hashmi et al., 2016; Higashide et al., 2008; Zia Sheikholeslami & Hassanshahi, 2010). The frequent and many reports about highly resistant staphylococcal-associated UTIs makes it imperative for this study on asymptomatic staphylococci-associated UTI in pregnant women taking into account the pathogenic roles, virulence and resistance genes. This study, therefore, aims to characterize the virulence and resistance genes in *Staphylococci* species isolated from the urine of pregnant women in Lagos, Nigeria.

Materials and Methods

Study design and Area

This was a cross-sectional study carried out in Lagos State, Nigeria. Samples were collected from pregnant women attending the ante-natal clinic of the Lagos University Teaching Hospital (LUTH) in Lagos State, Nigeria. Urine samples of pregnant women with or without symptoms of UTI, at any stage of pregnancy, and having significant bacteriuria were included in this study. Urine samples of pregnant women that had taken antibiotics within the last two weeks before sample collection were excluded from the study.

Ethical Considerations

Ethical approval to carry out this study was obtained from the Research Grants and Experimentation Ethics Committee, College of Medicine, University of Lagos. Participant's consent was obtained before sample collection started. Privacy, confidentiality and personal information of all patients were observed and protected.

Specimen collection, Isolation and Phenotypic Identification of Staphylococcus Species

A total of 80 clean-catch midstream urine specimens were collected into sterile containers. The samples were homogenized, 50 µl of the urine was deposited on the surface of a microscope slide and allowed to dry at ambient temperature. The smears were fixed by passing through the flame of a Bunsen Burner and stained using the gram staining technique. Microscopic examination of the smears was initially done at 20x magnification to ensure that the samples were evenly distributed, and then at 100x magnification. A positive smear, indicative of significant bacteriuria according to the criteria of Washington et al. (1981), was defined as one that had ≥ 2 per distributed uniformly per oil immersion field after the examination of at least 20 fields (Cardoso et al., 1998; Washington et al., 1981).

The urine samples were cultured onto blood agar and mannitol salt agar (Oxoid, UK), then incubated aerobically for 24 hours at 37°C. Colonies were examined after overnight incubation and sub-cultured to obtain a pure culture. Identification of bacteria was made according to colony morphology, Gram stain and biochemical tests. The isolates were initially identified by gram stain, susceptibility to 0.04U bacitracin (SigmaAldrich), catalase, and tube coagulase tests, and categorized as *S. aureus* and CoNS as described by Cunha et al., 2004. Then other biochemical tests were done to further identify the isolates. These include urease production, nitrate production, resistance to novobiocin, and sugar fermentation tests using the sugars sucrose, trehalose, xylose, a-lactose, fructose, maltose, and mannose (Cunha et al., 2004).

Antibiotic susceptibility patterns

Pure isolates were subjected to antimicrobial susceptibility testing using the modified disk diffusion Kirby-Bauer method as recommended by the Clinical and Laboratory Standard Institute (CLSI, 2020). A freshly prepared broth of 0.5 McFarland concentration of the isolate was cultured inoculated onto Mueller Hinton Agar after which antibiotic discs were applied. The antibiotic discs tested included gentamicin 10µg, ofloxacin 5µg, streptomycin 10µg, erythromycin 5µg, amoxicillin-clavulanate 30µg, cloxacillin 5µg, cotrimoxazole 25µg, tetracycline 25µg, imipenem 10µg, cefoxitin 30µg, methicillin 5µg, and vancomycin 30µg were placed on Müller-Hinton agar and incubated aerobically at 37°C for 24 hours (Oxoid, UK). The zones of inhibition were measured and interpreted as sensitive or resistant using the CLSI criteria.

DNA extraction and Polymerase Chain reaction

DNA was extracted using the boiling – centrifugation method according to Soumet et al., 1994. Polymerase chain reaction (PCR) was carried out to amplify the resistance and virulence gene loci. The *16s rRNA* gene and the virulence genes were detected using a standard single PCR while the resistance genes and the *nuc* genes were detected using duplex PCR (*mecA* and *nuc* combination and *blaZ* and *nuc* combination). PCR was performed in a 20µl reaction mixture containing 1X Master mix (Solis Biodyne) (the master mix contained 1X PCR Buffer, 1.5 mM MgCl₂, 200µM of each deoxynucleoside triphosphates, and 2U Taq DNA Polymerase), 20pMol of each primer (BIOMERS, Germany), 2µl of the extracted DNA, and nuclease-free water was used to make up the reaction mixture volume.

Thermal cycling was conducted in a Peltier PTC 200 thermal cycling for an initial denaturation of 95°C for 5 minutes followed by 35 amplification cycles of 30 seconds at 95°C; 45 seconds at the annealing temperature and 1 minute at 72°C, followed by a final extension step of 10 minutes at 72°C. The

primer sequences and the annealing temperatures employed to detect the virulence and resistance genes are presented in Table 1.

The amplification product was separated by electrophoresis on a 1.5% agarose gel at 80V for 1 hour 30 minutes. After electrophoresis, DNA bands were stained with ethidium bromide and visualized. 100bp DNA ladder (Solis Biodyne) was used as DNA molecular weight marker.

Table 1. Primer sequences, gene locus and Amplicon sizes

Primer	Primer sequence (5'-3')	Specific gene loci tested	Annealing Temperature (°C)	Product size (bp)	Reference
<i>16SrR</i> <i>NA-F</i>	5' GTA GGT GGC AAG CGT TAT CC 3'	16S ribosomal ribonucleic acid (<i>Staphylococcus</i> genus- specific)	55	228	(Bakheet et al., 2018)
<i>16SrR</i> <i>NA-R</i>	5' CGC ACA TCA GCG TCA G 3'				
<i>nuc-F</i>	5'-GCG ATT GAT GGT GAT ACG GTT-3'	Thermonuclease gene (<i>S. aureus</i> specific)	55	279	(Brakstad et al., 1992)
<i>nuc-R</i>	5' AGC CAA GCC TTG ACG AAC TAA AGC 3'				
<i>mecA-F</i>	5' GTG AAG ATA TAC CAA GTG ATT 3'	<i>mecA</i> gene	55	147	(Zhang et al., 2005)
<i>mecA-R</i>	5' ATG CGC TAT AGA TTG AAA GGA T 3'				
<i>blaZ-F</i>	5' AAG AGA TTT GCC TAT GCT TC 3'	<i>blaZ</i> gene	52	517	(Bakheet et al., 2018)
<i>blaZ-R</i>	5' GCT TGA CCA CTT TTA TCA GC 3'				
<i>Luk-PV-1</i>	5' ATC ATT AGG TAA AAT GTC TGG ACA TGA TCC A 3'	Panton Valentine Leucocidin Toxin	55	433	(Lina et al., 1999)
<i>Luk-PV-2</i>	5' GCA TCA AST GTA TTG GAT AGC AAA AGC 3'				
<i>TSST-F</i>	5' GCT TGC GAC AAC TGC TAC AG 3'	Toxic shock syndrome toxin-1	50	559	(Wang et al., 2016)
<i>TSST-R</i>	5' TGG ATT CGT CAT TCA TTC TTA T 3'				

Results

Isolation and identification of *Staphylococcus* species

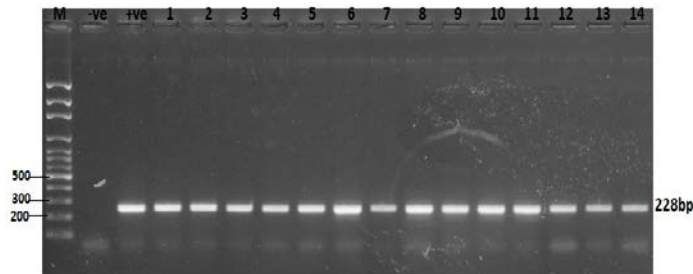
Staphylococcus species were isolated from 21 (26.25%) of the 80 urine samples collected from pregnant women. Of the 21 women, 18 had a single

infection while 3 were infected with a co-infection of *Staphylococcus aureus* and *Staphylococcus saprophyticus*, making a total of 24 *Staphylococcus* species isolated. These included *S. aureus* 7 (29%) and CoNS 17 (71%). The CoNS were further identified as *Staphylococcus epidermidis* 41.1%, *Staphylococcus saprophyticus* 35.3%, *Staphylococcus haemolyticus* 11.80%, and other staphylococci 11.8%.

Molecular Identification of the Isolates

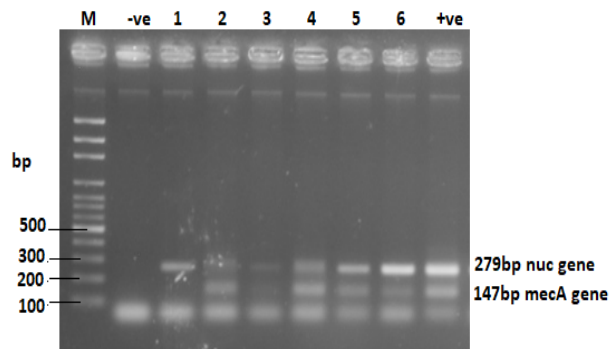
All the 24 isolates showed amplification and were, therefore, confirmed as *Staphylococcus* species using the *Staphylococcus* genus-specific 16SrRNA (Figure 1). The *nuc* gene was amplified to further identify the *S. aureus* isolates. Only the 7 isolates presumptively identified as *S. aureus* showed amplification for the *nuc* gene (Figure 2).

Figure 1. PCR detection of the 16SrRNA (228 bp) gene of *Staphylococcus* species



Key: M = 100bp DNA Ladder (Solis Biodyne); -ve = negative control; +ve = positive control (NCTC 12493); Lanes 1-14 = *Staphylococcal* isolates

Figure 2. Multiplex-PCR assay for the detection of *mecA* and *nuc* gene



Key: M = 100bp DNA Ladder (Solis Biodyne); -ve = negative control; +ve = positive control (NCTC 12493); Lane 1 = *mecA* negative *S. aureus* sample; Lanes 2 - 6 = *mecA* positive *S. aureus* samples

Antimicrobial Susceptibility Test Result

The result of the antimicrobial susceptibility testing is summarized in Table 2 with all the isolates being multiple resistant to four or more antibiotics.

All the isolates of both *S. aureus* and CoNS were resistant to cotrimoxazole, cloxacillin, erythromycin, ampicillin, amoxicillin-clavulanate, and tetracycline. All the *S. aureus* isolated were susceptible to vancomycin and imipenem, while cefoxitin, methicillin, vancomycin, and imipenem were the most effective antibiotics in the CoNS with all the CoNS isolates being susceptible to these antibiotics. About four different patterns of resistance were seen in the *S. aureus* isolates with all patterns containing the cotrimoxazole-cloxacillin-erythromycin-ampicillin-Amoxicillin/clavulanate-tetracyclin-chloramphenicol resistant pattern (Table 3). Seven different patterns of resistance were seen in the CoNS isolates with the cotrimoxazole-cloxacillin-erythromycin-ampicillin-amoxicillin/clavulanate-tetracyclin resistance seen in all the seven different patterns (Table 3).

Table 2. Distribution of Antimicrobial Resistance of *Staphylococcus aureus* and Coagulase-Negative Staphylococci from Urinary Tract Infections

Antibiotics	<i>Staphylococcus aureus</i> (n=7)		Coagulase Negative Staph (n = 17)	
	Sensitive (%)	Resistant (%)	Sensitive (%)	Resistant (%)
Cotrimoxazole	0	100	0	100
Cloxacillin	0	100	0	100
Erythromycin	0	100	0	100
Ampicillin	0	100	0	100
Gentamicin	28.57	71.43	17.65	82.35
Amoxicillin-Clavulanate	0	100	0	100
Streptomycin	28.57	71.43	35.29	64.71
Tetracycline	0	100	0	100
Chloramphenicol	0	100	23.52	76.48
Ofloxacin	57.1	42.9	64.71	35.29
Cefoxitin	85.7	14.3	100	0
Methicillin	85.7	14.3	100	0
Vancomycin	100	0	100	0
Imipenem	100	0	100	0

Table 3. Phenotypic Antimicrobial Resistance Patterns of *Staphylococcus aureus* and CoNS from Urinary Tract Infections

Staphylococcus aureus (n = 7)		
Resistance phenotypes	Number of strains	Number of antibiotic classes
COT, CXC, ERY, AMP, AMC, TET, CHL, GEN	2	6
COT, CXC, ERY, AMP, AMC, TET, CHL, STR	2	6
COT, CXC, ERY, AMP, AMC, TET, CHL, GEN, STR, OFL	2	7
COT, CXC, ERY, AMP, AMC, TET, CHL, GEN, STR, OFL, CFX, MET	1	7
Coagulase Negative Staphylococci (n = 17)		

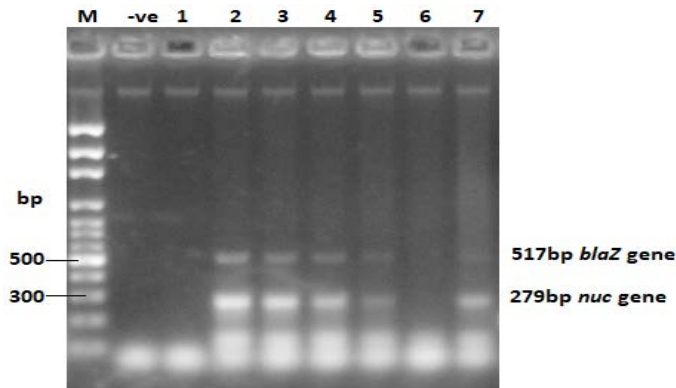
Resistance phenotypes	Number of strains	Number of antibiotic classes
COT, CXC, ERY, AMP, AMC, TET,	2	4
COT, CXC, ERY, AMP, AMC, TET, GEN, STR	1	5
COT, CXC, ERY, AMP, AMC, TET, STR, OFL	1	5
COT, CXC, ERY, AMP, AMC, TET, CHL, GEN,	1	6
COT, CXC, ERY, AMP, AMC, TET, CHL, GEN, STR	7	6
COT, CXC, ERY, AMP, AMC, TET, CHL, GEN, OFL	3	7
COT, CXC, ERY, AMP, AMC, TET, CHL, GEN, STR, OFL	2	7

Key: Cot = Cotrimoxazole,; CXC = Cloxacillin; ERY = Erythromycin; AMP = Ampicillin; GEN = Gentamicin; AMC = Amoxicillin-Clavulanate; STR = Streptomycin; TET = Tetracycline; CHL = Chloramphenicol; OFL = Ofloxacin; CFX = Cefoxitin; MET = Methicillin

Detection of the resistant genes *mecA* and *blaZ*

mecA and *blaZ* gene detection was carried out on all the isolates irrespective of their phenotypic resistance to penicillin (β -lactam) antibiotics. The *mecA* and *blaZ* amplification products are as presented in Figure 2 and Figure 3. The *mecA* gene was detected in 57.1% (4/7) of the *S. aureus* isolates, even in isolates that were phenotypically susceptible to methicillin and Cefoxitin. Similarly, the *blaZ* gene was also detected in 57.1% (4/7) of the *S. aureus* isolates. The *mecA* gene was also detected in 41.2% (7/17) and the *blaZ* 52.9% (9/14) of the CoNS isolates. The resistant gene patterns of the isolates are presented in Table 4.

Figure 3. Multiplex-PCR assay for the detection of *blaZ* and *nuc* gene



Key: M = 100bp DNA Ladder (Solis Biodyne); -ve = negative control; Lane 1 and Lane 6= *blaZ* negative CoNS sample; Lanes 2 – 5 = *blaZ* positive *S. aureus* samples; Lane 7 = positive control (NCTC 12493)

Table 4. Resistance and Virulence Gene Patterns of Staphylococcus aureus and CoNS from Urinary Tract Infections

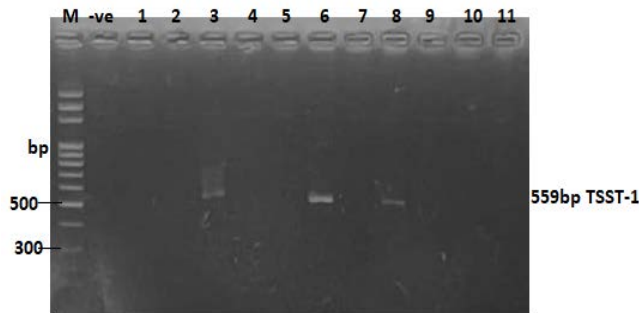
Resistance/Virulence Genes	SA (n = 7)	CoNS (n=17)
<i>mecA</i> alone	0	0

<i>blaZ</i> alone	0	2 (11.8%)
<i>mecA, blaZ</i>	2 (28.6%)	6 (35.3%)
<i>mecA, blaZ, TSST</i>	2 (28.6%)	1 (5.9%)

PVL and TSST Virulent Gene Detection

None of the samples showed amplification for the PVL gene. However, 28.6% (2/7) and 5.9% (1/17) of the *S. aureus* and CoNS isolates respectively showed amplification for the TSST-1 (Figure 4) gene. The virulence and resistance gene patterns of the isolates are presented in Table 4.

Figure 4. Multiplex-PCR assay for the detection of *blaZ* and *nuc* gene



Key: M = 100bp DNA Ladder (Solis Biodyne); -ve = negative control; Lane 1 – 7 = *S. aureus* strains and Lane 8 – 11 = CNS strains

Discussion

UTIs typically manifest as asymptomatic and symptomatic bacteriuria with a prevalence of 15% in pregnant women. Though the treatment of asymptomatic bacteriuria in UTI may not be necessary for healthy adults and non-pregnant women, it is, however, important to screen and treat asymptomatic bacteriuria in pregnant women (Alemu et al., 2012). This is due to complications such as pyelonephritis, preterm birth, low birth weight, and increased perinatal mortality, which UTI can cause in pregnant women. Hence, the treatment of UTI is vital in preventing maternal and neonatal complications (Alemu et al., 2012; Kalinderi et al., 2018).

The majority of pregnant women with bacteriuria were asymptomatic in this study. The prevalence of staphylococci-associated UTI was 26.25%, with the prevalence of *S. aureus* and CoNS being 8.8% and 21.25% of the overall total samples collected respectively, and 29% and 71% of staphylococcal cultures respectively. Though most studies originating from Nigeria on the prevalence of UTI in pregnant women have reported lower rates of CoNS in UTI associated with pregnant women (Okonko et al., 2010; Oladeinde et al., 2015; Simon-Oke et al., 2019), this study reports a higher prevalence of CoNS in staphylococcal associated UTI in pregnant women.

Staphylococcus epidermidis and *Staphylococcus saprophyticus* were the most predominant CoNS isolated from UTIs in pregnant women as seen in this study. This corroborates the study by Hashmi et al. (2016) which also reported *S. saprophyticus* and *S. epidermidis* as the most common CoNS causing staphylococcal associated UTI in women. *S. saprophyticus* has been reported as one of the most common causes of community-acquired urinary tract infections, second only to *Escherichia coli*, and causing about 42% of infections in sexually active women (Hur et al., 2016). The presence of *S. epidermidis* and *S. saprophyticus* in UTIs in pregnant women should not be overlooked. *S. epidermidis*, though considered nosocomial and benign, have been implicated in causing obstetrical complications and infections in neonates (Beksac et al., 2019; Upadhyayula et al., 2012). *S. saprophyticus* has also been implicated as a common culprit in polymicrobial UTIs which are typically seen in the immunocompromised. In this study, subjects that had co-infection of multiple staphylococcal species infections had *S. saprophyticus* as one of the co-infection. This further adds credence to the association of *S. saprophyticus* in polymicrobial UTIs.

All the staphylococcal isolates seen in this study showed resistance to cotrimoxazole, cloxacillin, erythromycin, ampicillin, amoxicillin-clavulanate, and tetracycline, with the most effective antibiotics being vancomycin and imipenem. Apart from being susceptible to cloxacillin and imipenem, the CoNS were also susceptible to vancomycin and imipenem. Hashmi et al. (2016) also reported a 100% susceptibility to Vancomycin in CoNS. In this study, resistance was recorded for almost all the classes of antibiotics apart from the glycopeptides and carbapenems. Resistance of *Staphylococcus* species to penicillin and the β -lactams is a worldwide problem and the subsequent high levels of resistance to tetracycline, aminoglycosides and to some extent macrolides as seen in this study makes it increasingly difficult for clinicians to make safe antibiotic choices for the treatment of UTIs in pregnancy (Alemu et al., 2012; Mohammad et al., 2002). Easy access and the indiscriminate use of antibiotics such as ampicillin, tetracycline, and cotrimoxazole in Nigeria may influence the increasing resistance seen in these organisms.

Methicillin resistance and the detection of the *mecA* gene in CoNS isolated from UTIs, specifically from *S. Saprophyticus* have been reported (Hashmi et al., 2016). The detection of *mecA* and/or *blaZ* even in isolates that were phenotypically susceptible to methicillin and cefoxitin may imply a further increase in resistance to these antibiotics in the future. All the *mecA* positive isolates were also *blaZ* positive. This can be attributed to the fact that methicillin resistance can also occur as a result of the inactivation of this antibiotic due to an increase in the production of beta-lactamase that is coded by the *blaZ* gene (Soares et al., 2012). Though there are few reports of *mecA*-

mediated resistance in CoNS, this study detected both *mecA* and *blaZ* genes in *S. saprophyticus* and even in *S. epidermidis*. Other studies have also reported the presence of the *mecA*-mediated resistance in *S. saprophyticus* and *S. epidermidis* (Hanssen & Ericson Sollid, 2007; Hashmi et al., 2016). Both the *mecA* and *blaZ* genes were detected in all the *S. saprophyticus* found in co-infection with *S. aureus*. It is, therefore, possible that the *S. saprophyticus* may have acquired their resistance through horizontal gene transfer from MRSA. This could also imply that *S. saprophyticus* is not only a commensal bacteria but also infectious.

The toxic shock syndrome toxin, which is encoded by the *tst* gene, upsets the cells of the immune system and stimulates the release of cytokines and other non-specific T cell proliferation resulting in toxic shock syndrome which is potentially fatal in humans (Hakimi Alni et al., 2018). In this study, the *tst* gene was detected in two *S. aureus* strains of which one of them was co-infected with *S. Saprophyticus*. This again supports the possibility of horizontal gene transfer from MRSA.

Conclusions

This study shows that both *S. aureus* and CoNS with a prevalence of (26.25%) are uropathogens whose treatment should be considered in pregnancy. The high level of resistance seen in these study means that multi-drug resistance is common in staphylococcal isolates from UTIs, and there is, therefore, a need to consider staphylococcal associated UTI screening in both symptomatic and asymptomatic cases of UTI in pregnant women to alleviate the consequences of asymptomatic UTI and multi-drug resistant staphylococcal infection in pregnancy.

References:

1. Agaba, P., Tumukunde, J., Tindimwebwa, J. V. B., & Kwizera, A. (2017). Nosocomial bacterial infections and their antimicrobial susceptibility patterns among patients in Ugandan intensive care units: A cross sectional study. BMC Research Notes, 10(1), 1–12. <https://doi.org/10.1186/s13104-017-2695-5>
2. Alemu, A., Moges, F., Shiferaw, Y., Tafess, K., Kassu, A., Anagaw, B., & Agegn, A. (2012). Bacterial profile and drug susceptibility pattern of urinary tract infection in pregnant women at University of Gondar Teaching Hospital, Northwest Ethiopia. BMC Research Notes, 5. <https://doi.org/10.1186/1756-0500-5-197>
3. Bakheet, A., Amen, O., Habaty, S., & Darwish, S. (2018). Prevalence of Staphylococcus aureus In Broiler Chickens with Special Reference to Beta-Lactam Resistance Genes in the Isolated Strains. Alexandria Journal of Veterinary Sciences, 59(1), 25.

- <https://doi.org/10.5455/ajvs.297627>
4. Beksac, A. T., Orgul, G., Tanacan, A., Uckan, H., Sancak, B., Portakal, O., & Beksac, M. S. (2019). Uropathogens and Gestational Outcomes of Urinary Tract Infections in Pregnancies that Necessitate Hospitalization. *Current Urology*, 13(2), 70–73.
<https://doi.org/10.1159/000499290>
 5. Brakstad, O. D. D. G., Aasbakk, K., & Maeland, J. A. (1992). Detection of *Staphylococcus aureus*_nuc pcr und primer. *Journal of Clinical Microbiology*, 30(7), 1654–1660.
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/1629319%0Ahttp://www.pubmedcentral.nih.gov/articlerender.fcgi?artid=PMC265359>
 6. Cardoso, C. L., Muraro, C. B., Siqueira, V. L. D., & Guilhermetti, M. (1998). Simplified technique for detection of significant bacteriuria by microscopic examination of urine. *Journal of Clinical Microbiology*, 36(3), 820–823. <https://doi.org/10.1128/jcm.36.3.820-823.1998>
 7. Clinical and Laboratory Standards Institute. (2020). *Clinical and Laboratory Standards Institute (CLSI). Performance Standards for Antimicrobial Susceptibility Testing. 30th ed. CLSI Supplement M100.*
 8. Cunha, M. D. L. R. S., Sinzato, Y. K., & Silveira, L. V. A. (2004). Comparison of methods for the identification of coagulase-negative staphylococci. *Memorias Do Instituto Oswaldo Cruz*, 99(8), 855–860. <https://doi.org/10.1590/S0074-02762004000800012>
 9. Foxman, B. (2014). Urinary tract infection syndromes. Occurrence, recurrence, bacteriology, risk factors, and disease burden. *Infectious Disease Clinics of North America*, 28(1), 1–13.
<https://doi.org/10.1016/j.idc.2013.09.003>
 10. França, A., Gaio, V., Lopes, N., & Melo, D. R. (2021). Virulence Factors in Coagulase-Negative Staphylococci.
 11. Ghouri, F., Hollywood, A., & Ryan, K. (2019). Urinary tract infections and antibiotic use in pregnancy-qualitative analysis of online forum content. *BMC Pregnancy and Childbirth*, 19(1), 1–8.
<https://doi.org/10.1186/s12884-019-2451-z>
 12. Hakimi Alni, R., Mohammadzadeh, A., Mahmoodi, P., & Alikhani, M. Y. (2018). Detection of Toxic Shock Syndrome Toxin (tsst) Gene Among *Staphylococcus aureus* Isolated from Patients and Healthy Carriers . *Avicenna Journal of Clinical Microbiology and Infection*, 5(1), 14249–14249. <https://doi.org/10.5812/ajcmi.14249>
 13. Hanssen, A. M., & Ericson Sollid, J. U. (2007). Multiple staphylococcal cassette chromosomes and allelic variants of cassette chromosome recombinases in *Staphylococcus aureus* and coagulase-negative staphylococci from Norway. *Antimicrobial Agents and*

- Chemotherapy, 51(5), 1671–1677.
<https://doi.org/10.1128/AAC.00978-06>
14. Hashmi, A., Abdullah, F. E., Abdullah, N. E., & Kazmi, S. U. (2016). Species identification and antibiotic susceptibilities of coagulase - negative staphylococci isolated from urinary tract infection specimens. *Journal of the College of Physicians and Surgeons Pakistan*, 26(7), 581–584. <https://doi.org/2375>
 15. Higashide, M., Kuroda, M., Omura, C. T. N., Kumano, M., Ohkawa, S., Ichimura, S., & Ohta, T. (2008). Methicillin-resistant *Staphylococcus saprophyticus* isolates carrying *Staphylococcal cassette chromosome mec* have emerged in urogenital tract infections. *Antimicrobial Agents and Chemotherapy*, 52(6), 2061–2068. <https://doi.org/10.1128/AAC.01150-07>
 16. Hur, J., Lee, A., Hong, J., Jo, W. Y., Cho, O. H., Kim, S., & Bae, I. G. (2016). *Staphylococcus saprophyticus* bacteremia originating from urinary tract infections: A case report and literature review. *Infection and Chemotherapy*, 48(2), 136–139. <https://doi.org/10.3947/ic.2016.48.2.136>
 17. Kalinderi, K., Delkos, D., Kalinderis, M., Athanasiadis, A., & Kalogiannidis, I. (2018). Urinary tract infection during pregnancy: current concepts on a common multifaceted problem. *Journal of Obstetrics and Gynaecology*, 38(4), 448–453. <https://doi.org/10.1080/01443615.2017.1370579>
 18. Lina, G., Piémont, Y., Godail-Gamot, F., Bes, M., Peter, M. O., Gauduchon, V., Vandenesch, F., & Etienne, J. (1999). Involvement of Panton-Valentine leukocidin-producing *Staphylococcus aureus* in primary skin infections and pneumonia. *Clinical Infectious Diseases*, 29(5), 1128–1132. <https://doi.org/10.1086/313461>
 19. Mohammad, M., Mahdy, Z. A., Omar, J., Maan, N., & Jamil, M. A. (2002). Laboratory aspects of asymptomatic bacteriuria in pregnancy. *Southeast Asian Journal of Tropical Medicine and Public Health*, 33(3), 575–580.
 20. Okonko, I. O., Ijandipe, L. A., Ilusanya, A. O., Donbraye-Emmanuel, O. B., Ejembi, J., Udeze, A. O., Egun, O. C., Fowotade, A., & Nkang, A. O. (2010). Detection of urinary tract infection (UTI) among pregnant women in Oluyoro Catholic Hospital, Ibadan, South-Western Nigeria. *Malaysian Journal of Microbiology*, 6(1), 16–24.
 21. Oladeinde, B. H., Omoregie, R., & Oladeinde, O. B. (2015). Asymptomatic urinary tract infection among pregnant women receiving ante-natal care in a traditional birth home in Benin City, Nigeria. *Ethiopian Journal of Health Sciences*, 25(1), 3–8. <https://doi.org/10.4314/ejhs.v25i1.2>

22. Simon-Oke, I. A., Odeyemi, O., & Afolabi, O. J. (2019). Incidence of urinary tract infections and antimicrobial susceptibility pattern among pregnant women in Akure, Nigeria. *Scientific African*, 6, e00151. <https://doi.org/10.1016/j.sciaf.2019.e00151>
23. Soares, L. C., Pereira, I. A., Pribul, B. R., Oliva, M. S., Coelho, S. M. O., & Souza, M. M. S. (2012). Antimicrobial resistance and detection of *mecA* and *blaZ* genes in coagulase-negative *Staphylococcus* isolated from bovine mastitis. *Pesquisa Veterinaria Brasileira*, 32(8), 692–696. <https://doi.org/10.1590/S0100-736X2012000800002>
24. Soumet, C., Ermel, G., Fach, P., & Colin, P. (1994). Evaluation of different DNA extraction procedures for the detection of *Salmonella* from chicken products by polymerase chain reaction. *Letters in Applied Microbiology*, 19(5), 294–298. <https://doi.org/10.1111/j.1472-765X.1994.tb00458.x>
25. Upadhyayula, S., Kambalapalli, M., & Asmar, B. I. (2012). *Staphylococcus epidermidis* Urinary Tract Infection in an Infant . *Case Reports in Infectious Diseases*, 2012, 1–2. <https://doi.org/10.1155/2012/983153>
26. Vasudevan, R. (2014). Urinary Tract Infection: An Overview of the Infection and the Associated Risk Factors. *Journal of Microbiology & Experimentation*, 1(2), 42–54. <https://doi.org/10.15406/jmen.2014.01.00008>
27. Wang, D., Zhang, L., Zhou, X., He, Y., Yong, C., Shen, M., Szenci, O., & Han, B. (2016). Antimicrobial susceptibility, virulence genes, and randomly amplified polymorphic DNA analysis of *Staphylococcus aureus* recovered from bovine mastitis in Ningxia, China. *Journal of Dairy Science*, 99(12), 9560–9569. <https://doi.org/10.3168/jds.2016-11625>
28. Washington, J. A., White, C. M., Laganieri, R.N., M., & Smith, L. H. (1981). Detection of Significant Bacteriuria by Microscopic Examination of Urine. *Laboratory Medicine*, 12(5), 294–296. <https://doi.org/10.1093/labmed/12.5.294>
29. Zhang, K., McClure, J. A., Elsayed, S., Louie, T., & Conly, J. M. (2005). Novel multiplex PCR assay for characterization and concomitant subtyping of staphylococcal cassette chromosome *mec* types I to V in methicillin-resistant *Staphylococcus aureus*. *Journal of Clinical Microbiology*, 43(10), 5026–5033. <https://doi.org/10.1128/JCM.43.10.5026-5033.2005>
30. Zia Sheikholeslami, N., & Hassanshahi, G. (2010). The frequency of coagulase negative staphylococci urinary infections with antimicrobial resistance pattern in rafsanjan. *Pakistan Journal of Medical Sciences*, 26(1), 107–110.

Effects of Diabetes Mellitus on the Reproductive System of Adult Male Mice After One Cycle of Spermatogenesis

Kouassi Emile Bégbin
N'Guessan Ernest Zougrou
Georges Abizi
Koffi Kouakou

N'Takpé Emmanuel Jaurès Mangué

University of Félix Houphouët-Boigny, Faculty of Biosciences, Laboratory of Biology and Health, Ivory Coast

[Doi:10.19044/esj.2021.v17n34p149](https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n34p149)

Submitted: 06 August 2021
Accepted: 25 August 2021
Published: 30 September 2021

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

Cite As:

Bégbin K.E., Zougrou E.N'G., Abizi G., Kouakou K. & Mangué N.E.J. (2021). *Effects of Diabetes Mellitus on the Reproductive System of Adult Male Mice After One Cycle of Spermatogenesis*. European Scientific Journal, ESJ, 17(34), 149.
<https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n34p149>

Abstract

Background: Diabetes mellitus is a disease characterized by chronic hyperglycemia. Poor management of hyperglycemia leads to complications that can reduce quality of life. Diabetes mellitus has been associated with damage to the reproductive system. The present study examines effects of diabetes mellitus on the reproductive system in alloxan-induced diabetic mice after one cycle of spermatogenesis.

Materials and Methods: Twelve (12) mice divided into "control" and "diabetic" groups of six (6) animals each were used. Diabetes was induced in adult male mice by intraperitoneal injection with a single dose of 220 mg/kg body weight of alloxan. After 40 days, sperm density, morphology, and motility were assessed by standard methods. Serum levels of testosterone, FSH, and LH were measured. In addition, testes and epididymis were removed for histological study.

Results: Highly significant ($P < 0.001$) reductions in serum testosterone, FSH, and LH levels, as well as normal and motile sperm counts of 21% and 34% respectively were observed in the diabetic group. The control group had three times more sperm than the diabetic group. The histological

study showed that diabetic animals had atrophied seminiferous tubules, increased inter-tubular spaces, loss of interstitial tissue, degeneration of seminiferous tubules, and almost complete reduction of sperm count in the epididymal duct.

Conclusion: Chronic hyperglycemia is therefore deleterious to the male reproductive system of mice. It leads to hypogonadism, which causes dysfunction of the male reproductive system, and can lead to infertility in men with diabetes mellitus.

Keywords: Reproductive System, Diabetes Mellitus, Spermatogenesis

Introduction

Diabetes mellitus is the most common endocrine disease and one of the most common chronic disorders (Wherrett *et al.*, 2018). It is a condition characterized by chronic hyperglycemia (Punthakee *et al.*, 2018). The International Diabetes Federation (IDF) estimates that 463 million people were living with diabetes mellitus in 2019. This number is expected to rise to 578 million by 2030 and 700 million by 2045 (IDF, 2019). Poor management of high blood glucose in people with diabetes have led to complications that can significantly reduce their quality of life. Diabetes mellitus has been associated with reproductive system impairment in both men and women (Shojaei *et al.*, 2014). However, a recent study showed that hypogonadism is common in men with diabetes mellitus, and the prevalence is as high as 40% for type 2 diabetes (Bebb *et al.*, 2018). This deficit in sex hormone secretion is thought to be responsible for the erectile dysfunction and spermatogenesis disturbance observed in diabetic men (Jangir & Jain, 2014; Ding *et al.*, 2015). Hypogonadism has been shown to negatively impact the quality of life of men, irrespective of age, with a greater impact in men with permanent, rather than intermittent, erectile dysfunction (Rosen *et al.*, 2004; Corona *et al.*, 2013; Maiorino *et al.*, 2017). In addition, diabetic men with hypogonadism have an increased risk of cardiovascular mortality compared to eugonadal men with diabetes (Bebb *et al.*, 2018).

Although hypogonadism is well recognised as a complication of diabetes, infertility among diabetic men is a lesser examined problem, and the assessment of gonadal status is not clearly established. Alloxan-induced diabetic mice are widely used to study the effect of diabetes mellitus on fertility (Carvalho *et al.*, 2003; Arikawe *et al.*, 2006; Gumieniczek & Wilk, 2009). The present study examines effects of diabetes mellitus on the male reproductive system of alloxan-induced diabetic mice after one cycle of spermatogenesis (34 days for mice). Specifically, it aims to analyse serum levels of testosterone and pituitary gonadotropins, sperm parameters, testicular weight, and the condition of testicular and epididymal tissue.

Materials and Methods

Experimental Animals

Adult male Swiss mice were used in this study. They were 10 to 12 weeks old and weighed between 28 and 32 g. These animals were bred in the vivarium of the “École Normale Supérieure” in Abidjan (Ivory Coast). They were housed and maintained at a constant temperature of 27-29° C with a relative humidity of 65% and standard 12:12 h light-darkness cycles. Animals were handled according to the guidelines of the Ethical Committee on the use and care of experimental animals of the Department of Biosciences, Université Félix Houphouët-Boigny, Ivory Coast.

Induction of Diabetes

Animals were deprived of food for 16 hours. Diabetes was induced by intraperitoneal injection of a single dose of 220 mg/kg body weight (BW) of alloxan dissolved in isotonic solution (0.9% NaCl). Animals developed diabetes after 3 days. Mice with blood glucose level of 3 g/L (clinical diabetes ≥ 1.26 g/L) or higher were selected for the study.

Experimental Design

Mice were divided into two (2) groups of six (6) animals as follows:

- Group 1: Healthy mice (control);
- Group 2: Diabetic mice.

They were housed in groups of 3 animals. They had free access to standard rodent chow and tap water ad libitum for 40 days. At the end of the experiment, animals were anesthetized with ether in order to collect spermatozoa for analysis of sperm parameters. Blood samples were collected in dry tubes for the determination of serum testosterone, FSH, and LH concentrations. In addition, testes and epididymis were immediately removed, weighed, and fixed in 10% formalin for histological study.

Blood Glucose Level and Body Weight Measurements

Animals were fasted prior to the determination of blood glucose level and body weight. Values were recorded weekly, and blood glucose estimation was performed with an On Call® Extra test strip meter (USA). Blood samples were collected from the tail end of the mice.

Sperm Collection

Animals were anesthetized with ether. The tail of the left epididymis was collected by opening the scrotum, and then diluted in 5 mL of 9‰ NaCl previously incubated in a water bath at 36 °C. Thus the spermatozoa diffused into the solution (Ngoula *et al.*, 2007).

Sperm Motility

A fine drop of epididymis macerate was placed and spread lightly on a slide previously maintained at 36°C. The slide was mounted on a light microscope (Olympus CX31RBSF, Philippine) at ×100 magnification. The sperm were filmed with an AmScope (SN: 1605261081) camera (London, United Kingdom). Motile and immobile sperm were subsequently counted on 5 random fields, and the percentage of motile forms was determined (Zougrou *et al.*, 2018).

Sperm Cell Concentration

A drop of epididymis macerate was collected and deposited on a Malassez cell and covered with a cover slip. The sperm count was performed under a light microscope (magnification ×400). The number of sperm per mm³ was estimated by the following formula (Sultan *et al.*, 1982):

$$N = \frac{X \times fd \times 10^6}{4}$$

X: Number of sperm counted in 5 grids of the Malassez cell

fd: Dilution factor (20)

N: Number of sperm per mm³

Sperm Morphology

Sperm morphological abnormalities include fusion, isolated heads, and deformed heads and/or tails (OECD 416, 2001). Two hundred (200) sperm were examined in liquid medium on 3 random fields. The percentage of normal sperm was calculated (Linder *et al.*, 1992).

Serum FSH, LH and Testosterone Measurements

Pituitary gonadotropins (FSH and LH) and testosterone were determined using the Hitachi 902 (Japan) ELFA (Enzyme Linked Fluorescent Assay) technique.

Histological Study

Testicles and the right caudal epididymis were removed and fixed in 10% formalin. After 72 hours, they were dehydrated and cleared in alcohol (80°, 90° and 100°) and toluene (99.5 %) baths respectively. Each organ was impregnated and embedded in paraffin. The whole set was cut at 5 µm with a microtome (Leica RM2125 RTS, Germany). The resulting sections were stained in Harris haematoxylin and eosin solutions respectively. Mounting them using Eukitt allowed their good readability under a light microscope (Olympus CK41SF, Philippines) (Zougrou *et al.*, 2018). The installation of a

camera connecting the microscope to a computer allowed image taking via AmScope 3.7 software (London, United Kingdom).

Statistical Analysis

Different values obtained were expressed as the mean, followed by the standard error of the mean ($M \pm SEM$). The significance of differences observed between groups of animals was assessed by the Student's T-test using GraphPad Prism 7.03 software (San Diego California, USA).

Results

Changes in Blood Glucose Concentration and Body Weight

Figure 1 shows the time course of basal blood glucose levels in control and diabetic groups. At the beginning of the experiment, the basal blood glucose levels of the diabetic mice (3.62 ± 0.13 g/L) were significantly elevated ($P < 0.001$) compared to the control (0.70 ± 0.01 g/L). These blood glucose levels remained statistically stable until the end of the experiment. The body weight of control animals increased during the experiment while that of the diabetic mice decreased. Control mice had a weight gain of 21.62% compared to a loss of 27.46% ($P < 0.001$) in diabetic mice (Figure 2).

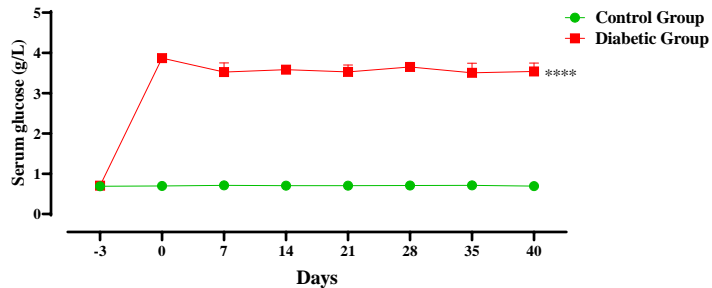


Figure 1. Changes in Serum Glucose Concentration in Experimental Groups during the Experiment
Comparison control group and diabetic group, (Mean \pm SEM), (n = 6). ****
p<0.0001

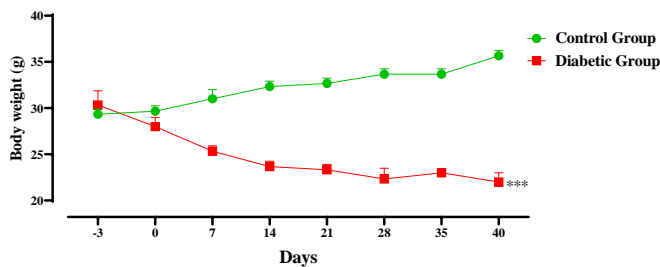


Figure 2. Changes in Body Weight in Experimental Groups during the Experiment
Comparison control group and diabetic group, (Mean \pm SEM), (n = 6). *** p<0.001.

Testicular Weight and Serum FSH, LH and Testosterone Levels

Testicular weights of diabetic animals (0.68 ± 0.03 g) were significantly lower ($P < 0.5$) than those of healthy animals (0.79 ± 0.02 g), a decrease of 16% (Figure 3). Diabetic mice had significantly ($P < 0.001$) lower levels of sex hormones than the control group. Indeed, the serum testosterone level of the diabetic group was 24.28 times lower than that of the control group. The FSH and LH levels of these diabetic animals were 4.15 and 3.93 times lower than those of the control group respectively (Table I).

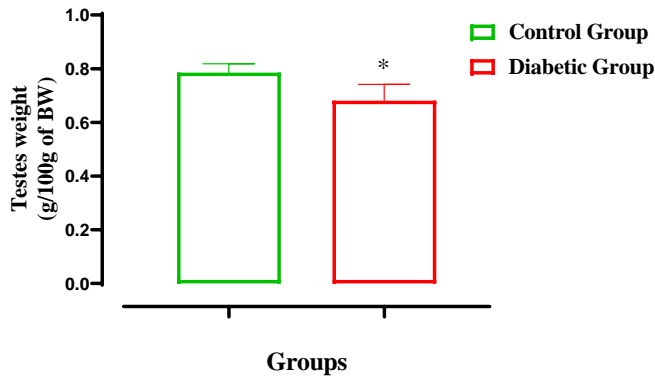


Figure 3. Testes Weight in Experimental Groups

Comparison between control group and diabetic group, (Mean±SEM), (n = 6).
 *p< 0.05

Table I. Blood Concentrations of Testosterone, FSH and LH in Experimental Groups

	Groups	
	Control group	Diabetic group
Testosterone (ng/mL)	1.603 ± 0.077	0.066 ± 0.008 ****
FSH (UI/mL)	0.137 ± 0.007	0.033 ± 0.003 ***
LH (UI/mL)	0.247 ± 0.009	0.063 ± 0.007 ****

Comparison between control group and diabetic group, (Mean±SEM), (n = 6). *** p<0.001, **** p<0.0001

Sperm Parameters

The control group had 3 times more sperm than the diabetic group (Figure 4). Significant ($P < 0.001$) reductions of 21% and 34% in normal and motile sperm counts respectively were observed in diabetic mice compared to healthy mice (Figures 5 and 6).

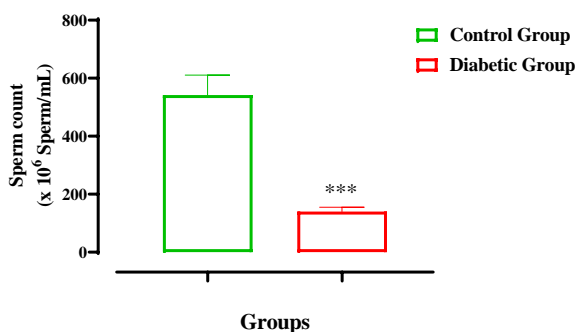


Figure 4. Sperm Count in Experimental Groups
Comparison control group and diabetic group, (Mean±SEM), (n = 6). *** p<0.001

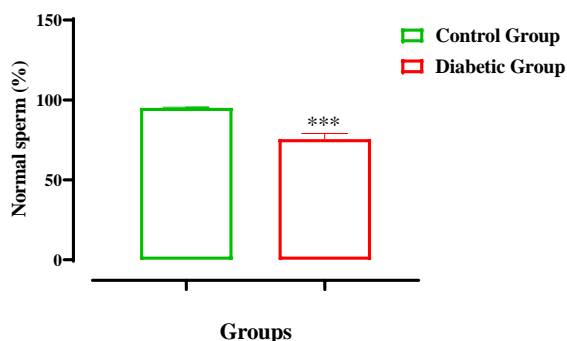


Figure 5. Normal Sperm in Experimental Groups
Comparison control group and diabetic group, (Mean±SEM), (n = 6), *** p<0.001

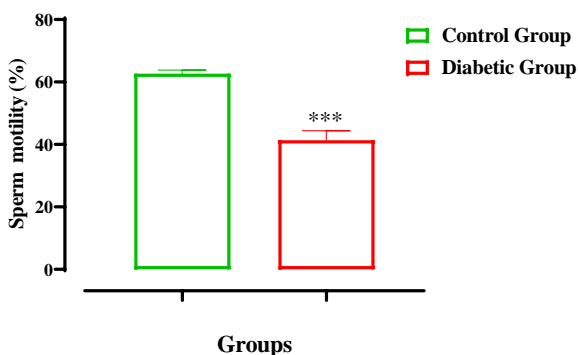


Figure 6. Sperm Motility in Experimental Groups
Comparison control group and diabetic group, (Mean±SEM), (n = 6). *** p<0.001

Histological Study

Figure 7 shows cross sections of testes and epididymis of healthy and diabetic mice. Seminiferous tubules of healthy mice were intact. Different stages of spermatogenesis were observed. Interstitial tissue was present. In

contrast, seminiferous tubules of diabetic animals were atrophied. There was also an increase in inter-tubular spaces, loss of interstitial tissue, and degeneration of seminiferous tubules. As for the epididymis, an almost complete reduction in the number of spermatozoa in its duct was observed in diabetic animals compared to healthy animals.

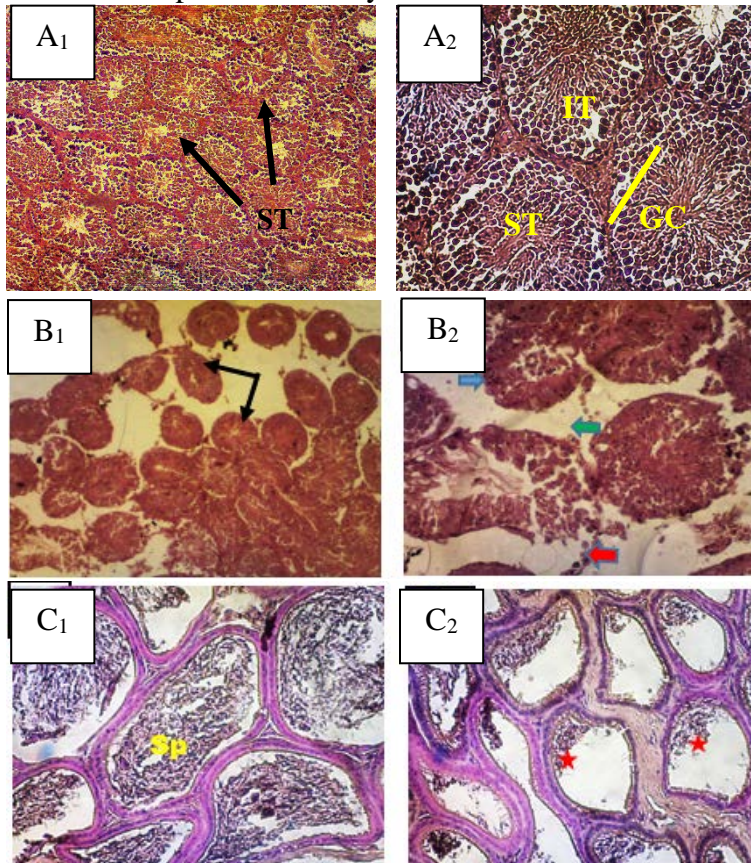


Figure 7. Cross Section of Testicular Tubules and the Epididymis in Experimental Groups A₁ and A₂: Seminiferous tubules of the control group; B₁ and B₂: Seminiferous tubules of the diabetic group; C: Epididymis of the control group; D: Epididymis of the diabetic group; ST: Seminiferous tubules; IT: Interstitial Tissue; GC: Germ Cells; Sp: Sperm. Tubular atrophy (blue arrows); Increase of intercellular space (green arrows); Degeneracy of seminiferous tubules (red arrows); reduction of sperm population (red asterisks). A₁ and B₁ Magnification: $\times 100$; A₂, B₂, C and D Magnification: $\times 400$; Hematoxylin and Eosin Staining

Discussion

This study was performed to examine effects of diabetes mellitus on the male reproductive system of mice after one cycle of spermatogenesis. Chronic hyperglycemia was induced by alloxan. Alloxan is a drug widely used to induce experimental diabetes. It selectively destroys β -cells of pancreatic

islets (Szkudelski, 2001; Soltéssová & Herichová, 2011). In contrast to streptozotocin, it seems that the change that appears in other organs after alloxan administration is related to chronic hyperglycemia and not to alloxan (Bolzan & Bianchi, 2002). In this study, the blood glucose level of the diabetic group was significantly higher than the control group. This is due to a decrease in serum insulin levels as a consequence of the destruction of pancreatic islet β -cells. In addition, the body weight of diabetic animals decreased during the experiment while that of the control group increased. This weight loss can be explained by an increase in gluconeogenesis in diabetic subjects. Indeed, insulin deficiency leads to an increase in serum levels of counter-regulatory hormones (glucagon, catecholamines, cortisol and growth hormone) (Meyer *et al.*, 1998). These hormones induce lipolysis and lead to an increase in the serum concentration of gluconeogenesis precursors.

Serum FSH, LH and testosterone concentrations in the diabetic group were significantly lower than in the control group. This result is consistent with the literature (Murray *et al.*, 1981; Steger *et al.*, 1989; Ballester *et al.*, 2004). Yogev *et al.* (1985) even noted a systematic decrease in serum LH level in diabetic animals from the second day of diabetes. The reduction in pituitary gonadotropin level is thought to be due to a decrease in GnRH level. Indeed, results of a GnRH stimulation test on the pituitary in diabetic rats showed a blunted response (Seethalakshmi *et al.*, 1987).

Thus, a decrease in the expression of LH associated with that of insulin in the testicular tissue leads to a dysfunction of the Leydig cells, and thus a defect in testosterone secretion. Hypogonadism would therefore be one of the potential causes of the decrease in sperm count and normal mobile sperm rates observed in the diabetic group. However, oxidative stress caused by chronic hyperglycemia is thought to be the major cause of testicular damage. Indeed, previous work indicated that oxidative stress damages sperm nuclear and mitochondrial DNA (Amaral *et al.*, 2006; Aitken & Kopper, 2011; Kotian *et al.*, 2019). Spermatozoa are highly vulnerable to oxidative attack as they lack significant antioxidant protection due to the limited volume and distribution of cytoplasmic space in which an appropriate armoury of defensive enzymes is housed (hyaluronidase, acid proteinases, arylsulfatase, ribonuclease, alkaline phosphatase). In particular, sperm membrane lipids are sensitive to oxidative stress because they are rich in polyunsaturated fatty acids. The susceptibility to oxidative attack is further exacerbated by the fact that these cells actively generate reactive oxygen species (ROS) to stimulate the increased tyrosine phosphorylation associated with sperm capacitation.

However, this positive role for ROS is reversed when sperm are stressed. Under these conditions, they default to an intrinsic apoptotic pathway characterised by mitochondrial ROS generation, loss of mitochondrial membrane potential, caspase activation, exposure to phosphatidylserine, and

oxidative DNA damage (Aitken *et al.*, 2016). Thus, cessation or dysfunction of spermatogenesis leads to reduced sperm count and increased numbers of abnormal and immobile sperm. Delfino *et al.* also showed that diabetes mellitus alters sperm parameters and affects sperm quality (Delfino *et al.*, 2007). The alteration of sperm parameters is corroborated by the analysis of histological sections of the testes and epididymis of diabetic animals. Indeed, seminiferous tubules of diabetic animals were atrophied. There was also an increase in inter-tubular spaces, a loss of interstitial tissue, and degeneration of seminiferous tubules. An almost complete reduction in sperm count was observed in the duct of the epididymis. Thus, the decrease in testicular weight is related to the decrease in the number of germ and somatic cells in testicles. Comparable results have been reported by Shojaeii *et al.* and Kianifard (Shojaeii *et al.*, 2014; Kianifard, 2016).

Conclusion

In conclusion, chronic hyperglycemia is deleterious to the male reproductive system of mice. Hypogonadism, which might be associated with oxidative stress and caused by this persistent hyperglycemia, induce a decrease in sperm count, normal and motile sperm counts and testes weight, alteration of sperm parameters, atrophy, and degeneration of seminiferous tubules. This can lead to infertility in men with diabetes mellitus (by extension of this study to men).

References:

1. Aitken, R. J., Gibb, Z., Baker, M. A., Drevet, J. & Gharagozloo, P. (2016). Causes and consequences of oxidative stress in spermatozoa. *Reproduction, Fertility and Development*, 28: 1-0.
2. Aitken, R. J. & Kopper, A. J. (2011). Apoptosis and DNA damage in human spermatozoa. *Asian Journal of Andrology*, 13: 36-42.
3. Amaral, S., Moreno, A. J., Santos, M. S., Seica, R., Ramalho-Santos, J. (2006). Effects of hyperglycemia on sperm and testicular cells of Goto-Kakizaki and streptozotocin-treated rat models for diabetes. *Theriogenology*, 66: 2056-2067.
4. Arikawe, A. P., Daramola, A. O., Odofin, A. O. & Obika, L. F. (2006). Alloxan-induced and insulin-resistant diabetes mellitus affect semen parameters and impair spermatogenesis in male rats. *African Journal of Reproductive Health*, 10: 106-113.
5. Ballester, J., Munoz, M. C., Domínguez, J., Rigau, T., Guinovart, J. J., Rodríguez-Gil, J. E. (2004). Insulin-dependent diabetes affects testicular function by FSH- and LH-linked mechanisms. *Journal of Andrology*, 25: 706-719.

6. Bebb, R., Millar, A. & Brock, G. (2018). Dysfonction sexuelle et hypogonadisme chez les hommes diabétiques. *Canadian Journal of Diabetes*, 42: 28-33.
7. Bolzan, A. D. & Bianchi, M. S. (2002). Genotoxicity of streptozotocin. *Mutation Research*. 512:121-134.
8. Carvalho, C. A., Camargo, A. M., Cagnon, V. H. & Padovani, C. R., (2003). Effects of experimental diabetes on the structure and ultrastructure of the coagulating gland of C57BL/6J and NOD Mice. *The Anatomical Record. Part A, Discoveries in Molecular, Cellular, and Evolutionary Biology*, 270: 129-136.
9. Corona, G., Giorda, C. B., Cucinotta, D., Guida, P., Nada, E. & the SUBITO-DE study group, (2013). The SUBITO-DE study: Sexual dysfunction in newly diagnosed type 2 diabetes male patients. *Journal Endocrinological Investigation*, 36: 864-868.
10. Delfino, M., Imbrogno, N., Elia, J., Capogreco, F. & Mazzilli, F. (2007). Prevalence of diabetes mellitus in male partners of infertile couples. *Minerva Urology and Nephrology*, 59: 131-135.
11. Ding, G-L., Liu, Y., Liu, M-E., Pan, J-X., Guo, M-X., Sheng, J-Z. & Huang, H-F. (2015). The effects of diabetes on male fertility and epigenetic regulation during spermatogenesis. *Asian Journal of Andrology*, 17: 948-953.
12. IDF (2019). L'Atlas du diabète de la Fédération Internationale du Diabète. 9^{ème} Edition: 176p.
13. Gumieniczek, A. & Wilk, M. (2009). Nitrosative stress and glutathione redox system in four different tissues of alloxan-induced hyperglycemic animals. *Toxicology Mechanisms and Methods*, 19: 302-307.
14. Jangir, R. N. & Jain, G. C. (2014). Diabetes Mellitus Induced Impairment of Male Reproductive Functions: A Review. *Current Diabetes Reviews*, 10(3) : 147-157.
15. Kianifard, D. (2016). Microscopic study of testicular tissue structure and spermatogenesis following long term dose dependent administration of monosodium glutamate in adult diabetic rats. *Romanian Journal of Diabetes Nutrition & Metabolic Diseases*, 23(2): 147-158.
16. Kotian, S. R., Kumar, A., Mallik, S. B., Bhat, N. P., Souza, A. D. & Pandey, A. K. (2019). Effect of Diabetes on the Male Reproductive System-A Histomorphological Study. *Journal of Morphological Sciences*, 36:17-23.
17. Linder, R. E., Strader, L. F., slot, V. L. & Suarez, J. D. (1992). Endpoints of Spermatotoxicity in the Rat after Short Duration Exposures

- to Fourteen Reproductive Toxicants. *Reproductive Toxicology*, 6: 491-505.
18. Maiorino, M. I., Bellastella, G., Della, Volpe, E., Casciano, O., Scappaticcio, L., Cirillo, P., Giugliano, D. & Esposito, K. (2017). Erectile dysfunction in young men with type 1 diabetes. *International Journal of Impotence Research*, 29: 17-22.
 19. Meyer, C., Stumvoll, M., Nadkarni, V., Dostou, J., Mitrakou, A. & Gerich, J. (1998). Abnormal renal and hepatic glucose metabolism in type 2 diabetes mellitus. *Journal of Clinical Investigation*, 102: 619-624.
 20. Murray, F. T., Orth, J., Gunsalus, G., Weisz, J., Jefferson, L. S., Musto, N. A. & Bardin, C. W. (1981). The pituitary-testicular axis in the streptozotocin diabetic male rat: evidence for gonadotroph, Sertoli cell and Leydig cell dysfunction. *International Journal of Andrology*, 4: 265-80.
 21. Ngoula, F., Watcho, P., Dongmo, M. C., Kenfack, A., Kamtchouing, P. & Tchamboué, J. (2007). Effects of Pirimiphos-methyl (an organophosphate insecticide) on the fertility of adult male rats. *African Health Science*, 7(1): 3-9.
 22. OECD 416 (2001). Ligne directrice de l'OECD pour les essais de produits chimiques; Étude de toxicité pour la reproduction sur deux générations: 14p.
 23. Punthakee, Z., Goldenberg, R. & Katz, P. (2018). Définition, classification et diagnostic du diabète, du prédiabète et du syndrome métabolique. *Canadian Journal of Diabetes*, 42: 10-15.
 24. Rosen, R. C., Fisher, W. A., Eardley, I., Niederberger, C., Nadel, A. & Sand, M. (2004). The multinational Men's Attitudes to Life Events and Sexuality (males) study: I. Prevalence of erectile dysfunction and related health concerns in the general population. *Current Medical Research and Opinion*, 20(5): 607-617.
 25. Seethalakshmi, L., Menon, M. & Diamond, D. (1987). The effect of streptozotocin-induced diabetes on the neuroendocrine-male reproductive tractaxis of the adult rat. *The Journal of Urology*, 138:190-194.
 26. Shojaei, S., Firoozabadi, A. D., Rasouli, M. B., Shahri, N. M. & Haghparast, A. (2014). Morphological Evaluation of Testis Tissue of Rats in Various Time Points after Diabetes Type 1 Induction. *Iranian Journal of Diabetes and Obesity*, 5(3): 98-106.
 27. Soltéssová, D. & Herichová, I. (2011). On the mechanisms of diabetogenic effects of alloxan and streptozotocin. *Diabetologie*, 14: 130-138.

28. Steger, R. W., Amador, A., Lam, E., Rathert, J., Weis, J. & Smith, M.S. (1989). Streptozotocin-induced deficits in sex behavior and neuroendocrine function in male rats. *Endocrinology*, 124: 1737-1743.
29. Sultan, C., Priolet, G., Benzard, Y., Rosa, R. & Josso, F. (1982). *Technique en hématologie 2^{ème} édition*. Flammarion Méd. Sci., 15-32.
30. Szkudelski, T. (2001). The Mechanism of Alloxan and Streptozotocin Action in B Cells of the Rat Pancreas. *Physiologica Research*, 50: 536-546.
31. Wherrett, D. K., Ho, J., Huot, C., Legault, L., Nakhla, M. & Rosolowsky E. (2018). Diabète de type 1 chez les enfants et les adolescents. *Canadian Journal of Diabetes*, 42 : 234-246.
32. Yogev, L., Gottriech, A., Timan, B., Homonnai, Z. T. & Paz G. F. (1985). - Changes in LH and prolactin levels in diabetic male rats and the role of the opiate system in the control of their secretion. *Life Sciences*, 37: 993–999.
33. Zougrou, N. E., Kouassi, K. A., Tahiri, A., Blahi, A. N. & Kouakou K. (2018). Evaluation of the Effects of Aqueous Leaves Extract of *Cnestis ferruginea* from Côte d'Ivoire on Male Rat Reproductive System. *European Journal of Medicinal Plants*. 25(3): 1-16.



Evaluation of Piezotome-Corticision Assisted Orthodontics in Retracting Upper Canine: A Split Mouth Design (Randomized Clinical Trial)

Dr. Samer Al Refaii

Clinical Assistant professor

Department of Developmental Sciences

Faculty of Dentistry, Beirut Arab University, Lebanon

Professor. Nadia El Harouni

Department of Orthodontics

Faculty of Dentistry, Beirut Arab University, Lebanon

Assistant Prof. Aly Osman

Department of Developmental Sciences

Faculty of Dentistry, Beirut Arab University, Lebanon

[Doi:10.19044/esj.2021.v17n34p162](https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n34p162)

Submitted: 06 September 2021

Accepted: 17 September 2021

Published: 30 September 2021

Copyright 2021 Author(s)

Under Creative Commons BY-NC-ND

4.0 OPEN ACCESS

Cite As:

Al Refaii S., El Harouni N. & Osman A. (2021). *Evaluation of Piezotome- Corticision Assisted Orthodontics in Retracting Upper Canine: A Split Mouth Design (Randomized Clinical Trial)*. European Scientific Journal, ESJ, 17(34), 162.

<https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n34p162>

Abstract

Objectives: The aim of this randomized clinical trial is to investigate the rate of canine retraction at different time points between piezotome-corticision assisted and conventional orthodontics.

Methods: Fifteen patients were submitted for upper first premolars extraction after leveling and alignment was achieved to facilitate canine retraction. They were randomly divided into test side and control side. On the test side, the canine was retracted using piezotome-corticision assisted orthodontics, while at the control side, the canine was retracted using conventional technique. Both groups were immediately loaded with a horizontal force of 150g for canine retraction. The distance between the canine bracket hook and the first molar band hook were recorded using a digital caliper. The measurements were accomplished immediately after piezosurgery at 1,2,4,8 and 12 week.

Results: There was a statistically significant difference in the average amount of canine retraction between test and control groups ($P < 0.05$). The canine on the test side was closed 6 weeks earlier than the control side.

Conclusion: Piezocision is minimal invasive which accelerate the rate of canine of retraction approximately 1.5 times faster than that of conventional method.

Keywords: Piezotome, Corticision Assisted Orthodontics, Acceleration

Introduction

Prolonged treatment time is considered a drawback since it is usually associated with poor patient compliance, caries, periodontal disease and also root resorption may occur. Thus, reducing orthodontic treatment time is one of the primary goals for orthodontists as it leads to increased patient satisfaction and acceptance. The patients have specific demands and usually want to achieve their treatment goals as soon as possible to reduce the negative effects of orthodontic appliances in their social and professional lives. Since orthodontic tooth movement (OTM) is caused by a gradual remodeling (apposition and resorption cycle) of supporting alveolar bone, the factors affecting this cycle could control the rate of tooth movement (Norevall et al 1995).

Therefore, the acceleration of the orthodontic tooth has become one of the primary concerns among orthodontists worldwide. Several methods have been proposed to shorten the treatment time, such as the use of low friction self-ligating brackets (SLBs), pharmacological approaches, physical stimuli, and surgical methods (Nimeri et al 2013).

The surgical interventions have been found to be the most effective in enhancing the tooth movement and the most widely used, with predictable outcomes (Alfawal et al 2016).

These surgical interventions include conventional corticotomy, interseptal alveolar surgery, accelerated osteogenic orthodontics, dentoalveolar distraction, and periodontal distraction (Patterson et al 2016).

Although the conventional corticotomy procedures have been proven to be effective in reducing the orthodontic treatment time, they have adverse sequelae, such as interdental bone loss, loss of the attached gingiva, periodontal defects, and hematomas in the neck and face. These documented complications are due to the invasiveness of the traditional procedures with the need for elevating full thickness periosteal flaps (AlGhamdi 2010). Consequently, several researchers have tended to investigate less invasive surgical acceleration modalities, such as laser-assisted flapless corticotomy, piezocision and micro osteoperforations (Alfawal et al 2016).

Piezocision has recently evolved as a novel approach of manipulating the cortical bone with minimal damage, less discomfort and greater patient acceptance (Charavet 2016). Dibart et al. (2009) used a piezoelectric knife to achieve flapless alveolar decortication, subsequently inducing regional acceleration phenomenon (RAP) with the possibility of hard or soft tissue grafting, using selective tunneling procedures.

The acceptance of traditional corticotomy-assisted orthodontics among patients was generally low, mainly because of the invasive procedures and postoperative discomfort and complications (Cassetta 2012). Flapless piezocision-assisted corticotomy has been found to have various advantages over the traditional methods of corticotomy and is considered a promising minimally invasive tooth acceleration technique (Alfawal 2016).

Therefore, we promoted this study to evaluate the time required to achieve a canine retraction between piezotome-corticision assisted and conventional orthodontics.

Materials and Methods

Study design and setting: This study was carried out as an experimental, randomized controlled clinical trial (split mouth design). The patients were selected conveniently from the outpatient clinic at Beirut Arab University treated at the speciality clinics.

The estimated sample size was calculated according to <http://epitools.ausvet.com.au>, by taking the means and the variance of a similar study conducted by Naoum et al (2014) where the mean for the test side was 0.739 and the mean for the control side was 0.201 and the variance was 0.133, the confidence level was set to 95% and the power was set on 80%. The calculated sample size was 14 patients. Therefore, 15 patients (30 operating sides) who required for first premolar extraction were recruited from the outpatient clinics Department of Orthodontics, Faculty of Dentistry. inclusion criteria included patients of age ranged from 18-30 years having Class II division 1, in which extraction of upper first premolars were required. Also patients with good oral and gingival health and with full set of teeth in the maxillary arch till the second molar.

The Ethical Committee (Institutional Review Board, IRB number: 2015H-0027-D-P-97 gave the ethical clearance before the study began, the selected patients were informed about the nature of the study, and informed consent was obtained.

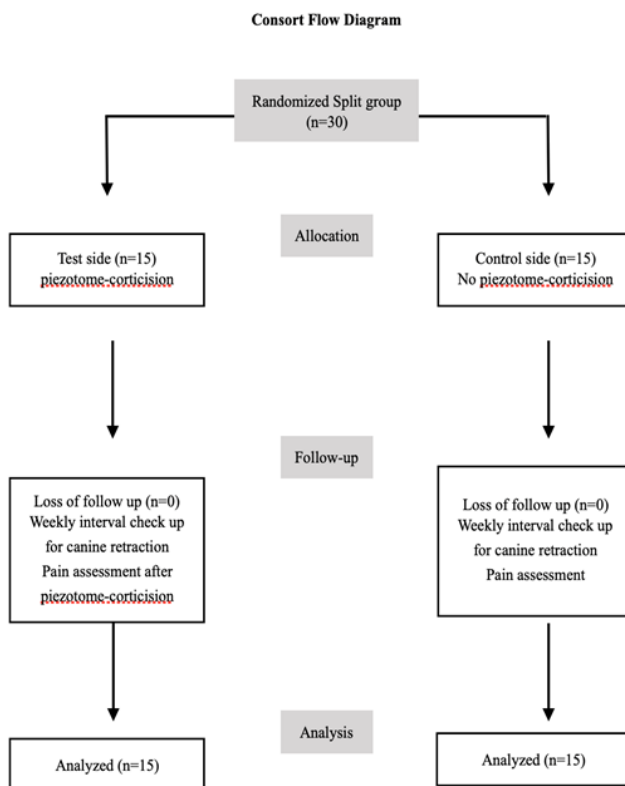


Fig.1. Consort Flow

Method

Diagnostic phase

The diagnostic records were collected from each patient including study casts, photographs, lateral cephalometric and panoramic radiographs. The transpalatal arches were cemented to avoid the mesial movement of the first molar. After finishing the leveling and aligning of the upper arch and reaching stiff arch wire (0.16x0.22 stainless steel), the second premolars and the first molars and second molars were lighted and then the 2 upper first premolars were extracted by an oral surgeon.

The study was a split mouth design, each patient had a test side (T) and the control side (C). The randomization was performed of the selected side by tossing a coin, the face was the test side (T); canine was retracted using piezotome-corticision assisted orthodontics and the back was the control side (C); canine was retracted using conventional orthodontics.

Surgical phase

The patients were asked to rinse with mouth wash before the surgical intervention. Local anesthetic was injected using Lidocaine hydrochloride 2%. The local anesthesia was administrated through infiltration beside the upper canine. The depth of gingival tissue was checked by bone sounding using a Williams periodontal probe. Panoramic X-rays were employed to assess the long axis of the teeth and root proximity prior to the procedure.

The study sides underwent the piezotome-corticism procedure after one month of extraction of upper first premolar. This procedure was performed by the technique explained by Kesser et al (2011). 15C Bard-Parker blade was used to make incisions through the gingiva, 4mm above the interdental papilla to save the coronal attached gingiva. The incisions were 4mm in length mesial and distal to the upper canine. After the incisions were made, the gingiva was slightly elevated laterally by the aid of periosteal elevator to visualize the bone.

A piezosurgery insert (OT7) which is an ultrasonic microsaw, was used to create the cortical alveolar incisions to a depth of 1mm within the cortical bone. The vertical level of the measurement was established to be 4mm apical to the crest of the alveolar bone (fig.2).



Fig.2. Cortical incision using piezosurgery inserts OT7

Force Application

Immediately after the piezosurgery, the canines of the experimental and control sides were moved distally along the orthodontic wire with a continuous force of 150g using nickel titanium closed coil springs on 0.016 × 0.022-in stainless steel arch wires (Kazuo et al 2004). One end of the spring was fixed to the hook of the canine bracket with a ligature wire, and the other side was fixed to the hook of the band of the upper first molar (fig.3).



Fig.3. Measuring the force magnitude for canine retraction using force gauge

Clinical Evaluation

The distance between the canine bracket hook and the first molar hook was recorded using a digital caliper (Fig.4) The measurements were accomplished immediately after piezosurgery and at 1, 2, 4, 8, and 12 weeks after piezosurgery till complete retraction of canine. These measurements were considered an indicator of canine retraction speed (Naoum et al 2014).



Fig.4. Closed NiTi coil spring for retraction of canine



Fig.5. Measuring the distance of the canine retraction

Statistical analysis

The mean and standard deviation of the various variables were calculated. To calculate the change from one time point to the next, the values were subtracted. Normality was checked using Kolmogorov Smirnov test. Differences were compared between groups using paired t test and Wilcoxon signed ranks test as indicated. $P < 0.05$ was considered to be statistically significant. Statistical analysis was conducted using SPSS version 22.0.

Results

This study was conducted as a randomized controlled clinical trial: split mouth design. Fifteen patients with a mean age of 24 years, who required

bilateral upper first premolar extraction from the in-patient clinic of the Orthodontic Department, Faculty of Dentistry, Beirut Arab University.

Table 1. shows the descriptive statistics of the average amount of canine movement on the experimental side, compared to that on the control side over different time periods. The table shows a statistically significant difference in the average amount of canine movement between both groups throughout the study with increased tooth movement on the test side compared to the control.

The greatest average distance moved by canine at the experimental side had been recorded at week 1 (0.86 ± 0.09 mm). (fig.6)

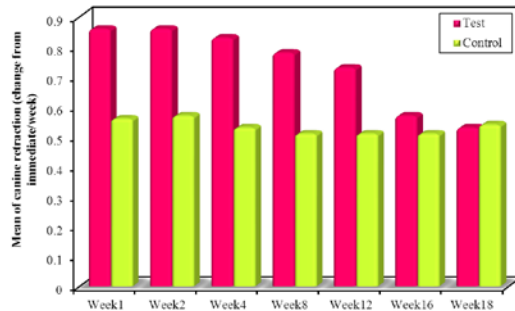


Fig. 6. Comparison between the studied groups according to Canine retraction

Table 2. shows that the mean weekly retraction in the test side was greater than in the control side between T0-T1, T1-T2, T2-T4, T4-T8, and T8-T12 with mean difference= 0.3, 0.28, 0.31, 0.25, and 0.13. The difference between the two groups are statistically significant throughout the experiment. The tooth velocity was found approximately 1.5 times faster on the experimental side (Fig.7).

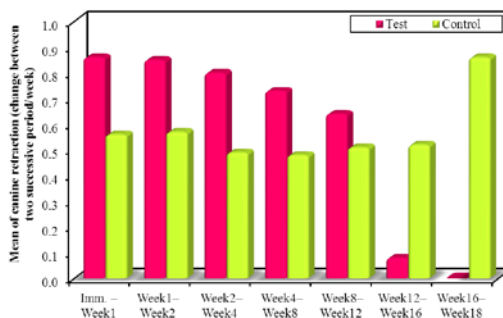


Fig.7. Comparison between the studied groups according to Canine retraction

Discussion

The treatment time is an important issue for orthodontic patients. In recent decades, major efforts have been made to shorten the length of treatment to minimize the complications and to increase satisfaction of the

patient. Multiple approaches have been demonstrated to enhance the rate of orthodontic tooth movement.

The combination of orthodontics and corticotomies, showed a positive power in terms of reducing overall orthodontic treatment times (Wilcko et al 2009). However, these techniques have not been widely embraced by the dental community since they require extensive full thickness flap elevation and in cases of osteotomy, an invasive procedure associated with postoperative discomfort and a high risk of complications such as possible damage to teeth and bone, possible marginal osteonecrosis risk and impair bone regeneration leading to a low acceptance by the patient (Kim et al 2009).

Piezoelectric incisions were now suggested because of their safety and effectiveness in different types of surgeries (Vercellotti 2000). Similar clinical outcomes were demonstrated between piezocision and classical decortication but piezocision has the added advantages of being quick, minimally invasive, and less traumatic to the patient.

The aim of this study was to evaluate time required to achieve a canine retraction between piezotome-corticision assisted and conventional orthodontics.

The rate of canine retraction in the current study were significantly higher in the experimental side than in the control side. This acceleration might be clarified by the RAP phenomena and due to the reduction of alveolar bone resistance to tooth movement (Wilko et al 2001). As well as due to the stimulation of the expression of the inflammatory markers and the increase the levels of cytokines that lead to promote the activity of osteoclasts which in turn motivate bone remodeling and acceleration of tooth movement (Baloul et al 2011).

The maximum rate of canine retraction on the test side (0.86 mm/week) was observed in the first and the second weeks then it began to decrease gradually there after and showed a sharp drop after the 12th week. Wilcko et al (2009) stated that this phenomena continues for 2 to 4 months. This difference between the present findings and those of Wilcko et al could be attributed to the more aggressive nature of their technique compared to that of the current minimal invasive technique. They demonstrated that when the bone injury is severe, this is directly correlated to the intensity of bone healing and the rapidity of tooth movement. The increased rate of canine retraction on the test side compared to the control group was evident in the first 12 weeks as afterwards most of the canines at the test side were completely retracted, so the movement dropped to zero.

The overall rate of canine retraction on the test side was significantly higher by 1.5 times than that on the control side which agrees with the findings of Aksakalli et al (16).

Also these findings agree with Abbas et al (17), who revealed that piezocision was able to accelerate the rate of canine retraction by 1.5-2 times during the first 3 months of tooth movement. The current study was relatively close to those done by alikhani et al (2013), who clinically tested the effect of micro-osteoperforations on the velocity of canine retraction and stated that the rate of the tooth movement on the test side was greater by 2.3 fold than that on the control side.

In agreement with our study, Omar et al (2018) compared flapless piezocision-assisted corticotomy in the extraction-based orthodontic decrowding of lower anterior teeth with the conventional treatment. The study concluded that flapless piezocision technique was very effective in accelerating orthodontic tooth movement.

Moreover, Ghaith et al (2019) conducted a randomized controlled clinical trial was to assess the effectiveness of the flapless piezocision procedure in accelerating the retraction of upper incisors. He concluded that piezocision procedure an effective in accelerating the retraction of 4 upper incisors, reducing the retraction time, preserving anchorage and enhancing root torque control during retraction.

Conclusions

- The piezocision is an innovative, minimal invasive, flapless procedure and less traumatic for the patient. This method has been proven to facilitate the acceleration of tooth movement.
- The piezotome-corticision technique accelerated the rate of canine retraction approximately 1.5 times faster on the test side.

References:

1. Aksakalli S, Calik B ,Kara B, Ezigganli S. Accelerated tooth movement with piezocision and its periodontal–transversal effects in patients with class II malocclusion. *Angle Orthod.*2016;86:59-65.
2. Alfawal AM, et al. Effectiveness of minimally invasive surgical procedures in the acceleration of tooth movement: a systematic review and meta-analysis. *Prog Orthod.* 2016;17:33.
3. AlGhamdi AST. Corticotomy facilitated orthodontics: Review of a technique. *Saudi Dent J.* 2010;22(1):1–5.
4. Baloul, S.S., et al., Mechanism of action and morphologic changes in the alveolar bone in response to selective alveolar decortication-facilitated tooth movement. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2011;139(4): S83-101.
5. Cassetta M, et al. The impact of osteotomy technique for corticotomy-assisted orthodontic treatment (CAOT) on oral health-related quality of life. *Eur Rev Med Pharmacol Sci.* 2012;16:1735–40.

6. Charavet C, et al. Localized piezoelectric alveolar decortication for orthodontic treatment in adults: a randomized controlled trial. *J Dent Res.* 2016;95:1003–9.
7. Dibart S, Sebaoun JD, Surmenian J. Piezocision: A Minimally Invasive, Periodontally Accelerated Orthodontic Tooth Movement Procedure. *Compend Contin Educ Dent.* 2009 Jul-Aug;30(6):342-4, 346, 348-50.
8. Ghaith M.F. Al-Imam, Mowaffak A. Ajaj, Mohammad Y. Hajeer, Yaser Al-Mdalal, Eyad Almashaal. (2019) Evaluation of the effectiveness of piezocision-assisted flapless corticotomy in the retraction of four upper incisors: A randomized controlled clinical trial. *Dent Med Probl.*;56(4):385–394
9. Kesser EI, Dibart S. Piezocision-Assisted Invisalign Treatment. *Compend Contin Educ Dent.* 2011 Mar; 32(2): 46-8, 50-1.
10. Naoum, Hajeer, and Al-Jundi. Acceleration of Tooth Movement by Alveolar Corticotomy. *J Oral Maxillofac Surg* 72:1880-1889, 2014.
11. Nimeri G, Kau CH, Abou-Kheir NS, Corona R. Acceleration of tooth movement during orthodontic treatment – a frontier in orthodontics. *Prog Orthod.* 2013;14:42.
12. Norevall L.I, Forsgren S, Matsson L. Expression of neuropeptides (CGRP, substance P) during and after orthodontic tooth movement in the rat. *Eur J Orthod,* 1995. 17(4): 311-25.
13. Omar Gibreal¹, Mohammad Y. Hajeer² and Bassel Brad³. (2018) Efficacy of piezocision-based flapless corticotomy in the orthodontic correction of severely crowded lower anterior teeth: a randomized controlled trial. *European Journal of Orthodontics*, 2018, 1–8 doi:10.1093/ejo/cjy042
14. Patterson BM, Dalci O, Darendeliler MA, Papadopoulou AK. Corticotomies and orthodontic tooth movement: A systematic review. *J Oral Maxillofac Surg.* 2016;74(3):453–473.
15. Vercellotti T. Piezoelectric surgery in implantology: a case report—a new piezoelectric ridge expansion technique. *Int J Periodontics Restorative Dent.* 2000;20(4):358-365.
16. Wilcko T, Wilcko M. Accelerated Osteogenic Orthodontics Technique: A 1-Stage Surgically Facilitated Rapid Orthodontic Technique With Alveolar Augmentation. *J Oral Maxillofac Surg* 67:2149-2159, 2009.
17. Wilcko W.M, et al. Rapid orthodontics with alveolar reshaping: two case reports of decrowding. *Int J Periodontics Restorative Dent,* 2001. 21(1): 9-19.



ESJ Natural/Life/Medical Sciences

Local Allometric Equations for Estimating Above-Ground Biomass (AGB) of Mangroves (*Rhizophora spp.* and *Avicennia germinans*) from the Komo, Mondah and Rio Mouni Estuaries in Gabon

Akendengue Aken Igor (PhD Student)

Geomatics, Applied Research and Consulting Laboratory, Omar Bongo University, Gabon

Okanga-Guay Marjolaine (PhD, Lecturer CAMES)

Geomatics, Applied Research and Consulting Laboratory, Omar Bongo University, Gabon

Ondo Assoumou Emmanuel (PhD, Lecturer CAMES)

Geomatics, Applied Research and Consulting Laboratory, Omar Bongo University, Gabon

Ajonina Gordon Nwutih (PhD)

National Coordinator, Cameroon Wildlife Conservation Society (CWCS), National Coordinator, Cameroon Mangrove & Wetlands Conservation Network (CMN), Lecturer Department of Aquatic Ecosystems Management, Institute of Fisheries & Aquatic Sciences (ISH), University of Douala (Yabassi), Cameroon, Mouanko, Littoral Region, Cameroon, Central Africa

Mombo Jean-Bernard (Full Professor CAMES)

Geomatics, Applied Research and Consulting Laboratory, Omar Bongo University, Gabon

[Doi:10.19044/esj.2021.v17n34p172](https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n34p172)

Submitted: 09 April 2021

Accepted: 15 September 2021

Published: 30 September 2021

Copyright 2021 Author(s)

Under Creative Commons BY-NC-ND

4.0 OPEN ACCESS

Cite As:

Akendengu A.I., Okanga-Guay M., Ondo Assoumou E., Ajonina G.N. & Mombo J-B. (2021). *Local Allometric Equations for Estimating Above-Ground Biomass (AGB) of Mangroves (Rhizophora spp. and Avicennia germinans) from the Komo, Mondah and Rio Mouni Estuaries in Gabon*. European Scientific Journal, ESJ, 17(34), 172.

<https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n34p172>

Abstract

The aboveground biomass (AGB) of Gabonese mangroves is commonly estimated from equations calibrated in other countries, and is generally adapted poorly to the local context. This paper focuses on

developing local allometric equations for the AGB estimation and to evaluate their accuracy compared to other general equations. The local equations for *Rhizophora* spp and *Avicennia germinans* were performed with tree volume, bark and wood densities, and are used with the diameter as an independent variable. The heights and diameters of 408 trees (314 *Rhizophora* spp and 94 *Avicennia germinans*) were measured at 13 sites in Estuaire Province. Sixty-four aliquots were taken from the trunks of both species at the Mondah site. This site has tree diameters ranging from 2 to 127 cm for *Avicennia* and from 1.4 to 75.8 cm for *Rhizophora*. The tree height ranges from 0.9 to 24 m for *Avicennia*, and from 1.1 to 53 m for *Rhizophora*. *Avicennia* has an overall trunk density of 0.88 g/cm³ and *Rhizophora* has 1.17 g/cm³. The coefficient of determination (R²) of the equations are 0.98 for *Rhizophora* spp, 0.97 for *Avicennia germinans*, and 0.99 for the general equation. The seven equation display biases that are less than 1% and the root mean square errors vary between 0.073 and 1.68. Compared to other equations generally used, these local equations improve the accuracy of aboveground biomass estimations of Gabonese mangroves.

Mots clés: Mangrove Biomass, Allometric Equation, Density, *Avicennia*, *Rhizophora*, Gabon

Introduction

Mangrove forests, also known as tropical maritime marshes (Lebigre, 1990), are one of the main terrestrial biomes found on the coasts of the intertropical zones between the 32° North and 38° South parallels (Bunting et al., 2021). It is located in the transition or tidal swing zone between oceanic salt water and continental fresh water. This ecosystem is made up of trees, shrubs, and sea grasses adapted to a wide range of salinity leading to a zonation of species parallel to the coastline. They develop in sheltered environments, and are therefore protected from marine currents in river mouths (coastal rivers, lagoons, estuaries and deltas). Mangroves are present in 120 countries (except in Europe), covering an area of about 150 000 km², and they are grouped in two major biogeographic areas (Indo-Pacific and Atlantic). Composed of several halophyte species, this environment plays an important socio-ecosystemic roles, providing benefits to populations in terms of food security, as up to 75% of commercial tropical fish species spend part of their lives in mangroves (Kauffman & Donato, 2012). Mangroves also provide other important services as they protect the coast from erosion, and also contribute to the transformation of atmospheric CO₂ into organic matter via photosynthesis. Production is estimated at about 50 tons of CO₂ equivalent/ha/year (Marchand, 2015). Climate change research determines

that these ecosystems provide the largest carbon stocks in the world (Kauffman & Donato, 2012).

The Gabonese coast, which is about 950 km long, harbors 2500 km² of mangroves (Lebigre, 1990). A recent study, conducted by NASA researchers on the northern coast, underlined the exceptional character of Gabonese mangroves (Simard et al., 2019b). It revealed the existence of the highest mangroves, with tree heights exceeding 60 m. Diameters at breast height (DBH) have been measured at up to 127 cm in Mondah's estuary (for this study). This is an important structural difference between local mangroves and those in other regions of the world (Kauffman & Bohmia, 2017). The genus *Rhizophora* is dominant with three species namely; *Rhizophora mangle*, *Rhizophora harrisonii*, and *Rhizophora racemosa* (Ondo Assoumou, 2006; Ajonina et al., 2014b). It is followed by three other pure mangrove species including *Avicennia germinans* (Avicenniaceae), *Laguncularia racemosa*, and *Conocarpus erectus* (Combretaceae); two companion species including *Phoenix reclinata* (Palmaceae), *Acrostichum aureum* (Pteridaceae); and an occasional *Paspalum vaginatum* (Poaceae) (Ondo Assoumou, 2017).

However, these same mangroves, at global and local scales, are among the most threatened ecosystems due to population growth in the coastal zone and its overexploitation. For instance, the loss of mangrove in the world was estimated at 20% between 1980 and 2005 (FAO, 2007). One of the causes mentioned is urbanization (Cormier-Salem, 1999; IUCN, 2006; FAO, 2007). In Gabon, mangrove losses from the same causes are estimated at 685 km² between 1980 and 2005, and 54 km² between 2000 and 2010 (Howard, 2014; Ajonina et al., 2016). The consequences associated with climate change, accompanied by temperature increases, sea level rise and increased CO₂ concentrations, are very worrying for the populations, their health, their economies, and the biodiversity of the world.

Therefore, several tools such as allometric equations are dedicated to biomass and carbon estimation (FAO, 1993, 1994; Fromard et al., 1998; Komiyama et al., 2005; Chave et al., 2005; Ajonina, 2008; Kauffman & Donato, 2012). Yet, estimations using general equations calibrated in other parts of the world could present variations of locally estimated biomass, and may not be appropriate (Soares & Schaeffer-Novelli, 2005; Kirui et al., 2006).

In the absence of a local allometric equation, commonly used equations for tree biomass estimation are, among others, those gotten from Fromard et al. (1998), Komiyama et al. (2005), Chave et al. (2005), and Kauffman et al. (2012). However, none of these equations have been calibrated with mangrove data from Gabon or even Central Africa, but rather from America, South East Asia or Australia (Kauffman et al., 2012). Hutchison et al. (2013) proposed a global mangrove biomass map elaborated with models that were set up for the purpose. However, model development

did not include data from Central and West African mangroves. As a result, mangroves from these regions are presented with low AGB and BGB values. On the contrary, the study by Spalding *et al.* (2010) identified Central and West Africa among the regions with the highest AGB and BGB. Is this contradiction not related to the absence of data from these regions in the model calibration?

In Central Africa, Ajonina *et al.* (2014b) implemented a general biomass prediction model with a DBH range of 1 to 102.8 cm. However, no equations are specific to neither mangrove species nor tree components (bark, wood) in Gabon. Thus, the need to set up local models is obvious (GIEC, 2001).

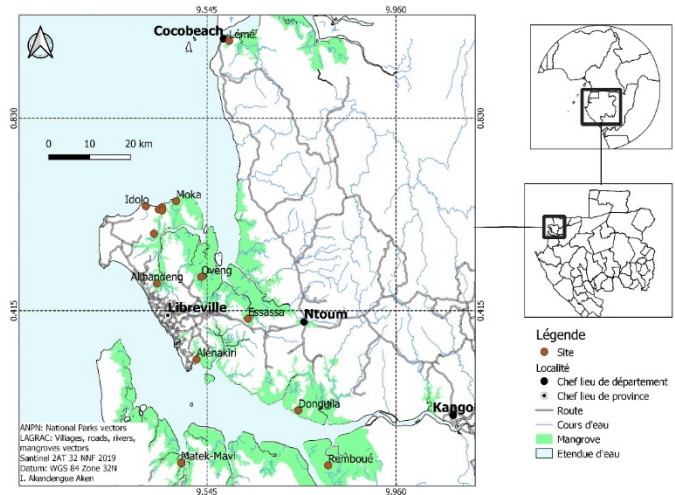
The aim of this paper is to develop local aboveground biomass estimation equations using easy-to-measure dendrometric parameters, and to discuss their accuracy by comparing to other general equations. These local equations are formulated for bark, wood, and mix (wood + bark) densities of *Avicennia germinans* and *Rhizophora spp.*

1. Materials and Methods

1.1. Study Sites

Across longitudes 9°15' and 10°50' East and latitudes 1°30' South and 1°10' North, the Estuaire province covers 20,740 km². The climate is marked by four seasons: two dry seasons and two rainy seasons. The duration of the dry season is short (three months for both periods). July is the driest month, while March, April and November are the wettest months, with total monthly precipitations of 313.5 mm in April and 445.8 mm in November. The average annual minimum and maximum temperatures are 23°C and 29°C, with an average of 27°C in Libreville (Maloba Makanga, 2011).

The province has three mangrove areas, namely the Komo, Mondah and Rio Mouni estuaries, located in northwestern Gabon (Map 1 below). They represent 40% of the country's mangroves (Lebigre, 1990). With 1051 km² of surface in 2017 (Okanga-Guay *et al.*, 2019), they are mainly composed of *Rhizophora spp* (Rhizophoraceae) and *Avicennia germinans* (Avicenniaceae) species.



Map 1. Location of Mangroves in Gabon's Estuary Province (Sentinel 2A imagery, 2019; LAGRAC vectors, 2020)

A total of 13 sites were sampled: 5 sites in the Komo estuary, 7 sites in the Mondah estuary, and 1 site in the Rio Mouni estuary.

1.2. Field Data Collection Methods

1.2.1. Experimental Design

To develop local allometric equations for mangrove trees, three preliminary steps are conducted: 1- sampling of sites, trees and aliquots, 2- aliquots preparation, and 3- aliquots and data treatment (Figure 1). Variables needed are bark and wood densities, tree heights, and diameters.

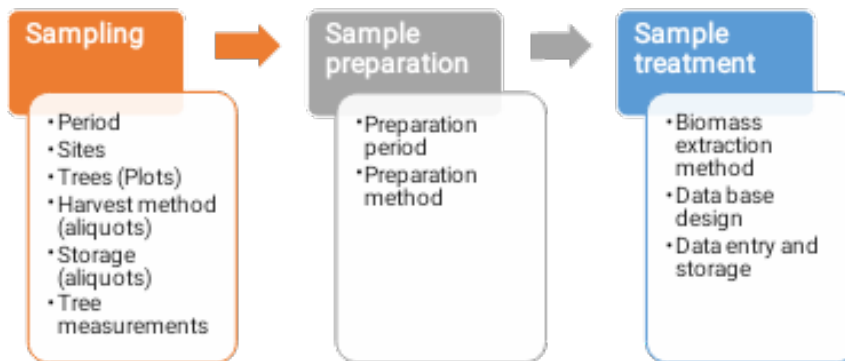


Figure 1. Workflow of Field AGB Data Collection and Treatment

1.2.2. Sampling

The choice of sites was determined by directed sampling using remote sensing to locate mangroves around Libreville that are accessible by boat, road

or hiking. Data collection was done in 2018 and 2019 for 408 mangrove trees of *Avicennia germinans* (94 individuals) and *Rhizophora spp* (314 individuals). Minimally and non-invasive methods were used for sampling, as some sites are located in protected areas.

Data for model development was collected from 64 individuals at one sample site of the Mondah Estuary. Among those trees, 64 trunk aliquots (bark and wood) of a few square centimeters were collected with a saw on *Avicennia* and *Rhizophora* individuals inside 4 squares plots of 10m x 10m (0.01ha). The samples were taken at breast height for *Avicennia* and at 50 cm over the last root for *Rhizophora*. The harvested samples were put in identified individual plastic bags.

Data for model validation was collected in the 3 estuaries: 5 sites in the Komo, 7 sites in the Mondah, and 1 site in the Rio Mouni. A total of 344 individuals (of *Avicennia* and *Rhizophora* genera) were used for validation: 92 for 1st validation and 252 for 2nd validation.

1.2.3. Tree Measurements

Dendrometric parameters were recorded for 408 mangroves trees in 16 plots (1 plot per site except for the aliquots sample site where there are 4 plots). The heights were measured by a laser range finder (Nikon Forestry Pro Model). The forest measuring tape was used to determine the diameter at breast height (DBH) for *Avicennia germinans*, and the diameter at 50 cm above the last root for *Rhizophora spp*.

1.3. Laboratory Methods

Designing allometric equations for bark, wood, and mix (bark + wood) of *Rhizophora spp* and *Avicennia germinans*, mangrove species was divided in 3 major steps: estimating field AGB, building allometric equations using DBH and validation.

1.3.1. Estimating Field Aboveground Biomass

In the laboratory, samples of harvested wood and bark were cut into cubes to measure their width, length, and thickness. A first weighing was done to have the wet mass. The samples were put in the oven at a constant temperature of 70°C for 48 hours. Then, they were re-weighed to determine the dry mass. The volume and density of each sample was determined by equation 1 and 2 as follows:

Volume of sample (v) = $h * L * l$ (Picard and *al.*, 2012) (Equation 1)
where h = thickness, L = length and l = width.

Density of sample (P) = M / v (Picard and *al.*, 2012) (Equation 2)
where M is the dry mass of each sample.

Estimations of aboveground biomass were obtained according to the standard method of Husch *et al.* (2003) which was implemented in mangroves by Ajonina (2008) (Equation 3, 4 and 5):

$$\text{Basal area (g)} = \pi * d^2 / 4. \quad (\text{Equation 3})$$

$$\text{Volume of tree (V)} = f * g * H. \quad (\text{Hush and } al., 2003) \quad (\text{Equation 4})$$

$$\text{Aboveground biomass (AGB)} = P * V * \text{BEF} \quad (\text{Equation 5})$$

Where d = diameter, H = height of tree, f = mangrove form factor which equals 0.6 (Ajonina & Usongo, 2001), P = density, and BEF = mangrove biomass expansion factor which is determined at 1.18 (Ajonina, 2008).

The calculations were made in MS Excel and were automatically integrated in a general data base. These first results consisted of estimated AGB per wood component of individuals and per species.

1.3.2 Building Allometric Equation using the Diameter Parameter

Estimated AGB, as well as corresponding diameters, were used as entry data to build allometric equations for each component and species.

The models were adjusted with R.3.3.4 software in order to find suitable coefficients, with the sum of squares of the differences between the estimated field values and the theoretical values retaining the most insignificant possible. Single-input models using DBH were preferred, being the easiest parameter to measure in a somewhat giant mangrove, as it is the case in some of the sites. The use of diameter, without height, is usually sufficient to accurately estimate AGB (Putz & Chan, 1986; Clough & Scott, 1989; Comley & McGuinness, 2005; Kirui *et al.*, 2006; Siteo *et al.*, 2014).

The model's form is defined by the relationship between the AGB estimates and the DBH measured in the field using R.3.3.4 software.

1.3.3 Allometric Equation Validation

Two steps of model validations were done. The first validation of the models used supplementary data of the same site as the data used for model development. The coefficient of determination (R^2) and the Akaike information criterion (AIC) were used to select the appropriate models. The second validation used the data of all the other 12 sites. The equations were evaluated by comparing predicted biomass and estimated field biomass (Chave *et al.*, 2005) (Equation 6, 7 and 8):

$$RMSE = \frac{1}{N} \sum_1^n \left(\frac{(P_i - O_i)^2}{N} \right) * 0.5 \quad (\text{Equation 6})$$

$$BIAS = \frac{1}{N} \sum_1^n (P_i - O_i) \quad (\text{Equation 7})$$

$$\text{BIAS (\%)} = \frac{1}{N} \sum_i^n \frac{(P_i - O_i)}{|O_i|} \quad (\text{Equation 8})$$

Where RMSE = square root of the mean squared error,
P = predicted biomass and O = observed or estimated field biomass.

RMSE was used to measure accuracy, i.e., as a standard statistical metric to measure model performance or model errors (Chai & Draxler, 2014). Bias is the difference between the predicted value and the true value (in this case the AGB estimation). The best model is always the one with the smallest AIC and bias values, which is the highest coefficient of determination (r^2) and the smallest RMSE.

After estimating the adjusted parameters of the models, seven equations were obtained. Three types of biomass prediction equations (AGB) were developed for each species: AGBbark (bark), AGBwood (wood), and AGBmix (mix). A general model, combining both species, was also proposed. The resulting equations were in the power form $y = ax^\beta$, corroborating with AGB equations of other mangrove species according to Kirui et al. (2006) and Scales and Friess (2019).

Specific allometric equations for each species were compared with a produced general equation (for all components of both species) and other equations from the literature.

2. Results

2.1. Bark, Wood and Mixed Masses and Densities

The dry mass of the trunk varies from 0.03 to 2.12 g, with 7.98 g of a typical value. There is also a variability of dry mass in the bark and wood. Thus, the minimum and maximum mass of the bark were respectively 0.19 g and 1.55 g, and of the wood 0.03 g and 2.67 g.

Avicennia germinans has a density of 0.76 ± 0.19 g / cm³ for bark, 0.99 ± 0.38 g / cm³ for wood and 0.88 ± 0.21 g / cm³ mixed density (Table 1). *Rhizophora spp* has 1.58 ± 0.72 g / cm³ for bark density, 0.77 ± 0.12 g / cm³ for wood and 1.17 ± 0.36 g / cm³ of mixed density (Table 1). According to the Fisher test, the critical probability (p-value) is 0.016, which is well below 0.05. The variance in density is therefore significantly different between *Avicennia germinans* and *Rhizophora spp*. The confidence interval, at an alpha threshold of 95%, is 0.20, 0.84, and the quotient of the variances is 0.41. The Student's test has a critical probability (p-value) of 0.48, which is greater than 0.05. The density averages between *Avicennia germinans* (0.88 g / cm³) and *Rhizophora spp* (1.18 g / cm³) are therefore 95% identical in the confidence interval [-1.16; 0.6].

Table 1. Statistical Characteristics of the Measured Dendrometric Parameters used for

Statistics	<i>Avicennia germinans</i>					<i>Rhizophora spp</i>					<i>Mix species</i>				
	DBH (cm)	Height (m)	Bark density (g/cm ³)	Wood density (g/cm ³)	Mix density (g/cm ³)	DBH (cm)	Height (m)	Bark density (g/cm ³)	Wood density (g/cm ³)	Mix density (g/cm ³)	DBH (cm)	Height (m)	Bark density (g/cm ³)	Wood density (g/cm ³)	Mix density (g/cm ³)
N	58	58	18	18	36	98	98	14	14	28	156	156	32	32	64
Min	2	0.9	0.06	0.04	0.04	1.4	1.1	0.08	0.08	0.07	1.4	0.9	0.06	0.04	0.04
Max	127	24	3.53	7.23	7.23	75.8	53	1.76	10.3	10.3	127	53	10.03	7.23	10.03
Mean	29.79	11.33	0.759	0.994	0.876	12.92	9.22	0.78	1.58	1.17	19.19	10	1.12	0.9	1
Stand. Dev.	25.07	5.75	0.79	0.38	0.95	17.03	8.62	0.45	2.71	1.95	22	7.73	1.7	1.23	1.59
Stand. Error	3.29	0.75	0.19	1.61	1.25	1.72	0.87	0.12	0.72	0.36	1.8	0.62	0.33	0.21	0.2

Model Development and 1st Validation

2.3. Diameter (DBH) Structure of Sampled Mangroves

The prediction domain of *Rhizophora spp* models is between $1 \leq \text{DBH} < 80$ cm, which is based on Ajonina's (2008) nomenclature between seedlings and matures. The most dominant categories are seedlings and poles, followed by posts for *Rhizophora* (Figure 2). For *Avicennia germinans*, the prediction domain is rather between $2 \leq \text{DBH} < 100$ cm, as diameter over 100 cm are exceptional. Field data has determined that the dominant categories for *Avicennia* are poles, posts, and standard. The number of individuals usually becomes scarce as one progresses towards the large DBH classes.

According to this sampling, less than 20 individuals of *Rhizophora spp* have 30 cm DBH or more. On the other hand, less than 10 individuals in *Avicennia germinans* are observed in seedling or mature classes. In this sample, the probability of encountering large individuals is higher in *Avicennia germinans*. The ecological and structural conditions of the *Rhizophora* species explain the rarity of large individuals. The configuration of its stilt roots allows it to fix well and fight against submersion. However, its roots are in danger when the tree takes volume. Large DBHs are rare and are outlined by the maximum values of the *Rhizophora* allometric equations of Komiyama et al. (1988), Fromard et al. (1998), or Ong et al. (2004) who recorded maximum DBH of 47.1cm, 32cm, and 28cm respectively.

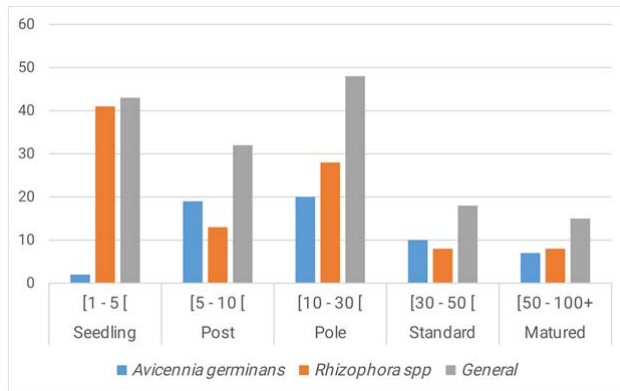


Figure 2. Diameter Distribution for Model Development and 1st Validation

2.4. Aboveground Biomass Model Validation and Prediction Results

Except for the general model, the three types, AGBbark, AGBwood, and AGBmix, are specific for *Rhizophora spp* or *Avicennia germinans*, with a determination coefficient of 0.98 and 0.97 each (Table 2).

Rhizophora spp biomass prediction models have an Akaike information criterion (AIC) of 91 for the bark, wood, and mix types. *Avicennia germinans*' three prediction models of aerial biomass (bark, wood and mix) have an AIC of 35. Among the seven allometric equations, AGBmix for *Rhizophora spp* would be more accurate according to RMSE, as AGBwood for *Avicennia germinans* would present the least bias.

The AGBbark of *Rhizophora spp* model has an RMSE of 0.123 with an average error of 0.041 or 0.464% bias. The RMSE of the AGBwood *Rhizophora spp* model oscillates around 0.129, and have an average error of 0.043 or 0.999% bias. The AGBmix *Rhizophora spp* model has an RSME of 0.073 and an average error of 0.024 or 0.375% bias.

The root mean squared error (RMSE) of the AGBbark model for *Avicennia germinans* is 0.139 with an average error of 0.048 or -0.221% bias. The AGBwood *Avicennia* model has an RMSE of 0.157 and -0.046% bias. The RMSE of the AGBmix model of the same species is 0.172 with an average error of 0.063 and -0.158% bias. All three models have a mean standard error of less than the average of 0.02. The general model for both species has a bias of 0.32% and a RSME of 1.68.

Table 2. Statistical Characteristics of the Models used for Biomass Prediction of *Rhizophora spp* and *Avicennia germinans* in Gabonese Estuaire Province

Species	Pools	α	B	R ²	AIC	RMS E	Bias (%)	Allometric equations
<i>Rhizophora spp</i>	bark	7.10E-05	2.79	0.98	91	0.123	0.464	AGB=0.00007104DBH ^{2.79}

	wood	4.76E-05	2.79		91	0.129	0.999	AGB=0.000047 6DBH ^{2.79}
	mix	6.18E-05	2.79		91	0.073	0.375	AGB=0.000061 76DBH ^{2.79}
<i>Avicennia germinans</i>	bark	1.34E-04	2.37	0.97	35	0.139	- 0.221	AGB=0.000134 3DBH ^{2.37}
	wood	1.76E-04	2.37		35	0.157	- 0.046	AGB=0.000176 0DBH ^{2.37}
	Mix	1.55E-04	2.37		35	0.172	- 0.158	AGB=0.000154 5DBH ^{2.37}
General model	Mix	3.82E-05	2.76	0.99	60	1.68	0.32	AGB=0.000038 1DBH ^{2.76}

For *Rhizophora spp*, AGB predictions of bark and wood differ, especially when it approaches a DBH that surpasses 30 cm (Figure 3A). Its bark carries more biomass than the wood. The general model underestimates biomass at values of DBH over 40 cm.

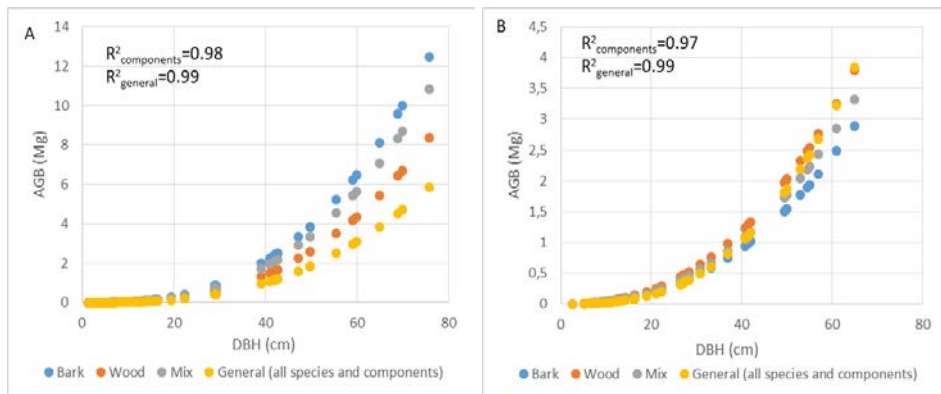


Figure 3. Predictions of AGB for *Rhizophora spp* (A) and *Avicennia germinans* (B)

For *Avicennia germinans*, AGB predictions of the three components (bark, wood and mix) are similar (Figure 3B). Wood AGB is only slightly higher than that of the bark. The general model overestimates AGB at very big DBH (100cm diameter or higher, not on figure).

3. Discussion

Predicting biomass with the use of allometric equations is a key element to estimate the contribution of diverse forest ecosystems to the carbon cycle (Picard et al., 2012, p 17). With very variable heights in Gabon (up to 62,8m calculated by Simard et al., 2019a), measuring only mangrove diameters would accelerate data collecting, especially with the very difficult conditions imposed by this particular ecosystem.

To ensure precision, wood densities (bark, wood and both) were included in the first step of estimating AGB. These estimations were then

incorporated in the building process of the allometric equations. The results prove satisfactory and are generally similar to those used in West or Central Africa. When applied to our data, the adjusted volume model established by Ajonina et al. (2014a) in Benin, transformed in an AGB model, has a RMSE of 0.167, which is inferior to our general model with a RMSE of 1.68. Nonetheless, its bias is at -0.419% while ours is at 0.32%. All of our allometric equations for tree components (bark or wood) have lower RMSEs than Ajonina's general model for the mangroves of Benin. More geographically close, the model from Cameroon has a similar margin of error as the general mixed model (0.016 average errors and a 0.256% bias) (Ajonina et al., 2014b). This similarity is not the case for other models. The mixed models of Fromard et al. (1998) and Komiyama et al. (2005) for *Avicennia germinans* mangroves in French Guiana and Southeast Asia have an average margin of error of 84.96 for the first and 166.09 for the second. Even if the models developed are apply for the same species, the differences in margins are mainly due to site specifications, as South American or Asian mangroves differ from Gabonese mangroves. They may be related to environmental conditions, clinometric, and dendrometric aspects of the species. The biomass prediction model of Fromard et al (1998) has a margin of error between -11.7% and 3.99% for *Avicennia germinans*, which better reflects its relevance in French Guiana. The margins of error in the prediction models of *Avicennia germinans* vary from one author to another in the literature, but do not go beyond $\pm 30\%$ (-30% for Comley & Mc Guinness, 2005; -4.05 and 10.8% for Imbert & Rollet, 1989; 13.4 and 3.26% for Clough et al., 1997).

The comparisons with other models of the literature, applied to DBH found in this study area, shows a variability of the margin of error. Margins of error increase with the remoteness of the original calibration location of the model. Thus, the use of the Komiyama et al. (2005) model gives an average error of 49.63, and a mean error of 50.54 as stated by Fromard et al. (1998). Those geographically distant AGB models (Fromard et al., 1998; Komiyama et al., 2005) have a large margin of error. When put in context, these models have error margins ranging from -9.84 to 10.3% for general models and between -8.44 and 6.79% for specific models. That is an average of 7% more than our general model which has a bias of 0.32%. The AGB models of *Rhizophora spp* have a small variation in margin of error, unlike *Avicennia germinans* models. The models developed have a bias between -0.158 and -0.365% for the species *Avicennia germinans*, thus they underestimate the AGB. This may be due to errors in the collection, entry, or not taking into account one or more other parameters.

This adds height or density, if not both, as independent variables in allometric equations could improve model accuracy (Picard et al., 2012). Furthermore, the volume estimation, according to the Husch et al. (2003)

method, requires the use of a biomass expansion factor (BEF). For this study, a factor of 1.18 from the literature was used (Ajonina, 2008). Like allometric equations, the BEF varies from region to region. Setting up a local BEF would provide additional precision in estimating volumes (Moundounga Mavouroulou, 2012).

Conclusion

From this study, seven local aboveground biomass models adapted to mangroves in the Estuaire Province of Gabon. The models developed are as follows: 3 models (bark, wood and mix) for *Avicennia germinans*, 3 models (bark, wood and mix) for *Rhizophora spp* and 1 general model (all components for *Avicennia* and *Rhizophora*). The results prove to be satisfactory as the predictive specific and general allometric equations show low RMSE and biases under 1%. Their accuracy is similar to the local models of Benin and Cameroon (Ajonina et al., 2014a; 2014b). This is not the case when comparing to allometric equations developed in other regions, such as French Guiana and Southeast Asia. Environmental, clinometric, and dendrometric conditions of the species in these locations certainly influence AGB and allometric relations. Locally built models can increase accuracy of aboveground biomass estimations of mangrove forests.

For the moment, the Estuaire Province aboveground biomass models safely predict AGB for diameters up to 100 cm for *Avicennia germinans*, and 80 cm for *Rhizophora spp*. Surveys in some parts of Gabon, carried out under the MDMLERD project, show that both species can grow beyond these values. The preliminary work presented here needs to be deepened with the integration of very large individuals, local biomass expansion factor (BEF) determination, and remotely sensed biomass assessment for the entire extent of Gabonese mangroves.

Acknowledgements

The MDMLERD team is thankful to the OSFACO Project from IRD and IGN-FI, and the AUF for their financial support. The LAGRAC, and its Director Professor Jules DJEKI, appreciates the support of the Geography Department, Letters and Humanities Faculty of Omar Bongo University of Libreville (Gabon). Technical support was offered by Dr. Jean Paul OBAME of the National School of Water and Forests, the Spatial Observation Agency, the National Agency for the Protection of Nature and its Emerald Arc Project.

References:

1. Ajonina, G. N. & Usongo, L. (2001). Preliminary quantitative impact assessment of wood extraction on the mangroves of Douala-Edea Forest Reserve, Cameroon. *Tropical Biodiversity*, 7(2-3), 137-149.

2. Ajonina, G. N. (2008). Inventory and modelling mangrove forest stand dynamics following different levels of wood exploitation pressures in the Douala-Edea Atlantic coast of Cameroon, Central Africa. *Mitteilungen der Abteilungen für Forstliche Biometrie, Albert-Ludwigs- Universität: Freiburg*. 2008-2.
DOI: 10.13140/RG.2.2.12879.79526
3. Ajonina, G. N., Ago, E. E., Amoussou, G., Diyouke Mibog, E., Akambi, I. D. & Dossa, E. (2014a). Carbon Budget as a Tool for Assessing Mangrove Forests Degradation in the Western, Coastal Wetlands Complex (Ramsar Site 1017) of Southern Benin, West. In Diop, S., Barousseau, J. P., & Descamps, C. (Eds.). *The Land/Ocean Interactions in the Coastal Zone of West and Central Africa, Estuaries of the World*, Springer International Publishing Switzerland, 139-149.
DOI: 10.1007/978-3-319-06388-1_12.
4. Ajonina, G. N., Kairo, J., Grimsditch, G., Sembres, T., Chuyong, G. & Diyouke, E. (2014b). Assessment of Mangrove Carbon Stocks in Cameroon, Gabon, the Republic of Congo (RoC) and the Democratic Republic of Congo (DRC) Including their Potential for Reducing Emissions from Deforestation and Forest Degradation (REDD+). In Diop, S., Barousseau, J. P., & Descamps, C. (Eds.). *The Land/Ocean Interactions in the Coastal Zone of West and Central Africa, Estuaries of the World*, Springer International Publishing Switzerland, 177-189.
https://doi.org/10.1007/978-3-319-06388-1_15
5. Ajonina, G. N., Aya, F. A., Diame, A., Armah, A. K., Camara, S., Amegankpoe, C., Zabbey, N. & Kaya, P. (2016). Overview of experience of mangrove reforestation in West and Central Africa. *Proceedings of the 38th Annual Conference of Forestry Association of Nigeria*, Portharcourt, Rivers States, 7th-11th March, 12-21.
6. Bunting, P., Lucas, R., Rosenqvist, A. & Hilarides, L. (2021). 2.1 The World of Mangroves. In Spalding, Leal, M. D. M. (Ed.). *The State of the World's Mangroves*, Global Mangrove Alliance, 16-19.
7. Chai, T. & Draxler, R. R. (2014). Root mean square error (RMSE) or mean absolute error (MAE)?- Argument against avoiding RMSE in the literature. *Geoscientific Model Development*, 7, 1247-1250.
doi:10.5194/gmd-7-1247-2014
8. Chave, J., Andalo, C., Brown, S., Cairns, M.A., Chambers, J. Q., Eamus, D., Fölster, H., Fromard, F., Higuchi, N., Kira, T., Lescure, J. P., Nelson, B. W., Ogawa, H., Puig, H., Riéra, B. & Yamakura, T. (2005). Tree allometry and improved estimation of carbon stocks and balance in tropical forests. *Oecologia*. 145(1), 87–99.
DOI: 10.1007/s00442-005-0100-x

9. Clough, B. F. & Scott, K. (1989). Allometric relationship for estimating above ground biomass in six mangrove species. *Forest Ecology and Management*, 27(2), 117-127.
[https://doi.org/10.1016/0378-1127\(89\)90034-0](https://doi.org/10.1016/0378-1127(89)90034-0)
10. Clough, B. F., Dixon, P. & Dalhaus, O. (1997). Allometric relationships for estimating biomass in multi-stemmed mangrove trees. *Australian Journal of Botany*. 45(6), 1023–1031.
<https://doi.org/10.1071/BT96075>
11. Comley, B. W. T. & McGuinness, K. A. (2005). Above-and below-ground biomass, and allometry of four common northern Australian mangroves. *Australian Journal of Botany*, 53(5), 431–436.
<https://doi.org/10.1071/BT04162>
12. Cormier-Salem, M. C. (1999). *Rivière du Sud : Sociétés et Mangroves Ouest- Africaines*. IRD. 2 tomes, 416 et 288p.
DOI : 10.4000/books.irdeditions.4974
13. FAO (1993). *Mangrove for production and protection*. FAO. Bangkok. Thailand. Field Document n° 43.
<http://www.fao.org/3/AD559E/AD559E00.htm>
14. FAO (1994). *Mangrove forest management guidelines*. FAO Forestry Paper 117, Forest Resources Development Branch, & United States Forest Service. Tropical Forestry Program. Rome.
15. FAO (2007). *The World's mangroves 1980-2005*. FAO Forestry Paper 153. Rome.
<http://www.fao.org/publications/card/fr/c/880053ed-9752-5939-b242-35fd7603a2ba/>
16. Fromard, F., Puig, H., Mougou, E., Marty, G., Betoulle, J. L. & Cadamuro, L. (1998). Structure above-ground biomass and dynamics of mangrove ecosystems: new data from French Guiana. *Oecologia*, 115(1), 39–53. (DOI): 10.1007/s004420050489
17. GIEC (2001). *Changements climatiques: Rapport de synthèse. Résumé à l'intention des décideurs, Troisième rapport d'évaluation du GIEC*.
18. Howard, J., Hoyt, S., Isensee, K., Telszewski, M. & Pidgeon, E. (eds.) (2014). *Coastal blue Carbon: Methods for assessing carbon stocks and emissions factors in mangroves, tidal salt marshes and seagrasses*. Conservation International. Intergovernmental Oceanographic Commission of UNESCO. International Union for Conservation of Nature. Arlington. Virginia. USA.
https://www.cifor.org/publications/pdf_files/Books/BMurdiyarso1401.pdf
19. Husch, B., Beers, T. W. & Kershaw, J. A. J. (2003). *Forest mensuration*. 4th ed, John Wiley Publishers.

20. Hutchison, J., Manica, A., Swetnam, R., Balmford, A. & Spalding, M. (2014). Predicting global patterns in mangrove forest biomass. *Conservation Letters*, 7(3), 233-240. doi: 10.1111/conl.12060
21. Imbert, D. & Rollet, B. (1989). Phytomasse aérienne et production primaire dans la mangrove du Grand Cul-de-sac Marin (Guadeloupe, Antilles françaises). *Bulletin d'Ecologie*, 20(1), 27–39.
22. IUCN/UNEP (2006). Shoreline protection and other ecosystem services from mangroves and coral reefs, World Conservation Monitoring Centre.
23. Kauffman, J. B. & Donato, D. C. (2012). Protocols for the measurement, monitoring and reporting of structure, biomass and carbon stocks in mangrove forests. Working Paper 86 CIFOR, CIFOR Bogor Indonesia. <https://doi.org/10.17528/cifor/003749>
24. Kauffman, J. B. & Bhomia, R. K. (2017). Ecosystem carbon stocks of mangroves across broad environmental gradients in West-Central Africa: Global and regional comparisons. *PLoS ONE*, 12(11). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0187749>
25. Kirui, B., Kairo, J. G. & Karachi M. (2006). Allometric equations for estimating above ground biomass of *Rhizophora mucronata* Lamk. (Rhizophoraceae) Mangroves at Gazi Bay, Kenya. *Western Indian Ocean Journal of Marine Science*, 5(1), 27-34. DOI: 10.4314/wiojms.v5i1.28496
26. Komiyama, A., Moriya, H., Prawiroatmodjo, S., Toma, T. & Ogino, K. (1988). Forest primary productivity. In Ogino, K., Chihara, M. (Eds.). *Biological System of Mangrove*, Ehime University, 97–117.
27. Komiyama, A., Pongparn, S. & Kato S. (2005). Common allometric equations for estimating the tree weight of mangroves. *Journal of Tropical Ecology*, 21(4), 471-477. doi:10.1017/S0266467405002476
28. Lebigre, J. M. (1990). Les marais maritimes du Gabon et de Madagascar : contribution géographique à l'étude d'un milieu naturel tropicale. Thèse de doctorat d'État en Géographie tropicale. Université de Bordeaux III.
29. Maloba Makanga, J. D. (2011). Les précipitations au Gabon : climatologie analytique en Afrique. L'Harmattan (eds).
30. Marchand, C. (2015). Mangroves, à la rencontre des eaux douces et marines. In *Les écosystèmes marins dans la régulation du climat*, Fonds Français pour l'Environnement Mondial. Paris, 22-23. <https://www.ffem.fr/fr/ressources/le-ecosystemes-marins-dans-la-regulation-du-climat>
31. Moundounga Mavouroulou, Q. (2012). Développement des équations allométriques afin d'estimer les stocks de carbone séquestrés dans la

- forêt primaire du nord-est du Gabon, Afrique centrale. Thèse de doctorat, Université des Sciences et Techniques de Masuku, Gabon.
32. Okanga-Guay, M., Ondo Assoumou, E., Akendengue Aken, I., Mpie Simba, C., Mombo, J. B., Obiang Ebanega, M., Mbadinga, M., Rogombé, L. & Mouketou-Tarazewicz, D. (2019). Suivi des changements spatiaux et environnementaux dans les mangroves de la province de l'Estuaire du Gabon. In Mertens B. et Orekan V. (Ed), Actes de la Conférence : Des images satellites pour la gestion durable des territoires en Afrique, Cotonou, Bénin; 313-339. hal-02189534
 33. Ondo Assoumou, E. (2006). Dynamique des paysages végétaux du littoral centre ouest du Gabon autour de Port-Gentil: approche spatiale et analyse des données de terrain. Thèse de doctorat de Géographie et d'Aménagement de l'Espace (Biogéographie), Université Paul Valéry, Montpellier 3, France.
 34. Ondo Assoumou, E. (2017). Les paysages végétaux du littoral gabonais. In Pottier, P., Menié Ovono, Z., Faure, F. E. & Bignoumba, G.-S. In Régions littorales du Gabon : Éléments de réflexion pour une planification stratégique du territoire, Coédition LETG-Nantes Géolitomer (Nantes) et Raponda Walker (Gabon), 47-57.
 35. Ong, J. E., Gong, W. K. & Wong, C. H. (2004). Allometry and partitioning of the mangrove, *Rhizophora apiculata*. *Forest Ecology and Management*. 188(1-3), 395–408.
<https://doi.org/10.1016/j.foreco.2003.08.002>
 36. 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. CIRAD/FAO.
 37. Putz, F. E. & Chan, H. T. (1986). Tree growth, dynamics, and productivity in a mature mangrove forest in Malaysia. *Forest Ecology and Management*, 17(2-3), 211–230.
DOI: 10.1016/0378-1127(86)90113-1
 38. Scales, I. R. & Friess, D. A. (2019). Patterns of mangrove forest disturbance and biomass removal due to small-scale harvesting in southwestern Madagascar. *Wetlands Ecology and Management*, 27(5), 609-625.
<https://doi.org/10.1007/s11273-019-09680-5> (0123456789(),.-volIV) 0123458697(),.-volIV)
 39. Simard, M., Fatoyinbo, L., Smetanka, C., Rivera-Monroy, V. H., Castañeda-Moya, E., Thomas, N., & Van der Stocken, T. (2019a). Mangrove canopy height globally related to precipitation, temperature and cyclone frequency. *Nature Geoscience*, 12(1), 40-45.
<https://doi.org/10.1038/s41561-018-0279-1>

40. Simard, M., Fatoyinbo, T., Smetanka, C., Rivera-Monroy, V. H., Castaneda, E., Thomas, N. & Van der stocken, T. (2019b). Global Mangrove Distribution, Aboveground Biomass, and Canopy Height. ORNL DAAC, Oak Ridge, Tennessee, USA.
<https://doi.org/10.3334/ORNLDAAC/1665>.
41. Siteo, A. A., Mandlate, L. J. C. & Guedes, B. S. (2014). Biomass and carbon stocks of Sofala bay mangrove forests. *Forests*, 5(8), 1967-1981. doi:10.3390/f5081967
42. Soares, M. L. G. & Schaeffer-Novelli, Y. S. (2005). Aboveground biomass of mangrove species. I. Analysis of Models. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 65(1-2), 1-18.
doi:10.1016/j.ecss.2005.05.001
43. Spalding, M., Kainuma, M. & Collins, L. (2010). World atlas of mangroves. Earthscan, London, UK and Washington DC, USA.
<https://doi.org/10.4324/9781849776608>



Effectiveness of Teaching Program on Critical Care Nurses' Performance during Endotracheal Suctioning in the Intensive Care Units in Syria

Yaser Adnan Abo Jeesh

College of Applied Medical Sciences, Alzaiem Alazhari University, Sudan

Elham Fath-Elalium Mohammed Khalid

College of Medicine, Alzaiem Alazhari University, Sudan

Ishraqa Mohammed Ahmed Elbashier

College of Applied Medical Sciences, Alzaiem Alazhari University, Sudan

[Doi:10.19044/esj.2021.v17n34p190](https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n34p190)

Submitted: 14 July 2021

Accepted: 23 August 2021

Published: 30 September 2021

Copyright 2021 Author(s)

Under Creative Commons BY-NC-ND

4.0 OPEN ACCESS

Cite As:

Abo Jeesh Y.A., Mohammed Khalid E.F-E. & Ahmed Elbashier I.M. (2021). *Effectiveness of Teaching Program on Critical Care Nurses' Performance during Endotracheal Suctioning in the Intensive Care Units in Syria*. European Scientific Journal, ESJ, 17(34), 190.

<https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n34p190>

Abstract

Background: The Intensive Care Unit (ICU) is a unit in the hospital which provides intensive care for critically ill or injured patients and is staffed with specially trained medical personnel and has equipment that allows for continuous monitoring and life support. Moreover, critical care nurses (CCNs) should have strong analytical, interpersonal, and decision-making skills. Also they need to continuously improve their knowledge, skills, and safe practice to deliver safe and effective care to their patients.

Objectives: This study aimed to assess the effect of the teaching program on CCNs performance during endotracheal suctioning.

Design: The quasi-experimental design was used in this study.

Methods: The study was conducted from June to September 2020. This study was conducted to assess the effect of the teaching program on nurse's performance during endotracheal suctioning in the critical care units at Al-Assad University Hospital, Damascus. All available registered nurses (48 nurses) who were working in the previous ICUs during the period of data collection were included in this study. An observational checklist sheet was developed by the researcher after reviewing the related literature. The duration

of data collection was about three months, and each nurse was observed once for each procedure during different shifts. Based on the nurses' need according to their performance during the initial assessment, the researcher developed and designed the teaching program. This program continued for two weeks consisting of four phases and contains workshop-practices (8hours) per day and educational pamphlet handout. The workshop practice consists of lectures, group discussion, and training scenarios. Every nurse must attend the training sessions daily, at least one hour.

Results: The results showed that the level of knowledge and practice of the studied nurses in endotracheal suction was average and poor before the teaching program and the nurse's level improved after the program. There was a variation of improvement regarding the nurses age, qualification, and experience. The best performance was for nurses with age group between 20-24 years, nurses with a master degree, and nurses with less than five years of experience. Overall, this study found a statistically significant relationship before and after the implementation of the educational program ($p < 0.001$).

Conclusion: There has been an obvious improvement of nurses' knowledge and performance after the teaching program in relation to age, qualifications, and experience in all selective procedures. It is essential to help the nurses to expand their knowledge and practices to provide a high quality of care and promote patient safety.

Keywords: Intensive Care Unit, Patient, Quality

Introduction

The intensive care unit (ICU) is a specially staffed and equipped, separate, and self-contained section of the hospital for the management of patients with life threatening or potentially life-threatening conditions (Hamilton & Shepley, 2010). The nurse's role usually includes clinical assessment, diagnosis, and an individualized plan of expected treatment outcomes for each patient (Stayt, 2007; Ghorbanpoo Jouybari et al., 2018). Critically ill patients are often unable to eat because of endotracheal intubation and the need for mechanical ventilation (Ghorbanpoo Jouybari et al., 2018).

The conventional sterile suctioning technique involves the use of at least an individual sterile single use suction catheter per each suctioning episode. Consequently, suctioning catheter is the single biggest item of expenditure consumables in ICU. From anecdotal reports, it was obvious that in some units, the disposable suction catheter may be reused for multiple episodes of suctioning. Although considerable cost saving would result from this change in practice, concerns were raised regarding its safety, and many nurses were reluctant to implement this practice (Kandeel & Tantawy, 2012; Özden & Görgülü, 2012; Jansso Ala-Kokko et al., 2013).

Many of the critically ill patients may require intubation by the placement of an endotracheal or tracheostomy tube to protect the airway from aspiration, facilitate the removal of tracheobronchial secretions, provide positive pressure ventilation, and relieve airway obstruction (Hyzy Manaker et al., 2017; Cabrini Landoni et al., 2018).

Tracheal suctioning is a necessary intervention in caring for the intubated patient, and it is not a benign one. It is associated with various complications such as hypoxemia, cardiac dysrhythmias, nosocomial respiratory tract infection, pneumonia, laryngeal spasm, trauma, atelectasis, and in extreme cases, death. Nosocomial respiratory tract infection and pneumonia are considered as two of the most serious complications associated with suctioning (Griesdale Bosma et al., 2008; Simpo Ross et al., 2012; Higgs McGrath et al., 2018).

Although tracheal suctioning is an essential part of care for intubated patients that may be required between 3 and 24 times or more a day, it is considered as a significant route of bacterial entry to the lower respiratory tract causing subsequently respiratory tract infection and pneumonia. Therefore, many authors recommended using a sterile suctioning technique as a precautionary measure. Different actions such as using sterile gloves, catheters, and saline (to clear mucus from the catheter) are suggested (Özden & Görgülü, 2012; Jansson Ala-Kokko et al., 2013; Abdallah, 2018). The utility of tracheal suctioning on the prevention of hospital-acquired pulmonary infections and mortality in the ICU has been well studied in the past. Nowadays, many researches indicated that tracheal suctioning improves mucus clearance in COVID-19 pneumonia (Farooqi Morgan et al., 2020).

Significant of the Study

Critically ill patients admitted to an ICU experience, on average, 1.7 medical errors each day, and many patients suffer a potentially life-threatening error during their stay (Camiré Moyen et al., 2009; Gracia Serrano et al., 2019).

Nurses and all other health care professionals sometimes make mistakes in providing their care services regardless of their level of expertise, knowledge, and precision. Nursing errors can occur at any point in time during nursing activities and procedures, and the outcomes may be subtle or severe (Peyrovi, Nikbakht Nasrabadi et al., 2016).

Like other parts of the world, there are a negative patient health and healthcare outcomes in Syria. Therefore, special attention should be paid to the clinical skills and knowledge of nurses working in ICUs (Rezaee Ghaljeh et al., 2020). Therefore, this study was conducted to assess the effect of an educational program on nurses' practices regarding the implementation of patient care and safety measures in the intensive care units in Syria.

Methods

The quasi-experimental design was used in this study (non-random sample and doesn't have control) to determine the relationship and the effect of the teaching program on the improvement of nurses' performance during the nursing interventions. This study was conducted to assess the effect of the teaching program on nurses' performance during endotracheal suctioning in the intensive care units at Al-Assad University Hospital, Damascus. All available registered nurses (48 nurses) who were working in the intensive care units during the period of data collection were included in this study.

Ethical Considerations

- Official permission was granted from the Al-Assad University Hospital, Damascus after providing an explanation of the study aim to the manager and head of intensive care unit.
- The observational checklist sheet was developed by the researcher after reviewing the related literature.
- Nurses' characteristics were recorded once at the beginning of the data collection.
- Each nurse was observed once for each procedure during different shifts.
- The duration of data collection was about three months.
- The survey formats were distributed via the investigator himself with a cover letter indicating the purpose of the study, confidentiality procedures, and hospital review approval.
- Nurses were assured that there will be no harm or risk, or any discomfort caused by their participation.

Tools

The tool used in this study was developed by the researcher, and it is divided into two parts: (1) Demographic data of the studied nurses (Table 1), and (2) The observational checklist (Table 2) to observe the nurses' performance regarding the implementation of patient care and safety measures during endotracheal suctioning procedure. Thus, it was developed by the researcher based on extensive review of the literature (Roberts, 2017; Jones & Fix, 2019; Nunnery, 2019; Smith, 2019; Wilkinson Treas et al., 2019). The tool was translated into Arabic Language. A pilot study was conducted on 5 nurses to test the tool. Appropriate modifications were performed such as changing some words into Arabic version.

The safety measures observational checklist was tested for its reliability by using interrater reliability, whereas three experts of the critical care nursing field assessed the tool for its applicability. The reliability

coefficients were: $(r) = 0.96$ for the safety measures observational checklist. Cronbach's alpha coefficient 0.84

Data Collection

Data collection was conducted from June 2020 to September 2020. The data collection went through four stages: (1) *Assessment*: Every nurse was observed once for each procedure at the beginning of data collection to determine the nurses' weaknesses, (2) *Planning*: The teaching program was developed based on the nurses' needs, (3) *Intervention*: Implementing the program through the power point presentations and training sessions, (4) *Reassessment*: Reassess the nurses' performance after implementing the teaching program.

Statistical Analysis

The data were analysed using the Statistical Package for the Social Science (SPSS version 20.0). Qualitative data were described using number and percent (Armonk, NY: IBM Corp). The Kolmogorov-Smirnov test was used to verify the normality of distribution. Quantitative data were described using range (minimum and maximum), mean, and standard deviation. Significance of the obtained results was judged at the 5% level.

Educational Program

The program was already designed in Arabic language. The program is aimed at improving the nurses' knowledge and practices as is related to the endotracheal suctioning by teaching them the updated knowledge power point presentations. Also, it allows them to improve their performance through training sessions on manikins.

The program is to run for two weeks, and every nurse must attend the training sessions daily for one hour at least each day. It consists of 8 hours workshop per day to deliver the power point presentations and the training sessions.

The program was created and developed through four phases. During the first phase, the researcher assessed the nurses' performance by using the designed and developed endotracheal suctioning checklist. During the second phase, the researcher developed and implemented the teaching program based on the nurses' needs according to their performance during the initial assessment. For the third phase, the researcher delivered the program through power point presentations, demonstrations, and training sessions to provide the nurses with related knowledge and to improve nurses' performance. Finally, for the fourth phase, the researcher reassessed the nurses' performance after the program to determine the nurses' improvement.

Results

The total number of the studied nurses was 48 nurses with a mean age of 28 years.

In relation to age, 17 nurses (more than 35%) of the studied nurses were from 25-29 age group, while there was an equal number of nurses with both age groups from 20-24 and from 30-35 (14 nurses for each) (29.2%). 3 nurses were more than 35 years (6.3 %).

Regarding to the qualifications, the majority of the studied nurses, 38 nurses (about 80%) have a diploma degree, 7 nurses (about 15%) have a bachelor degree, and 3 nurses (about 6%) have a master degree.

Regarding to the years of experience, 23 nurses (47.9%) have less than 5 years of experience, 17 nurses (35.4%) have between five to ten years of experience, and 8 nurses (16.7 %) have more than 10 years of experience. The mean of nurses' experience was 6 years (Table 1).

Table 1. The characteristics of the studied nurses

Demographic data	No.	%
Age of the nurse		
20 – 24	14	29.2
25 – 29	17	35.4
30 – 35	14	29.2
Above 35	3	6.3
Mean ± SD.	28.02 ± 5.51	
Qualification of the nurse		
Diploma	38	79.2
Bachelor	7	14.6
Master	3	6.3
Experience of the nurse in ICU		
Less than 5 years	23	47.9
5- 10 years	17	35.4
More than 10 years	8	16.7
Mean ± SD.	6.27 ± 4.53	

The Implementation of Patient Care and Safety Measures of the Studied Nurses

The result above shows that the nurses disregarded and didn't implement most of the steps given in this procedure in the correct way before the educational program. The total steps of this procedure were thirty-four with total scores of 136. The nurses didn't perform twenty-eight steps correctly at all, while the percentage of the nurses that performed the other six steps correctly ranged from 2.1-33.3%. It was noticed that all nurses ignored and didn't perform step number 11 and 15 at all before the program, and they improved after the program. Anyway, the results showed there were variations of nurses' improvement after the teaching program in all steps. The percentage

of the nurses that performed the steps correctly ranged from 4.2- 91.7%. In addition, the nurses' scores were varied from 55-103 with mean of 72.81 ± 11.37 before the program to 97-131 with mean of 117.73 ± 7.49 after the program.

Table 2. The description and implementation of patient care and safety measures of the studied nurses according to tracheal suctioning steps before and after the educational program

The checklist of endotracheal suctioning	Frequency (N= 48)															
	Before an educational program								After an educational program							
	Not done		Done incorrectly		Need more practice		Done correctly		Not done		Done incorrectly		Need more practice		Done correctly	
No.	%	No.	%	No.	%	No.	%	No.	%	No.	%	No.	%	No.	%	
Identify the patient	8	16.7	11	22.9	13	27.1	16	33.3	0	0.0	4	8.3	12	25.0	32	66.7
Prepare equipment	0	0.0	25	52.1	23	47.9	0	0.0	0	0.0	0	0.0	24	50.0	24	50.0
Wash hands	16	33.3	20	41.7	12	25.0	0	0.0	0	0.0	6	12.5	30	62.5	12	25.0
Explain procedure to the patient or to the family	11	22.9	30	62.5	7	14.6	0	0.0	0	0.0	8	16.7	23	47.9	17	35.4
Assess patient for signs of respiratory distress such as nasal flaring, retractions or grunting and also assess the patient's lung sounds	21	43.8	22	45.8	5	10.4	0	0.0	0	0.0	5	10.4	25	52.1	18	37.5
Assess oxygen saturation level	24	50.0	23	47.9	1	2.1	0	0.0	2	4.2	3	6.3	20	41.7	23	47.9
Assess appropriate suction catheter depth	0	0.0	19	39.6	27	56.3	2	4.2	0	0.0	0	0.0	9	18.8	39	81.3
Position the patient and place a towel across the patient's chest	0	0.0	23	47.9	25	52.1	0	0.0	0	0.0	1	2.1	11	22.9	36	75.0
Turn suction to appropriate negative pressure. Place the connecting tubing in a convenient location	0	0.0	15	31.3	31	64.6	2	4.2	0	0.0	0	0.0	11	22.9	37	77.1
Put on a disposable clean glove and occlude the end of the connecting tubing to check suction pressure	11	22.9	14	29.2	23	47.9	0	0.0	0	0.0	4	8.3	18	37.5	26	54.2
Place the resuscitation bag connected to oxygen within convenient reach	47	97.9	1	2.1	0	0.0	0	0.0	1	2.1	11	22.9	34	70.8	2	4.2
Open sterile suction package using aseptic technique. The open wrapper becomes a sterile field to hold other supplies	0	0.0	45	93.8	3	6.3	0	0.0	0	0.0	0	0.0	30	62.5	18	37.5
Carefully remove the sterile container, touching only the outside surface	0	0.0	25	52.1	23	47.9	0	0.0	0	0.0	0	0.0	17	35.4	31	64.6
Set it up on the work surface and pour sterile saline into it	0	0.0	12	25.0	36	75.0	0	0.0	0	0.0	1	2.1	13	27.1	34	70.8
Put on face shield or goggles, mask, and sterile gloves. The dominant hand will manipulate the catheter and must remain sterile	48	100.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	2	4.2	16	33.3	28	58.3	2	4.2
With dominant hand glove, pick up sterile catheter. Pick up the connecting tubing with the non-dominant hand and connect suction catheter	0	0.0	35	72.9	13	27.1	0	0.0	0	0.0	2	4.2	28	58.3	18	37.5

The checklist of endotracheal suctioning	Frequency (N= 48)															
	Before an educational program								After an educational program							
	Not done		Done incorrectly		Need more practice		Done correctly		Not done		Done incorrectly		Need more practice		Done correctly	
No.	%	No.	%	No.	%	No.	%	No.	%	No.	%	No.	%	No.	%	
Moisten the catheter by dipping it into the container of sterile saline. Occlude Y-tube to check suction.	0	0.0	15	31.3	33	68.8	0	0.0	0	0.0	2	4.2	13	27.1	33	68.8
Hyperventilate the patient using your non-dominant hand and a manual resuscitation bag, and delivering three to six breaths or use the sigh mechanism on a mechanical ventilator.	16	33.3	30	62.5	2	4.2	0	0.0	1	2.1	6	12.5	29	60.4	12	25.0
Open the adapter on the mechanical ventilator tubing, or remove the manual resuscitation bag with your non-dominant hand.	0	0.0	34	70.8	14	29.2	0	0.0	0	0.0	0	0.0	10	20.8	38	79.2
Using your dominant hand, gently and quickly insert the catheter into the trachea.	0	0.0	16	33.3	31	64.6	1	2.1	0	0.0	0	0.0	16	33.3	32	66.7
Apply suction by intermittently occluding the Y-portion, the catheter with the thumb of your non-dominant hand, and gently rotate the catheter as it is being withdrawn.	0	0.0	31	64.6	17	35.4	0	0.0	0	0.0	3	6.3	17	35.4	28	58.3
Hyperventilate the patient using your non-dominant hand and a manual resuscitation bag, and delivering three to six breaths.	14	29.2	32	66.7	2	4.2	0	0.0	0	0.0	0	0.0	24	50.0	24	50.0
Replace the oxygen delivery device, if applicable, using your non-dominant hand and have the patient take several deep breaths.	20	41.7	20	41.7	8	16.7	0	0.0	0	0.0	2	4.2	11	22.9	35	72.9
If the patient is mechanically ventilated, close the adapter on the mechanical ventilator tubing, or replace the ventilator tubing and use the sigh mechanism on a mechanical ventilator.	0	0.0	35	72.9	13	27.1	0	0.0	0	0.0	2	4.2	20	41.7	26	54.2
Flush catheter with saline. Assess the effectiveness of suctioning and repeat as needed, and according to patient's tolerance.	11	22.9	22	45.8	15	31.3	0	0.0	0	0.0	1	2.1	11	22.9	36	75.0
Allow at least a 30-second to 1-minute interval if additional suctioning is needed.	9	18.8	21	43.8	18	37.5	0	0.0	0	0.0	0	0.0	4	8.3	44	91.7
Assist patient to a comfortable position.	5	10.4	20	41.7	23	47.9	0	0.0	1	2.1	0	0.0	20	41.7	27	56.3
Raise bed rail and place bed in the lowest position.	13	27.1	29	60.4	6	12.5	0	0.0	2	4.2	3	6.3	22	45.8	21	43.8
Assess the patient's respiratory status.	16	33.3	30	62.5	2	4.2	0	0.0	0	0.0	2	4.2	28	58.3	18	37.5
Perform oral hygiene after suctioning.	14	29.2	26	54.2	8	16.7	0	0.0	3	6.3	0	0.0	20	41.7	25	52.1
Dispose of catheter and container with solution.	0	0.0	27	56.3	18	37.5	3	6.3	0	0.0	0	0.0	11	22.9	37	77.1
Remove gloves, face shield or goggles, and mask	14	29.2	21	43.8	13	27.1	0	0.0	13	27.1	2	4.2	4	8.3	29	60.4
Wash hands.	5	10.4	30	62.5	13	27.1	0	0.0	0	0.0	3	6.3	21	43.8	24	50.0
Documentation.	5	10.4	18	37.5	17	35.4	8	16.7	0	0.0	0	0.0	14	29.2	34	70.8
Total score of Suctioning (34-136)																
Min. - Max.	55.0 - 103.0								97.0 - 131.0							
Mean ± SD	72.81 ± 11.37								117.73 ± 7.49							
t (p)	50.068* (<0.001)															

t: Paired t-test; p: p value for comparing between Before and After *: Statistically significant at $p \leq 0.05$

In regards to the nurses' age, the result shows that the scores of the nurses with age group between 20-24 varied from 68-81 out of 136 before the program to 114-122 after the program.

The scores of the nurses with age group (25-29) ranged from 61-103 before the program to 113-131 after the program.

The nurses with age group ranging from 20-24 and 25-29 were the best before and after the program.

The scores of the nurses with age group (30-35) ranged from 57-68 before the program to 104-128 after the program.

The scores for nurses with more than 35 years old ranged from 55-57 before the program to 97-101 after the program. This group was the worst before and after the program. Overall, the results showed that a statistically significant difference was found before and after implementing the program regarding to the age of the nurses ($P < 0.001$) (Table 3).

In the same context, the results before the program showed that the nurses with age group between 20-24 were the best and got the highest minimum score, 68 out of 136. In addition, the nurses with 25-29 age group were the best also and got the highest maximum score (103), while the nurses

with more than 35 years old were the worst and got the least minimum and maximum score (55,57) respectively. Moreover, we found variations of nurses' improvement after the educational program regarding to all age groups: the nurses with 20-24 age group got the highest minimum score (114), the nurses with 25-29 age group got the highest maximum score (131), while the least minimum and maximum scores (97,101) were for the nurses with more than 35 years respectively. Overall, this study found a statistically significant relationship of this procedure regarding to nurses' age before and after implementing the educational program ($p < 0.001$) (Table 3).

Table 3. The description and relationship between nurses' age groups and implementation of patient care and safety measures for endotracheal suctioning procedure of the studied nurses (n = 48)

	Total score	Age of the nurse				P
		20 – 24 (n=14)	25 – 29 (n=17)	30 – 35 (n=14)	Above 35 (n=3)	
Suctioning	Before program					0.014*
	Min. – Max.	68.0–81.0	61.0–103.0	57.0–86.0	55.0–57.0	
	Mean ± SD.	75.50 ± 3.61	76.18 ± 13.76	69.64 ± 11.06	56.0 ± 1.0	
	After program					<0.001*
	Min. – Max.	114.0–122.0	113.0–131.0	104.0–128.0	97.0–101.0	
	Mean ± SD.	118.36 ± 2.21	121.0 ± 6.26	117.0 ± 7.67	99.67 ± 2.31	

p: p value for comparing between the different studied categories *:Statistically significant at $p \leq 0.05$

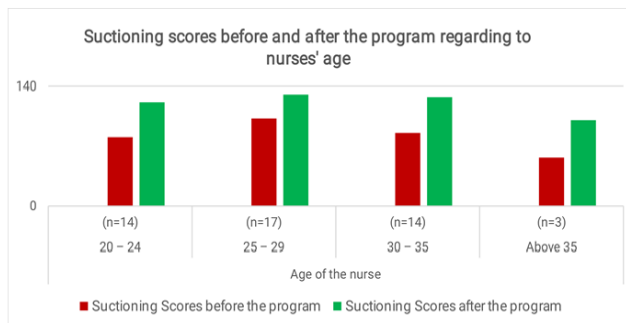


Figure 1.

The Implementation of Patient Care and Safety Measures regarding to the Nurses' Qualifications

The results above showed that the scores of nurses with diploma degree before the program varied from 55-81 out of 136 with a mean and standard deviation of 68.45 ± 7.38 , while the nurses' scores after the program varied from 97-124 with a mean and standard deviation of 115.11 ± 5.95 .

The scores of nurses with a bachelor degree before the program ranged from 78-89 with a mean and standard deviation of 84.86 ± 3.67 into 121-130 with a mean and standard deviation of 126.86 ± 2.97 after the program. The scores of nurses with a master degree before the program ranged from 97-103 with a mean and standard deviation of 10.0 ± 3.0 into 128-131 with a mean and standard deviation of 129.67 ± 1.53 after the program. Overall, the results show a statistically significant relationship was found after implementing the program ($P < 0.001$) (Table 4).

In the same context, the results before the educational program showed that the nurses with a master degree were the best and got the highest minimum and maximum scores (97,103) respectively, while the nurses with diploma were the worst and got the least minimum and maximum scores (55,81) respectively. However, we found an improvement of the nurses' scores after the educational program regarding to the different qualifications. The best performance was for the nurses with a master degree as they got the highest scores (128-131), while the worst performance was for the nurses with diploma as they got the least scores (97-124). Overall, this study found a statistically significant relationship in all steps of this procedure before and after the implementation of the educational program ($p < 0.001$) (Table 4).

Table 4. The relationship between nurses' qualifications and implementation of patient care, and safety measures for endotracheal suctioning procedure of the studied nurses (n = 48)

	Total score	Qualification of the nurse			
		Diploma (n=14)	Bachelor (n=17)	Master (n=3)	P
Suctioning	Before program				<0.001*
	Min. – Max.	55.0 – 81.0	78.0 – 89.0	97.0 – 103.0	
	Mean \pm SD.	68.45 \pm 7.38	84.86 \pm 3.67	10.0 \pm 3.0	
	After program				<0.001*
	Min. – Max.	97.0 – 124.0	121.0 – 130.0	128.0 – 131.0	
	Mean \pm SD.	115.11 \pm 5.95	126.86 \pm 2.97	129.67 \pm 1.53	

p: p value for comparing between **the different studied categories** *: Statistically significant at $p \leq 0.05$

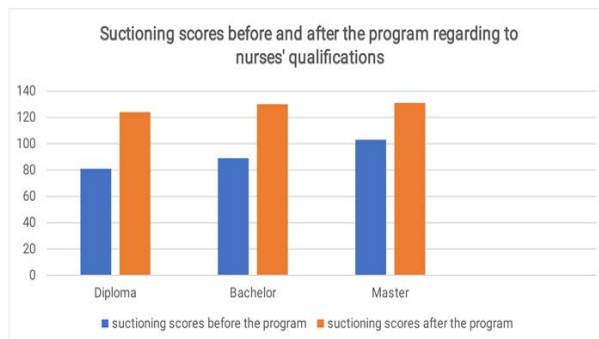


Figure 2.

The Implementation of Patient Care and Safety Measures regarding to the Nurses' Experiences

The results above showed that the scores of nurses with less than five years of experience before the program varied from 68-103 out of 136, with a mean and standard deviation of 79.13 ± 9.75 into 114-131, with a mean and standard deviation of 120.91 ± 5.04 after the program.

The scores of nurses with five to ten years of experience before the program ranged from 57-86 with a mean and standard deviation of 70.35 ± 9.74 into 109-128, with a mean and standard deviation of 118.53 ± 5.87 after the program.

The scores of nurses with more than ten years of experience before the program ranged from 55-65 with a mean and standard deviation of 59.88 ± 3.87 into 97-116, with a mean and standard deviation of 106.88 ± 7.0 after the program. Overall, the results show a statistically significant relationship was found before and after implementing the program ($P < 0.001$) (Table 5).

In the same context, the results before the educational program showed that the best performance was for the nurses with less than five years of experience as they got the highest minimum and maximum scores (68,103) respectively, while the worst performance was for the nurses with more than ten years of experience as they got the least minimum and maximum scores (55, 65) respectively. However, we found variations of nurses' improvement after the educational program regarding to all groups of nurses' experience: the nurses with less than five years of experience were the best and got the highest scores (114,131), while the nurses with more than ten years of experience were the worst and got the least scores (97,116). Overall, this study found a statistically significant relationship in all steps of this procedure before and after the implementation of the educational program ($p < 0.001$) (Table 5).

Table 5. The relationship between nurses' experience and implementation of patient care, and safety measures for endotracheal suctioning procedure of the studied nurses (n = 48)

	Total score	Experience of the nurse in ICU			P
		Less than 5 years (n=14)	5- 10 years (n=17)	More than 10 years (n=3)	
Suctioning	Before program				<0.001*
	Min. – Max.	68.0 – 103.0	57.0 – 86.0	55.0 – 65.0	
	Mean \pm SD.	79.13 ± 9.75	70.35 ± 9.74	59.88 ± 3.87	
	After program				<0.001*
	Min. – Max.	114.0 – 131.0	109.0– 128.0	97.0– 116.0	
	Mean \pm SD.	120.91 ± 5.04	118.53 ± 5.87	106.88 ± 7.0	

p: p value for comparing between **the different studied categories** *: Statistically significant at $p \leq 0.05$

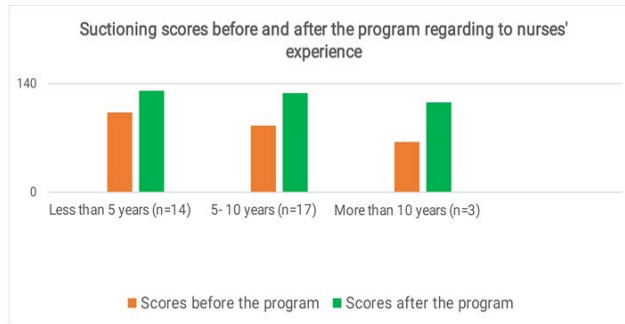


Figure 3.

Discussion

The performance of tracheal suctioning procedure is the responsibility of the critical care nurse, and she should focus on her effort to minimize any complications that can arise from this procedure (Care, 2010; Abdallah, 2018). Endotracheal suctioning is one intervention that should be based on research evidence, as there have been a large number of studies published on the various aspects of this routine procedure (Frota Loureiro et al., 2013; Ghorbanpoor Jouybari et al., 2018). The observation of tracheal suctioning procedure in this study revealed that suctioning was not implemented with complete safety measures. Moreover, many nurses neglected to apply a lot of items from this procedure to ensure the patient's safety.

The overall performance of nurses' score for tracheal suctioning ranged from 55-103 out of 136 before the educational program with a mean score of 72.81 ± 11.37 , while after the educational program, the scores ranges from 97-131 with a mean score of 117.73 ± 7.49 (Table 2).

In regards to the nurses' age, the results before the educational program showed that the nurses with age group between 20-24 got the highest minimum score, 68 out of 136. In addition, the nurses with age group between 25-29 got the highest maximum score 103, while the nurses with more than 35 years old got the least maximum and minimum scores (55-57) respectively. However, we found variations of improvement in the nurses' scores after the educational program in all age groups, the nurses with 20-24 age group got the highest minimum score 114, the nurses with 25-29 age group got the highest maximum score 131, while the nurses above 35 years got the least minimum and maximum scores (97-101) respectively. Overall, this study found a statistically significant relationship in all steps of this procedure before and after the implementation of the educational program ($p < 0.001$).

Regarding the nurses' qualifications, the results before the educational program showed that the nurses with master degree got the highest minimum and maximum scores (97-103) respectively out of 136, while the nurses with diploma got the least minimum and maximum scores (55-81) respectively.

However, we found variations of improvement in the nurses' scores after the educational program regarding to different qualifications. The nurses with master degree got the highest scores (128-131), while the nurses with diploma got the least scores (97-124). Overall, this study found a statistically significant relationship in all steps of this procedure before and after the implementation of the educational program ($p < 0.001$).

Regarding the nurses' experience, the results before the educational program showed that the nurses with less than 5 years' experience got the highest maximum and minimum scores (68-103) respectively out of 136, while, the nurses with more than 10 years of experience got the least minimum and maximum scores (55-65) respectively. However, we found an improvement in the nurses' scores after the educational program in the different years of experience.

The nurses with less than 5 years of experience got the highest scores (114-131), while the nurses with more than 10 years of experience got the least scores (97-116). Overall, this study found a statistically significant relationship in all steps of this procedure before and after the implementation of the educational program ($p < 0.001$).

The present results revealed that nurses were not following the safety measures and infection control criteria for tracheal suctioning to patients. Some nurses did not assess the following procedures: MV for mode, performing chest physiotherapy, and assess ETT/TT for cuff inflation. Therefore, this increases the possibility of patient's complications.

Our findings were in concordance with other studies (González Coscojuela et al., 2004; Amirzade Baghaei et al., 2013; Frota Loureiro et al., 2013; Leddy & Wilkinson, 2015; Varghese & Moly, 2016; Heidari & Shahbazi, 2017), who reported that the level of knowledge and practice of nursing staff in endotracheal suction was average and poor, but their level of knowledge and practice increased after the training program.

Our findings are also in line with Mwakanyanga Masika et al. (2018) who reported in his study that 80.6% of the studied nurses demonstrated undesirable overall knowledge on endotracheal suctioning evidence-based recommendations. Nurses with ICU training (57.3%) significantly demonstrated higher knowledge of ETS than non-trained nurses. Therefore, we recommend ICU training, provision of clinical guidelines and adequate support to nurses employed in ICUs.

Our findings was also supported by Sabetian and Raoufi (2015) who reported in their study that the incidence of inappropriate pressure of cuff in the tracheal tubes and tracheostomy tubes was significantly reduced after training. Also, training the nurses is highly effective in preventing VAP, particularly for appropriate cuff pressure, suctioning and disinfecting hands. In the same context, the findings of this study are also different as RN

Thompson et al. (2007) reported that most nurses performed the skills in accordance with the best practice guideline. Nurses demonstrated a good endotracheal suctioning technique with 91% scoring.

In addition, the results of our study are different from that of Abdallah (2018) who reported that half of responders (50%) had good knowledge regarding infection control and near to half of responders (46.7%) had good knowledge regarding prevention of contamination of equipment. 46.7% of responders had good knowledge regarding CDC standard precaution of infection control and 36.7% had fair knowledge regarding transmission-based precaution. The majority (91.1%) of the studied sample had good practice (>80%), 77% of nurses do oral care, while 67% did not do subglottic suctioning. Less than half (47%) of the nurses make use of hand hygiene prior suctioning, while 30% of nurses does not use facemask during suctioning the endotracheal tube. Only 10% of nurses did not perform hand hygiene after ETT suctioning. Thus, the study shows no significant relationship between education level and knowledge and practice.

Conclusion and Recommendations

In conclusion, this study assessed the effect of the teaching program on nurses' performance during endotracheal suctioning in the critical care units in Syria. Our findings highlighted that there was lack and scarcity of nurses' knowledge, and also in performance as regard the endotracheal suctioning procedure in this study. The nurses were upset because they didn't follow the protocol due to lack of training programs, too much patients, no enough time, and many other reasons. After receiving the program, the nurses were satisfied with their performance, and for receiving the new guide and protocol. There was actual and variations of improvement in nurses' knowledge and performance regarding to nurses' age, qualifications, and years of experience after receiving the program. It was recommended to help these nurses to improve their knowledge and practices. Furthermore, it is necessary to increase nurses' awareness regarding the quality of care and patient safety. The poor nurses' knowledge and practice reflects as a negative impact on quality of care and patient safety. In addition, nurses with inadequate knowledge and practice do require all the necessary support to undergo educational programs and additional training so as to improve their performances to reach the optimal quality of care and patient safety (RN Thompson et al., 2007; Sharma, Sarin et al., 2014; Ahmed, 2019).

In regards to nurses' qualifications, the best performance for providing a high quality of care was for nurses with master's degree, then nurses with bachelors, and finally nurses with diploma. Regarding to the nurses' age, the findings showed that the nurses with age groups 20-24 and 25-29 were the best, while the nurses with more than 35 years old were the worst. On the same

context, the findings of the present study showed that the best nurses' performance was for nurses with less than five years of experience, followed by nurses with five to ten years of experience, and finally, nurses with more than ten years of experience were the worst.

Nursing staff should focus on participating and attending the educational and training programs to improve their knowledge and performance regarding all the necessary skills and procedures needed in the intensive care units. This is aimed at providing a high quality of care for critically ill patients and to also improve patient safety. By improving these methods and giving much more educational and training support, the quality of care and safety can be improved (Ahmed, 2019; Bayatmanesh Zagheri Tafreshi et al., 2019).

On the other hand, there were lack of written policies and procedures, lack of staff training, lack of providing leadership for patient safety initiatives, lack of improving reporting systems and lack of resources, knowledge and practices of the nursing staff (Ahmed, 2019; Aziz & Ali, 2020).

Based on the findings of the present study, the following recommendations are suggested:

- Health care organizations must develop the teaching and training programs for their staff to provide a high quality of care, promote patient safety and make them up to date.
- The nursing procedures should be done by the experienced and qualified nurses to provide high quality patient care and promote patient safety and to minimize the occurrence of hazards.
- Regular updates about the implementation of safety and prevention hazards should be provided for all critical care nurses.
- The nurse must document any serious complications that might occur.
- Developing policies and procedures related practices and the infection control practices in the intensive care unit.

References:

1. Abdallah, M. A. A. (2018). Assessment of Nurses' knowledge & practice regarding infection control in Endotracheal intubated patient in SHARRG ELNNEEL Hospital between September-November, Saneaia Ahmed Mohammed Salih.
2. Ahmed, R. E. A. (2019). Effect of Teaching Program on ICU Nurse's knowledge and Practice of Endotracheal Suctioning procedure at Omdurman military hospital (2019), Yousif Mohammed Yousif.
3. Amirzade, N., et al. (2013). "Evaluating the application of safe suction criteria by nurses working in intensive care unit in Urmia." *Nursing And Midwifery Journal* 11(2): 0-0.

4. Aziz, K. M. & S. A. Ali (2020). "Determination of the Critical Care Nurses Knowledge Toward Enteral Tube Feeding in AL-Hilla Teaching Hospitals (Interventional study)." *Medico Legal Update* 20(1): 1153-1157.
5. Bayatmanesh, H., et al. (2019). "Patient Safety Observation by Nurses Working in the Intensive Care Units of Selected Hospitals Affiliated to Yasuj University of Medical Sciences." *ISMJ* 21(6): 493-506.
6. Cabrini, L., et al. (2018). "Tracheal intubation in critically ill patients: a comprehensive systematic review of randomized trials." *Critical Care* 22(1): 1-9.
7. Camiré, E., et al. (2009). "Medication errors in critical care: risk factors, prevention and disclosure." *Cmaj* 180(9): 936-943.
8. Care, A. A. F. R. (2010). "Endotracheal suctioning of mechanically ventilated patients with artificial airways 2010." *Respiratory Care* 55(6): 758-764.
9. Farooqi, F. I., et al. (2020). "Airway hygiene in COVID-19 pneumonia: treatment responses of 3 critically ill cruise ship employees." *The American Journal of Case Reports* 21: e926596-926591.
10. Frota, O. P., et al. (2013). "Knowledge about endotracheal suctioning on the part of intensive care nursing professionals: a descriptive study." *Online Brazilian Journal of Nursing* 12(3): 546-554.
11. Ghorbanpoor, A., et al. (2018). "Knowledge and practices of nurses in intensive care units on endotracheal suctioning." *Journal of Nursing Education* 7(4): 9-17.
12. González, A., et al. (2004). "Assessment of practice competence and scientific knowledge of ICU nurses in the tracheal suctioning." *Enfermeria intensiva* 15(3): 101-111.
13. Gracia, J. E., et al. (2019). "Medication errors and drug knowledge gaps among critical-care nurses: a mixed multi-method study." *BMC health services research* 19(1): 1-9.
14. Griesdale, D. E., et al. (2008). "Complications of endotracheal intubation in the critically ill." *Intensive care medicine* 34(10): 1835-1842.
15. Hamilton, D. K. & Shepley, M. M. (2010). *Design for critical care: An evidence-based approach*, Routledge.
16. Heidari, M. & Shahbazi, S. (2017). "Nurses' awareness about principles of airway suctioning." *Journal of clinical and diagnostic research: JCDR* 11(8): LC17.
17. Higgs, A., et al. (2018). "Guidelines for the management of tracheal intubation in critically ill adults." *British journal of anaesthesia* 120(2): 323-352.

18. Hyzy, R. C., et al. (2017). "Complications of the endotracheal tube following initial placement: Prevention and management in adult intensive care unit patients." *Crit. Care Med* 24: 25.
19. Jansson, M., et al. (2013). "Evaluation of endotracheal-suctioning practices of critical-care nurses-An observational correlation study." *Journal of Nursing Education and Practice* 3(7): 99.
20. Jones, J. & Fix, B. (2019). *Critical Care Notes Clinical Pocket Guide*, FA Davis.
21. Kandeel, N. & Tantawy, N. (2012). "Current nursing practice for prevention of ventilator associated pneumonia in ICUs." *Life Science Journal* 9(3): 966-973.
22. Leddy, R. & Wilkinson, J. M. (2015). "Endotracheal suctioning practices of nurses and respiratory therapists: How well do they align with clinical practice guidelines?" *Canadian journal of respiratory therapy: CJRT= Revue canadienne de la therapie respiratoire: RCTR* 51(3): 60.
23. Mwakanyanga, E. T., et al. (2018). "Intensive care nurses' knowledge and practice on endotracheal suctioning of the intubated patient: A quantitative cross-sectional observational study." *PloS one* 13(8): e0201743.
24. Nunnery, R. K. (2019). *Advancing your career: Concepts of professional nursing*, FA Davis.
25. Özden, D. & Görgülü, R. S. (2012). "Development of standard practice guidelines for open and closed system suctioning." *Journal of Clinical Nursing* 21(9-10): 1327-1338.
26. Peyrovi, H., et al. (2016). "Exploration of the barriers of reporting nursing errors in intensive care units: A qualitative study." *Journal of the Intensive Care Society* 17(3): 215-221.
27. Rezaee, N., et al. (2020). "Barriers to Providing High-Quality Nursing Care in Intensive Care Units: A Qualitative Study." *Medical-Surgical Nursing Journal* 9(3).
28. RN, J. C., et al. (2007). "An evaluation of the implementation of a best practice guideline on tracheal suctioning in intensive care units." *International Journal of Evidence-Based Healthcare* 5(3): 354-359.
29. Roberts, J. R. (2017). *Roberts and Hedges' Clinical Procedures in Emergency Medicine and Acute Care E-Book*, Elsevier Health Sciences.
30. Sabetian, G. & Raoufi, S. (2015). "A comparative study of teaching clinical guideline for prevention of ventilator-associated pneumonia in two ways: face-to-face and workshop training on the knowledge and practice of nurses in the Intensive Care Unit."

31. Sharma, S., et al. (2014). "Effectiveness of endotracheal suctioning protocol, In terms of knowledge and practices of nursing personnel." *Nursing and midwifery research journal* 10(2): 47-60.
32. Simpson, G., et al. (2012). "Tracheal intubation in the critically ill: a multi-centre national study of practice and complications." *British journal of anaesthesia* 108(5): 792-799.
33. Smith, M. C. (2019). *Nursing theories and nursing practice*, FA Davis.
34. Stayt, L. C. (2007). "Nurses' experiences of caring for families with relatives in intensive care units." *Journal of Advanced Nursing* 57(6): 623-630.
35. Varghese, S. T. & Moly, K. (2016). "Exploratory study on the knowledge and skill of critical care nurses on endotracheal suctioning." *The Journal of National Accreditation Board for Hospitals & Healthcare Providers* 3(1): 13.
36. Wilkinson, J. M., et al. (2019). *Procedure checklists for Fundamentals of nursing*, FA Davis.

Effet des Doses de Semis et de la Méthode De Conduite de La Pépinière sur les Caractéristiques Morphologiques des Plantules de Cinq Variétés D'oignon (*Allium cepa L.*) en Côte d'Ivoire

*Koffi Eric-Blanchard Zadjéhi,
Diarrassouba Nafan,
Yao Saraka Didier Martial*

Université Peleforo Gon Coulibaly (UPGC), UFR Sciences Biologiques,
Département de Biochimie-Génétique, Unité Pédagogique et de Recherche
(UPR) de Génétique, Korhogo, Côte d'Ivoire

Sie Raoul Sylvère

Université Nangui-Abrogoua, Abidjan, Côte d'Ivoire

[Doi:10.19044/esj.2021.v17n34p208](https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n34p208)

Submitted: 05 May 2021

Accepted: 15 September 2021

Published: 30 September 2021

Copyright 2021 Author(s)

Under Creative Commons BY-NC-ND

4.0 OPEN ACCESS

Cite As:

Koffi E-B.Z., Diarrassouba N., Yao S.D.M. & Sie R.S. (2021). *Effet des Doses de Semis et de la Méthode De Conduite de La Pépinière sur les Caractéristiques Morphologiques des Plantules de Cinq Variétés D'oignon (Allium cepa L.) en Côte d'Ivoire*. European Scientific Journal, ESJ, 17(34), 208.

<https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n34p208>

Résumé

Le manque de méthodes standardisées pour la pépinière d'oignon a suscité la présente étude. Elle a pour objectif d'évaluer deux pratiques culturelles de pépinière d'oignon à travers les caractéristiques végétatives des plantules. À cet effet cinq variétés (*Bati, Damani, Cara, Karibou et Safari*) et deux milieux de conduite de pépinière : terre et alvéole ont été mis en comparaison sur le site expérimental de l'Université Peleforo GON COULIBALY de Korhogo de janvier à février 2020. Sur terre, trois doses de semis (3, 4 et 5 g/m²) et dans les alvéoles trois graines par poquet ont été expérimentées. Les données morphologiques ont été collectées 40 jours après semis. Le logiciel SPSS 22.0 a été utilisé pour le traitement statistique des données collectées. Une analyse de variance incorporant la comparaison des moyennes selon Newman et Keuls au seuil de 5% a été réalisée pour comparer les caractéristiques morphologiques des différentes variétés entre elles. Il

ressort de cette étude que les plantules élevées dans les alvéoles ont eu en moyenne les tailles les plus élevées (17,32 cm). Sur terre, les tailles ont varié de 14,77 cm (dose de 05 g/m²) à 16,09 cm (dose 03 et 04 g/m²). Les doses de semis 03 et 04 g/m² ont enregistré les plantules les plus robustes relativement au nombre de feuilles (03), les poids frais (0,35 g) et sec (0,035 g) et le taux de matière sèche (10%). Les variétés Damani, Karibou et Safari ont eu les meilleures performances relativement aux caractéristiques morphologiques. La robustesse de la plantule est corrélée positivement à sa taille et au nombre de feuilles. Au vu des résultats, la pépinière d'oignon peut être conduite dans les alvéoles ou sur terre à la dose 04 g/m². La sélection des plantules en pépinière peut se faire en se basant uniquement sur la taille de la plantule et le nombre de feuilles.

Mots clés: Oignon, Méthode Pépinière, Caractères Végétatifs, Dose De Semis, Sélection De Variété

Effect of Sowing Doses and Nursery Management Method on Morphological Characteristics of Seedlings of Five Onion (*Allium cepa* L.) Varieties in Côte d'Ivoire

Koffi Eric-Blanchard Zadjéhi,

Diarrassouba Nafan,

Yao Saraka Didier Martial

Université Peleforo Gon Coulibaly (UPGC), UFR Sciences Biologiques,
Département de Biochimie-Génétique, Unité Pédagogique et de Recherche
(UPR) de Génétique, Korhogo, Côte d'Ivoire

Sie Raoul Sylvere

Université Nangui-Abrogoua, Abidjan , Côte d'Ivoire

Abstract

The lack of standardized methods for the onion nursery prompted this study. Its objective was to evaluate two cultivation practices of the onion nursery through the vegetative characteristics of the seedlings. For this purpose, five varieties (*Bati, Damani, Cara, Karibou and Safari*) and two nursery management: soil and well plate, were compared on the experimental site of Peleforo GON COULIBALY University in Korhogo from January to February 2020. On soil, three doses of seeding (3, 4 and 5 g/m²) and, in the plate, 3 seeds/holes were tested. Morphological data were collected 40 days after sowing. In this sample, SPSS 22.0 software was used for statistical data processing. An analysis of variance incorporating the comparison of means according to Newman and Keuls at the 5% threshold was used to compare the

morphological characteristics of the different varieties. It appears from this study that the seedlings reared in the well plate were averagely the highest with 17.32 cm. On soil, the heights varied from 14.77 cm (dose 05 g/m²) to 16.09 cm (dose 03 and 04 g/m²). Seeding doses of 03 and 04 g/m² recorded the most robust seedlings in relation to the number of leaves (03), fresh (0.35 g) and dry (0.035 g) weights and dry matter rate of 10%. The Damani, Karibou and Safari varieties had the best performances concerning morphological characteristics. The robustness of the seedling is positively related to its size and the number of leaves. Besides well pate, a seeding rate of 04 g/m² can be recommended for the management of the nursery on soil. The selection of seedlings in the nursery can be done based only on the size of the seedling and the number of leaves.

Keywords: Onion, Nursery Method, Vegetative Characteristics, Sowing Rate, Selection Of Variety

Introduction

L'oignon occupe une place très importante dans l'agriculture mondiale. Il est cultivé dans le monde entier notamment dans les régions chaudes. Cette culture présente de bonnes perspectives économiques, vu la superficie cultivée en pleine croissance avec des productions étalées sur une longue période de l'année (David-Benz & Seck 2018 ; Laouali *et al.*, 2019). En Afrique, la culture de l'oignon contribue significativement à l'autonomisation du monde rural et surtout de la femme (Kiema, 2019).

En Côte d'Ivoire, la consommation de l'oignon s'est développée depuis longtemps sur la base de l'importation. Sur les 50 dernières années, les importations d'oignon connaissent une croissance quasi exponentielle avec une nette accélération depuis le début des années 2000. En 2013, l'oignon était le troisième produit alimentaire le plus importé par la Côte d'Ivoire après le riz et le blé (RONGEAD, 2014).

En 2014 avec une production estimée entre 5 000 et 7 500 tonnes, la Côte d'Ivoire reste l'un des pays petits producteurs de la sous-région malgré un potentiel de production important aussi bien en zones de savanes qu'en zones forestières (RONGEAD, 2014). La production de semences et de plans maraîchers est une activité d'une importance économique tout à fait particulière. Le rendement et la qualité de la production d'oignon sont étroitement liés à la qualité de la semence et à la période de production. Des expérimentations ont été faites dans plusieurs pays en vue d'optimiser le rendement et ce, en se focalisant sur le choix variétal, l'itinéraire technique et les travaux culturaux (Silué *et al.*, 2003, Bello *et al.*, 2019a). En somme, le rendement d'un champ d'oignon dépend en grande partie du choix des variétés adaptées à la zone de culture et surtout de l'itinéraire technique adopté. La

conduite de la pépinière occupe une place non négligeable dans l'itinéraire technique. En effet, la réussite du champ dépend en grande partie de la qualité des plants élevés en pépinière. À ce jour en Côte d'Ivoire, aucune méthode validée de conduite de pépinière en vue de proposer le meilleur rendement (en quantité et en qualité) n'est disponible dans le monde agricole pour la culture de l'oignon. C'est pour remédier à ce manque d'information que cette expérimentation a été conduite. Elle vise à évaluer deux méthodes de conduite de pépinière et à faire des propositions relativement à la quantité de graines.

Matériel et méthodes

Site d'expérimentation

L'essai a été conduit sur la station expérimentale de l'Université Peloforo GON COULIBALY (UPGC) de Korhogo dans le Nord de la Côte d'Ivoire (Figure 1). La pluviosité annuelle varie entre 1 200 et 1 400 mm. Le climat est de type tropical soudano-guinéen, marqué par deux grandes saisons, une pluvieuse qui s'étend de mai à octobre et une sèche de novembre à avril. Le sol du site expérimental est de type rouge sablo argileux avec environ 88% de sable (Siéné *et al.*, 2020).

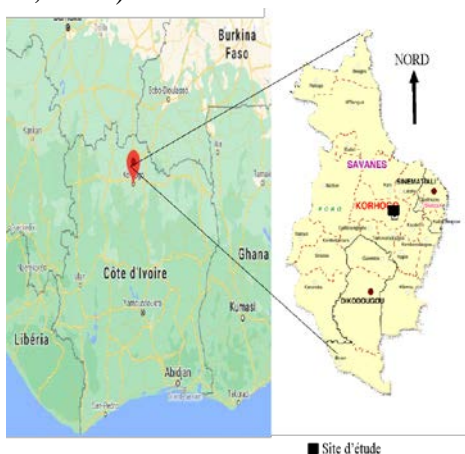


Figure 1. Localité de Korhogo et site d'étude en Côte d'Ivoire
Source: Image projet de recherche sur l'oignon de l'UPGC (2020)

Matériel végétal

Le matériel végétal utilisé est constitué de cinq variétés d'oignon achetées sur le marché de la ville de Korhogo. Il s'agit des variétés *Bati*, *Karibou*, *Cara*, *Damani* (type Galmi) et *Safari*.

Méthodes

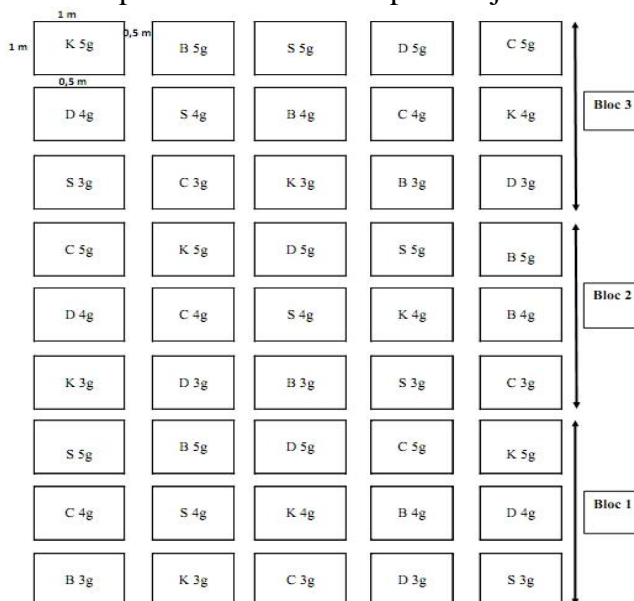
Dispositif expérimental et conduite de la pépinière sur terre

Les planches ont une dimension de 100 cm x 100 cm x 15 cm (Longueur x largeur x hauteur), soit un mètre carré sur une hauteur de 15 cm. Les planches confectionnées ont été binées et nivelées. Une fumure minérale de fond, NPK 15-15-15 a été appliquée à raison de 30 g/m², trois jours avant semis. Après apport d'engrais, les planches ont été arrosées.

Le semis a été réalisé dans le mois de janvier 2020 selon un dispositif en trois (3) blocs. Ce dispositif a été choisi pour faciliter la mise en place de l'essai, les calculs statistiques et ce, en raison de sa simplicité et sa possibilité d'application à toutes sorte d'expériences. Il a l'avantage d'être simple à réaliser et permet le contrôle de l'hétérogénéité du sol ainsi que la comparaison entre traitement.

Trois doses de semis (ou quantités de semences) ont été mises en expérimentation. Il s'agit de doses 3, 4 et 5 g/m². Chaque dose de semence a été répétée 3 fois pour chaque variété. Un total de 45 planches a été donc confectionné pour les cinq variétés. Le dispositif expérimental est présenté sur la figure 2.

Avant le semis, les planches ont été légèrement arrosées pour faciliter le traçage des sillons de semis à l'aide d'un doigt ou un bâton. Sur chaque planche 10 sillons de semis espacés d'environ 10 cm ont été réalisés. Les graines d'oignons ont été déposées dans les sillons en les séparant le plus possible avant le recouvrement léger de terre (Figure 3). Les planches ont été ensuite paillées. La paille maintient l'humidité pour faciliter la germination. Après germination, des ombrières d'une hauteur d'un (01) mètre ont été confectionnées sur les planches et enlevée après 15 jours.



NB : **B**= oignon **Bati**, **K**= oignon rouge **Karibou**, **C**= oignon **Cara**, **D**= oignon violet **Damani** (type Galmi), **S**=oignon **Safari**

Figure 2. Dispositif expérimental de la pépinière d'oignon sur terre

Source: Figure projet de recherche sur l'oignon de l'UPGC (2020)



Figure 3. Réalisation de sillons sur les planches pour le semis des graines d'oignon en pépinière sur terre

Source: Photo projet de recherche sur l'oignon de l'UPGC (2020)

Conduite de la pépinière dans des plaques de semis alvéolées

La pépinière a été conduite dans des plaques industrielles avec 72 alvéoles (Figure 4). Les alvéoles ont été remplis de compost industriel acheté sur le marché de la ville de Korhogo. Le semis a été réalisé à raison de trois graines par alvéole. Les substrats ont été arrosés avant le semis. Un arrosage matin et soir a été réalisé à l'aide d'un pulvérisateur. La pépinière a été conduite sous ombrière.



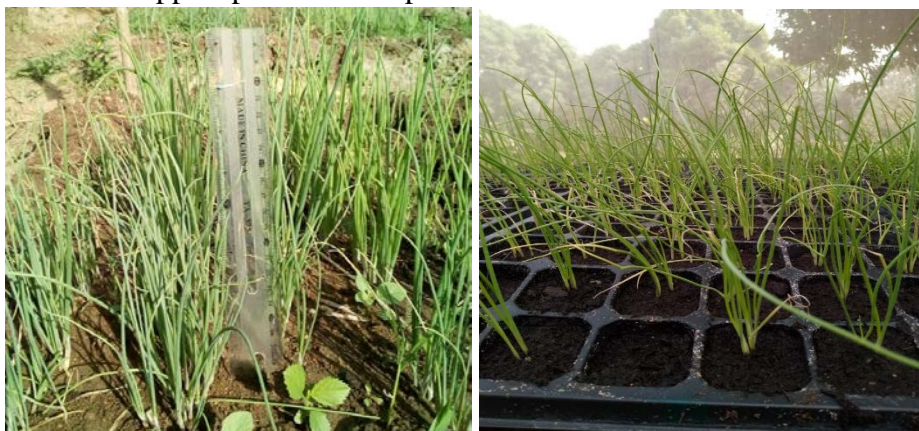
Figure 4. Alvéoles remplies de substrat pour la conduite de la pépinière

Source: Photo projet de recherche sur l'oignon de l'UPGC (2020)

Collecte des données

Les caractéristiques morphologiques des plantules ont été mesurées sur des plantules âgées de 40 jours (Figure 5). Dix plantules ont été prélevées par

planche soit un total de 450 individus pour les 45 planches et 150 individus par dose de semis. Au niveau des plaques de semis, 10 plantules ont été prélevées par variété soit un total de 50 plantules pour les cinq variétés d'oignon. Sur ces plantules, la hauteur a été mesurée à l'aide d'un mètre ruban et le diamètre au collet à l'aide d'un pied à coulisse. Le nombre de feuilles a été compté. Au laboratoire, le poids frais a été déterminé. Les plantules ont été ensuite séchées à l'étuve à 70 °C pendant 40 heures après avoir été étiquetées. Le poids sec a été ensuite mesuré et le taux de matière sèche a été déterminé en faisant le rapport poids sec sur poids frais.



A. Plantules d'oignon sur terre

B. Plantules d'oignon en alvéole

Figure 5. Plantules d'oignon âgées de 40 jours sur terre et en alvéole

Source : Photo projet de recherche sur l'oignon de l'UPGC (2020)

Traitement statistique

Le logiciel SPSS 22.0 a été utilisé pour les traitements statistiques des données collectées. Les moyennes et les écart-types ont été calculés pour chaque caractère mesuré par dose de semis et par variété. Une analyse de variance incorporant la comparaison des moyennes selon Newman et Keuls au seuil de 5 % a été réalisée pour comparer les caractéristiques morphologiques des différentes variétés entre elles. Le lien entre les variables mesurées a été apprécié à travers le coefficient de corrélation de Pearson (r).

Résultats et discussion

Résultats

Effet des doses et le milieu de semis sur les caractères morphologiques des plantules

Les figures 6 et 7 présentent respectivement, les effets des doses de semis sur la hauteur, le diamètre et le nombre de feuilles de la plantule. Les plantules en alvéole ont eu les hauteurs les plus élevées avec une valeur moyenne de 17,32 cm. Sur terre les plantules de petites tailles ont été observées avec la dose de 05 g/m², elles ont une taille moyenne de 14,77 cm.

La dose 04 g/m² a enregistré la valeur la plus élevée pour la hauteur de la plantule sur terre (16,09 cm). Cette valeur n'est pas significativement différente de celle de la dose 03 g/m². La dose 04 g/m² a eu également les plantules les plus vigoureuses avec des valeurs élevées de diamètres au collet (0,21 cm). Pour ce caractère les plus faibles valeurs ont été observées avec la dose de semis 05 g/m² avec 0,18 cm. La dose 03 g/m² et les plantules en alvéole ont eu les mêmes performances avec des valeurs comprises entre celles des doses 04 et 05 g/m². Toujours sur terre, les plantules de la dose 03 g/m² ont produit plus de feuilles que celles des autres dosages. Ces plantules ont produit environ 03 feuilles. Les plantules des alvéoles ont enregistré les plus faibles valeurs pour ce caractère soit en moyenne 02 feuilles.

Les figures 8 et 9 présentent respectivement, les effets des doses de semis et le milieu de culture sur les poids frais, sec et le taux de matière sèche de la plantule. Les poids frais et sec puis le taux de matière sèche des plantules d'oignon ont été les plus élevés pour les doses 03 et 04 g/m². Les plantules de ces deux doses de semis ont eu un poids frais moyen de 0,35 g, un poids sec de 0,034 g et un taux de matière sèche d'environ 10%. À l'opposé, les plantules des alvéoles et celles de la dose de 05 g/m² ont eu les plus faibles valeurs. Elles ont enregistré un poids frais de 0,30 g, un poids sec de 0,025 g avec un taux de matière sèche d'environ 09%.

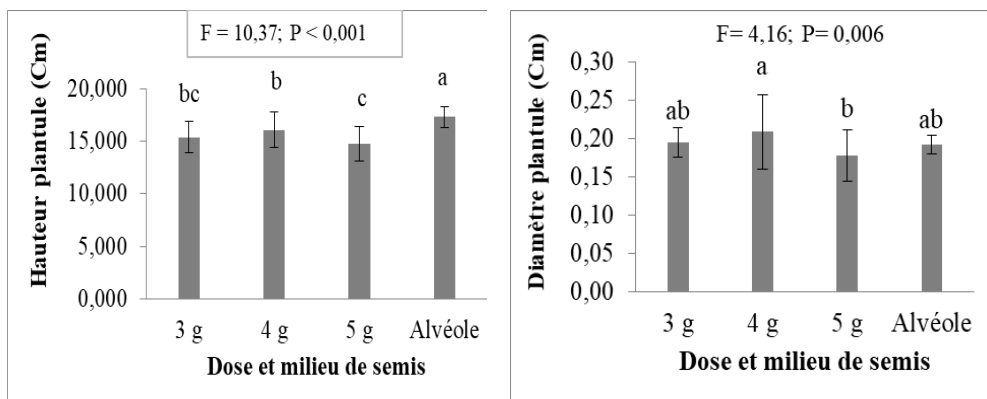


Figure 6. Effet des doses de semis (sur terre et en alvéole) sur la hauteur et le diamètre de la plantule d'oignon en pépinière

NB : Les histogrammes affectés de la même lettre sont statistiquement égaux au seuil $\alpha = 5$ % selon le test de Newman et Keuls. F = Statistique du test ; P= probabilité.

Source : Résultat projet de recherche sur l'oignon de l'UPGC (2020)

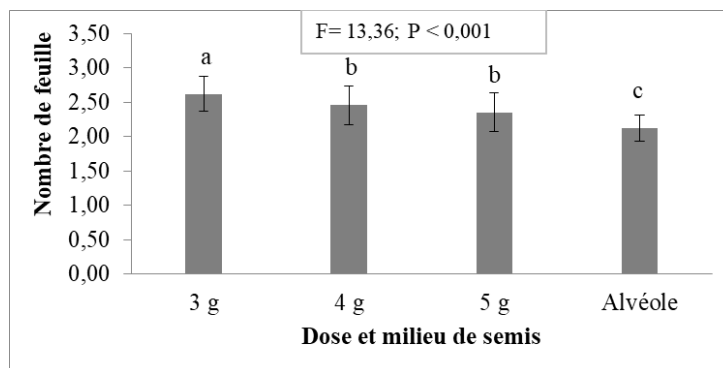


Figure 7. Effet des doses de semis sur terre et en alvéole sur le nombre de feuilles de la plantule d'oignon en pépinière

NB : Les histogrammes affectés de la même lettre sont statistiquement égaux au seuil $\alpha = 5$ % selon le test de Newman et Keuls. F = Statistique du test ; P= probabilité.

Source: Résultat projet de recherche sur l'oignon de l'UPGC (2020)

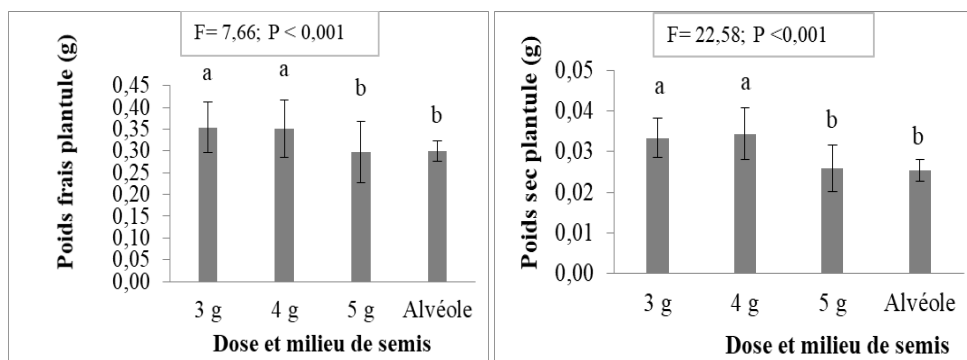


Figure 8. Effet des doses de semis sur terre et en alvéole sur les poids frais et sec de la plantule d'oignon en pépinière

NB : Les histogrammes affectés de la même lettre sont statistiquement égaux au seuil $\alpha = 5$ % selon le test de Newman et Keuls. F = Statistique du test ; P= probabilité.

Source: Résultat projet de recherche sur l'oignon de l'UPGC (2020)

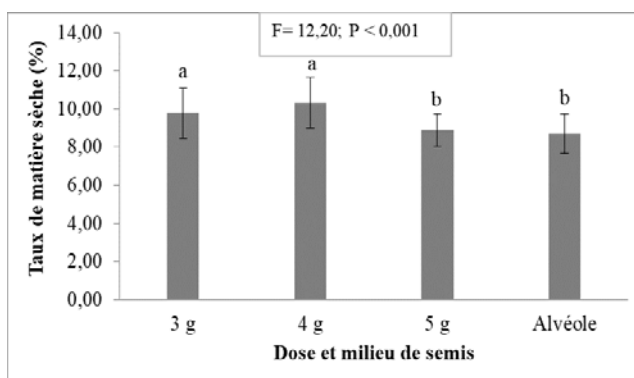


Figure 9. Effet des doses de semis sur terre et en alvéole sur le taux de matière sèche de la plantule d'oignon en pépinière

NB : Les histogrammes affectés de la même lettre sont statistiquement égaux au seuil $\alpha = 5$ % selon le test de Newman et Keuls. F = Statistique du test ; P= probabilité.

Source: Résultat projet de recherche sur l'oignon de l'UPGC (2020)

Comparaison des caractères morphologiques des cinq variétés d'oignon en pépinière

Les tableaux 1 et 2 présentent les caractéristiques morphologiques des cinq variétés d'oignon en pépinière sur terre et en alvéole. Les variétés Damani, Karibou et Safari semées directement sur le sol ont eu les meilleures performances. Elles ont produit environ 03 feuilles après 40 jours en pépinière. La variété Safari a eu les plantules les plus grandes de taille avec environ 17 cm de hauteur. Ces plantules ont eu également les poids frais les plus élevés (423,11 mg). Les variétés Damani et Karibou ont eu les taux les plus élevés de matière sèche avec une valeur moyenne de 10,50 %. La variété Bati a eu le taux le plus faible de matière sèche (08,14 %).

En alvéole, à l'exception de la variété Damani, les autres variétés ont eu des hauteurs de plantules identiques d'environ 18 cm. Les plantules de la variété Karibou ont produit plus de feuilles (03) que les autres. Les variétés Damani et Karibou ont eu les taux les plus élevés de matière sèche qui fluctuent entre 10,43 et 10,78%.

Tableau 1. Caractéristiques morphologiques des plantules des cinq variétés d'oignon en pépinière sur terre

Variétés	Hauteur plantule (cm)	Diamètre plantule (cm)	Nombre de feuille	Poids frais (mg)	Poids sec (mg)	% MS
Bati	14,29 ± 2,39 b	0,18 ± 0,09	2,30 ± 0,51 b	249,58 ± 62,33 d	20,67 ± 07,59 d	08,14 ± 1,57 c
Cara	15,03 ± 3,71 b	0,20 ± 0,13	2,30 ± 0,57 b	309,39 ± 156,53 c	24,86 ± 08,47 c	09,49 ± 3,72 b
Damani	15,36 ± 3,01 b	0,19 ± 0,07	2,49 ± 0,53 a	323,11 ± 119,62 c	33,97 ± 11,52 b	10,78 ± 2,72 a
Karibou	15,43 ± 2,64 b	0,20 ± 0,05	2,63 ± 0,51 a	366,87 ± 115,15 b	37,58 ± 0 9,68 a	10,43 ± 0,97 a
Safari	16,99 ± 3,54 a	0,20 ± 0,04	2,67 ± 0,54 a	423,11 ± 121,07 a	39,23 ± 09,73 a	09,44 ± 1,24 b
F	9,17	1,30	9,85	26,88	65,92	18,22
P value	<0,001	0,27	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001

NB : En gras les valeurs les plus élevées. Sur une même colonne, les moyennes affectées de la même lettre sont statistiquement égales au seuil $\alpha = 5$ % selon le test de Newman et Keuls. F = Statistique du test ; P= probabilité

Source: Résultat projet de recherche sur l'oignon de l'UPGC (année 2020)

Tableau 2. Caractéristiques morphologiques des plantules des cinq variétés d'oignon en pépinière dans les alvéoles

Variétés	Hauteur plantule (cm)	Diamètre plantule (cm)	Nombre de feuille	Poids frais (mg)	Poids sec (mg)	% MS
Bati	18,39 ± 1,48 a	0,20 ± 0,01	2,10 ± 0,32 b	344,60 ± 1,90 a	33,97 ± 2,12 a	9,86 ± 0,62 b
Cara	17,82 ± 2,28 a	0,18 ± 0,04	2,10 ± 0,32 b	331 ± 3,16 b	20,50 ± 1,58 d	6,19 ± 0,49 c
Damani	15,05 ± 1,26 b	0,20 ± 0,01	1,90 ± 0,32 b	213,25 ± 2,37 d	24,60 ± 1,90 c	11,54 ± 0,91 a
Karibou	17,91 ± 1,72 a	0,20 ± 0,01	2,50 ± 0,53 a	311 ± 3,16 c	20,40 ± 1,26 d	6,56 ± 0,42 c
Safari	17,45 ± 1,21 a	0,18 ± 0,03	2,00 ± 0 b	305 ± 15,81 c	30,50 ± 1,58 b	10,02 ± 0,73 b
F	6,45	2,00	4,50	475,29	125,38	125,92
Pvalue	<0,001	0,11	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001

NB : En gras les valeurs les plus élevées. Sur une même colonne, les moyennes affectées de la même lettre sont statistiquement égales au seuil $\alpha = 5\%$ selon le test de Newman et Keuls. F = Statistique du test ; P= probabilité

Source: Résultat projet de recherche sur l'oignon de l'UPGC (année 2020)

Le tableau 3 présente le lien entre les variables mesurées. Le poids frais de la plantule est lié significativement à la hauteur ($r = 0,61$), au diamètre ($r = 0,54$) et au nombre de feuilles ($r = 0,72$). Le poids sec est également corrélé significativement au diamètre ($r = 0,55$) et au nombre de feuilles ($r = 0,68$). Le Poids sec dépend du poids frais ($r = 0,84$) et le taux de matière sèche croît avec le poids sec ($r = 0,53$).

Tableau 3. Corrélation (r) de Pearson entre les variables mesurées chez l'oignon en pépinière

Paramètres	Hauteur plantule	Diamètre plantule	Nombre de feuille	Poids frais	Poids sec	% MS
Hauteur plantule	1	0,36	0,10	0,61**	0,41	-0,21
Diamètre plantule		1	0,38	0,54*	0,55*	0,40
Nombre de feuille			1	0,72**	0,68**	0,11
Poids frais				1	0,84**	0,05
Poids sec					1	0,53*
% MS						1

**La corrélation est significative au niveau 0,01; *La corrélation est significative au niveau 0,05

Source: Résultat projet de recherche sur l'oignon de l'UPGC (2020)

Discussion

Dans cette étude, les plantules élevées dans les alvéoles ont enregistré les plus grandes tailles. La croissance d'une plante dépend de plusieurs facteurs dont la richesse du milieu en éléments minéraux (Freschet *et al.*, 2018). Ces minéraux sont partagés par les plantes cultivées sur une même superficie ; par conséquent, le nombre ou la densité d'individus pourrait influencer le partage de ces minéraux. Dans cet essai, chaque poquet de l'alvéole contient trois plantules, chaque plantule a eu les minéraux nécessaires à sa croissance. À l'opposé, sur terre, la densité élevée de semis a influencé négativement la hauteur des plantules à telle enseigne que la dose de 05 g/m² a enregistré les plantules de taille relativement faible. Cela expliquerait aussi les faibles valeurs de diamètre au collet des plantules de la dose 05 g/m². Le substrat utilisé pour la conduite de la pépinière en alvéole apporterait les minéraux nécessaires à la croissance des plantules. Par ailleurs certains auteurs considèrent les plantules dont la hauteur est comprise entre 15 et 20 cm comme plus aptes pour le repiquage au champ (Abdou *et al.*, 2015). Les plantules élevées en alvéole qui ont eu une forte vitesse de croissance avec des plantules relativement grandes de taille seraient plus aptes pour le repiquage au champ après 40 jours en pépinière.

La conduite de la pépinière dans les alvéoles a l'avantage de limiter les dégâts dus aux parasites du sol et adventices. En effet, l'oignon est une culture sensible à la compétition des adventices (Bennacer & Bouderbala, 2016). Le coût relativement élevé de la conduite de la pépinière en alvéole pourrait limiter son utilisation par les paysans. La pépinière en pleine terre est la plus couramment rencontrée parce qu'elle demande peu d'investissement, cependant elle présente beaucoup de risques. En effet, elle est favorable aux fontes des semis, à l'attaque des parasites du sol, aux dégâts d'animaux et aux compétitions avec les adventices (Napo, 2013 ; Bello *et al.*, 2019b).

Le nombre élevé de feuilles produites par les plantules ainsi que les valeurs élevées des poids frais, sec et taux de matière sèche des doses 03 et 04 g/m² militent en faveur de ces doses pour la conduite de la pépinière sur terre, cependant la dose de 04 g/m² pourrait avoir l'avantage du nombre élevé de plantules en pépinière.

La matière fraîche d'une plante dépendrait de la quantité d'eau dans la plante. Par ailleurs les différents organes de la plante contenant de l'eau ou les plantes qui ont plus de feuilles ont les poids frais les plus élevés et sont de grande taille. Cela explique les corrélations positives et significatives entre le poids frais et les variables "nombre de feuilles" et "hauteur de la plantule" révélées par les présents travaux.

Dans cette étude, au niveau de la pépinière conduite sur terre, les variétés Damani, Karibou et Safari ont eu les meilleures performances. Ces génotypes s'adaptent mieux aux conditions de l'essai. Cependant lorsque

la méthode de conduite change (en alvéole), les variétés Bati et Cara ont presque les mêmes performances que les autres variétés. De telles réponses laissent apparaître l'influence négative ou positive de la méthode de conduite diversement sur les génotypes d'oignon. Les variétés Damani, Karibou et Safari qui ont maintenu une relative performance quelle que soit la méthode de conduite de la pépinière, et pourraient mieux se comporter au champ après repiquage. En effet, la réussite du champ dépend en grande partie de la qualité des plants en pépinière (Assi *et al.*, 2018).

Cette étude a révélé que le taux de matière sèche évolue positivement avec le poids sec et ce dernier dépend significativement du poids frais. Le poids de la plantule dépend significativement de sa hauteur et du nombre de feuilles. Les présents résultats indiquent que la sélection des plantules en pépinière peut se faire directement en se basant uniquement sur la taille des plantules et le nombre de feuilles. En d'autres termes, les plantules qui ont une bonne taille et qui produisent beaucoup de feuilles peuvent être considérées comme vigoureuses et doivent être sélectionnées pour le repiquage au champ.

Conclusion

Dans la présente étude, deux méthodes de conduite de la pépinière de l'oignon ont été évaluées à travers les caractéristiques morphologiques de cinq variétés que sont *Bati*, *Karibou*, *Cara*, *Damani* et *Safari*. À cet effet, les plantules soumises à trois doses de semis (03, 04 et 05 g/m²) sur terre, et 03 graines par poquet alvéolée ont été mises en comparaison.

Il ressort de cette étude que les plantules élevées dans les alvéoles ont eu en moyenne les plus grandes tailles (17,32 cm). Sur terre, les tailles ont varié de 14,77 cm à 16,09 cm respectivement pour les doses de 05 g/m² et 03 et 04 g/m². Les doses de semis 03 et 04 g/m² ont enregistré les plantules les plus robustes relativement au nombre de feuilles (03) et les poids frais et sec. Les variétés Damani, Karibou et Safari ont eu les meilleures performances relativement aux caractéristiques morphologiques. La robustesse de la plantule est corrélée positivement à sa taille et au nombre de feuilles. Au vu des résultats, la pépinière d'oignon peut être conduite dans les alvéoles et la dose de 04 g/m² peut être conseillée pour la conduite de la pépinière sur terre. La sélection des plantules en pépinière peut se faire directement en se basant uniquement sur la taille de la plantule et le nombre de feuilles.

Remerciements

Les auteurs remercient le KAFACI (Korea Africa Food & Agriculture Cooperation Initiative) pour le financement de cette étude.

References:

1. Assi E.M., Dogbo O.D., Kassin E., Assiri A.A., Tahy G.M., Guiraud B., N'guessan W.P., Aka R.A., N'guessan F. & Kone B. (2018). Détermination de l'âge optimal en pépinière des plants de cacaoyer pour une meilleure réussite au champ. *African Crop Science Journal* 26(4): 491 – 501.
2. Abdou R., Malice M., Bakasso Y., Saadou M. & Baudoin J.P. (2015). Variabilité morphologique et agronomique des écotypes d'oignon (*Allium cepa* L.) identifiés par les producteurs du Niger. *TROPICULTURA* 33 (1) : 3-18.
3. Bello S., Ahanchede A. & Amadji G.L. (2019a). Influence des pratiques de désherbage manuel sur l'évolution à long terme de l'enherbement et du rendement de l'oignon (*Allium cepa* L) au Nord-Est du Bénin, Afrique *SCIENCE* 15(6) : 11 – 26.
4. Bello S. Ahanchede A. & Amadji G. L. (2019b). Détermination des périodes de compétition des mauvaises herbes en culture d'oignon (*Allium cepa* L.) au Nord-Est du Bénin. *Int. J. Biol. Chem. Sci.* 13(6): 2497-2512
5. Bennacer M. & Bouderbala A. (2016). Etude du désherbage (chimique et manuel) en pépinière sur la culture d'oignon *A. cepa* . (Deux hybrides F1 et une variété population). Mémoire de Master en AGRONOMIE, Université Abdelhamid Ibn Badis-Mostaganem, Algérie, 73 p.
6. David-Benz H. & Seck A. (2018). Améliorer la qualité de l'oignon au Sénégal: contractualisation et autres mesures transversales. Rapport d'analyse de politique, SAPAA (projet de Suivi et Analyse des Politiques Agricoles et Alimentaires). Rome, FAO, 50 P.
7. Freschet G.T., Violle C., Roumet, C. & Garnier E. (2018). Interactions entre le sol et la végétation : structure des communautés de plantes et fonctionnement du sol. Les sols au cœur de la zone critique : écologie (eds P. Lemanceau & M. Blouin), pp. 83-99. ISTE éditions, London, UK.
8. Kiema N. (2019). Warrantage de l'oignon et autonomisation financière de la femme en milieu rural, défis et perspectives : cas du groupement féminin maraîcher relwindé de bouloinsi dans le sous bassin versant de zogoré. Mémoire de fin de cycle Diplôme d'Ingenieur du Developpement Rural. Université Nazi Boni (UNB), Institut du Developpement Rural (IDR), Burkina Faso, 51 p.
9. Laouali A., Assoumane A., Abdou M. M., Abdoukadi A. & Alzouma M.Z. (2019). Analyse de la Chaîne de Valeurs d'oignon (*Allium Cepa* L.) Blanc de Soucoucoutane au Niger. *European Scientific Journal* 15, (3): 99-117.

10. Napo H. I. (2013). Etude diagnostique des techniques de production de l'oignon (*Allium cepa* L.) dans la province du Yatenga. Memoire de fin de cycle en vue de l'obtention du Diplôme d'ingénieur en vulgarisation agricole, Université polytechnique de Bobo-Dioulasso (Burkina Faso), 53 p.
11. RONGEAD (2014). Diagnostic de la filière oignon en côte d'ivoire. Projet « Redynamiser les productions, l'accès au marché et le conseil agricole pour les filières vivrières et commerciales du Nord de la Côte d'Ivoire ». Coopération Union Européenne – République de Côte d'Ivoire Programme FLEX-FED/2013/324 233, 35p.
12. Siéné L. A.C., Doumbouya M., Traoré M.S., Condé M., N'guettia T.V.F. & Koné M. (2020). Effet de quatre types de fertilisants sur la croissance et la productivité de deux génotypes de maïs (*Zea mays* L.) en cas d'un semis tardif à Korhogo au Centre-Nord de la Côte d'Ivoire, *Int. J. Biol. Chem. Sci.* 14(1): 55-68.
13. Silué S., Fondio L., Coulibaly M.Y. & Magein H. (2003). Sélection de variétés d'oignon (*Allium cepa* L.) adaptées au nord de la Côte d'Ivoire, *TROPICULTURA* (21), 3, 129-134.



ESJ Natural/Life/Medical Sciences

Signature Géochimique des Granitoïdes de la Branche Est du Sillon de Boundiali-Korhogo (Nord de la Côte D'ivoire)

***Fofana Krohognon,
Allialy Marc Ephrem***

Laboratoire de Géologie, Ressources Minérales et Energétiques (LGRME),
UFR Sciences de la Terre et des Ressources Minières (UFR-STRM),
Université Félix Houphouët-Boigny, Abidjan, Côte d'Ivoire

Coulibaly Inza

Laboratoire Géosciences et Environnement, UFR des Sciences et Gestion de
l'Environnement (UFR-SGE), Université Nangui Abrogoua, Abidjan, Côte
d'Ivoire

Teha Koffi Raoul

Laboratoire de Géologie, Ressources Minérales et Energétiques (LGRME),
UFR Sciences de la Terre et des Ressources Minières (UFR-STRM),
Université Félix Houphouët-Boigny, Abidjan, Côte d'Ivoire

[Doi:10.19044/esj.2021.v17n34p223](https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n34p223)

Submitted: 24 June 2021

Accepted: 20 September 2021

Published: 30 September 2021

Copyright 2021 Author(s)

Under Creative Commons BY-NC-ND

4.0 OPEN ACCESS

Cite As:

Fofana K., Allialy M.E., Coulibaly I. & Teha Koffi R. (2021). *Signature Géochimique des Granitoïdes de la Branche Est du Sillon de Boundiali-Korhogo (Nord de la Côte D'ivoire)*. European Scientific Journal, ESJ, 17(34), 223.

<https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n34p223>

Résumé

Cet article résume les données relatives à la pétrographie et aux compositions en éléments majeurs et en traces des granitoïdes du sillon de Korhogo. Le sillon de Korhogo est situé au Nord de la Côte d'Ivoire, dans le domaine birimien. Ce sillon qui constitue la branche Est du sillon de Boundiali-Korhogo est à cheval sur les régions du Poro et du Tchologo. La méthodologie employée a permis à l'issue des observations macroscopiques, de recueillir des échantillons pour les études microscopiques et géochimiques. Les études pétrographiques indiquent que les granitoïdes du sillon de Korhogo sont des granodiorites et granites. Ces granitoïdes ont été affectés par une intense altération pervasive et fissurale témoignant ainsi de l'intensité de l'altération hydrothermale dans le sillon de Korhogo. Ces roches ont été

affectées par un le métamorphisme de faciès schiste vert. Les données géochimiques montrent que les granitoïdes sont calco-alcalins, potassiques, métalumineux à peralumineux et de Type « I ». Ces roches sont enrichies en LREE [Granodiorite ((La/Sm)_N = 3,36 – 4,45 ; (Gd/Yb)_N = 1,56 – 2,51 ; et (La/Yb)_N = 7,29 – 20,92) ; Granite ((La/Sm)_N = 4,51 - 4,69 ; (Gd/Yb)_N = 1,00– 3,13 et (La/Yb)_N = 7,63 - 26,53] et présentent des anomalies négatives à quasiment nulles en cérium [Granite (Ce/Ce* = 0,60 -0,92) ; Granodiorite (Ce/Ce* = 0,80 -1,01)]. Les anomalies en europium varient des granodiorites [(Eu/Eu* = 0,81 – 1,53)] aux granites [(Eu/Eu* = 0,90 - 1,11)]. Ces granitoïdes ont de faibles taux de TiO₂ (<2 %). Les arachnogrammes des éléments en trace normalisés au manteau primitif sont généralement enrichis en LILE (Cs, Ba, Rb, K) associés à une anomalie négative en Nb-Ta.

Les tendances géochimiques indiquent que les granitoïdes du sillon de Korhogo proviendraient d'un mélange crustal et mantellique et se seraient mis en place dans un contexte de subduction.

Mots clés: Birimien, Sillon de Korhogo, Granitoïde, Pétrographie, Géochimie

Granitoids Geochemical Signature of the Boundiali-Korhogo Belt Eastern Branch (North of Cote D'ivoire)

*Fofana Krohognon,
Allialy Marc Ephrem*

Laboratoire de Géologie, Ressources Minérales et Energétiques (LGRME),
UFR Sciences de la Terre et des Ressources Minières (UFR-STRM),
Université Félix Houphouët-Boigny, Abidjan, Côte d'Ivoire

Coulibaly Inza

Laboratoire Géosciences et Environnement, UFR des Sciences et Gestion de
l'Environnement (UFR-SGE), Université Nangui Abrogoua, Abidjan, Côte
d'Ivoire

Teha Koffi Raoul

Laboratoire de Géologie, Ressources Minérales et Energétiques (LGRME),
UFR Sciences de la Terre et des Ressources Minières (UFR-STRM),
Université Félix Houphouët-Boigny, Abidjan, Côte d'Ivoire

Abstract

This paper summarizes the data available on petrography and the concentrations of major and trace elements in granitoids from Korhogo greenstone belt province. The Korhogo greenstone belt is located in the north of Côte d'Ivoire, in the birimian domain. This belt which constitutes the eastern branch of the Boundiali-Korhogo greenstone belt straddles the Poro and Tchologo areas. The methodology started by the macroscopic to

microscopic observations then it continued to the geochemical studies. Petrographic studies indicate that the granitoids of Korhogo greenstone belt are granodiorites and granites. These granitoids were affected by intense pervasive and fissural alteration thus testifying the intensity of hydrothermal alteration in the Korhogo greenstone belt. These rocks were affected by regional greenschist facies. Geochemical datas show that the granitoids are calc-alkaline, potassic, metaluminous to peraluminous and "I" Type. These rocks are enriched in LREE [Granodiorite $(La/Sm)_N = 3,36 - 4,45$; $(Gd/Yb)_N = 1,56 - 2,51$; et $(La/Yb)_N = 7,29 - 20,92$; Granite $(La/Sm)_N = 4,51 - 4,69$; $(Gd/Yb)_N = 1,00 - 3,13$ et $(La/Yb)_N = 7,63 - 26,53$] and present negative to non-existing cerium anomalies [Granite $(Ce / Ce^* = 0.60 - 0.92)$; Granodiorite $(Ce/Ce^* = 0.80 - 1.01)$]. The europium anomalies vary from granodiorites $[(Eu/Eu^* = 0.81 - 1.53)]$ to granites $[(Eu/ Eu^* = 0.90 - 1.11)]$. These granitoids have low levels of TiO_2 ($<2\%$). Primitive mantle normalized, trace element patterns show that granitoids have geochemical patterns characterized by enrichment in LILE (Cs, Ba, Rb, K) associated with negative Nb –Ta anomalies.

Geochemical trends indicate that the granitoids of Korhogo greenstone belt originate from a crustal and mantle mixture and were set up in a context of subduction.

Keywords: Birimian, Korhogo Greenstone Belt, Granitoids, Petrography, Geochemistry

Introduction

Les formations birimiennes sont composées de ceintures de roches vertes et de larges bassins sédimentaires, plus ou moins étirés dans la direction NE-SW qui contiennent des roches plutono-volcaniques, volcanoclastiques et sédimentaires, métamorphisées globalement dans les conditions du faciès des schistes verts et intrudés par des massifs de granitoïdes. Les ceintures de roches vertes birimiennes sont connues comme étant porteuses d'abondantes minéralisations aurifères (Milési *et al.*, 1989) et la Côte d'Ivoire possède la plus grande part des formations birimiennes de l'Afrique de l'Ouest avec environ 35 % de ces formations. Ces intrusions séparent et parfois recoupent les formations des ceintures et correspondent essentiellement à des tonalites, des granodiorites et des monzogranites. De manière schématique, on peut les classer en deux suites en fonction de leurs caractères pétrographiques, géochimiques et de leur âge de mise en place: i) une suite à caractère sodique représentée essentiellement par des granitoïdes à amphiboles définissant une série de type TTG mise en place entre 2,25 et 2,12 Ga; ii) une suite calco-alkaline à caractère potassique représentée par des granitoïdes à ortho et clinopyroxène, des granitoïdes à amphibole et des granitoïdes à biotite mis en

place entre 2,12 et 2,09 Ga et parfois même une suite alcaline avec des granites et des syénites alcalins comme ceux décrits au Burkina Faso (Naba *et al.*, 2004; Tapsoba *et al.*, 2013), en Côte d'Ivoire (Morel et Alinat, 1993) et au Sénégal (Hirdes et Davis, 2002) mis en place à la fin de l'orogénèse entre 2,11 et 2,07 Ga. Les minéralisations aurifères dans le domaine paléoprotérozoïque sont souvent associées à des shear zones dans les zones de contact métasédiments - roches vertes/ intrusions granitoïdes (Milési *et al.*, 1989 et 1992 ; Feybesse, 2001; Gbamélé, 2012 ; Houssou, 2013 ; Gnanzou, 2014 ; Ouattara, 2015). La ceinture de roches vertes de Boundiali-Korhogo est composée d'une branche Ouest orientée N-S appelée le sillon de Boundiali ou de la Bagoué et d'une branche Est, orientée NNE-SSO est appelée le sillon de Korhogo, qui appartient aux régions de Korhogo et du Tchologo. Les travaux scientifiques effectués, essentiellement lithologique (Turner, 1993 et Yacé, 2002) se résument au sillon de Boundiali. La branche Est qui constitue notre zone d'étude est sujet à de nombreuses activités minières qui ont conduit à la découverte du gisement de Tongon ainsi que la mise en évidence de plusieurs prospectifs prometteurs. Cependant très peu de travaux scientifiques ont été entrepris tant sur le plan pétrostructural, géochimique, que géochronologique. C'est dans ce contexte que cette étude a été initiée dans l'optique de contribuer à l'amélioration des connaissances pétrographiques et géochimiques sur les granitoïdes de Côte d'Ivoire, et en particulier ceux du sillon de Korhogo.

2. Contexte géologique

La Côte d'Ivoire appartient à la partie sud du Craton Ouest-Africain et plus précisément à la dorsale de Man ou dorsale de Léo (**Fig. 1**). Elle est constituée d'un socle précambrien qui représente 97,5 % de sa superficie et d'un bassin sédimentaire côtier secondaire-tertiaire couvrant 2,5 % du territoire. Ce socle d'âge précambrien comporte un domaine archéen (Kenema-Man) à l'ouest (3600-2500 Ma) et un domaine paléoprotérozoïque (Birimien) également dénommé domaine Baoulé-Mossi à l'est (2500-1800 Ma), séparés par la faille du Sassandra (Bessoles, 1977). La zone d'étude appartient aux régions du Poro et du Tchologo. Le sillon de Korhogo ou du Haut-Bandama, appartient au domaine Baoulé-Mossi qui couvre les deux tiers de la Côte d'Ivoire (**Fig. 2**). La société BHP Minerals, dans le cadre d'un partenariat avec la société pour le développement minier (SODEMI) a effectué un programme d'exploration minière dans la zone d'étude de 1988 à 1994. Cette mission révélera l'existence d'unités volcanosédimentaires constituées d'une séquence de roches volcaniques basaltiques à andésitiques avec des intercalations de schistes, de tufs fins felsiques et des unités de cherts mineurs (BHP Minerals, 1994) ; (Adegoké M.B, 1996). Ces unités volcaniques contiennent de petites unités intrusives de granitoïdes calco-alcalins, de granitoïdes indifférenciés et de dykes doléritiques qui les recourent

localement. Ces auteurs montrent que la minéralisation aurifère dans cette zone est associée à des couloirs de cisaillements affectant principalement les unités birimiennes. En effet, la zone d'étude est encadrée de part et d'autre à l'ouest et à l'est par des granitoïdes. Ces lithologies observées dans zone d'étude sont affectées par un métamorphisme général de faciès schistes verts dominants à localement amphibolique. La **figure 3** illustre la carte géologique de la zone d'étude.

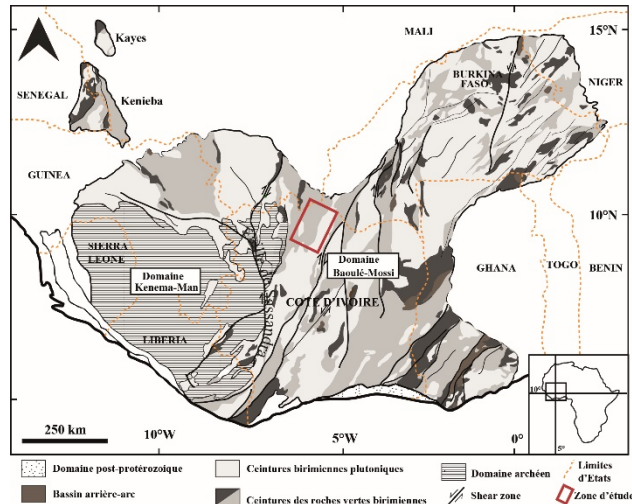


Figure 1. Carte géologique synthétique de la Dorsale de Man (modifiée, d'après Milési *et al.*, 2004) et localisation de la zone d'étude

3. Méthodologie

Plusieurs échantillons de granitoïdes ont été sélectionnés au cours des différentes phases de terrain afin d'apporter plus de précision à la pétrographie macroscopique et également pour connaître la signature géochimique des différentes roches. Les lames minces ont été confectionnées et étudiées au Laboratoire Géologie, Ressources Minérale et Energétique de l'UFR des Sciences de la Terre et des Ressources Minières (UFR STRM) de l'Université Félix Houphouët-Boigny d'Abidjan-Cocody. Sept échantillons de roches saines (cinq granodiorites et deux granites) ont été sélectionnés pour les analyses en éléments majeurs et en traces. Le broyage a été effectué par le Bureau Veritas à Abidjan (Côte d'Ivoire). Par la suite, les poudres ont été envoyées au Bureau Veritas Commodities Ltd (Canada), pour analyse chimique des éléments majeurs et en traces par la spectrométrie à émission atomique (ICP-AES) et par la spectrométrie de masse (ICP-MS).

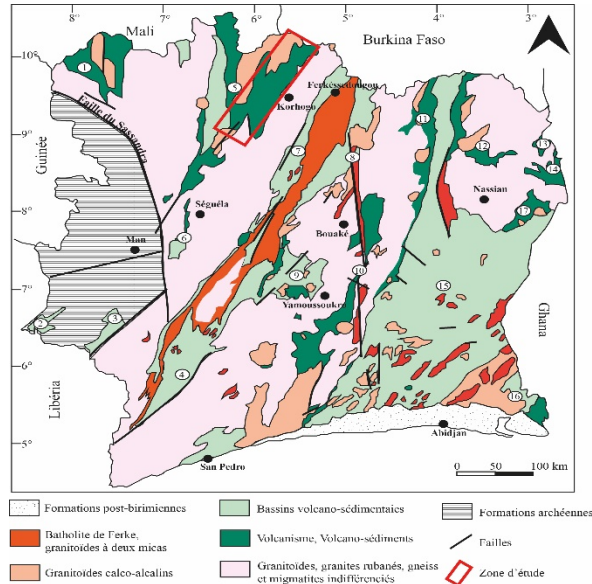


Figure 2. Schéma simplifié des ensembles géologiques en Côte-d'Ivoire, d'après la carte géologique au 1/1000000 de la Côte-d'Ivoire de Tagini (1972), modifiée et localisation de la zone d'étude.

1. sillon d'Odienné ; 2. sillon de Toulepleu ; 3. sillon de Guiglo ; 4. sillon de Soubré ; 5. sillon de Boundiali-Korhogo (Senoufo belt) ; 6. sillon de Séguéla ; 7. sillon de Ferké ; 8. sillon de Katiola ; 9. sillon de Bouaflé ; 10. sillon de Bouaké-Est ; 11. sillon de Téhini ; 12. sillon de Nassian-Nord ; 13. Sillon de Bouna-Sud-est ; 14. sillon de Bondoukou-Nord ; 15. sillon de Dimbokro-Abengourou ; 16. Sillon d'Aboisso ; 17. sillon de Bondoukou

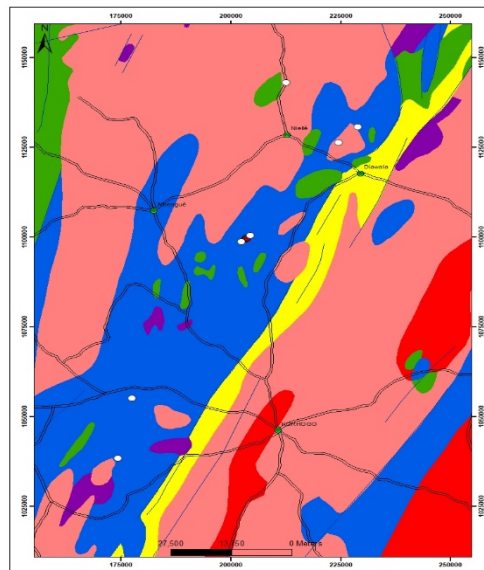


Figure 3. Carte de la zone d'étude modifiée d'après (Tagini, 1972)



4. Résultats

4.1. Pétrographie

Les granitoïdes de la zone d'étude sont représentés généralement par les granodiorites et les granites.

4.1.2. Granodiorite

Ces roches ont été prélevées dans les localités de Niellé, Diawala et Fapoha. A l'affleurement, ces roches sont massives, mésocrates de texture grenue à grenue porphyroïde et en intrusion dans les metabasites (**Figure 4A**). Certains échantillons ont été prélevés généralement dans les zones d'orpaillages. On peut observer des cristaux de quartz, plagioclase, amphibole, biotite, des sulfures et des oxydes. Au microscope, ces roches sont généralement composées de quartz, de plagioclase, d'hornblende verte et de biotite (**Figure 4 B-C-D**). Le quartz se présente généralement sous forme de phénocrystal avec une extinction roulante remarquable. Les cristaux de plagioclase, montrent également des phénocristaux qui sont souvent altérés et transformés en séricite, carbonates et épidote. Le plagioclase montre sur certaines sections une zonation magmatique. La hornblende verte est de la taille du grain moyen de la roche. La biotite, associée par endroit à la hornblende verte, montre des inclusions de zircons. Ces ferromagnésiens se déstabilisent souvent en chlorite et épidote. On note la présence de veinules de quartz-séricite associée à la chlorite et aux sulfures et oxydes.

4.4.4. Granites

Les granites affleurent dans presque toute la zone d'étude. Ces roches sont massives, généralement grenues, et en intrusion dans les metabasites (**Figure 4E**). Elles affleurent par endroit en bordure des cours d'eaux et sont constituées de cristaux de quartz, de feldspaths et de biotites. Ces granites sont parcourus par des filons de quartz. Au microscope les cristaux de plagioclase sont souvent altérés et transformés majoritairement en séricite et dans un degré moindre en épidote (**Figure 4F**). Le quartz quant à lui montre une extinction roulante remarquable. La biotite est présente avec certaines sections montrant un début de chloritisation. Cette dernière est plus abondante que la muscovite. On observe également la microcline, l'orthose ainsi que des minéraux opaques.

4.2. Géochimie

Les analyses en éléments majeurs et en traces des granitoïdes du sillon de Korhogo sont résumées dans le **tableau I**.

4.2.1. Eléments majeurs

Les teneurs en éléments majeurs des granitoïdes du sillon de Korhogo ont des compositions de granites (4) et de granodiorites (2) sur le diagramme de Middlemost (1994) (**Fig. 5**).

Les granodiorites présentent des teneurs en SiO_2 qui varient de 65,13 à 67,84%. MgO varie de 1,37 à 2,95% avec $(\text{Mg}\#) = 44,31\text{-}59,06$; Fe_2O_3 entre 3,80 et 5,47% ; Al_2O_3 varie de 9,55 à 15,77% et CaO varie de 3,18 à 11,35%. Les teneurs en Na_2O et en K_2O varient respectivement de 2,72 à 4,93% et de 0,61 à 3,21%. MnO est compris entre 0,07 et 0,10% et TiO_2 varie de 0,40 à 0,57%. Les diagrammes de Shand (1922) et de Irvine et Baragar. (1977) permettent de dire que ces roches sont métalumineuses et calco-alcalines (**Fig. 6 et 7**).

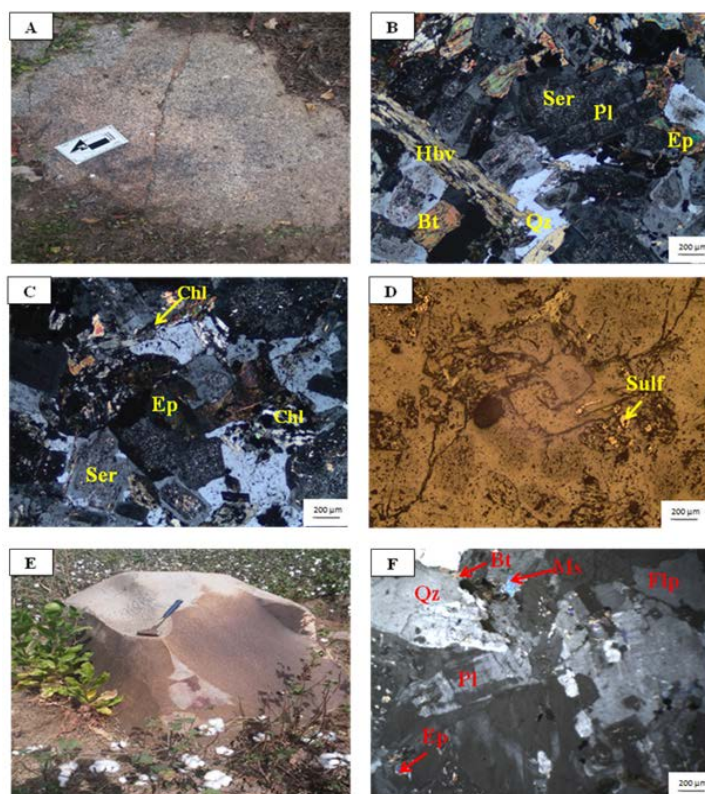


Figure 4. Aspects macroscopiques et microscopiques des granitoïdes du sillon de Korhogo.

A-B-C-D : Aspects macroscopiques et microscopiques des granodiorites ; E-F : Aspects macroscopiques et microscopiques des granites. *Hb-V* : Hornblende verte ; *Bt* : Biotite ; *Flp* : Feldspaths ; *Pl* : Plagioclase ; *Ms* : Muscovite ; *Qz* : Quartz ; *Ep* : Epidote ; *Chl* : Chlorite ; *Sulf* : Sulfure

Les granites sont caractérisés par des teneurs en SiO₂ de 72,27 à 74,42 %. MgO varie de 0,27 à 0,52 % avec (Mg#) = 32,40 – 35,06 ; Fe₂O₃ est compris entre 1,25 et 2,13 % ; Al₂O₃ est de 14,78 % et CaO varie de 1,14 à 1,63 %. Les teneurs en Na₂O varient de 4,65 à 5,37 % ; K₂O est compris entre 2,14 et 4,03 % ; MnO et TiO₂ varient respectivement de 0,04 à 0,05 % et 0,09 à 0,31%. Les diagrammes de Shand (1922) et de Irvine et Baragar. (1977) permettent de dire que les granites sont peralumineux et calco-alkalins (**Fig. 6 et 7**).

	Echantillon/Éléments majeurs (%)	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	MnO	TiO ₂	P ₂ O ₅	Cr ₂ O ₃	LOI	Total
Granodiorite	DIA21	67.84	14.54	4.27	3.18	2.02	4.61	2.94	0.08	0.4	0.12	0.02	0.43	100
Granodiorite	DIA25	65.61	15.07	5.33	4.08	2.21	4.49	2.38	0.09	0.57	0.17	0.02	0.62	100
Granodiorite	N02-1	67.5	9.55	5.47	11.35	2.12	2.72	0.61	0.1	0.46	0.12	0.03	4.36	100
Granodiorite	N010	65.13	15.11	4.5	4.1	2.95	4.26	3.21	0.08	0.48	0.17	0.04	1.65	100
Granite	DIA22-3	72.27	14.78	2.13	1.14	0.52	4.65	4.03	0.05	0.31	0.11	0.01	0.56	100
Granite	FAP18	74.42	14.78	1.25	1.63	0.27	5.37	2.14	0.04	0.09	0.02	0.02	0.65	100
	Echantillon/Éléments en traces (ppm)	Ba	Be	Co	Cs	Ga	Hf	Nb	Rb	Sn	Sr	Ta	Th	
Granodiorite	DIA21	572	2	11.8	0.4	15.3	3.2	3.5	67.4	<1	515.9	0.4	4.6	
Granodiorite	DIA25	516	1	12.2	1	17.1	3.8	4.1	63.1	<1	645.1	0.4	3.9	
Granodiorite	N02-1	269	2	11.4	0.5	14.1	2.8	4.2	13.3	<1	486.9	0.3	2.7	
Granodiorite	N010	824	2	14.4	2.7	16.8	3.8	5.7	64	<1	713.9	0.5	6.7	
Granite	DIA22-3	976	1	6.4	2.4	15.9	4	6	120.3	<1	558.5	0.7	8	
Granite	FAP18	981	3	1.2	0.6	13	1.5	3	42.4	<1	697.5	0.2	0.4	
	Echantillon/Éléments en traces (ppm)	U	V	W	Zr	Y	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	
Granodiorite	DIA21	1.8	86	0.7	113.2	41.2	23.5	36.5	4.95	18.8	3.46	0.99	4.14	
Granodiorite	DIA25	1.2	104	<0.5	138.3	13.9	19	37.5	4.26	15.6	3.39	0.93	3.04	
Granodiorite	N02-1	0.6	63	22.4	98.3	13.5	20.9	39.9	4.67	17.8	3.79	1.79	3.44	
Granodiorite	N010	2.9	78	9.4	141	9.7	32	65.2	7.2	27.8	4.38	1.22	3.16	
Granite	DIA22-3	3.1	27	0.5	168.6	20	66.3	80.4	15.19	55.4	8.61	2.17	6.44	
Granite	FAP18	0.1	<8	<0.5	47.2	3.4	3.7	6.5	0.74	3.2	0.5	0.16	0.4	
	Echantillon/Éléments en traces (ppm)	Tb	Ni	As	Cd	Sb	Bi	Ag	Au	Hg	Tl	Se		
Granodiorite	DIA21	0.63	9.1	2.8	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	2.9	<0.01	<0.1	<0.5		
Granodiorite	DIA25	0.45	9.4	2.9	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	1.7	<0.01	<0.1	<0.5		
Granodiorite	N02-1	0.47	15.4	8.6	<0.1	0.4	<0.1	0.1	5.2	0.01	<0.1	<0.5		
Granodiorite	N010	0.39	43.1	15.9	<0.1	0.1	<0.1	<0.1	<0.5	<0.01	0.1	<0.5		
Granite	DIA22-3	0.77	9.8	0.9	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	1.6	<0.01	0.1	<0.5		
Granite	FAP18	0.07	1.3	1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	0.7	<0.01	<0.1	<0.5		

4.2.2. Éléments en traces

Les compositions en éléments en traces des granitoïdes du sillon de Korhogo sont présentées dans le **tableau I**.

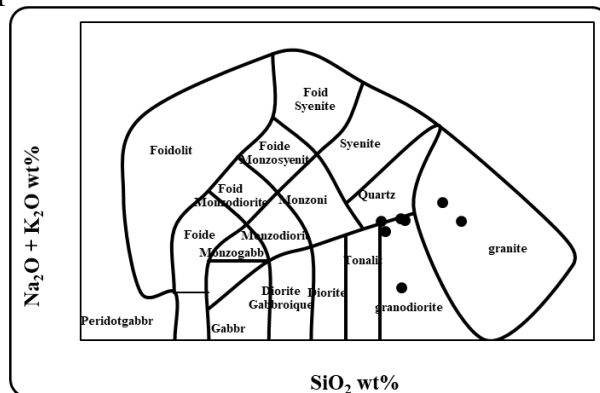


Figure 5. Diagramme de classification de Middlemost (1994) appliqué aux granitoïdes du sillon de Korhogo

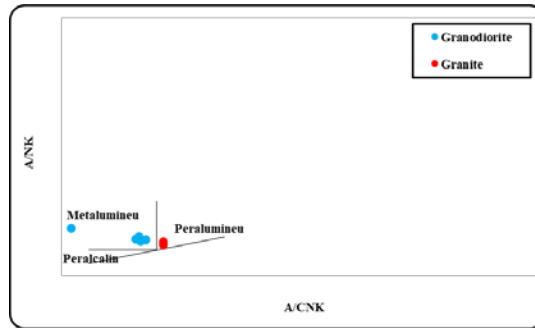


Figure 6. Diagramme de Shand (1922) appliqué aux granitoïdes du sillon de Korhogo

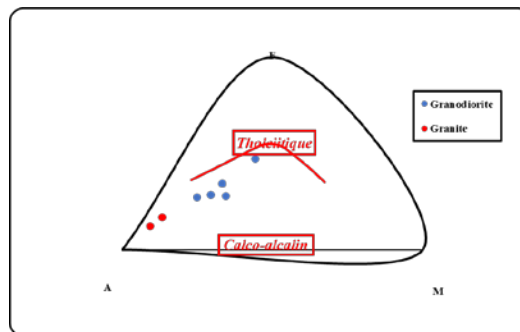


Figure 7. Diagramme AFM (Irvine et Baragar, 1971) appliqué aux granitoïdes du sillon de Korhogo

La somme des terres rares (ΣREE) des granodiorites sont comprises entre 90,62 ppm et 145,94 ppm. Les spectres de terres rares des granodiorites normalisés à la chondrite montrent un enrichissement modéré à fort en LREE avec des taux de fractionnement de : $[(\text{La}/\text{Sm})_N = 3,36 - 4,45$ et $(\text{La}/\text{Yb})_N = 7,29 - 20,92]$ (Figure 8). Ces spectres présentent également un appauvrissement en HREE $(\text{Gd}/\text{Yb})_N = 1,56 - 2,51$.

Les anomalies négatives à légèrement positives en europium ($\text{Eu}/\text{Eu}^* = 0,81 - 1,53$) observées seraient dues à une divergence dans l'évolution géochimique de ces roches. A cela s'ajoutent des anomalies négatives à quasiment nulles en cérium ($\text{Ce}/\text{Ce}^* = 0,80 - 1,01$).

La somme des terres rares (ΣREE) des granites sont généralement comprises entre 16,72 ppm et 243,58 ppm. Les spectres des terres rares de ces roches normalisés aux chondrites selon Sun & McDonough (1989), montrent un enrichissement en LREE avec un taux de fractionnement modéré à élevé: $[(\text{La}/\text{Sm})_N = 4,51 - 4,69$ et $(\text{La}/\text{Yb})_N = 7,63 - 26,53]$, à raison de 2 à 210 fois la teneur chondritique (Fig. 8). Comparativement au LREE, il y a une tendance d'appauvrissement en HREE $[(\text{Gd}/\text{Yb})_N = 1,00 - 3,13]$, à raison de 1 à 25 fois la teneur chondritique. Ces roches présentent généralement une anomalie légèrement négative à positive en europium ($\text{Eu}/\text{Eu}^* = 0,90 - 1,11$), ainsi que des anomalies négatives en cérium ($\text{Ce}/\text{Ce}^* = 0,60 - 0,92$). L'anomalie négative

en Ce est commune aux magmas d'arcs modernes mais peut également résulter des altérations post-magmatiques tels que la circulation dominante des fluides hydrothermaux (Abouchami *et al.*, 1990 ; Sylvester et Attoh, 1992).

Les spectres multiéléments des granitoïdes normalisés au manteau primitif (**Figure 9**), montrent des enrichissements significatifs en LILEs (Cs, Rb, Ba et K) associée à une anomalie négative générale en Nb, Ta, P, Ti et V. Les dispositifs géochimiques tels que l'enrichissement en Ba et Sr et l'appauvrissement en Nb, Ta, et Ti sont des caractéristiques typiques des zones de subduction. Ces spectres présentent également dans l'ensemble un enrichissement modéré des HFSE (Hf, Zr).

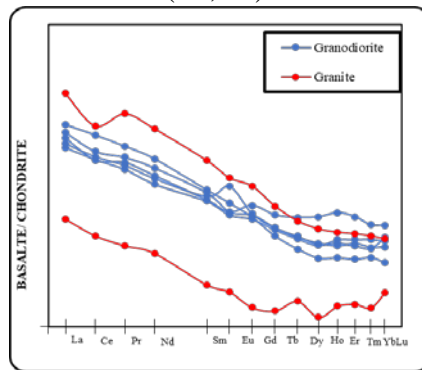


Figure 8. Spectres des terres rares normalisés aux chondrites appliqués aux granitoïdes du sillon de Korhogo

4.2.3. Contexte géodynamique

Les analyses chimiques des granitoïdes du sillon de Korhogo, reportées dans le diagramme ternaire Rb Rb-Hf-Ta de Harris *et al.* (1986), montrent une affinité des granitoïdes aux roches des arcs volcaniques (**Figure 10**). Dans le diagramme La/Yb-Yb de Martin (1986) de la **figure 11**, les granitoïdes se situent généralement dans le champ commun aux TTG archéennes et des roches des arcs insulaires. Cette position de ces roches montre qu'elles ont une certaine affinité aux TTG archéennes. Cela pourrait indiquer une source mixte lors de la mise en place de ces formations.

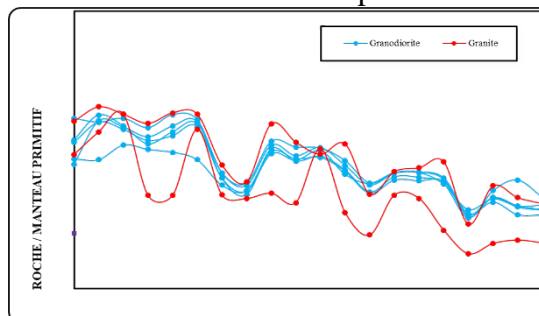


Figure 9. Spectres multi-éléments normalisés au manteau primitif appliqués aux granitoïdes du sillon de Korhogo

5. Discussion

Les données pétrographiques recueillies sur les granitoïdes du sillon de Korhogo indiquent qu'ils ont des compositions de granites et de granodiorites. Ces granitoïdes sont affectés par une intense altération pervasive et fissurale témoignant ainsi de l'intensité de l'altération hydrothermale dans le sillon de Korhogo. En effet, la plupart des minéraux primaires montrent des transformations en minéraux secondaires. Ces minéraux s'altèrent généralement en carbonates, chlorite, séricite et épidote. A cela s'ajoute également une silicification, une oxydation ainsi qu'une sulfuration. L'hydrothermalisme est marqué par la formation de veines quartzofeldspathiques associées à des sulfures, des carbonates et de la séricite. Ces types d'altérations s'apparentent généralement à celles des gisements d'Agbahou (Houssou, 2013), de Bonikro (Ouattara, 2015), de Dougbafla (Ouattara, 2018) et au prospect de Bobosso de la région de Dabakala (Gnanzou, 2014).

L'ensemble de ces roches a été affecté par le métamorphisme régional de faciès schistes verts. Ces conditions métamorphiques de faciès généralement schistes verts sont connus dans les sillons birimiens Ouest-Africains (Hirst, 1942 ; Leube *et al.*, 1990 ; Hirdes *et al.*, 1992 ; Taylor *et al.*, 1992 ; Sylla et Ngom, 1997 ; Bourges *et al.*, 1998 ; Houssou, 2013, Coulibaly, 2018). Les granitoïdes du sillon de Korhogo contiennent du microcline tout comme ceux du sillon de Toumodi-Fêtékro (Coulibaly, 2018) et du gisement de Bonikro (Ouattara., 2015). En effet, pour Casanova (1973), cette microclinitisation atteste d'un apport tardif d'eau et même postérieur à la mise en place des roches qui s'est effectuée entre 400 et 500°C.

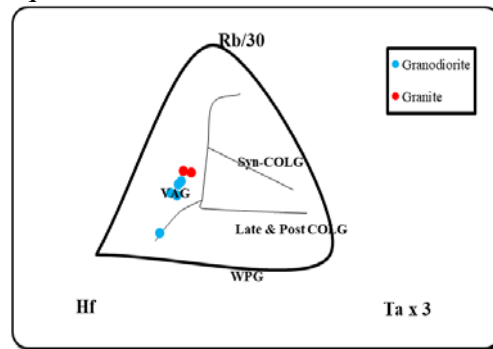


Figure 10. Diagramme ternaire Rb-Hf-Ta*3 de Harris *et al.* (1986) appliqué aux granitoïdes du sillon de Korhogo

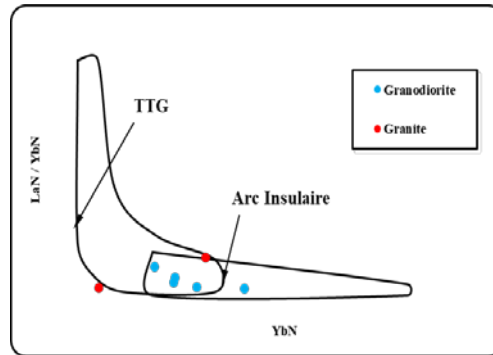


Figure 11. Diagramme La_N/Yb_N en fonction de Yb_N de Martin (1986) appliqué aux granitoïdes du sillon de Korhogo

Les granitoïdes du sillon de Korhogo sont fortement calco-alcalins, dominés par le potassium et ont des compositions de granites et de granodiorite tout comme dans le gisement de Bonikro tout comme dans le gisement de Bonikro (Ouattara, 2015), sur le pluton de Dabakala (Doumbia *et al.*, 1998), dans les granitoïdes de Bouaké (Casanova., 1973).

Les données géochimiques montrent que les granitoïdes du sillon de Korhogo ont des taux de TiO_2 inférieurs à 2 %. En effet, selon Pearce et Cann (1973), les échantillons de roches ayant de faibles taux de TiO_2 (<2 %) correspondent aux roches des arcs magmatiques (Pearce et Cann, 1973), mais sont différents des basaltes intra-plaques, qui possèdent souvent des taux de TiO_2 élevés (>2 %). Cela se confirme également à travers les arachnogrammes de ces roches normalisées au manteau primitif. En effet, ces spectres montrent généralement un enrichissement important en LILE (Cs, Ba, Rb, K) et une nette anomalie de Nb-Ta indiquant clairement un environnement de subduction. Cependant, le Nb et le Ta sont également extrêmement sensibles à la contamination crustale. Les magmas dérivés du manteau qui pourraient être contaminés par les roches dans la croûte continentale pendant leur montée en surface ont des spectres multiéléments marqués par une anomalie négative de Nb-Ta (Thompson *et al.*, 1983 ; Wilson, 1989). Les rapports de $(La/Yb)_N$ ainsi que les taux de Yb_N des granitoïdes compris respectivement entre 7,29 et 20,92 et entre 1,54 ppm et 10,24 ppm évoquent une possible contamination crustale lors de la mise en place des roches du sillon de Korhogo. De telles observations ont été mises en évidence en Côte d'Ivoire par Coulibaly (2018) dans la partie sud du sillon birimien de Toumodi-Fètêkro et par Téha (2019) dans le Sud-Ouest du bassin de la Comoé et en Algérie par Peucat *et al.* (2005) dans le massif d'Eglab. A cela s'ajoute le fait que les granitoïdes analysés du sillon de Korhogo sont métalumineux à peralumineux et de type I (**Figure 6 et 12**).

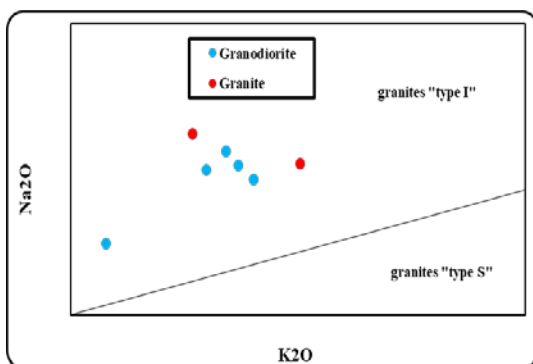


Figure 12. Diagramme de Chappell & White (1974) appliqué aux granitoïdes du sillon de Korhogo

En effet, selon Chappell et White (1974) les granitoïdes de type I ont une origine ignée et proviendraient d'une part de la fusion du manteau et d'autre part de la fusion de roches cristallines de la croûte continentale. Ces observations faites, ont déjà été mises en évidence dans les sillons birimiens ivoiriens (Gnanzou, 2014 ; Ouattara, 2015 ; Coulibaly, 2018 ; Téha, 2019) et ailleurs dans le craton Ouest-africain (Peucat *et al.*, 2005 ; Baratoux *et al.*, 2011). Les travaux réalisés dans le sillon de Korhogo confirment la présence de l'héritage archéen, évoqué par endroits dans les formations juvéniles birimiennes (Kouamelan, 1996 ; Peucat *et al.* (2005) ; Coulibaly, 2018).

6. Conclusion

Les données pétrographiques recueillies dans les granitoïdes du sillon de Korhogo sont des granites et des granodiorites. Les granodiorites sont généralement constituées de quartz, de plagioclase, d'hornblende verte et de biotite, de chlorite, épidote, de sulfures et oxydes. Les granites quant à eux sont composés de plagioclase, d'orthose, de quartz, de biotite, de muscovite, de microcline, de chlorite, de séricite, d'épidote et de minéraux opaques. Ces granitoïdes sont affectés par une intense altération pervasive et fissurale témoignant ainsi de l'intensité de l'altération hydrothermale dans le sillon de Korhogo. L'étude détaillée des lames minces a montré la présence de minéraux symptomatiques de basse pression et de faible température tels que l'épidote, la chlorite, la séricite témoignant que ces roches ont été affectées par le métamorphisme de faciès schiste vert.

Les données géochimiques montrent que les granitoïdes du sillon de Korhogo sont calco-alkalins et métalumineux à peralumineux. Ils sont généralement enrichis en LREE et sont généralement de Type « I ». Les anomalies négatives à quasiment nulles en cérium observées sont communes aux magmas d'arcs modernes mais peut également résulter d'altérations post-magmatiques tels que la circulation pervasive de fluides hydrothermaux. Les

taux de TiO₂ inférieurs à 2 % observés montrent que ces roches ont été mises en place dans un contexte d'arc magmatique. Cela se confirme à travers les arachnogrammes normalisés aux au manteau primitif qui montrent généralement un enrichissement important en LILE (Cs, Ba, Rb, K) et une nette anomalie de Nb-Ta indiquant clairement un environnement de subduction. Cependant les le comportement de certains éléments majeurs et en trace permet d'évoquer une possible contamination crustale lors de la mise en place des roches du sillon de Korhogo.

References:

1. Abouchami W., Boher M., Michard A., Albarede F. (1990). A Major 2,1Ga Event of Mafic Magmatism in West Africa: An Early Stage of Crustal Accretion. *J. Geophys. Res.*, 95 : 17605-17629.
2. Adegoke M. B. (1996). Rapport final d'activités minières sur les permis de sénoufo Nord, sénoufo Sud et Niellé dans le Nord de la Côte d'Ivoire, rap int. SODEMI/BHP Minerals. 233p.
3. Baratoux L., Metelka V., Naba S., Jessell M.W., Gregoire M., Ganne J. (2011). Juvenile Paleoproterozoic crust evolution during the Eburnean orogeny (~2.2-2.0 Ga), western Burkina Faso. *Precambrian Res.* 191, 18-45.
4. Bessoles B. (1977). Géologie de l'Afrique. Vol 1 : le Craton Ouest Africain. *Bur. Rech. Géol. Min. Mem.* 88. 402 p.
5. Bourges F., Debat P., Tollon F., Munoz M., Ingles J. (1998). The geology of the Taparko gold deposit, Birimian greenstone belt, Burkina Faso, West Africa. *Mineralium Deposita* 33, 591–605.
6. Casanova R. (1973). Géochimie et minéralogie des granitoïdes Eburnéens de Côte d'Ivoire. Thèse de Doctorat d'Etat ès sciences, Université de Nice. 393p.
7. Chappell B.W., White A.J.R. (1974). Two contrasting granite types. *Pacific Geology* 8: 173-174.
8. Coulibaly I. (2018). Pétrographie des volcanites et plutonites de la partie Sud du sillon volcanosédimentaire de Toumodi-Fétèkro. Thèse Univ. Felix Houphouët-Boigny d'Abidjan. 218p.
9. Doumbia S., Pouclet A., Kouamelan A., Peucat J. J., Vidal M. (1998). Petrogenesis of juvenile-type Birimian (Paleoproterozoic) granitoïds in Central Côte d'Ivoire, West Africa: geochemistry and geochronology. *Precambrian Research* 87, 33-63.
10. Feybesse J.L. (2001). Géométrie et cinématique des fractures contrôlant la mise en place des veines et veinules de quartz de la mine d'or d'Angovia (Yaouré, Côte d'Ivoire). *Compagnie Minière d'Afrique, Rapport interne, non publié.*

11. Gbamélé K. (2012). Facteurs gouvernant le choix d'un permis de recherche minière pour l'or. Cas de la Côte d'Ivoire. Mém. Ing. des Tech., Ecole de Formation Cont. et de Perfect. des Cadres, INPHB, Yamoussoukro, 77 p.
12. Gnanzou A. (2014). Etude des séries volcano-sédimentaires de la région de Dabakala (Nord-Est de la Côte d'Ivoire): genèse et évolution magmatique. Contribution à la connaissance de la minéralisation aurifère de Bobosso dans la série de la Haute-Comoé. Thèse de doctorat, Univ. Paris-Sud Orsay, France et Univ. Félix Houphouët-Boigny, 303p.
13. Harris N.B.W., Pearce J.A., Tindle A.G. (1986). Geochemical characteristics of collision-zone magmatism. In: M.P. Coward and A.C. Reis (Editeurs), Collision tectonics, Geol. Soc. London. Spec. Publ., 19: 67-81.
14. Hirdes W., Davis D.W. (2002). U-Pb geochronology of Paleoproterozoic rocks in the southern part of the Kedougou-Kéniéba inlier, Senegal, West Africa: Evidence for diachronous accretionary development of the Eburnean province: Precambrian Research, v. 118: 83-99.
15. Hirdes W., Davis D.W., Eisenlohr N.N. (1992). Reassessment of Proterozoic granitoid ages in Ghana on the basis of U/Pb zircon and monazite dating. Precambrian Res., 56 : 89-96.
16. Hirst T. (1942). The geology of the Konongo gold belt and surrounding country. Gold Coast Geol. Surv. Bull. 14.
17. Houssou N.N. (2013). Etudes pétrologique, structurale et métallogénique du gisement aurifère d'Agbahou, Divo, Côte d'Ivoire. Doctorat, Univ. Félix Houphouët -Boigny, 177p.
18. Irvine T N., Baragar W. R. A. (1971). A guide to the chemical classification of the common volcanic rocks. Can. J. Earth Sci. 8: 523-548.
19. Kouamelan A.N. (1996). Géochronologie et Géochimie des formations archéennes et protérozoïques de la dorsale de Man en Côte d'Ivoire: Implication pour la transition Archéen-Protérozoïque. Mémoire Géoscience n° 73 Rennes. 293 p.
20. Leube A., Hirdes W., Mauer R., Kesse G.O. (1990). The early Proterozoic Birimian supergroup of Ghana and some aspects of its associated gold mineralization. Precambrian Research 46, pp. 139-165.
21. Martin H. (1986). Effect of steeper Archaean geothermal gradient on geochemistry of subduction-zone magmas. Geology, 14: 753-756.
22. McDonough W.F., Sun S., Ringwood A.E., Jagoutz E., Hofmann A.W. (1992). K, Rb and Cs in the earth and moon and the evolution

- of the earth's mantle. *Geochim. Cosmochim. Acta*, Ross Taylor Symposium Volume.
23. Middlemost E. A. K. (1994). Naming materials in the magma/igneous rock system. *Earth Science Reviews*, 37 (3-4), pp. 215-224.
 24. Milési J.P., Feybesse J.L., Ledru P., Dommanget A., Ouédraogo M.F., Marcoux E., Prost A.E., Vinchon C., Sylvain J.P., Johan V., Tegye M., Calvez J.Y., Lagny Ph. (1989). Les minéralisations aurifères de l'Afrique de l'Ouest. Leur évolution lithostructurale au Protérozoïque inférieur. *Chron. Rech. min., Fr.*, 497 : 3-98.
 25. Milesi J.P., Ledru P., Feybesse J.L., Dommanget A. and Marcoux E. (1992). Early Proterozoic ore deposits and tectonics of the Birimian orogenic belt, West Africa. *Precambrian Research* 58, Issues 1-4, pp. 305-344.
 26. Milesi J.P., Feybesse J. L., Pinna P., Deschamps Y., Kampunzu H., Muhongo S.,
 27. Lescuyer J.L., Le Goff E., Delor C. and Billa M. (2004). Geological map of Africa 1:10 000 000. SIG Afrique project, BRGM Orléans.
 28. Morel B. and Alinat M. (1993). Géologie, pétrologie et géochimie des syénites de Ninakri: comparaison avec d'autres massifs syénitiques anorogéniques de Côte d'Ivoire et d'Afrique de l'Ouest. *J. Afr. Earth Sci* 17: 213–223.
 29. Naba S., Lompo M., Débat P., Bouchez J.L and Béziat D. (2004). Structure and emplacement model for late-orogenic Paleoproterozoic granitoids: the Tenkodogo– Yamba elongate pluton (Eastern Burkina Faso). *Journal of African Earth Sciences* 38: 41–57.
 30. Ouattara S. (2018). Le gisement de Dougbafla-Bandama (Sud du sillon birimien de Fêttékro, Oumé, Côte d'Ivoire): Pétrographie, déformation, géochimie et métallogénie. Doctorat, Univ. Felix Houphouet-Boigny, 252 p.
 31. Ouattara Z. (2015). Caractères lithostratigraphique, structural, géochimique et métallogénique du gisement d'or de Bonikro, sillon birimien de Fettekro, centre-sud de la Côte d'Ivoire. Doctorat, Univ. Felix Houphouet-Boigny, 256 p.
 32. Pearce J.A., Cann J.R. (1973). Tectonic setting of basic volcanic rocks determined using trace element analyses. *Earth Planet. Sci.Lett.*, 19 :290-300.
 33. Peucat J.J., Capdevila R., Drareni A., Mahdjoub Y., Kahoui M. (2005). The Eglab massif in the West African Craton (Algeria), an original segment of the Eburnean orogenic belt: petrology, geochemistry and geochronology. *Precamb. Res.* 136, 309–352.

34. Shand S.J. (1922). The problem of the alkaline rocks. *Proceedings of the Geological Society of South Africa* 25: 19-33.
35. Sylla M., Ngom P. M. (1997). Le gisement d'or de Sabodala (Sénégal Oriental): une Minéralisation filonienne d'origine hydrothermale remobilisée par une tectonique cisailante. *J.of Afr. Earth Sces*, 25, No. 2, pp. 183-192.
36. Sylvester P.J., Attoh K. (1992). Lithostratigraphy and composition of 2.1 Ga greenstone belts of the West African craton and their bearing on crustal evolution and Archean–Proterozoic boundary. *J. Geol.* 100, 377–393.
37. Tagini B. (1972). Carte géologique de la Côte d'Ivoire à l'échelle 1/2 000 000. SODEMI-ORSTOM-Université d'Abidjan.
38. Tapsoba B., Ching-Hua L., Bor-Ming J., Sun-Lin C., Wenmenga U. and Yoshiyuki L. (2013). Chemical and Sr–Nd isotopic compositions and zircon U–Pb ages of the Birimian granitoids from NE Burkina Faso, West African Craton: Implications on the geodynamic setting and crustal evolution. *Precambrian Research* 224: 364-396.
39. Taylor P.N., Moorbath S., Leube A., Hirdes W. (1992). Early Proterozoic crustal evolution in the Birimian of Ghana: constraints from geochronology and isotope geochemistry. *Precambrian Res.*, 56 : 97-111.
40. Téha K.R. (2019). Les Formations Éburnéennes du Sud-ouest du bassin de la Comoé et du secteur de Singrobo (Sud de la Côte d'Ivoire) : Pétrologie, Analyse structurale et Magmatisme associé. Thèse, Univ. Felix Houphouët -Boigny, 247 p.
41. Thompson R.N., Morrison M.A., Dickin A.P., Hendry G.L. (1983). Continental floodbasalts...arachnids rule OK? In: Hawkesworth, C.J., Norry, M.J. (Eds.), *Continental Basalts and Mantle Xenoliths*. Shiva Publishing, Chesire, UK : 158–185.
42. Turner P., Hall R. P., Hughes D. J., Whalley J. S. (1993). The sediment-dominated Boundiali-Bago supracrustal belt and neighbouring granitic rocks, northern Côte d'Ivoire, West Africa: a Tarkwaian connection. *Journal of African Earth Sciences*, Vol. 17, No. 1:1-11.
43. Wilson M. (1989). *Igneous Petrogenesis*. Unwin Hyman, London, 457 p.
44. Yacé I. (2002). *Initiation à la géologie. L'exemple de la Côte d'Ivoire et de l'Afrique de l'Ouest*. Edition CEDA, Abidjan, Côte d'Ivoire, 183p.



Etude Phytochimique et Activité Antioxydante des Extraits D'écorces de Tiges de *Vitellaria Paradoxa* C.F.Gaertn, Une Plante Médicinale Utilisée au Nord de la Côte d'Ivoire

***Kamagaté Tidiane,
Gboko Abiba Ouattara,
Koné Monon,
Touré Abdoulaye***

Laboratoire de Biotechnologie et Valorisation des Agroressources, UFR des Sciences Biologiques, Université Peleforo Gon Coulibaly de Korhogo, Korhogo, Côte d'Ivoire

Ouattara Karamoko

Laboratoire de Pharmacodynamie Biochimique, UFR Biosciences, Université Félix Houphouët-Boigny de Cocody, Abidjan, Côte d'Ivoire

[Doi:10.19044/esj.2021.v17n34p241](https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n34p241)

Submitted: 26 July 2021
Accepted: 23 September 2021
Published: 30 September 2021

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

Cite As:

Tidiane K., Ouattara G.A., Monon K., Abdoulaye T. & Karamoko O. (2021). *Etude Phytochimique et Activité Antioxydante des Extraits D'écorces de Tiges de Vitellaria Paradoxa C.F.Gaertn, une Plante Médicinale Utilisée au Nord de la Côte d'Ivoire*. European Scientific Journal, ESJ, 17(34), 241.

<https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n34p241>

Résumé

Au Nord de la Côte d'Ivoire, *Vitellaria paradoxa* (karité) est une plante médicinale couramment utilisée contre de nombreuses pathologies. Le présent travail a pour objectif de déterminer les principaux constituants chimiques et d'évaluer l'activité antioxydante des extraits aqueux et hydro-éthanolique (70 %) d'écorces de tiges de cette plante. Les différents groupes chimiques ont été mis en évidence par la technique de coloration et de précipitation en tubes. La méthode de réduction du radical 2,2'-diphényl-1-picrylhydrazyle (DPPH) a permis d'évaluer le pouvoir antioxydant des extraits. Le criblage phytochimique a révélé la présence de principaux groupes chimiques suivants: alcaloïdes, anthraquinones, polyphénols totaux, terpènes et stérols, saponines et tanins. Le test de DPPH a montré une activité antioxydante importante des deux extraits, comparée à celle de la Vitamine C ($CI_{50} = 0,80 \pm 0,7 \mu\text{g/mL}$) avec

des CI_{50} respectives de $0,42 \pm 0,3$ $\mu\text{g/mL}$ pour l'extrait aqueux et $0,87 \pm 0,7$ $\mu\text{g/mL}$ pour l'extrait hydro-éthanolique. Ces résultats pourraient justifier l'utilisation traditionnelle de *V. paradoxa* pour le traitement de diverses pathologies dans de nombreuses régions de l'Afrique de l'Ouest.

Mots clés: *Vitellaria Paradoxa*, Constituants Phytochimiques, Activité Antioxydante

Phytochemical Study and Antioxidant Activity of Extracts of *Vitellaria Paradoxa* C.F. Gaertn Bark Stems, A Medicinal Plant Used in the North of Côte d'Ivoire

*Kamagaté Tidiane,
Gboko Abiba Ouattara,
Koné Monon,
Touré Abdoulaye*

Laboratoire de Biotechnologie et Valorisation des Agroressources, UFR des Sciences Biologiques, Université Peleforo Gon Coulibaly de Korhogo, Korhogo, Côte d'Ivoire

Ouattara Karamoko

Laboratoire de Pharmacodynamie Biochimique, UFR Biosciences, Université Félix Houphouët-Boigny de Cocody, Abidjan, Côte d'Ivoire

Abstract

In North of Côte d'Ivoire, *Vitellaria paradoxa* (Shea tree) is a medicinal plant commonly used against many pathologies. The objective of this work is to determine phytochemical constituents and to evaluate antioxidant activity of aqueous and hydro-ethanolic extracts (70%) of *Vitellaria paradoxa*. Different chemical groups were highlighted by the tube staining and precipitation technique and the 2, 2'-diphényl-1-picrylhydrazyl (DPPH) method allowed the evaluation of the antioxidant power of the extracts. Phytochemical tests revealed the following chemical groups: alkaloids, anthraquinones, total polyphenols, terpenes and sterols, saponins and tannins. The DPPH test showed significant antioxidant activity of the two extracts compared to Vitamin C ($IC_{50} = 0.80 \pm 0.7$ $\mu\text{g/mL}$) with IC_{50} respectively 0.42 ± 0.3 $\mu\text{g/mL}$ for the aqueous extract and 0.87 ± 0.7 $\mu\text{g/mL}$ for the hydro-ethanolic extract. These results could justify the traditional use of *V. paradoxa* in the treatment of various pathologies in many parts of West Africa.

Keywords: *Vitellaria Paradoxa*, Phytochemical Constituents, Antioxidant Activity

Introduction

Les potentialités thérapeutiques de nombreuses plantes ont en partie trouvé leur explication dans leur pouvoir antioxydant (Favier, 2003). Les substances antioxydantes sont des composés donneurs d'atome d'hydrogène conduisant à un radical libre stable. Ce sont le plus souvent des phénols encombrés ou des amines aromatiques secondaires (Poaty-Poaty, 2004). Elles contribuent également à stopper la genèse de radicaux libres en mettant en œuvre plusieurs mécanismes (Rolland, 2004). La présence en excès des radicaux libres font apparaître des molécules biologiques anormales à la base du stress oxydant, principale cause initiale de plusieurs maladies telles que le cancer et le vieillissement accéléré (Grabsi et Boudeffa, 2016). Le stress oxydant est aussi un des facteurs potentialisant l'apparition de maladies plurifactorielles telles que le diabète, la maladie d'Alzheimer et les maladies cardiovasculaires (Favier, 2003).

Vitellaria Paradoxa encore appelé karité est une plante de la famille des Sapotaceae (Keay, 1989). De récents travaux au Mali ont montré que des extraits de tronc du karité étaient riches en substances antiradicalaires et pouvaient être utilisés en bain de bouche (Tembely, 2020). Par ailleurs, cette plante est traditionnellement utilisée pour traiter diverses pathologies. Ainsi, au Burkina Faso, la décoction des écorces de tige est utilisée contre les abcès dentaires (Tapsoba *et al.*, 2006). Au Bénin, il est rapporté que les feuilles ont d'importants effets emménagogues (Koko *et al.*, 2011). Les feuilles en décoction aident à lutter contre la diarrhée, la fièvre et les maladies de la peau au Nord de la Côte d'Ivoire (Koné *et al.*, 2008). C'est dans la même optique que la présente étude a été menée pour réaliser un criblage chimique des écorces de tiges de cette plante, utilisée au Nord de la Côte d'Ivoire. L'activité antioxydante *in vitro* a été aussi déterminée pour confirmer leurs potentialités thérapeutiques.

Matériel et méthodes

Matériel végétal

Le matériel végétal était composé des écorces de tiges de *Vitellaria paradoxa*. Elles ont été récoltées à Korhogo (Côte d'Ivoire) en Février 2020. Par la suite, l'authentification de la plante a été effectuée au Centre National de Floristique de l'Université Félix Houphouët-Boigny de Cocody (Abidjan, Côte d'Ivoire). Après récolte, les échantillons ont été nettoyés minutieusement à l'eau de robinet afin de les débarrasser de toutes impuretés. Ces échantillons ont été découpés en petits morceaux puis séchés à l'abri de la lumière, à la température ambiante pendant deux mois. A la fin du séchage, les écorces ont

été pulvérisées à l'aide d'un broyeur électrique (RETSCH, Type AS 200) pour obtenir une fine poudre. Cette poudre végétale a été conservée dans des bocaux stériles et a servi à la préparation des extraits.

Méthodes

Préparation des extraits

Les extraits ont été préparés selon la méthode décrite par Zirihi *et al.* (2003) avec quelques modifications.

Extrait aqueux (décocté)

Une quantité de 100 g de poudre d'écorce de tiges de *V. paradoxa* a été dissout dans un litre (1 L) d'eau distillée puis portée à ébullition pendant 30 minutes (décocté). Après refroidissement à la température ambiante, le mélange obtenu a été d'abord essoré dans un carré de tissu blanc, ensuite doublement filtré sur du coton hydrophile et une fois sur du papier Whatman (3 mm). Le filtrat obtenu a été concentré à l'étuve jusqu'à l'évaporation totale de l'eau. L'extrait obtenu a été pesé et conservé dans un flacon stérile. Le rendement d'extraction (*R*) a été déterminé selon la formule suivante :

$$R (\%) = (m / M) \times 100$$

Avec M : masse de la poudre végétale (g) ; m : masse de l'extrait brut (g).

Extrait hydro-éthanolique 70 % (macérât)

La poudre (100 g) d'écorce de *Vitellaria paradoxa* a été macérée dans un litre (1 L) d'éthanol dilué à 70 % (70/30 ; V / V) à l'aide d'un blender à la température ambiante pendant 24 heures. L'homogénat obtenu a été filtré successivement deux fois sur du coton hydrophile puis une fois sur du papier Whatman (3 mm). Le filtrat obtenu a été concentré à l'étuve jusqu'à l'évaporation totale du solvant. L'extrait obtenu a été pesé et conservé dans un flacon stérile. Le rendement de l'extraction a été déterminé comme précédemment.

Phytochimie des extraits

L'étude phytochimique a été basée sur des tests de coloration et de précipitation en tubes, décrits par Walid *et al.* (2016).

Les alcaloïdes ont été caractérisés par les réactifs de Dragendorff et de Burchard. En effet, 1g de chaque extrait a été placé dans 10 mL de méthanol 90 % pour obtenir des solutions mères. Le mélange a été agité pendant 15 minutes et filtré. A 1,5 ml de chaque filtrat, a été ajouté 1,5 mL de méthanol. L'addition de 2 gouttes de réactif de Dragendorff a donné un précipité de coloration orangée. Puis, l'ajout de 2 gouttes du réactif de Burchard à la solution méthanolique de l'extrait a provoqué un précipité de coloration brun-rougeâtre indiquant une réaction positive.

Pour caractériser les anthraquinones, 1g de chaque extrait a été ajouté à 10 mL de méthanol 90 %. Le mélange a été agité pendant 15 minutes et filtré. Ensuite, à 1,5 mL de chaque filtrat a été ajouté 1,5 mL de méthanol. L'addition de 2 ou 3 gouttes de NaOH (0.1 M), après agitation, a montré la présence des anthraquinones par un virage de la phase aqueuse au rouge ou au jaune.

Les flavonoïdes ont été recherchés en ajoutant pour chaque extrait 0,5 g de chaque extrait dans 10 mL d'eau distillée pendant 10 minutes. Après agitation, l'extrait a été filtré et 5 mL d'une solution d'ammoniac diluée y ont été ajoutés. Enfin, 1 mL de chlorure d'aluminium ($AlCl_3$) a été additionné au mélange. L'apparition d'une couleur jaune a indiqué la présence des flavonoïdes.

Le chlorure ferrique ($FeCl_3$) 1% a permis de rechercher des polyphénols. En effet, 0,8 g de chaque extrait a été ajouté à 10 mL d'eau distillée pendant 10 minutes. Après agitation, l'extrait a été filtré et une goutte de solution alcoolique de chlorure ferrique 2 % a été ajoutée. L'apparition d'une coloration bleu-noirâtre ou verte plus ou moins foncée a montré la présence de composés phénoliques.

Quant aux terpènes et stérols, ils ont été mis en évidence en ajoutant 1mL de chloroforme à 2,5 mL de chaque extrait. Le mélange a été homogénéisé avant d'ajouter 1,5 mL d'acide sulfurique (H_2SO_4) concentré. La formation d'un anneau brun rouge à l'interface a montré la présence de terpènes et stérols.

Pour caractériser les tanins, 1g de chaque extrait a été mélangé dans 10 mL de méthanol 90 %. Le mélange a été agité pendant 15 minutes et filtré. Ensuite, à 1,5 mL de chaque filtrat a été ajouté 1,5 mL de méthanol. L'addition de 5 mL de la vanilline sulfurique a permis de détecter la présence ou non des tanins. La solution obtenue a été portée à ébullition pendant 15 minutes au bain marie. La formation d'un précipité qui vire au bleu noir a marqué la présence de tanins galliques alors que la présence de tanins catéchiques a été signalée par un précipité virant au brun verdâtre.

Pour rechercher les saponosides, une série de 10 tubes à essai numérotés de 1 à 10 a été utilisé. Dans ces tubes, ont été introduits successivement 1, 2, 3, ..., 10 mL de chaque extrait. Pour chaque tube, le volume a été ajusté à 10 mL avec l'eau distillée et les tubes ont été agités vigoureusement pendant 15 secondes en position verticale. Après un repos de 15 minutes, la hauteur de la mousse a été mesurée et l'indice de mousse (I) a été calculé par la formule suivante :

$$I = 1000/N$$

N est le numéro du tube où la hauteur de mousse est égale à 1 cm. Un indice de mousse supérieur à 100 indique la présence des saponosides.

Evaluation de l'activité antioxydante

L'activité antioxydante de l'extrait aqueux et de l'extrait hydro-éthanolique a été effectuée en utilisant le test de réduction du radical 2,2'-diphényl-1-picrylhydrazyle (DPPH) selon la méthode de Huang *et al.* (2011) avec quelques modifications. La réduction des radicaux DPPH en solution par un agent antioxydant entraîne une décoloration de cette solution. Brièvement, 2 mL d'une solution méthanolique de DPPH (100 µM) ont été mélangés avec 2 mL de différentes dilutions des deux extraits (0-100 µg/mL). Une gamme de concentrations (0-100 µg/mL) de vitamine C a été également préparée et utilisée comme référence. Les mélanges ainsi obtenus ont été conservés à l'abri de la lumière à la température ambiante pendant 30 minutes. L'absorbance à 517 nm a été mesurée contre un témoin (2 mL solution de DPPH). Pour chaque concentration, trois (3) essais ont été effectués. Les absorbances ainsi mesurées ont permis de calculer le pourcentage d'inhibition (PI) des radicaux DPPH suivant la formule ci-dessous :

$$PI (\%) = (A_0 - A_1) \times 100 / A_0$$

Avec A_0 : absorbance de la solution de DPPH en absence d'extrait ; A_1 : absorbance de la solution de DPPH en présence d'extrait

Le pouvoir antioxydant des deux extraits a été évalué en comparant leur CI_{50} à celle de la vitamine C. La CI_{50} (concentration d'extrait responsable de 50% d'inhibition des radicaux DPPH) a été déterminée par projection à partir de 50% sur le graphique du pourcentage d'inhibition des radicaux DPPH en fonction des concentrations des extraits et celles de la vitamine C.

Analyse statistique des résultats

Les résultats ont été analysés en utilisant le logiciel Graph Pad Prism 8.0 (Microsoft U.S.A) pour les variances (ANOVA) multiples. Les différences entre les moyennes ont été déterminées selon le test de Duncan au seuil de 5 % ($P < 0,05$ est considéré significatif). La représentation graphique des données a été réalisée également grâce au logiciel Graph Pad Prism 8.0. Les résultats ont été exprimés en moyennes accompagnés de l'erreur standard sur la moyenne.

Résultats

Rendements des extractions

Les rendements des extractions sont consignés dans le tableau I. Il est à remarquer que l'extrait hydro-éthanolique a donné le meilleur rendement (22,1%), soit le double de celui de l'extrait aqueux (11,3%).

Tableau I. Rendements des extractions de *V. paradoxa*

Extrait de <i>V. paradoxa</i>	Extrait aqueux	Extrait éthanolique 70%
Rendement (%)	11,3	22,1

Tests phytochimiques

Le Tableau II présente les principaux constituants chimiques des extraits d'écorces de tige de l'espèce locale de *V. paradoxa*. Il s'agit de: alcaloïdes, anthraquinones, polyphénols totaux, stérols et polyterpènes, tanins et saponines. Les proportions des tanins, de stérols et polyterpènes étaient plus élevées dans l'extrait aqueux que dans l'extrait hydro-éthanolique. Ce dernier extrait était plus riche en saponines que l'extrait aqueux. Par ailleurs, les flavonoïdes étaient absents dans les deux extraits et les alcaloïdes n'étaient présents que dans l'extrait hydro-éthanolique. Toutefois, une forte concentration de polyphénols totaux a été observée dans les deux extraits.

Tableau II. Principaux constituants chimiques des extraits

Extraits de <i>V.p</i>	Constituants chimiques								
	Ster et polyterp	Polyphen tot	Flav	Tanins		Anthraq	Alcal		Sapo
				Gal	Cat		D	B	
E. aq	+++	+++	-	+++	++	+	+	+	++
E. h-éth	+	+++	-	+	+	+	-	-	+++

- : test négatif ; + : test modérément positif ; ++ : test fortement positif ; +++ : test très fortement positif.

E.aq : extrait aqueux ; E.h-éth : extrait hydro-éthanolique 70% ; Ster : stérols ; Polyterp : polyterpènes ; Polyphen tot : polyphénols totaux ; Flav : flavonoïdes ; Gal : gallique ; Cat : catéchiques ; Anthraq : anthraquinones ; Alc : alcaloïdes ; D : Dragendorf ; B : Burchard ; Sapo : saponines

Pouvoir antioxydant

Les deux extraits ont exprimé un fort pouvoir antioxydant contre les radicaux DPPH avec une augmentation du pouvoir d'inhibition en fonction de la concentration de manière concentration-dépendante. Toutefois, l'extrait aqueux a présenté la meilleure activité antioxydante avec une CI_{50} de $0,42 \pm 0,32$ $\mu\text{g/mL}$ suivi de la vitamine C ($CI_{50} = 0,80 \pm 0,72$ $\mu\text{g/mL}$) et de l'extrait hydro-éthanolique 70 % ($CI_{50} = 0,87 \pm 0,77$ $\mu\text{g/mL}$). L'analyse statistique n'a pas montré une différence significative entre ces valeurs (figure 1).

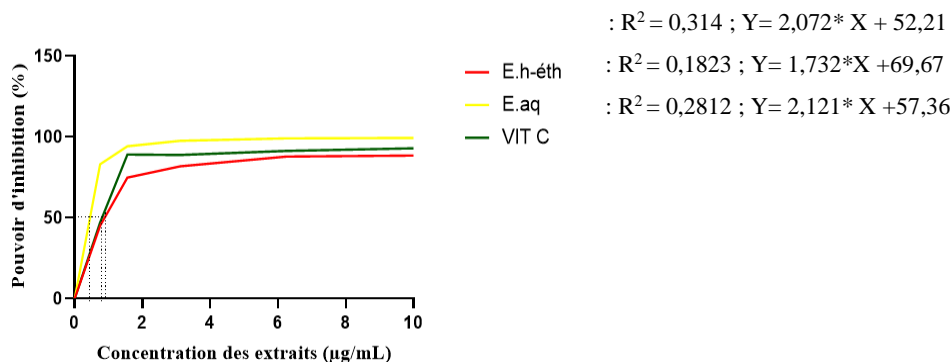


Figure 1. Pourcentage d'inhibition du radical DPPH des extraits de *Vitellaria paradoxa*.et de la vitamine C

E.aq : extrait aqueux ; E.h-éth : extrait hydro-éthanolique (70%) ; Vit C : Vitamine C
Les valeurs sont exprimées en moyenne \pm écart type (n = 3) ; $p < 0,05$: différence significative

Discussion

L'étude des effets d'une plante nécessite tout d'abord l'extraction de ses composés bioactifs. Pour ce faire, le choix judicieux du solvant permet d'obtenir le maximum de composés et un bon rendement d'extraction. A cela, il faut ajouter également la méthode d'extraction qui est un facteur essentiel pour l'évaluation optimale des effets pharmacologiques de la plante (Sylvain *et al.*, 2014 ; Kamarudin *et al.*, 2016). Dans cette étude, le rendement a été différent en fonction du solvant. Cette différence pourrait s'expliquer par une forte capacité du solvant éthanolique à extraire une grande quantité de constituants chimiques de *Vitellaria paradoxa* (Sultana *et al.*, 2009). Ces résultats vont dans le même sens que ceux de Ballo (2013) qui a obtenu des rendements de 10,7 % et 19 % respectivement pour l'extrait aqueux et l'extrait hydroéthanolique (70%) avec les feuilles de *V. paradoxa*.

Concernant l'étude phytochimique, les résultats ont montré que les écorces de tige de *V. paradoxa* contiennent de nombreux groupes phytochimiques tels que les alcaloïdes, les anthraquinones, les polyphénols totaux, les stérols et les polyterpènes, les tanins et les saponines. Ces résultats sont conformes à ceux obtenus par Koko *et al.* (2011) qui ont révélé les mêmes éléments chimiques dans les feuilles et des racines de *V. paradoxa* au Bénin. La présence de ces métabolites secondaires dans cette plante pourrait justifier ses différentes valeurs thérapeutiques dans le traitement de plusieurs pathologies. En effet, il est admis que ces groupes chimiques sont d'une façon générale impliqués dans l'activité biologique des plantes médicinales (Olasunkanmi *et al.*, 2017).

Par ailleurs, le fort pouvoir antioxydant des extraits aqueux et éthanolique comparé à celui de la vitamine C pourrait s'expliquer par la présence de composés antioxydants (polyphénols) contenus dans la plante

(Pourmorad *et al.*, 2006). Toutefois, le pouvoir antiradicalaire élevé de l'extrait aqueux serait dû à sa richesse en constituants antiradicalaires (Athamena *et al.*, 2010).

La présence de ces constituants antioxydants dans les extraits de l'échantillon des écorces de tronc de *V. paradoxa* permet de justifier son utilisation traditionnelle dans le traitement de diverses maladies comme les cancers, les maladies liées au stress et au vieillissement dans plusieurs régions de l'Afrique de l'Ouest.

Conclusion

La présente étude a permis de réaliser le screening phytochimique des extraits aqueux et hydroéthanolique de *V. paradoxa* et d'évaluer son pouvoir antioxydant. Il ressort de cette étude, que les extraits de l'espèce locale sont riches en métabolites et antioxydants pouvant justifier ses nombreuses utilisations traditionnelles. Ce résultat pourrait être valorisé par la mise au point d'un nouveau Médicament Traditionnellement Amélioré (MTA) sous forme de tisane.

References:

1. Athamena S., Chalghem I., Kassah-Laouar A., Laroui S. & Khebri S. (2010). Activité anti-oxydante et antimicrobienne d'extraits de *Cuminum cyminum* L. *Lebanese Science Journal*, 11(1) : 69-81
2. Ballo MK. (2013). Etude phytochimique et évaluation de l'activité sur *M. tuberculosis in vitro* de 22 plantes utilisées dans le traitement traditionnel de la tuberculose au Mali. Thèse de Pharmacie, Université des Sciences, des techniques et des technologies de Bamako (Mali), 140 p.
3. Danielle R. & Odile C. (2007). Botanique Pharmacognosie Phytothérapie, 3ème édition, Porphyre, Groupe liaisons, Valence (France), 35-45.
4. Favier A. (2003). Stress oxydant et pathologies humaines. *Annales Pharmaceutiques Françaises*, 64 : 390-396.
5. Grabsi W. & Boudeffa H. (2016). Etude phytochimique et évaluations des activités antioxydantes et antibactériennes des espèces : *Hibiscus sabdariffa* L. et *Lepidium sativum* L. Mémoire de Master 2. Université des Frères Mentouri, Algérie Constantine, 23 p.
6. Hong TD., Linington S. & Ellis RH. (1996). Seed storage behaviour, a compendium. *Handbook for Genebanks: No. 4. International Plant Genetic Resources Institute, Rome (Italy)*, 1-115.
7. Huang B., Ke H., He J., Ban X., Zeng H. & Wang Y. (2011). Extracts of *Halenia elliptica* exhibit antioxidant properties *in vitro* and *in vivo*. *Food Chemistry and Toxicology*, 19: 185-190.

8. Kamarudin NA., Markom M. & Latip J. (2016). Effects of Solvents and Extraction Methods on Herbal Plants *Phyllanthus niruri*, *Orthosiphon stamineus* and *Labisia pumila*. *Indian Journal of Science and Technology*, 9(21):1-5.
9. Keay RWJ. (1989). *Trees of Nigeria. A revised version of Nigerian trees (1960, 1964) by Keay RWJ, Onochie CFA and Stanfield DP.* Clarendon Press Oxford, 389-390.
10. Koko DEKI., Djego J., Gbenou J., Hounzangbe-Adoté MS. & Sinsin B. (2011). Etude phytochimique des principales plantes galactophores et emménagogues utilisées dans les terroirs riverains de la zone cynégétique de la Pendjari. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 5(2): 618-633.
11. Koné WM. & Atindehou KK. (2008). Ethnobotanical inventory of medicinal plants used in traditional veterinary medicine in Northern Côte d'Ivoire (West Africa). *South African Journal of Botany*, 74:76-84.
12. Olasunkanmi OO., Akinpelu DA., Adeniyi PO., Femi Ajayi O., Omololu-Aso J. & Olorunmola FO. (2017). Investigations into Antibacterial, Phytochemical and Antioxidant Properties of *Vitellaria paradoxa* (Gaertn.) Stem Bark Extracts. *Journal of Pharmaceutical Research International*, 20(5): 1-17.
13. Poaty-Poaty B. (2004). Modification chimique d'antioxydants pour les rendre lipophiles : application aux tanins. Thèse de doctorat, Université de Nancy (France), 135 p.
14. Pourmorad F., Hosseinimehr S. & Shahabimajd N. (2006). Antioxidant activity, phenol and flavonoid contents of some selected Iranian medicinal plants. *African Journal of Biotechnology*, 5(11): 1142-1145.
15. Sultana B., Anwar F. & Ashraf M. (2009). Effect of extraction solvent/technique on the antioxidant activity of selected medicinal plant extracts. *Molecules*, 14(6):2167-2180.
16. Tembely A. (2020). Etude phytochimique et antiradicallaire de 3 plantes pour la mise au point de bain de bouche. Thèse de Pharmacie. Université des sciences, des techniques et des technologies de Bamako (Mali), 90 p.
17. Rolland Y. (2004). Antioxydants naturels végétaux. *OCL*, 11(6): 419-424.
18. Sylvain B., Karim T., Karamoko O., André OT., Souleymane M. & Ako A. (2014). Phytochemical screening of some medicinal plants used to treat malaria in Côte d'Ivoire (West Africa). *International Journal of Chemistry and Pharmaceutical Sciences*, 2(6): 919-925.

19. Tapsoba H. & Deschamps JP. (2006). Use of medicinal plants for the treatment of oral diseases in Burkina Faso. *Journal of ethnopharmacology*, 104: 68-78.
20. Walid K., Nassima L., Abdessamed T., Abderrahmene L. & Ali K. (2016). Plantes antilithiasiques utilisées en médecine traditionnelle dans la ville d'Orian, Algérie: approche ethnobotanique et phytochimique. *Revue d'éthnoécologie*, 9: 2511.
21. Zirihi GN., Kra AM. & Guédé-Guina F. (2003). Evaluation de l'activité antifongique de *Microglosa pyrifolia* (Lamarck) O. Kunze (Asteraceae) « «PYMI» » sur la croissance in vitro de *Candida albicans*. *Revue de Médecine et pharmacologie Africaine*, 17 : 11-18.



Technology Regeneration Guided with Fibrin Rica in Platelets in Implantodontia - A Literature Review

Linda Gabriele Gomes Cerqueira, B. Sc
Adriana Vanderlei do Amorim, M. Sc.
UNIFTC – Victory of the Conquest, Brazil

[Doi:10.19044/esj.2021.v17n34p252](https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n34p252)

Submitted: 10 September 2021

Accepted: 27 September 2021

Published: 30 September 2021

Copyright 2021 Author(s)

Under Creative Commons BY-NC-ND

4.0 OPEN ACCESS

Cite As:

Gomes Cerqueira L.G. & Vanderlei do Amorim A. (2021). *Technology Regeneration Guided with Fibrin Rica in Platelets in Implantodontia - A Literature Review*. European Scientific Journal, ESJ, 17(34), 252.

<https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n34p252>

Abstract

The tissue loss is one of the consequences of damage caused by tooth loss and consequently bone tissue, one of the techniques to minimize or even correct this damage is the use of platelet-rich fibrin-guided tissue regeneration. The use of biomaterials in order to replace bone deficiencies in the regions to be implanted should provide the capacity to regenerate bone tissue, as well as make the new bone structures functional. A bibliographic survey of articles published between 2013 and 2021, articles indexed in the Databases PubMed/MEDLINE, Scielo and Google Scholar, was carried out using the keywords "Fibrin-rich platelets", "Periodontics", "Connective Tissue" and "Guided Tissue Regeneration". We found 206 articles published in the specified period, after reading the title and abstract, 17 potential articles were identified to be part of the literature review. The technique of using platelet-rich fibrin in dentistry has shown promising results, with low cost, easy execution and accelerated healing process. The limitations of the technique were found the short time to use the material and the small amount obtained after centrifugation.

Keywords: Gingiva, Periodontics, Connective Tissue, Wound Healing, Platelet-Rich Fibrin

Introduction

The tissue loss is one of the consequences of damage caused by tooth loss and consequently bone tissue, one of the techniques to minimize or even correct this damage is the use of platelet-rich fibrin-guided tissue regeneration. The edge atrophy is usually associated with difficulties in the installation of conventional prostheses (Carla & Fria, 2018). Thus, alveolar edge atrophy is a clinical condition that requires a series of care and procedures aimed at increasing the potential for tissue gain in affected regions (Gama Aires et al., 2020).

The use of biomaterials in order to replace bone deficiencies in the regions to be implanted should provide the capacity to regenerate bone tissue, as well as make the new bone structures functional (Fursel et al., 2021). Platelet-rich fibrin (PRF) is part of the second generation of platelet concentrates and has been clinically used with the intention of accelerating tissue repair (Hak, 2020). It is obtained from a blood sample, from the patient himself, without the addition of any anticoagulants or activators such as heparin, and taken to centrifugation, with different protocols, to obtain by-products with different indications of useful applications to improve healing and promote tissue regeneration (Fursel et al., 2021; Godoy, 2013; Rodrigues et al., 2015; Seidler, 2019).

The research using PRF membranes has indicated the acceleration of bone and soft tissue regeneration processes, as well as their application in reconstructive surgeries (Gama Aires et al., 2020; Rossi, 2019). And for these effects they receive great attention from the scientific world and have been the subject of numerous studies. The studies in this area are fundamental for understanding the biological processes involved and the applicability of this material (Carla & Fria, 2018; Rossi, 2019).

Thus, the present work aims to identify the feasibility of using this new model of platelet aggregate the PRF, and consider the positive and negative results using this technique, in order to evidence its regenerative characteristics and its method of obtaining.

Methodology of Narrative Literature Review

A bibliographic survey of articles published between 2013 and 2021, articles indexed in the Databases PubMed/MEDLINE, Scielo and Google Scholar, was carried out using the keywords "Fibrin-rich platelets", "Periodontia", "Connective Tissue" and "Guided Tissue Regeneration". Articles published in Portuguese and English were selected in all databases, being used the English language – exclusively in PubMed because it is a data search engine with publications mostly in English. As inclusion criteria, intervention articles were adopted and carried out in humans in order to meet the proposed objective of this literature review. We found 206 articles

published in the specified period, after reading the title and abstract, 17 potential articles were identified to be part of the literature review. The evaluated articles were selected that reported from healing to bone regeneration by platelet-rich fibrin.

History and Legislation

The first platelet concentrates to be used and studied in Dentistry in the late 1990s was platelet-rich plasma (PRP) prepared from the individual's own blood and activated by the addition of thrombin and calcium that release growth factors and proteins that can promote faster healing and tissue repair. Periodontal applications of PRP are reported in the treatment of periodontal defects, root covering procedures, edge augmenting graft, guided bone regeneration, breast lift graft and implant surgery (Fursel et al., 2021).

The clinical application of PRP also extends to maxillary and mandibular reconstruction after trauma-related defects, dermal fat grafts, and orthopedic surgery. However, the lack of standardization in the preparation protocol, variation in storage time of different platelet concentrations and the presence of thrombin, causes PRP to result in the development of antibodies that can affect the coagulation process and, consequently, the healing process. Thus, the PRP is questioned in relation to its benefits and clinical results, so that new studies pointed to the use of a new aggregate, the PRF.

Considered as the second generation of platelet aggregates, it is a fully autologous concentrate, which overcomes the limitations of PRP, besides having unlimited availability and regenerative potential with the release of growth factors, in order to promote better and faster healing and repair of surgical lesions. PRF is an autogenous living biomaterial, developed by French physician Choukroun in 2001, and has gained popularity by accelerating the healing of soft and hard tissues. Its advantages over PRP are ease of preparation/application, minimum expense and lack of biochemical modification, as bovine thrombin or anticoagulant is not required (Fursel et al., 2021).

The resolution CFO-158 of June 8, 2015 regulates the use of Autologous Platelet Aggregates for non-transfusion purposes in dentistry, whereas Law No. 5,081 of 08/24/66 that regulates the exercise of dentistry in the country in its article 6, the following reason that it is incumbent on the dentist: "I – to practice all the acts pertaining to dentistry, arising from knowledge acquired in a regular course or in a postgraduate course;".

The venipuncture is authorized to obtain Autologous Platelet Aggregates for exclusive use in Dentistry by the dentist, duly qualified- requires proof of qualification and qualification in venipuncture, and may be presented diplomas, declarations, certificates and congeners - or of a health professional duly qualified together and co-responsible with the dentist.

The Code of Dental Ethics approved by CFO Resolution 118/2012 regulates the rights and duties of the dentist, technical and auxiliary professionals, and legal entities that perform activities in the area of Dentistry, in the public and/or private sphere, with the obligation to enroll in the Dentistry Councils, according to their specific attributions.

Application and Indication

The aggregates contain biologically active proteins that bind to a developing fibrin mesh or extracellular matrix. Proteins create a chemotactic gradient for stem cell recruitment. These stem cells undergo differentiation and promote regeneration healing. Thus, the use of autologous platelets opens up a promising treatment option in the field of periodontal regeneration, especially in clinical situations that require rapid results. Platelet-rich fibrin (PRF) is the regeneration material that contains a large amount of growth factors, leukocytes, oxytocin's and collecting, in a single membrane, all the constituents of a blood sample favorable to healing and immunity (Frizzera et al., 2019; Gupta et al., 2019).

Advantage and Disadvantage

The advantages of PRF as a bioactive substitute include less technical skills in handling, minimal biochemical modification, low effective cost, increased incorporation of circulating cytokines in fibrin meshes and slow polymerization, thus accelerating healing, better structural integrity. It is a promising line of treatment in the sense of tissue regeneration, because, because it is autogenous, PRF decreases the chances of adverse reactions to the implanted material, especially immunomodulated material, as occurs with other types of grafts, which accredits it as a viable option in regenerative procedures. Thus, THE PRF emerged as one of the promising regenerative materials in the field of periodontics(Pontel & Boabaid, 2019; Zucchelli et al., 2020).

Among the reported limitations of PRF are the low amount that is obtained after centrifugation of the material and the need for use up to 4 hours after preparation, as they may lose structural integrity due to shrinkage due to dehydration. Leukocytes present alter their biological properties and bacterial contamination occurs in storage (Dutta et al., 2019). The PRF preparation protocol is basically the attempt to accumulate platelets and the cytokines released in a fibrin clot (Kumar et al., 2016). Thus, for the preparation of PRF, it is necessary to centrifuge the blood without any addition of anticoagulant and bovine thrombin.

In one of the procurement protocols frequently used in dental offices, the blood sample is taken without anticoagulant in 10 ml tubes (BD Vacutaine Serum) and immediately taken the MontSerrat Analogue bench centrifuge –

the manufacturer recommends using 1,800 revolutions per minute (rpm) for 10 minutes (figure 1) based on a study by Professor Leonel Alves de Oliveira (Oliveira et al., 2018).



Figure 1: BD Vacutaine Serum Tube/Taken to MontSerrat Countertop/Centrifuge

Fibrin clots are then removed from the open tubes with sterile tweezers. Fibrin clots are separated from red blood cells, with the aid of tweezers and scissors (Figure 2).



Figure 2: Processed tubes separated from fibrin clots of red blood cells

After separation of the clots, they are placed on the grille, covered with the tray and lid - material from the manufacturer MontSerrat. After 2 minutes the membranes will be ready for use (Figure 3).



Figure 3: Clots on the grill before and after covered by the tray and lid.

The studies have suggested different clinical applications for PRF, considered as a biomaterial of easy preparation, do not need to make an autogenous graft (Decreasing in some specific cases/ or potentiating them mainly with regard to soft tissue coverage), that is, it does not need another surgical site, has low cost, lower risk of infection because it is an autologous material, does not need anticoagulants and artificial additives such as bovine thrombin and calcium chloride (Pontel & Boabaid, 2019; Shah et al., 2019). It is most often used in periodontal surgery procedures and with implants to improve regeneration and wound healing in soft tissues. Few studies are still focused on PRF regarding its biological actions, when compared to other platelet concentrates, however, the studies show beneficial effects, its disadvantages and its clinical applications (Hehn et al., 2016; Shah et al., 2019).

Since the regeneration of periodontal tissues is the focus of periodontal treatment, in order to restore the health, function and aesthetics of the periodontium. PRF specifically stimulates cell proliferation, induces cell proliferation of osteoblasts, periodontal ligament cells and growth factors, and suppresses the growth of oral epithelial cells (Miron et al., 2017). These cell-specific actions can be beneficial for periodontal regeneration. The treatment of complex cases of endo-perium lesions with PRF can be used as a plausible treatment alternative and to promote faster healing (elsherif, 2019). In some studies published in 2019, the use of PRF in periodontics may lead to an increase in the range of keratinized mucosa in the area of supported mucus prosthesis, in addition to root covering in cases of multiple gingival recession (De Angelis et al., 2019; Dutta et al., 2019; Frizzera et al., 2019; Miron et al., 2019).

Conclusion

The technique of using platelet-rich fibrin in dentistry has shown promising results, with low cost, easy execution and accelerated healing process. As limitations of the technique were found the short time to use the material and the small amount obtained after centrifugation.

References:

1. Carla, L., & Fria, S. (2018). Uso de Fibrina Rica em Plaquetas (PRF) no tratamento de regeneração óssea (ROG) associado a osso autógeno e xenógeno . Relato de caso clínico.
2. De Angelis, P., De Angelis, S., Passarelli, P. C., Liguori, M. G., Manicone, P. F., & D'Addona, A. (2019). Hard and Soft Tissue Evaluation of Different Socket Preservation Procedures Using Leukocyte and Platelet-Rich Fibrin: A Retrospective Clinical and

- Volumetric Analysis. *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*, 77(9), 1807–1815. <https://doi.org/10.1016/j.joms.2019.05.004>
3. Dutta, S., Nasim, F., & Jana, D. (2019). Platelet Rich Fibrin : a Critical Review of the New Biomaterial. *International Journal of Scientific Research*, 8(12), 13–14.
 4. elsherif, radwa. (2019). Clinical and Radiographic Assessment of Platelet Rich Fibrin Effect in One-Stage Dental Implant. *Al-Azhar Dental Journal for Girls*, 0(0), 0–0.
<https://doi.org/10.21608/adjg.2019.5227.1002>
 5. Frizzera, F., De Oliveira, G. J. P. L., Shibli, J. A., De Moraes, K. C., Marcantonio, E. B., & Marcantonio, E. (2019). Treatment of peri-implant soft tissue defects: A narrative review. *Brazilian Oral Research*, 33, e073.
<https://doi.org/10.1590/1807-3107BOR-2019.VOL33.0073>
 6. Fursel, K. de A., Oliveira Neto, J. L. de, Sousa, M. J. de, Moreira, V. H. L. de O., & Silveira, R. J. (2021). Propriedades da fibrina rica em plaquetas (PRF) aplicada a cirurgia oral - protocolo Choukroun. *Research, Society and Development*, 10(5), e59510515338.
<https://doi.org/10.33448/rsd-v10i5.15338>
 7. Gama Aires, C. C., De Figueiredo, E. L., Pereira, V. B. S., Vasconcellos, R. J. de H., Sabino, M. E., & Medeiros, M. (2020). Terapias regenerativas em implantodontia: avanços no uso da Fibrina rica em plaquetas (PRF). *Revista Eletrônica Acervo Saúde*, 39, e2393.
<https://doi.org/10.25248/reas.e2393.2020>
 8. Godoy, P. A. I. (2013). Regeneração tecidual guiada em implantodontia: Revisão de literatura e relato de caso clínico.
<https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/149517/000857122.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
 9. Gupta, R., Luthra, R. P., & Kaur, D. (2019). Various platelet-rich fibrin products and its applications : A review. *International Journal of Applied Research*, 5(3), 10–15.
 10. Hak, S. (2020). L-PRF – Aplicação Clínica Em Implantodontia.
 11. Hehn, J., Schwenk, T., Striegel, M., & Schlee, M. (2016). The effect of PRF (platelet-rich fibrin) inserted with a split-flap technique on soft tissue thickening and initial marginal bone loss around implants: results of a randomized, controlled clinical trial. *International Journal of Implant Dentistry*, 2(1), 1–10. <https://doi.org/10.1186/s40729-016-0044-4>
 12. Kumar, Y. R., Mohanty, S., Verma, M., Kaur, R. R., Bhatia, P., Kumar, V. R., & Chaudhary, Z. (2016). Platelet-rich fibrin: The benefits. *British Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*, 54(1), 57–61.
<https://doi.org/10.1016/j.bjoms.2015.10.015>

13. Miron, R. J., Fujioka-Kobayashi, M., Bishara, M., Zhang, Y., Hernandez, M., & Choukroun, J. (2017). Platelet-Rich Fibrin and Soft Tissue Wound Healing: A Systematic Review. *Tissue Engineering - Part B: Reviews*, 23(1), 83–99.
<https://doi.org/10.1089/ten.teb.2016.0233>
14. Miron, R. J., Pinto, N. R., Quirynen, M., & Ghanaati, S. (2019). Standardization of relative centrifugal forces in studies related to platelet-rich fibrin. *Journal of Periodontology*, 90(8), 817–820.
<https://doi.org/10.1002/JPER.18-0553>
15. Oliveira, L., Buzzi, M., Leão, M., Andrade, P., & Kuckelhaus, S. (2018). Ultrastructural morphological characterization of the autologous leuko-platelet fibrin matrix in association with xenogenic and alloplastic biomaterials for bone grafting. *Fibrin® Protocol. Revista Catarinense de Implantodontia*, 18, 24–33.
16. Pontel, C. Z., & Boabaid, F. (2019). Regeneração tecidual guiada em recessões gengivais - o uso do enxerto gengival autógeno e das membranas de colágeno - uma revisão. *Brazilian J Periodontol*, 29(02), 51–59.
17. Rodrigues, G., Fabris, V., Mallmann, F., Rech, C. A., Carvalho, R. V., & Ruschel, G. H. (2015). Fibrinas Ricas em Plaquetas, Uma Alternativa para Regeneração Tecidual: Revisão de Literatura. *Journal of Oral Investigations*, 4(2), 57–62.
<https://doi.org/10.18256/2238-510x/j.oralinvestigations.v4n2p57-62>
18. Rossi, C. V. (2019). Regeneração Óssea Guiada Associada A Osso Xenógeno E Plasma Rico Em Fibrina : Relato De Caso Curitiba Regeneração Óssea Guiada Associada A Osso Xenógeno E Plasma Rico Em Fibrina : Relato De Caso.
19. Seidler, D. K. (2019). Avaliação Da Fibrina Rica Em Plaquetas Na Regeneração De Tecidos Orais: Uma Revisão De Literatura.
20. Shah, R., Gowda, T. M., Thomas, R., Kumar, T., & Mehta, D. S. (2019). Biological activation of bone grafts using injectable platelet-rich fibrin. *Journal of Prosthetic Dentistry*, 121(3), 391–393.
<https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2018.03.027>
21. Zucchelli, G., Tavelli, L., McGuire, M. K., Rasperini, G., Feinberg, S. E., Wang, H. L., & Giannobile, W. V. (2020). Autogenous soft tissue grafting for periodontal and peri-implant plastic surgical reconstruction. *Journal of Periodontology*, 91(1), 9–16.
<https://doi.org/10.1002/JPER.19-0350>

Effets du Précédent Cultural de L'arachide (*Arachis Hypogaea* L.) et de la Fumure Minérale sur la Production du Coton (*Gossypium Hirsutum* L.)

N'Goran Kouadio Emmanuel

Centre National de Recherche Agronomique (CNRA), Abidjan,
Côte d'Ivoire

Ama Tamia Joséphine Epse Abina

Université Nangui Abrogoua (UNA) Abidjan, Côte d'Ivoire,
UFR Sciences et Gestion de l'Environnement, Abidjan

Yoboue Ahou Natachat Epse Kouakou

Université Nangui Abrogoua (UNA) Abidjan, Côte d'Ivoire,
UFR Sciences et Gestion de l'Environnement, Abidjan

[Doi:10.19044/esj.2021.v17n34p260](https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n34p260)

Submitted: 19 April 2021
Accepted: 02 September 2021
Published: 30 September 2021

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

Cite As:

N'Goran K.E., Abina A.T.J.E. & Kouakou Y.A.N.E. (2021). *Effets du Précédent Cultural de L'arachide (*Arachis Hypogaea* L.) et de la Fumure Minérale sur la Production du Coton (*Gossypium Hirsutum* L.)*. European Scientific Journal, ESJ, 17(34), 260.

<https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n34p260>

Résumé

Pour restaurer et améliorer la fertilité des sols en culture de coton, l'arachide (*Arachis hypogaea* L) a été utilisée comme précédent cultural. L'expérimentation a été faite suivant un dispositif en blocs de Fisher avec quatre (4) répétitions et cinq (5) traitements, sur deux années (2018 et 2019). Les résultats ont montré que l'arrière effet de l'arachide (la biomasse et l'azote résiduel issue de la symbiose entre la légumineuse et les bactéries) a amélioré la croissance et le développement végétatif des plants de cotonnier. L'impact de cet apport organique s'est traduit par des plants de cottonniers statistiquement plus grand, (hauteur supérieur à 100 cm) pour le traitement T5 (précédent arachide + dose complet d'engrais). Le traitement T4 (précédent arachide + ½ dose d'engrais) quant à lui a généré un nombre moyen de capsules supérieur à 8 à la seconde campagne. Il ressort également que le précédent arachide associé à la dose complète et à la demi dose de fumure minérale améliore mieux le rendement du coton-graine. Des gains de 3 à 14

% à la 1ère campagne et 19 à 58 % à la deuxième campagne ont été enregistrés. Ainsi, la rotation arachide/coton est une bonne pratique, à encourager.

Mots clés : Coton, Arachide, Biomasse, Fumure Minérale, Rendement

Effects of Peanut (*Arachis Hypogaea* L.) Cultural Background and Mineral Manure on Cotton (*Gossypium Hirsutum* L.) Production

N’Goran Kouadio Emmanuel

Centre National de Recherche Agronomique (CNRA), Abidjan,
Côte d’Ivoire

Ama Tamia Joséphine Epse Abina

Université Nangui Abrogoua (UNA) Abidjan, Côte d’Ivoire,
UFR Sciences et Gestion de l’Environnement, Abidjan

Yoboue Ahou Natachat Epse Kouakou

Université Nangui Abrogoua (UNA) Abidjan, Côte d’Ivoire,
UFR Sciences et Gestion de l’Environnement, Abidjan

Abstract

To restore and improve soil fertility in cotton cultivation, peanut (*Arachis hypogaea* L) was used as a previous crop. The experimentation was done in a Fisher block design with four (4) replications and five (5) treatments, over two years (2018 and 2019). The results showed that the after-effect of the peanut (biomass and residual nitrogen from the symbiosis between the legume and the bacteria) improved the growth and vegetative development of the cotton plants. The impact of this organic fertilizer resulted in statistically larger cotton plants (height greater than 100 cm) for treatment T5 (previous groundnut + full dose of fertilizer). Treatment T4 (previous groundnut + ½ dose of fertilizer) generated an average number of bolls greater than 8 in the second season. It also appears that the groundnut precedent associated with different doses of mineral fertilizer improves seed cotton yields. Gains of 3 to 14% in the first season and 19 to 58% in the second season were recorded. Thus, the groundnut/cotton rotation is a good practice that should be encouraged.

Keywords: Cotton, Groundnut, Biomass, Mineral Manure, Yield

Introduction

Le cotonnier, plante cultivée en Afrique Subsaharienne, produit la fibre textile naturelle la plus exploitée dans le monde. Cette fibre constitue la

matière première principale en industrie textile (Berti *et al.*, 2006). Depuis les années 50, la culture du coton contribue à l'épanouissement socio-économique de la population, des zones de savane de Côte d'Ivoire (Ochou *et al.*, 2003). Cependant, la culture du coton, est soumise à des contraintes telles que l'irrégularité et la mauvaise répartition des pluies, le non-respect des itinéraires techniques, les attaques des ravageurs et autres maladies du cotonnier. A ceci s'ajoute la dégradation physique et chimiques des sols (Bado, 2002 ; Adingra, 2011 ; Samba *et al.*, 2013). Cet appauvrissement des sols est le résultat d'une démographie croissante limitant l'étendue et la durée des jachères jadis pratiquées pour améliorer les sols (Akédrin *et al.*, 2010; Coulibaly *et al.*, 2012). Pour résoudre le problème d'appauvrissement des sols, les producteurs utilisent les intrants chimiques pour augmenter significativement la productivité des cultures. Cependant, l'usage exclusif des engrais chimiques à long terme ne peut assurer la sécurité des sols et une production de qualité acceptable. Des études ont montré que les engrais chimiques acidifient les sols ; ce qui a un impact négative sur le développement du système racinaire de la plupart des plantes (FAO, 2015).

Il apparaît, de ce fait, nécessaire de concevoir des systèmes culturaux plus productifs et plus durables qui tiennent compte de la restauration des sols et de la qualité de la production (Coulibaly, 2012). En effet, de nombreuses cultures associées aux légumineuses alimentaires ont donné de résultats satisfaisants (N'Goran *et al.*, 2011 ; Konaté *et al.*, 2012). En générale, les légumineuses restaurent les sols par l'azote résiduel qu'elles laissent dans le sol en fin de cycle. Et cet azote est exploitable par d'autres cultures (Akédrin *et al.*, 2010 ; Gbakatchetche et al. 2010). Elles offrent donc de bonnes perspectives de valorisation des cultures en vue d'une intensification écologique (Hinsinger, 2012). Le maintien de la biomasse des légumineuses au sol, peut favoriser l'agrégation et la stabilité structurale des sols agricoles. La biomasse des légumineuses se décompose facilement et restitue des éléments nutritifs au sol pour les autres cultures (Anonyme, 2013). Leur utilisation permet d'augmenter le revenu brut du paysan en réduisant les charges en engrais (Carsky *et al.*, 2003). Elles apparaissent donc nécessaires pour une agriculture durable (Vertès *et al.*, 2015). L'usage satisfaisant des légumineuses en association ou en avant-culture avec d'autres plantes a été longtemps prouvé. Cependant, l'étude de l'effet des légumineuses alimentaires sous cotonnier reste peu explorée.

Cette étude permettra d'évaluer l'effet conjugué de la biomasse produite par l'arachide et de la fumure minérale sur la production du coton.

Matériel et Méthodes

Site d'étude

L'étude a été faite au Centre National de Recherche Agronomique (CNRA) à Bouaké, ville située au Centre de la Côte d'Ivoire, dont les coordonnées géographiques sont 7°69' N et 5°03' W et 376 m d'altitude.

La ville de Bouaké a un climat de type Soudanien avec deux saisons sèches et deux saisons de pluies peu marquées (Ouattara, 2001). Dans cette zone, l'ensoleillement est plus constant et la précipitation moyenne est d'environ 1100 mm par an répartie de façon irrégulière sur toute l'année. Sur les deux années consécutives (2018 et 2019), la saison de pluie a débuté en février pour prendre fin en novembre. Les pics de pluviométrie ont été centrés respectivement sur le mois de septembre (331 mm) en 2018 et le mois d'Août (264 mm) en 2019. La saison sèche s'est étalée de novembre à janvier (Figure 2). La température moyenne a été de 26,2°C. La ville est située dans la zone de transition forêt-savane (N'Goran, 2008). Le relief est très peu accidenté avec une altitude moyenne de 200 m. Les sols de la région sont généralement peu profonds et légers. Ce sont des ferasols remaniés, à texture sablo-argileuse ou argilo-sableuse, avec un bon drainage. Ces sols acides (pH = 5-6) sont pauvres en matière organique (Yoro, 2000 ; N'Goran *et al.*, 2018). Mais, ils présentent souvent une pellicule de battance qui favorise le ruissellement.

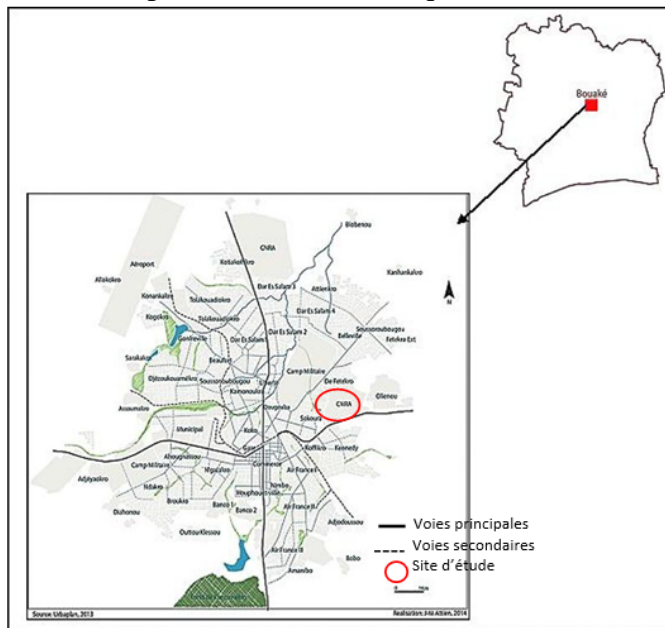


Figure 1. Site d'étude localisé dans la ville de Bouaké

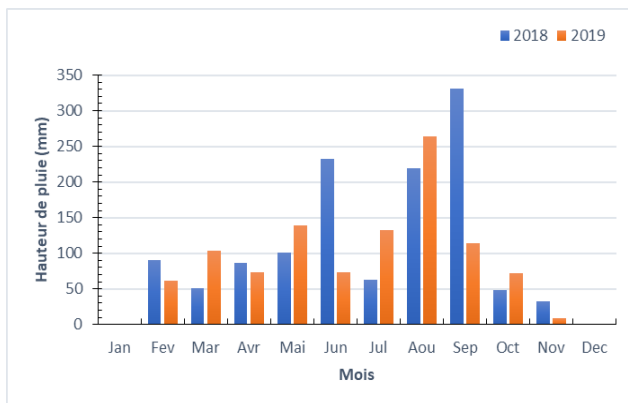


Figure 2. Histogrammes comparatives des pluviométries (2018 et 2019)

Matériel végétal

Le matériel végétal est constitué de semences de coton (*Gossypium hirsutum* L.) et de celles de l'arachide (*Arachis hypogaea*). Le coton utilisé est la variété sicama V-1, issue de la collection des ressources génétiques du CNRA sélectionnée en 2006. Cette variété a une hauteur moyenne de 135 cm et s'adapte aux conditions climatiques et édaphiques de la Côte d'Ivoire. Elle se caractérise par un rendement pouvant atteindre 4 t/ha en coton-graine. Elle a une bonne qualité de la fibre, et un taux de fibre à l'égrenage très élevé (45 %). L'arachide, de la variété 8-20 est issue de la sélection 2008-2009 du CNRA. Cette variété ayant un cycle de 90 jours est très productive avec un rendement en gousses pouvant atteindre 4 t/ha. Elle est tolérante à la rosette et à la cercosporiose qui sont deux maladies redoutables en culture d'arachide.

Matériel technique et chimique

Le matériel technique pour la culture du coton est composé, entre autres, de cordes pour tracer les parcelles, de dabas pour le labour, le semis et le sarclage, d'étiquettes pour identifier les parcelles élémentaires (traitements), d'équipement de protection individuel (EPI) pour le traitement insecticides.

Le matériel chimique utilisé est un fertilisant minérale composé de deux types d'engrais que sont le NPKSB, utilisé comme engrais de fond et l'urée (46 % de N) comme engrais de couverture. Les produits phytosanitaires pour la protection des cotonniers sont Caïman B 19, IBIS A 52, polytrine C365 et Thian 250.

Dispositif expérimental

L'essai a été conduit suivant un dispositif en blocs de Fisher comportant quatre répétitions et cinq traitements qui sont :

- T1 : Précédent jachère naturelle (JN) de deux ans (Témoin absolu);

- T2 : Précédent jachère naturelle de deux ans + 200 kg/ha NPK + 50 kg/ha d'Urée (JN + DV);
- T3 : Précédent légumineuse + 0 kg d'engrais coton (L+ 0 DV) ;
- T4 : Précédent légumineuse + ½ dose (100 kg/ha) NPK + ½ dose (25 kg/ha) d'Urée (L+½ DV);
- T5 : Précédent légumineuse + 200 kg/ha NPK + 50 kg/ha d'Urée (L+DV).

Les traitements ont été répartis de façon aléatoire dans chaque bloc. Les parcelles élémentaires (10 m de long et 6,4 m de large) sont constituées de 8 lignes de coton de 10 m de long. Une distance de 2 m sépare deux blocs.

Conduite des cultures

Le labour et le pulvérisage du sol ont eu lieu en début du mois de Mars. Cela a été suivi d'un léger hersage pour aplanir le terrain, afin de déterminer les parcelles élémentaires. L'arachide a été mise en place en avant culture en mars. Le semis a été fait selon des écartements de 50 cm entre les lignes et 20 cm entre les poquets. Un démariage à deux plants a été fait après le semis, soit une densité maximale de 200 000 plants à l'hectare. Deux sarclages ont été effectués avant la récolte. La récolte a été faite en fin juin.

Le semis de coton a été fait dans la 1^{ère} décade de juillet (entre 1^{er} et 10 juillet). Il s'est fait selon un écartement de 80 cm entre les lignes et 30 cm entre les poquets, soit une densité maximale de 83 500 plants à l'hectare, avec deux plants par poquet. Les consignes générales de culture cotonnière ont été respectées : application d'herbicide après semis, démariage 15 jours après la levée (JAL), resemis, sarclages, apport d'engrais NPK (15 à 20 JAL, au moment du 1^{er} sarclage) selon les différents traitements et buttage plus épandage d'Urée (45 JAL), à l'apparition des premières fleurs.

Collecte et analyse des données

➤ Détermination de la biomasse sèche

La détermination de la biomasse sèche de l'arachide a été estimée à 90 jours après semis (JAS). Les plants d'arachide des carrés de rendement (4 m²) de chaque parcelle élémentaire ont été déterrés. Après la récolte des gousses, la biomasse a été séchée à l'air libre, puis pesée pour en déterminer le poids total et le rendement par hectare.

$$RDT = \frac{Mb \times 10\,000}{S}$$

Avec RDT en kg/ha, M_b = masse de la biomasse en kg et S = surface récoltée en m².

Un échantillon composite a été prélevé, puis broyé pour l'analyse des éléments minéraux tels que l'azote (N), le phosphore (P), le potassium (K), le calcium (Ca) et le magnésium (Mg) au laboratoire.

➤ **Evaluation des paramètres agro-morphologiques du cotonnier**

Les observations portant sur les paramètres morphologiques ont été réalisées sur 10 plants (bien développés) choisis au hasard sur les 4 lignes centrales des parcelles élémentaires suivant la méthode de la diagonale. Les paramètres morphologiques qui ont été évalués sont :

- **Hauteur des plants de cotonniers**

La hauteur des cotonniers s'est faite par mesure de la tige principale, à parti des nœuds cotylédonaire, à 30, 60, 90 JAL et à la récolte (120 JAL).

- **Nombre de capsules vertes**

Le nombre de capsules vertes a été déterminé par le comptage des capsules vertes sur dix (10) plants choisis, aux 70^e, 90^e et 110^e jours après levée (JAL).

- **Taux de mortalité**

Le taux de mortalité des cotonniers a été évalué par comptage du nombre de plants après le démariage (NPD) et à la récolte (NPR), sur quatre lignes centrales de 8 m de long. Il est déterminé à partir de la formule suivante:

$$TxM = \frac{(NPD - NPR)}{NPD} \times 100$$

- **Rendement en coton-graine**

La récolte de coton-graine s'est faite sur une séquence de 4 lignes centrales de 8 m par parcelle élémentaire, soit une surface de 25,6 m² (4 lignes x 0.8 m x 8 m). Elle s'est faite à 50 % puis à 100 % d'ouverture et a été pesée. Le rendement en coton-graine, exprimé en kg/ha, a été déterminé selon la formule:

$$\text{Rendement (Kg/ha)} = \frac{(\text{Poids récolté (kg)} \times 10\,000)}{\text{Superficie récoltée (m}^2\text{)}}$$

- **Efficience agronomique (AE) des fertilisants**

Elle est le rapport entre le rendement supplémentaire par rapport au traitement témoin obtenu grâce à la quantité d'engrais apportée (Akassimadou et al, 2017). Elle est obtenue par la formule :

$$\text{Efficience} = \frac{\text{Rendement avec engrais} - \text{rendement sans engrais}}{\text{Quantité d'éléments nutritifs apportée}}$$

Méthodes statistiques

Les logiciels EXCEL et STATISTICA 7.1 ont été utilisés pour le traitement des données. EXCEL a permis d'enregistrer les données brutes dans des matrices. Avec STATISTICA 7.1, l'analyse de variance (ANOVA) à deux (2) critères a été observée. La comparaison des moyennes a été effectuée au seuil de 5%. En cas de différence significative, le test de Student-Newman-Keuls a servi à déterminer les groupes homogènes.

Résultats

Mobilisation d'éléments minéraux produite par l'arachide sur les deux années

La quantité de matière sèche produite la 1^{ère} année (8469 kg/ha) a été moins que celle de la 2^e année (10083 kg/ha). La teneur des minéraux à la 2^e année a été également supérieure à celle obtenue à la 1^{ère} année quel que soit l'élément minéral étudié (**Tableau I**).

Tableau I. Concentration en éléments minéraux et quantité d'éléments minéraux (kg/ha) mobilisée par biomasses sèches d'arachide

Minéraux	Concentration (% ms)	Quantité mobilisée (Kg/ha)	
		1 ^{ère} année (8469 Kg/ha)	2 ^{ème} année (10083 Kg/ha)
N	2,52	213,42	254,09
P	0,285	24,13	28,74
K	2,427	205,54	244,71
Ca	1,723	145,92	173,73
Mg	0,484	40,99	48,8

➤ Effet du précédent cultural de l'arachide et de la fumure minérale sur les paramètres agro-morphologiques du cotonnier

Densité des plants au démarrage, à la récolte et taux de mortalité

Le **tableau II** illustre le nombre de plants de cotonnier au démarrage et à la récolte, ainsi que le taux de mortalité en fonction des traitements, sur les deux années.

Le nombre de plants au démarrage et à la récolte a varié respectivement de 72 363 à 77 148, et de 60 059 à 68 164, la 1^{ère} année. Celui de la 2^e année a varié respectivement de 63 906 à 80 313, et de 59 219 à 76 797. Les résultats obtenus ont été statistiquement identique pour les deux années de campagne. Toutefois, pour les cotonniers issus des précédents arachides (T3, T4 et T5) les valeurs numériques des densités de cotonniers ont été supérieures aux traitements T1 et T2 à l'hectare. Quant au taux de mortalité des plantes de cotonnier, il a varié de 10,24 à 17,06 %, la 1^{ère} année et de 1,67 à 8,23 %, la 2^e année. Les valeurs obtenues dans les différents traitements ont été statistiquement identique, mais les cotonniers issus des précédents jachères (T1 et T2) ont eu les taux de mortalité supérieurs aux précédents arachide (T3, T4 et T5)

Tableau II. Nombre de plants de cotonniers au démarrage, à la récolte et taux de mortalité

Années	Traitements	Nombre de plants de cotonnier par ha		Taux de mortalité (p.c.)
		Après démarrage	A la récolte	
	T1 (JN)	72 363 ± 2229a	60 059 ± 3044a	17,06 ± 2,82a
	T2 (JN + DV)	73 730 ± 1778a	62 695 ± 2179a	14,98 ± 1,79a
	T3 (L+ 0 DV)	76 074 ± 2159a	68 164 ± 789a	10,24 ± 2,03a

2018-2019	T4 (L+ ½ DV)	75 879 ± 665a	65 820 ± 977a	13,27 ± 0,71a
	T5 (L+ DV)	77 148 ± 2020a	66 406 ± 2635a	13,97 ± 2,20a
	Moyenne	75 039 ± 840	64 629 ± 1073	13,90 ± 0,96
	Probabilité (P)	0,288	0,651	0,248
	Significativité	NS	NS	NS
2019-2020	T1 (JN)	64 922 ± 5673a	63 203 ± 5991a	2,68 ± 0,68a
	T2 (JN + DV)	63 906 ± 7016a	59 219 ± 8138a	8,23 ± 3,31a
	T3 (L+ 0 DV)	80 313 ± 2532a	76 797 ± 2269a	4,30 ± 1,90a
	T4 (L+ ½ DV)	73 750 ± 2956a	72 579 ± 3422a	1,67 ± 0,97a
	T5 (L+ DV)	77 812 ± 3109a	75 156 ± 3541a	3,48 ± 1,49a
	Moyenne	72 141 ± 5326	69 391 ± 5715	4,07 ± 2,05
	Probabilité (P)	0,077	0,100	0,192
	Significativité	NS	NS	NS

Les moyennes dans la même colonne suivies de la même lettre ne sont pas significativement différentes au seuil de 5 % (Test de Newman-Keuls). NS : non significative.

Hauteur des plants de cotonnier

Le **tableau III** présente la hauteur des plants de cotonnier à 30, 60, 90 et 120 jours après levée (JAL) pendant les deux années de culture. L'analyse de ce tableau a montré que 30 jours après levée (JAL), la hauteur des plants a varié de 24,93 à 29,48 cm, pour la 1^{ère} année et de 21,85 à 24,90 cm, pour la 2^e année. A ce stade de développement, l'analyse statistique n'a pas révélé de différence significative entre les différents traitements. Au 60^e jour, la taille des plants, dans les deux campagnes (2018 et 2019), a fluctué respectivement entre 55,10 et 82,88 cm, et entre 35,67 et 81,38 cm. Au 90^e jour, les hauteurs des plants ont varié de 65,50 à 109,85 cm, pour la 1^{ère} année et de 50,38 et 97,25 cm, pour la 2^e année. Au 120^e jour, la taille des plants a été comprise entre 74,05 et 118,23 cm la première année, et de 55,75 à 102,88 cm la deuxième année. Pour ces trois périodes, l'analyse statistique a révélé une différence très hautement significative entre les traitements. Pour les deux années de culture, c'est le traitement T5 (Légumineuse + Dose vulgarisée d'engrais) qui a eu les plus grands plants, avec des hauteurs supérieures à 100 cm à la récolte, tandis que le témoin absolu T1 a présenté les plus petits plants.

Tableau III. Hauteur des plants de cotonnier pendant les deux années de culture

Années	Traitements	Hauteur des plants			
		30 JAL	60 JAL	90 JAL	120 JAL
2018-2019	T1 (JN)	25,18 ± 2,88a	55,10 ± 3,46b	65,50 ± 5,49c	74,05 ± 5,58c
	T2 (JN + DV)	27,35 ± 3,06a	76,08 ± 12,36a	92,98 ± 16,84b	96,23 ± 15,75b
	T3 (L+ 0 DV)	29,48 ± 3,01a	69,78 ± 10,07ab	78,73 ± 9,88bc	85,38 ± 7,97bc
	T4 (L+ ½ DV)	24,93 ± 1,66a	68,50 ± 7,40ab	85,90 ± 9,34b	91,78 ± 12,29bc
	T5 (L+ DV)	29,18 ± 6,32a	82,88 ± 11,80a	109,85 ± 8,83a	118,23 ± 8,84a
	Moyenne	27,22 ± 3,85	70,47 ± 12,74	86,59 ± 17,90	93,13 ± 17,74

	Probabilité (P)	0,307	0,012	0,000	0,000
	Significativité	NS	S	THS	THS
2019-2020	T1 (JN)	21,98 ±1,96a	35,67±3,61c	50,38 ± 3,29c	55,75±4,65c
	T2 (JN + DV)	24,73± 0,63a	57,20±2,85b	71,75 ± 4,07b	75,25±3,54bc
	T3 (L+ 0 DV)	21,85 ±1,49a	61,30±5,24b	70,25 ± 6,64b	79,25±6,11abc
	T4 (L+ ½ DV)	24,90 ±1,63a	81,38±8,50a	94,50 ± 8,99a	98,75±9,40ab
	T5 (L+ DV)	23,53±2,52a	80,23±4,90a	97,25 ± 5,11a	102,88±7,34a
	Moyenne	23,40 ± 0,760	63,16±4,42	76,83±4,63	82,38±4,70
	Probabilité (P)	0,614	0,000	0,000	0,000
	Significativité	NS	THS	THS	THS

Les moyennes dans la même colonne suivies de la même lettre ne sont pas significativement différentes au seuil de 5%. NS : non significative et THS : très hautement significative.

➤ **Effet du précédent arachide et de la fumure minérale sur la production du coton**

Nombre de capsules vertes par plant de cotonnier

L'analyse des résultats consignés dans le **tableau IV** n'a révélé aucune différence significative entre les traitements, sur les deux ans. Pour la 1^{ère} campagne, le nombre de capsules a varié de 2,13 à 2,63 70 jours après levée (JAL) et de 0,70 à 2,12, pour le même stade phénologique. A 90 JAL, le nombre de capsules a été source de variabilité entre les traitements au cours des deux campagnes agricoles. Ce nombre a fluctué entre 4,95 et 10,23 pour la 1^{ère} campagne et entre 4,35 et 8,25 pour la 2^e. Les deux traitements fertilisés à dose complète d'engrais (T2 et T5) ont fourni plus de capsules la 1^{ère} année, tandis qu'en 2^e année, c'est le traitement T4 (précédents arachides+ ½ dose d'engrais) qui a produit plus de capsules. A 110JAL, le nombre moyen de capsules a varié de 3,45 à 7,03 et de 4,73 à 8,45 respectivement la 1^{ère} et la 2^e année. Au plan statistique, le nombre de capsules a évolué selon les traitements sur les deux années de culture. Ce sont les précédents arachides fertilisés à différente dose d'engrais (T5 pour la 1^{ère} année et T4 pour la 2^e année) qui ont généré les nombres de capsules les plus importants.

Tableau IV. Nombre de capsules vertes par plant de cotonnier

Années	Traitements	Capsules vertes / plant de cotonnier		
		70 JAL	90 JAL	110 JAL
2018-2019	T1 (JN)	2,13±0,81 a	4,95±1,01b	3,45±0,63b
	T2 (JN + DV)	2,63± 1,3 a	9,6±2,64a	6,1± 1,54a
	T3 (L+ 0 DV)	2,15±0,86 a	7,93±1,69ab	5,75±1,14a
	T4 (L+ ½ DV)	2,13±0,67a	7,53±2,09ab	5,73±0,64a
	T5 (L+ DV)	2,48±1,13 a	10,23±1,49a	7,03±0,45a
	Moyenne	2,30± 0,90	8,05±2,52	5,61±1,48

	Probabilité (P)	0,918	0,010	0,002
	Significativité	NS	S	HS
2019-2020	T1 (JN)	0,70±0,32 a	4,35±0,53b	4,73±0,55b
	T2 (JN + DV)	1,58±0,19 a	7,35±0,858a	7,38±0,63ab
	T3 (L+ 0 DV)	1,40±0,33 a	6,73±0,17a	6,38±0,456ab
	T4 (L+ ½ DV)	1,05±0,22 a	8,25±1,1a	8,45±1,11a
	T5 (L+ DV)	2,12±0,44 a	7,48±0,33a	7,20±0,25ab
	Moyenne	1,37±0,17	6,83±0,41	6,83±0,39
	Probabilité (P)	0,057	0,011	0,010
	Significativité	NS	S	S

Les moyennes dans la même colonne suivies de la même lettre ne sont pas significativement différentes au seuil de 5 % (Test de Newman-Keuls). NS : non significative, S : significative.

Rendement du coton-graine

Dans le **tableau V** sont consignés les rendements en coton graine dans les essais arachide sur deux années de culture. Les résultats obtenus ont indiqué que les rendements ont varié en fonction des traitements. La 1^{ère} année, les rendements ont varié de 702,42 à 1423,15 kg/ha, avec une moyenne de 1146,09 kg/ha. Le précédent arachide fertilisé à dose complète d'engrais (T5) a été plus productif (1423 kg/ha). Le témoin (T1) a eu le rendement le plus faible. En comparaison au témoin T2 (pratique conventionnelle en milieu paysan), les arrières effets de l'arachide T5 (14,39 %) et T4 (3,78 %) ont donné des rendements du coton-graine plus élevés. Avec le précédent arachide sans engrais (T3), il y'a eu une diminution de rendement de 13,99 % (**Figure 3**).

A la 2^e année, les rendements ont varié de 578,13 à 1482,42 kg/ha, avec une moyenne de 1088 kg/ha. L'analyse statistique a révélé une différence très hautement significative entre les traitements. Le précédent arachide fertilisé à demi dose d'engrais (T4) a été plus productive (1482,42 kg/ha) (**Tableau V**). L'effet de l'arachide a permis un gain de 42,05 % en T5 et de 58,79 % en T4 sur rendement du coton-graine, par rapport à la pratique conventionnelle en milieu paysan. Le précédent arachide sans engrais (T3) a connu une hausse de 19,67 % (**Figure 3**).

Tableau V. Rendements du coton graine dans les essais arachide sur deux années de culture

Traitements	Rendement du coton-graine (kg /ha) 1 ^{ère} année	Rendement du coton-graine (kg /ha) 2 ^e année
T1 (JN)	702,42 ±81,42b	578,13 ±106,07 d
T2 (JN + DV)	1244,27±188,18ab	933,59 ± 34,57 c
T3 (L+ 0 DV)	1070,50±179,19 ab	1117,19 ±104,67 bc
T4 (L+ ½ DV)	1291,10±158,63 ab	1482,42 ± 93,12 a
T5 (L+ DV)	1423,15±162,47 a	1326,17 ±102,68 ab

Moyenne	1146,09±85,06	1088,50±81,10
Probabilité (P)	0,049	0,000
CV %	7,42	7,45
Significativité	S	THS

Les moyennes dans la même colonne suivies de la même lettre ne sont pas significativement différentes au seuil de 5 % (Test de Newman-Keuls). S : significative, THS : très hautement significative.

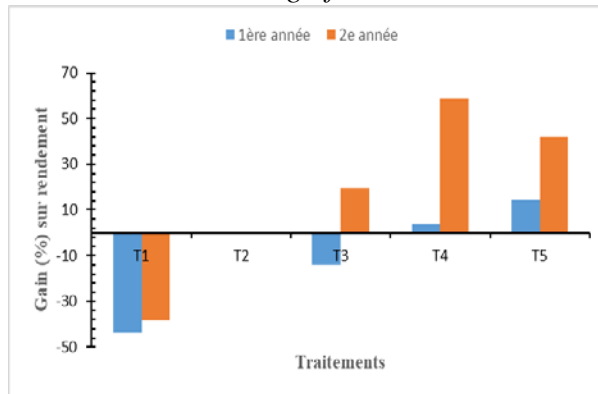


Figure 3. Gain du coton graine sur les deux années de culture

Efficiences agronomiques des fertilisants

La figure 4 indique l'efficacité agronomique des fertilisants appliqués sur les plants de cotonnier pendant deux années de culture. D'après cette figure, l'efficacité agronomique des fertilisants a varié de 0,939 à 4,796 en 1^{ère} année et de 1,287 à 3,15 la 2^e année. Il a été noté que, le traitement T2 (pratique conventionnelle) a occasionné une forte efficacité contrairement aux précédents arachides (T3, T4 et T5) qui en ont obtenu les plus faibles indépendamment des années de culture.

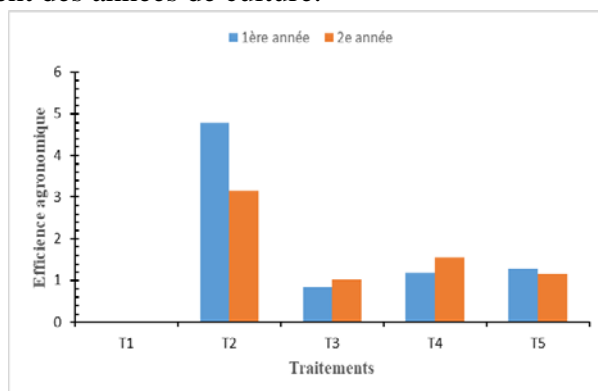


Figure 4. Efficience agronomique du coton graine sur les deux années de culture

Discussion

Effet du précédent arachide et de la fumure minérale sur les paramètres agro-morphologiques du cotonnier

En ce qui concerne le taux de mortalité, les précédents arachide (T3, T4 et T5) ont obtenu les faibles taux. Ces traitements ont probablement fourni les éléments minéraux nécessaires et en quantité suffisante pour minimiser la compétition entre les plants. De plus, il est possible que la décomposition de la matière organique ait amélioré la structure du sol. Koné *et al.*, (2009) puis Badou *et al.*, (2013), ont fait le même constat en révélant que la structure du sol s'améliore par la décomposition de la biomasse dans le sol. Kouelo *et al.*, (2012), affirme que les techniques culturales les plus recommandées pour une productivité soutenue, sont le travail du sol et la fertilisation organique.

De façon générale, l'analyse statistique a révélé une différence significative entre les traitements, concernant la croissance en hauteur des plants. Les précédents arachides fertilisés à différentes doses d'engrais (T4 et T5) ont eu de grands plants. Le développement végétatif des cotonniers pourrait être dû aux éléments minéraux, que sont le phosphore et l'azote qui seraient en grande quantité dans le sol. Ces résultats confirment celui de Yoboue, (2015), qui a noté que le précédent arachide associé à l'engrais NPK et l'Urée assure une bonne croissance végétative du cotonnier.

Effet du précédent arachide et de la fumure minérale sur le rendement

Les précédents arachides fertilisés à différentes doses d'engrais (T4 et T5) ont eu plus de capsules. Cela est dû à la forte teneur de minéraux que disposerait les sols de ces traitements. Ces résultats rejoignent ceux de Ilboudo (1997) dans son étude sur le cotonnier, a montré que le gain sur capsules peut aller jusqu'à 19 p.c. quand on associe à l'engrais coton du fumier.

Les rendements du coton-graine obtenus ont montré l'effet bénéfique du précédent arachide. En effet, les traitements (T4) et (T5) ont été significativement plus productifs avec plus de 1400 kg/ha de coton-graine. Par rapport à la pratique conventionnelle, sur les deux campagnes, la culture d'arachide a permis d'améliorer le rendement du coton-graine de 14,39 % et de 42,05 % dans le traitement T5. Elle a permis également d'obtenir un gain de 58,79 % avec T4 dans la seconde campagne. Les résidus de l'arachide laissés sur place ont restitué au sol des minéraux, surtout l'azote, qui joue, en effet, un rôle déterminant sur le rendement (Souley *et al.*, 2020). En plus de la matière organique issue de la décomposition de la biomasse de l'arachide, il y a eu aussi l'azote résiduel laissé dans le sol en fin de cycle de l'arachide. Après la récolte de l'arachide, il est resté encore de l'azote dans le sol exploitable par le cotonnier (Coulibaly *et al.*, 2021). C'est donc dire que le cotonnier auquel les traitements T4 et T5 ont été appliqués, ont bénéficié de trois sources de minéraux ; en l'occurrence ceux issus du sol, des rhizobiums et de la

décomposition de la matière organique. Les résultats concordent avec les études faites par Bado (2002) et Yoboué (2015), qui ont montré que les rotations comportant les précédents arachide associés à la fumure minérale augmentaient significativement les rendements du sorgho et du coton. Par ailleurs Bado (2002) soutient que les rendements en grains et en paille du sorgho ont augmenté respectivement de 70 et 100 %, et même ont été doublés lorsqu'il est précédé par les légumineuses alimentaires, en comparaison à la monoculture.

Les rendements obtenus avec le traitement T4 révèlent que l'utilisation de la fumure minérale peut être réduite par le précédent arachide, car il garantirait deux sources de minéraux à savoir l'action des bactéries et la biomasse de l'arachide. Ces résultats rejoignent ceux de Konate *et al.*, (2012), qui attestent que l'utilisation de légumineuses alimentaires tels que le soja et le niébé comme précédents culturaux, permet de réduire du quart pour le niébé ou de la moitié pour le soja la dose d'engrais vulgarisée. Voisin *et al.*, (2015) affirment également que les effets d'une culture de légumineuse sur les flux azotés à court et moyen termes permettent une réduction de la fertilisation azotée sur la culture suivante.

Les forts gains obtenus dans les précédents arachides la 2^e année contrairement à la 1^e année, pourraient s'expliquer par le fait que la quantité de biomasse sèche produite par l'arachide à la 2^e année (10083 kg/ha) a été plus que celle produite la 1^{ère} année (8469 kg/ha). De ce fait, la teneur en éléments minéraux, dont l'azote, mobilisé dans le sol la deuxième année a été plus élevée. La quantité de la biomasse produite par l'arachide a assuré une couverture optimale, qui a dû favoriser l'amélioration de l'humidité du sol. Ces conditions favorables ont entraîné un bon développement végétatif et un gain sur rendement de 19,67 % en utilisant le traitement T3. Voisin *et al.*, (2015) ont montré que par leur capacité à s'associer avec des bactéries du sol, les légumineuses ont la particularité de pouvoir être cultivées sans utiliser d'engrais azotés. Elles sont une source d'azote pour les cultures qui leur sont associées ou pour celles qui sont cultivées à leur suite. Nos résultats corroborent ceux de Konate *et al.*, (2013) qui, dans leur étude sur la culture du riz pluviale, ont montré qu'une bonne couverture du sol pourrait influencer les paramètres de croissance des plantes. Ces auteurs poursuivent en justifiant que la biomasse aérienne sèche produite par le soja s'est distingué, avec 410 g/m² contre 209,38 g/m² pour le niébé. Ce qui a permis à l'antécédent soja, d'avoir un rendement moyen (2445,82 kg/ha de riz paddy) plus élevé que celui de l'antécédent niébé (2421,04 kg/ha de riz paddy). Carsky *et al.*, (2003) ; Affokpon *et al.*, (2013) et Badou *et al.*, (2013) ont aussi montré au Burkina Faso et Bénin que, par la quantité de biomasse produite, les légumineuses à graines (arachide, niébé ou soja) ont eu un effet positif sur le rendement de céréale (maïs et mil).

Les résultats obtenus avec l'efficacité agronomique ont montré une baisse dans les traitements (T3), (T4) et (T5). Cela est dû d'une part à la forte utilisation de minéraux NPK (organique) mobilisé par la biomasse d'arachide dans ces traitements. Et d'autre part aux faibles rendements obtenu (traitement T3). Ces résultats concordent avec ceux de Akassimadou *et al.*, (2017) qui ont montré que l'efficacité agronomique suit une tendance à la baisse au fur et à mesure que la dose de fertilisants augmente.

Conclusion

Les traitements T4 et T5 qui sont les précédents arachides associés à différentes doses d'engrais minéraux influencent positivement sur les paramètres agro-morphologique du cotonnier et le rendement (gain de 58,79% et 42,05 %) en comparaison à T2 (précédent jachère + dose complète engrais). Et même pour les traitements sans fumure minéral, T3 (précédent arachides) a eu des résultats satisfaisants. Cette étude a révélé que la légumineuse arachide, utilisée comme précédent cultural dans la culture du coton a été une source de matières organiques susceptibles de restaurer les sols sous cotonnier et en les enrichissant en éléments minéraux. La biomasse sèche produite améliore le rendement en coton-graine et permet de réduire l'utilisation de fertilisant minéral. Cette pratique culturale s'avère d'autant plus intéressante, qu'elle aiderait les paysans à réduire les charges en engrais chimique, tout en préservant l'environnement.

Remerciements

Nos remerciements au Centre National de Recherche Agronomique (CNRA) pour avoir financé cette étude à travers le programme coton.

References:

1. Adingra Y. K., 2011. Coton Africain : Défis, Enjeux et Perspectives. Document de travail Université Paris1 Panthéon -Sorbonne Rencontre panafricaine sur le coton, 21p.
2. Affokpon, J. A. P. Djènontin, A. G. Zoffoun, M. C. Allagbé, T. P. Akondé, K. Aïhou, G. Kpagbin, H. Gotoechan-Hodonou, J. Détongnon et G. A. Mensah, 2013. Effets des variétés de niébé à buts multiples comme précédent cultural sur le rendement du maïs cultivé sur terres de barre dégradées au Sud-Bénin. Bulletin de la Recherche Agronomique du Bénin (BRAB) Numéro spécial fertilité du maïs p58-68.
3. Akassimadou F. E., Hien M. P., Bouadou Oi F. B., Bolou Bi E. B., Bongoua J. A., Ettien J.-B. D., Yao-kouame A., 2017. Efficacités des nutriments P Et K en riziculture irriguée dans un bas-fond secondaire

en zone de savane Guinéenne de la Côte d'Ivoire. European Scientific Journal edition Vol.13, No.36 : 432-453.

Doi : <http://dx.doi.org/10.19044/esj.2017.v13n36p432>.

4. Akédrin T. N., N'Guessan K., Aké A. E. et Aké S., 2010. Effet de Légumineuses herbacées ou subligneuses sur la productivité du maïs. (JAPS) Journal of Animal & Plant Sciences. Vol. 8 : 953- 963. Université de Cocody-Abidjan (Côte-d'Ivoire).
5. Anonyme, 2013. Système de semis direct sous couverture végétale. Manuel de bonnes pratiques agricoles sur le coton, COTON-4. 85 p.
6. Bado B.V., 2002. Rôle des légumineuses sur la fertilité du sols ferrallitiques tropicaux des zones guinéennes et soudanaises du Bourkina Fasso. Thèse de doctorat à l'université de Laval, Québec ; 166p.
7. Badou A., Akondé P. T., Adjanohoun A., Adjé I. T., Aïhou K. et Igué A. M., 2013. Effets de différents modes de gestion des résidus de soja sur le rendement du maïs dans deux zones agroécologiques du Centre-Bénin. Bulletin de la Recherche Agronomique du Bénin (BRAB) Numéro spécial Fertilité du maïs; 5p.
8. Berti F., Hofs J. L., Zagbaï H. S. et Lebailly P. (2006). Le coton dans le monde, place du coton africain et principaux enjeux. Biotechnologie, Agronomie, Société et Environnement, 10 (4) : 271-280.
9. Carsky R.J., Douthwaite B., Mariyong V.M., Sanginga N., Schulz S., Vanlauwe B., Diels J. et Keatinge J.D.H., 2003. Amélioration de la gestion des sols par l'introduction de légumineuses dans les systèmes céréaliers des savanes africaines. Cah. Agri. 12 : 227-233.
10. Coulibaly K., 2012. Analyse des facteurs de variabilité des performances agronomiques et économiques des cultures et de l'évolution de la fertilité des sols dans les systèmes agropastoraux en milieu soudanien du Burkina Faso : approche expérimentale chez et par les paysans. Doctorat en Développement rural de l'Université Polytechnique de Bobo Dioulasso. Spécialité : sciences des sols. 149 p.
11. Coulibaly K., Vall E., Autfray P. et Sedogo P. M., 2012. Performance technico-économique des associations maïs/niébé et maïs/mucuna en situation réelle de culture au Burkina Faso: potentiels et contraintes. Tropicicultura, , 30 (3) : 147-154.
12. Coulibaly N.D., Ossey C.L., Gadji A.G., N'Gbesso M.F.D.P., Fondio L. & Soro O.T. (2021). Etude De L'arrière Effet Des Légumineuses Alimentaires Sur La Productivité Des Légumes : Cas De La Tomate (*Solanum Lycopersicum*), Cultivée Dans La Localité De Bouaké Au

- Centre De La Côte d'Ivoire. European Scientific Journal, ESJ, 17(21), 125. <https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n21p125>
13. FAO, 2015. De la Déclaration d'Abuja sur les engrais au cadre de gestion durable des sols pour la sécurité alimentaire et nutritionnelle en Afrique à l'horizon 2030. Stimuler les sols africains ; 16p.
 14. Gbakatchetche H., Sanogo S.; Camara M., Bouet A., Keli J.Z., 2010. Effet du paillage par des résidus de pois d'angole (*cajanus cajan l.*) sur le rendement du riz (*oryza sativa*) pluvial en zone forestière de Côte d'Ivoire. *Agronomie Africaine* 22 (2) : 131 - 137.
 15. Hinsinger P., 2012. Les cultures associées. in :Les Cultures Associées Céréale / Légumineuse En agriculture « bas intrants » dans le Sud de la France ; 27p.
 16. Ilboudo O., 1997. Effet des fumures de fond sur l'acidité du sol et la croissance du cotonnier. Mémoire pour obtention du diplôme d'ingénieur à l'université polytechnique de Bobo, Burkina ; 79p.
 17. Konate Z., Gala Bi T. J., Messoum F. G., Sekou A., Yao KA., Camara M., Keli Z. J., 2012. Alternatives à la fertilisation minérale des sols en riziculture pluviale de plateau : apports des cultures du soja et du niébé dans la fertilité d'un ferralsol hyperdystrique au Centre-ouest de la Côte d'Ivoire. *Journal of Applied Biosciences* 54: 3859 – 3869.
 18. Konate Z, Messoum FG, Sekou A, Yao KA, Camara M, Keli ZJ. 2013. Effets des cultures de soja (*Glycine max*) et de niébé (*Vigna unguiculata*) sur la densité apparente et la teneur en eau des sols et sur la productivité du riz pluvial de plateau sur ferralsol hyperdystrique: cas de Gagnoa, au Centre Ouest de la Côte d'Ivoire. *Int. J. Biol. Chem. Sci.* 7(1) : 47-59. DOI : <http://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v7i1.5>
 19. Koné B., Diatta S., Saïdou A., Akintayo I., Cissé B., 2009. Réponses des variétés interspécifiques du riz de plateau aux applications de phosphate en zone de forêt au Nigeria. *Canadian Journal of Soil Science*: 555-565.
 20. Kouelo A. F., Badou A., Houngnandan P., Francisco M. M. F., Gnimassoun C. J.-B., Sochime D. J., 2012. Impact du travail du sol et de la fertilisation minérale sur la productivité de *Macrotyloma geocarpum* (Harms) Maréchal & Baudet au centre du Bénin. *Journal of Applied Biosciences* 51: 3625– 3632
 21. N'Goran K. E., Kassin K. E., Zohouri G. P., N'Gbesso M. F. D. P., Yoro G. R., 2011. Performances agronomiques des associations culturales igname-légumineuses alimentaires dans le Centre-ouest de la Côte d'Ivoire. *Journal of Applied Biosciences* 43: 2915 – 2923.
 22. N'Goran K. E., Kassin K. E., Brou K. J., Gustave F. M., Kouamé B., N'guessan D. B., 2018. Diagnostic de l'Etat de Fertilité des Sols Sous

- Culture Cotonnière Dans les Principaux Bassins de Production de Côte d'Ivoire. *European Scientific Journal*, 14 (33) : 221-238.
Doi: <http://dx.doi.org/10.19044/esj.2018.v14n33p221>.
23. N'Goran K. E., 2008. Effet des légumineuses à grains et des plantes de couverture sur la fertilité des sols et la production de l'igname en zone soudano-guinéenne de Cote d'Ivoire. Mémoire de thèse à l'Université de Cocody ; 183p.
 24. Ochou O. G., Koto E., N'Guessan E., Ouraga Y., Tehia K. E., Kouadio N. N. et Angbo S., 2003. Analyse et Propositions pour le Programme Coton de 2ème Génération., Période 2004-2007, Sous-commission Coton. Document CNRA ; 14 p.
 25. Ouattara N., 2001. Note thématique sur les ressources génétiques forestières. Situation des ressources génétiques forestières de la côte d'ivoire (zone de savanes) ; 43 p.
 26. Samba T, Minamba B, Birama SC, Adama C. 2013. Amélioration de la gestion de la fertilité des sols et celle des cultures dans les zones sahéliennes de l'Afrique de l'Ouest : une condition sine qua none pour l'augmentation de la productivité et de la durabilité des systèmes de culture à base de mil. *Research Gate*; 26 p.
<https://www.researchgate.net/publication/237827087>.
 27. Souley M. S., Addam K. S., Mourou B., Jens B. A., 2020. Effets de la Fertilisation à Base de la Biomasse du Sida cordifolia L. sur les Performances Agronomiques et la Rentabilité Économique de la Tomate (*Lycopersicum esculentum* Mill.) en Culture Irriguée. *European Scientific Journal*, 16 (3) : 127-150.
Doi:10.19044/esj.2020.v16n3p127.
 28. Vertès F., Jeuffroy M.-H., Louarn G., Voisin A.-S., Justes E., 2015. Légumineuses et prairies temporaires : des fournitures d'azote pour les rotations. *Fourrages* (2015), 221-232.
 29. Voisin A.-S., Cellier P., Jeuffoy M.-H., 2015. Fonctionnement de la symbiose fixatrice de N des légumineuses à graines : Impacts Agronomiques et Environnementaux. *Innovations Agronomiques* 43 : 139-160.
 30. Yoboué A.N. Epse K. 2015. Effets des précédents arachides (*Arachis hypogaea*) et de la fumure minérale sur la culture du Coton (*Gossypium hirsutum* L.).memoire de master en Sciences et Gestion de l'Environnement à l' Université Nangui-Abrogoua ; 45p.
 31. Yoro G. R., 2000. Les principaux sols de côte d'ivoire et leur corrélation avec les groupes de références de la Base Mondial des données de sols (WRB) ; 19p.

Prolapsus Muqueux de L'urètre au Centre Hospitalo-Universitaire Départemental de Borgou -Parakou, Bénin

Hadonou Ayaovi Armel

Chirurgien général et pédiatre au Centre Hospitalo-Universitaire,
Département de Borgou, Assistant à l'Université de Parakou, Bénin

Sade Sabi Rachid

Médecin Résident en Urologie-Andrologie CNHU-HKM,
Faculté des Sciences de la Santé -Cotonou,
Université d'Abomey Calavi, Bénin

Gandaho Kokou Isidore

Chirurgien Urologue au Centre Hospitalo-Universitaire,
Département de Borgou, Assistant à l'Université de Parakou, Bénin

Tore Sanni Rafiou

Chirurgien Urologue au Centre Hospitalo-Universitaire Départemental de
Borgou

Muhindo Lutegha

Médecin Résident en Urologie-Andrologie CNHU-HKM,
Faculté des Sciences de la Santé -Cotonou, Université d'Abomey Calavi,
Bénin

Muhindo Valimungighe Moïse

Médecin Résident en chirurgie générale,
Faculté des Sciences de la Santé -Cotonou, Université d'Abomey Calavi et
Faculté de Médecine de l'Université Catholique du Graben, RDC

Tamou Sambo Bio

Chirurgien Général au Centre hospitalo-universitaire départemental de
Borgou,

Maitre de conférence Agrégé à l'Université de Parakou, Bénin

Allode Alexandre Salako

Chirurgien Général au Centre Hospitalo-Universitaire Départemental de
Borgou, Professeur Titulaire à l'Université de Parakou, Bénin

[Doi:10.19044/esj.2021.v17n34p278](https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n34p278)

Submitted: 06 August 2021
Accepted: 08 September 2021
Published: 30 September 2021

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

Cite As:

Hadonou A.A., Sade S.R., Gandaho K.I., Tore Sanni R., Muhindo L., Muhindo Valimungighe M., Tamou Sambo B. & Allode A.S. (2021). Prolapsus Muqueux de L'urètre au Centre Hospitalo-Universitaire Départemental de Borgou -Parakou, Bénin. European Scientific Journal, ESJ, 17(34), 278.

<https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n34p278>

Résumé

Introduction: Le prolapsus muqueux de l'urètre est l'éversion circonférentielle de l'épithélium de la muqueuse urétrale congestive à travers le méat urinaire.

L'objectif de cette étude était de rapporter la prise en charge des prolapsus muqueux de l'urètre.

Méthodes: Il s'est agi de 7 dossiers de patientes prise en charge pour de prolapsus muqueux de l'urètre colligés rétrospectivement sur 4 ans dans le service de chirurgie du centre hospitalier universitaire départemental de Borgou à Parakou, au Nord du Bénin

Résultats: L'âge moyen des patients, tous de sexe féminin, était de $4\pm 0,8$ ans avec des extrêmes de 2 ans et de 08 ans. Le principal motif de la consultation a été l'hémorragie génitale. A l'examen physique on retrouvait une tuméfaction sous-clitoridienne centrée par le méat urétral. La prise en charge a été chirurgicale. Nous avons procédé dans tous les cas en une excision de la muqueuse prolapsée suivie d'une suture muco-muqueuse sur une sonde de Foley pour 48 heures. Les suites opératoires étaient simples et aucune récurrence n'est observée après un recul moyen de 7 mois.

Conclusion: Le prolapsus urétral est une affection rare qui se rencontre chez les fillettes prépubères. Le traitement chirurgical donne de résultats cliniques et esthétiques satisfaisants.

Mots clés: Prolapsus Muqueux, Urètre, Parakou

Mucosal Prolapse of The Urethra at The Departmental Teaching Hospital of Borgou -Parakou, Republic Of Benin

Hadonou Ayaovi Armel

Chirurgien général et pédiatre au Centre Hospitalo-Universitaire,
Département de Borgou, Assistant à l'Université de Parakou, Bénin

Sade Sabi Rachid

Médecin Résident en Urologie-Andrologie CNHU-HKM,
Faculté des Sciences de la Santé -Cotonou,
Université d'Abomey Calavi, Bénin

Gandaho Kokou Isidore

Chirurgien Urologue au Centre Hospitalo-Universitaire,
Département de Borgou, Assistant à l'Université de Parakou, Bénin

Tore Sanni Rafiou

Chirurgien Urologue au Centre Hospitalo-Universitaire Départemental de
Borgou

Muhindo Lutegha

Médecin Résident en Urologie-Andrologie CNHU-HKM,
Faculté des Sciences de la Santé -Cotonou, Université d'Abomey Calavi,
Bénin

Muhindo Valimungighe Moïse

Médecin Résident en chirurgie générale,
Faculté des Sciences de la Santé -Cotonou, Université d'Abomey Calavi et
Faculté de Médecine de l'Université Catholique du Graben, RDC

Tamou Sambo Bio

Chirurgien Général au Centre hospitalo-universitaire départemental de
Borgou,

Maitre de conférence Agrégé à l'Université de Parakou, Bénin

Allode Alexandre Salako

Chirurgien Général au Centre Hospitalo-Universitaire Départemental de
Borgou, Professeur Titulaire à l'Université de Parakou, Bénin

Abstract

Background: Mucosal prolapse of the urethra is the circumferential eversion of the epithelium of the congestive urethral mucosa across the urinary meatus.

The objective of this study was to report our experience in the management of mucosal prolapse of the urethra.

Methods: We reviewed 7 cases of patients treated for mucosal prolapse of the urethra, collected retrospectively over 4 years in the surgical department of the departmental university hospital of Borgou in Parakou, northern Benin.

Results: The mean age of the patients, all female, was 4 ± 0.8 years with extremes of 2 years and 08 years. The main reason for consultation was genital hemorrhage. Physical examination revealed a subclitoral swelling centered on the urethral meatus. The management was surgical. We proceeded in all cases with an excision of the prolapsed mucosa followed by a muco-mucosal suture on a Foley catheter for 48 hours. The postoperative course was simple and no recurrence was observed after a mean follow-up of 7 months.

Conclusion: Urethral prolapse is a rare condition that occurs in prepubertal girls. The surgical treatment gives satisfactory clinical and aesthetic results.

Keywords: Mucosal Prolapse, Parakou

Introduction

Le prolapsus muqueux de l'urètre est l'éversion circonférentielle de l'épithélium de la muqueuse urétrale congestive à travers le méat urinaire. Il est relativement peu fréquent, son incidence étant estimée à 1/3000 dans la population pédiatrique (Sandaa et al. 2012). Le premier cas a été décrit en 1732 par Solingen et cité par Upadhyay et al (Upadhyay et al. 2021). Son étiologie reste inconnue même si de nombreux facteurs sont incriminés (Sandaa et al. 2012). Le diagnostic est clinique et pose parfois un problème médico-légal, à cause de l'hémorragie génitale qui suscite une suspicion de viol ou d'agression sexuelle (Upadhyay et al. 2021). Les auteurs rapportent les dossiers de 7 patientes prises en charge au centre hospitalo-universitaire départemental du Borgou-Alibori à Parakou au nord de la République du Bénin.

Patients et Méthodes

Il s'est agi d'une étude rétrospective descriptive sur une période de 04 ans allant du 1er janvier 2017 au 31 Décembre 2020. Elle a été réalisée sur les patientes âgées de moins de 17ans et prise en charge pour prolapsus muqueux de l'urètre dans le service de chirurgie du centre hospitalier universitaire et départementale du Borgou-Alibori à Parakou au Benin. Les variables étudiées étaient l'incidence, l'âge, le motif de consultation, les données de l'examen physique, les résultats du bilan biologique (hémogramme, uroculture), le traitement chirurgical, la durée d'hospitalisation, les complications post-opératoires.

Résultats

La fréquence est de 1,8 cas/an. L'âge moyen était de $4 \pm 0,8$ ans avec des extrêmes de 2 ans et 8 ans. La tranche d'âge de 0 à 5 ans

était la plus représentée avec 4 cas. Aucun antécédent médical et chirurgical significatif n'avait été retrouvé chez nos patientes. Sur le plan clinique, l'hémorragie génitale était le principal motif de consultation (7 fois /7) suivie de la perception d'une masse génitale (3/7). La tuméfaction sous-clitoridienne centrée par le méat urétral était objectivée chez toutes les patientes [Figure 1]. Elle était douloureuse et saignait au contact chez deux patientes.

Elles ne présentaient des symptômes mictionnels.



Figure 1. Aspect préopératoire du prolapsus muqueux urétrale (PMU)

L'hémogramme avait révélé une anémie modérée avec un taux d'hémoglobine inférieur à 10 g/dl chez 5 patientes. L'uroculture était stérile chez toutes les patientes.

Le traitement chirurgical a consisté en une exérèse de la muqueuse prolapsée et une suture muco-muqueuse chez toutes nos patientes [Figure 2]. Une sonde tutrice CH 8 a été laissée en place chez toutes les patientes pour une durée de 48 heures. Une antibioprophylaxie, un antalgique et des soins locaux étaient les traitements complémentaires à la chirurgie.



Figure 2. Aspect post-opératoire du PMU

La durée moyenne d'hospitalisation était de 3 jours avec des extrêmes de 2 jours et 5 jours. Les suites opératoires étaient simples et aucune récurrence ni de sténose du méat n'est observée après un recul moyen de 7 mois. Toutes les patientes ont conservé une miction confortable.

Tableau I. Récapitulatif des 7 cas de prolapsus muqueux de l'urètre enregistrés au CHUD de Borgou – Parakou, Bénin

Cas	Motif de consultation	Durée de l'évolution	Données de l'examen physique	Traitement	Durée d'hospitalisation	Evolution	Recul
N°1	Hémorragie génitale + Masse génitale	2 semaines	Masse génitale douloureuse saignant au contact	Exérèse de la muqueuse prolabée+ suture muco-muqueuse	4 jours	Bonne	18 mois
N°2	Hémorragie génitale	3 semaines	Masse génitale	Exérèse de la muqueuse prolabée+ suture muco-muqueuse	2 jours	Bonne	10 mois
N°3	Hémorragie génitale + Masse génitale	2 semaines	Masse génitale	Exérèse de la muqueuse prolabée+ suture muco-muqueuse	2 jours	Bonne	9 mois
N°4	Hémorragie génitale	3 semaines	Masse génitale	Exérèse de la muqueuse prolabée+ suture muco-muqueuse	3 jours	Bonne	7 mois
N°5	Hémorragie génitale	2 semaines	Masse génitale	Exérèse de la muqueuse prolabée+ suture muco-muqueuse	3 jours	Bonne	3 mois
N°6	Hémorragie génitale	1 semaines	Masse génitale	Exérèse de la muqueuse prolabée+ suture muco-muqueuse	3 jours	Bonne	2 mois
N°7	Hémorragie génitale + Masse génitale	2 semaines	Masse génitale douloureuse saignant au contact	Exérèse de la muqueuse prolabée+ suture muco-muqueuse	5 jours	Bonne	1 mois

Discussion

Le prolapsus muqueux de l'urètre est une uropathie rare qui touche préférentiellement la fillette avant 5 ans (Ndour O et al. 2017, Ballouhey et al 2013). Sa rareté est corroborée dans les diverses séries de la littérature (Falandy 1996). Longtemps considéré comme l'apanage de la fillette de race noire (Ndour O et al. 2017, Fernando et al.1993), le prolapsus muqueux de l'urètre touche également la fillette de peau blanche (Jerkins et al.1984) Il survient généralement avant la puberté (Rudin et al.1997, DA Silva Anna 2001) mais aussi après la ménopause faisant incriminer le faible taux d'œstrogène dans sa pathogénie (Fiogbe M A et al .2011). En effet, la cause exacte de l'affection reste méconnue ; il serait lié à un défaut d'accolement entre les fibres musculaires striées et le chorion de la muqueuse urétrale. Cette zone de faiblesse des tissus péri-urétraux serait mise en contrainte par la pression abdominale survenant lors de la constipation, des efforts physiques et d'une toux chronique (Rudin et al.1997, DA Silva Anna 2001). Les

traumatismes périnéaux, les infections génito-urinaires, la malnutrition, le bas niveau socio-économique et l'excès de muqueuse urétrale seraient également des facteurs favorisant la survenue du prolapsus urétral (Jerkins et al.1984).

Le diagnostic du prolapsus urétral repose sur l'examen clinique (Ballouhey et al 2013). L'hémorragie génitale représente le maître symptôme de la maladie. Elle peut être attribuée à tort à un viol présumé posant ainsi un problème médico-légal. Les troubles génito-urinaires s'y associent rarement (Ho KL et al 2003). Le prolapsus urétral se présente classiquement comme une protrusion circonférentielle de l'urètre distal à travers le méat urétral avec un aspect pseudo tumoral plus ou moins volumineux, rosé ou violacé, œdématié, saignant au contact. Il faudrait cependant éliminer les autres causes de saignement génital comme le viol, les traumatismes et les masses vulvaires de la fillette. Les complications du prolapsus urétral sont la strangulation et la nécrose (Mianne D. et al 1994). Le traitement est essentiellement chirurgical. Il consiste en une excision de la muqueuse suivie d'une anastomose muco-muqueuse sur sonde tutrice. Les résultats sont satisfaisants (Jerkins et al.1984, DA Silva Anmate et al . 2001, Ho KL et al 2003) avec très peu de récurrences.

Dans notre étude, toutes les patientes avaient bénéficié d'un traitement chirurgical et nous n'avons enregistré aucun cas de récurrence après un suivi moyen de 7 mois. À contrario, Rudin et al. Suggèrent un traitement médical à base d'antibiotiques, d'anti-inflammatoires et d'antiseptique local avec des résultats qui ne sont pas probants.

Conclusion

Le prolapsus muqueux de l'urètre est une pathologie bénigne, souvent observée chez la fillette non pubère. L'hémorragie génitale en est le symptôme révélateur. Le traitement est essentiellement chirurgical avec de bons résultats.

References:

1. Sandaa GO, Soumanaa A, Oumaroub H. (2012).Le prolapsus muqueux de l'urètre chez la fillette: A propos de 22 cas colligés en dix ans et un revue de la littérature. Afr J Urol 18:93-6.
2. Upadhyay J, Cendron M.(2021).Urethral Anomalies and Urethra Prolapse.<http://emedine.medscape.com/article/1015912-overview..>
3. Ndour O, Malle K, Faye Fall A L, Ndoeye N A, NibagoraJ, NgomG, NdoeyeM. (2017) Le prolapsus de la muqueuse urétrale chez la fillette: à propos de 12 cas et revue de la littérature. African Journal of Urology 23,359-363.
4. Ballouhey Q, Abbo O, Sanson S, Cochet T, Galinier P, PienkowskiC. Hémorragie génitale de la petite fille: penser au prolapsus urétral.Gynécol Obstét Fertil 2013;41(6):404-6.

5. Falandry L. Le prolapsus urétral de l'enfant chez la fille de race noire. A propos de 12 observations. *Prog en Urol* 1996;6(3):392-7.
6. Fernandes ET, Dekermacher S, Sabadin MA, Vaz F. (1993) Urethral prolapse in children. *Urology*;41(3):240-2.
7. Jerkins GR, Verheek K, Noe HN. (1984) Treatment of girls with urethral prolapse. *J Urol*;132(4):732-3.
8. Rudin JE, Geldt VG, Alecseev EB. (1997) Prolapse of urethral mucosa in white female children: experience with 58 cases. *J Pediatr Surg*;32:423-5.
9. Da Silva-Anoma S, Dibi Bertin K, Ossenou O, Atafi Gaudens D, Yao D, Roux C. (2001) Le prolapsus muqueux de l'urètre de la fillette en Côte d'Ivoire. *Ann Urol*;35(1):60-3.
10. Fiogbe MA, Hounnou GM, Koura A, Agossou-Voyeme KA (2011);. Urethral mucosal prolapse in young girls: a report of nine cases in Cotonou. *Afr J Paediatr Surg* 8(1):12-4.
11. Ho KL, Chu SM, Tam PC. (2003). Reduction of strangulated urethral prolapse using local anesthesia with hyaluronidase. *J Urol*;169(1):288.
12. Mianne D, Beatrix O, Faure JM, Boyer C, Altobelli A, Gatinois Y. (1994). Le prolapsus étranglé de l'urètre chez la femme jeune: une urgence urologique rare. *Prog Urol*;4(6):1022-6.

Caractéristiques Physicochimiques Récoltés des Miels de la Sous-Préfecture de Cechi (Dans le Département D'Agboville, Côte D'Ivoire)

Kouamé Koffi Félix

Doctorant au Laboratoire des Milieux Naturels et Conservation de la Biodiversité, UFR Biosciences, Université Félix Houphouët-Boigny, Côte d'Ivoire

Gbouhoury Eric-Kevin Bolou

Chargé de recherche au Centre National de Floristique, UFR Biosciences, Université Félix Houphouët-Boigny, Côte d'Ivoire

Fofié N'Guessan Bra Yvette

Enseignant-chercheur au Laboratoire de Pharmacognosie Botanique et Cryptogamie, UFR Sciences Pharmaceutiques et Biologiques, Université Félix Houphouët-Boigny, Côte d'Ivoire

Kassi N'Dja Justin

Professeur Titulaire au Laboratoire des Milieux Naturels et Conservation de la Biodiversité, UFR Biosciences, Université Félix Houphouët-Boigny, Côte d'Ivoire

[Doi:10.19044/esj.2021.v17n34p286](https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n34p286)

Submitted: 11 May 2021

Accepted: 02 September 2021

Published: 30 September 2021

Copyright 2021 Author(s)

Under Creative Commons BY-NC-ND

4.0 OPEN ACCESS

Cite As:

Kouamé K.F., Gbouhoury E-K. B., Fofié N'Guessan B.Y. & Kassi N'Dja J. (2021). *Caractéristiques Physicochimiques Récoltés des Miels de la Sous-Préfecture de Cechi (dans le Département D'Agboville, Côte D'Ivoire)*. European Scientific Journal, ESJ, 17(34), 286. <https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n34p286>

Résumé

La caractérisation des miels en développement d'un pays est nécessaire pour leur valorisation. Cette étude est une contribution à la connaissance de la qualité des miels des forêts de la Côte d'Ivoire. Des échantillons de miel de cinq localités de la Sous-Préfecture de Cechi (Agboville) ont été étudiés. Les paramètres physicochimiques des miels ont été analysés pour vérifier leur conformité aux normes du *Codex alimentarius*. Ces analyses ont donné les valeurs moyennes suivantes : le pH est $3,55 \pm 0,46$; la conductivité électrique (σ) est $98,01 \pm 31 \mu\text{S/cm}$, l'acidité libre est

19,50±4,47 mEq/Kg ; la densité relative est 1,42±0,07 ; la teneur en eau est de 20,2±3,11%, les cendres représentent 0,18±0,11% et la teneur en sucre totale est de 78,31±0,19%. La plupart de ces paramètres sont conformes au *Codex alimentarius*, à l'exception des teneurs en sucres qui dépasse la limite maximale accepté. Cela traduit que les miels analysés sont issus de nectar trop sucrés.

Mots clés : Miel, Analyse Physicochimique, Codex Alimentarius, Zone Forestière, Côte d'Ivoire

Physicochemical Characteristics of Honey Collected from The Sub-Prefecture of Cechi (In The Department of Agboville, Ivory Coast)

Kouamé Koffi Félix

PhD Student, Laboratory of Natural Environments and Biodiversity Conservation, UFR Biosciences, Felix Houphouët-Boigny University, Ivory Coast

Gbouhoury Eric-Kevin Bolou

Researcher, National Floristic Center, UFR Biosciences, Felix Houphouët-Boigny University, Ivory Coast

Fofié N'Guessan Bra Yvette

Lecturer-researcher at the Laboratory of Botanical Pharmacognosy and Cryptogamy, UFR Pharmaceutical and Biological Sciences, Felix Houphouët-Boigny University, Ivory Coast

Kassi N'Dja Justin

Full Professor, Laboratory of Natural Environments and Biodiversity Conservation, UFR Biosciences, Felix Houphouët-Boigny University, Ivory Coast

Abstract

The characterisation of a country's developing honeys is necessary for their valorisation. This study is a contribution of the knowledge of the Ivory Coast forests honeys quality. Honey samples from five localities of the Sub-Prefecture of Cechi (Agboville) were studied. The physicochemical parameters of the honeys were analyzed to verify their conformity to the standards of the *Codex alimentarius*. These analyses yielded the following average values: pH is 3.55±0.46; electrical conductivity (σ) is 98.01±31 μ S/cm, free acidity is 19.50±4.47 mEq/Kg ; relative density is 1.42±0.07 ; water content is 20.2±3.11%, ash represents 0.18±0.11% and total sugar content is 78.31±0.19%. Most of these parameters are in conformity with the

Codex Alimentarius, except for the sugar content which exceeds the maximum accepted limit. This means that the analyzed honeys are made from nectar with too much sugar.

Keywords: Honey, Physicochemical Analysis, Codex Alimentarius, Forest Area, Ivory Coast

Introduction

Le miel est une substance sucrée d'origine naturelle produite par l'espèce *Apis mellifera* à partir du nectar de plantes ou à partir de sécrétions provenant des parties vivantes de plantes ou à partir d'excrétions d'insectes butineuses laissées sur les parties vivantes des plantes, que les abeilles butinent, transforment en les combinant avec des substances spécifiques qu'elles sécrètent elle-même, déposent, déshydratent, emmagasinent et laissent affiner et mûrir dans les rayons de la ruche (Codex, 2001 ; Randrianarivelo, 2010 ; Abdallah et Saber, 2017).

Le miel est consommé par l'homme et les animaux sauvages en tant qu'aliment (Kombo, 1989). Il est aussi utilisé dans la composition de plusieurs produits pharmaceutiques et comme médicament pour le traitement de certaines maladies et affections (Mehnaz et Bonmatin, 2003 ; Ahouandjinou *et al.*, 2016 ; Assi-Kaudjhis *et al.*, 2020). Par exemple, il est antianémique, antiseptique, diurétique, énergétique, fébrifuge et antitussif ; il soulage les angines, la bronchite et facilite la cicatrisation des blessures (Maglon et Vanwijek, 2003 ; Bradbear, 2005).

Depuis l'antiquité le miel est recherché par l'homme ; ses multiples propriétés thérapeutiques et nutritionnelles ont fait évoluer la production du miel de la cueillette à l'élevage des abeilles. Le miel est composé d'hydrates de carbone, des acides organiques, des acides aminés, des protéines, des minéraux, des vitamines et des lipides qui varient selon les plantes butinées, le climat, les conditions environnementales (Makhtar, 2002 ; Mezhoud, 2013).

Le caractère du miel dépend des plantes visitées par les abeilles. Selon N'guessan *et al.* (2009), les effets thérapeutiques du miel sont dus aux flavonoïdes contenus dans les drogues végétales. Ainsi, le miel doit sa coloration aux pigments tels que les caroténoïdes et les flavonoïdes, qui varient selon son origine géographique et florale (Randrianarivelo, 2010). L'analyse du miel consiste à la mesure de ses paramètres physicochimiques et à la recherche de ses origines botaniques et géographiques (Makhloufi *et al.*, 2013). En Côte d'Ivoire, les études sur l'analyse physicochimique des miels concernent des localités du Centre (Iritié *et al.*, 2014 ; Assi Kaudjhis *et al.*, 2021) et du Nord (Coulibaly, 2014 ; Diomandé *et al.*, 2018). Ces régions sont caractérisées par des savanes préforestières et sèches. Or sur un total de 3853 espèces végétales vasculaires répertoriées en Côte d'Ivoire, $\frac{3}{4}$ sont

essentiellement forestières (Aké-Assi, 2002). Cela représente un grand potentiel mellifère dans le Sud forestier ivoirien. Ce travail sur l'analyse physicochimique des miels de la Sous-Préfecture de Cechi dans la zone forestière se situe dans le cadre de la promotion des miels de forêt.

Matériel et méthodes

Milieu d'étude

Les différentes localités d'échantillonnages et la réserve sont situées dans la Sous-Préfecture de Cechi, dans le Département d'Agboville au Sud-Est de la Côte d'Ivoire (Figure 1). Le Département d'Agboville, appartient à la région administrative de l'Agneby-Tiassa. C'est une région du domaine guinéen de la Côte d'Ivoire (Aubréville, 1958). Elle est caractérisée par quatre saisons (deux saisons pluvieuses et deux saisons sèches) avec une pluviométrie moyenne annuelle de 1585,35 mm et une température moyenne annuelle de 26,72°C (Kouamé *et al.* 2020). La population de la Sous-Préfecture de Cechi est estimée à 22.779 habitants (INS, 2014). Les Abbey et les Krobou sont les peuples autochtones. Les migrants sont originaires des autres régions de la Côte d'Ivoire (Agny, Baoulé, Koulango, Malinké) et des pays frontaliers (Burkinabé, Malien, Guinéen). L'agriculture et le commerce sont les principales activités de cette population (Kouamé *et al.*, 2020).

Echantillonnage

Au total 5 échantillons de miel de la Sous-Préfecture de Cechi de l'année 2020 ont été utilisés pour cette étude. Quatre des échantillons de miel sont issus de la cueillette des ruches naturelles, collectés auprès des agriculteurs des localités d'Allany (E1) ; Banguié 2 (E2) ; Mitichi (E4) ; N'guessan Blekro (E5) et l'échantillon de miel des ruches langstroths installées dans la réserve (E3) à BouaM'po (Figure 2). La figure 1 présente les localités de collecte et la réserve naturelle dans la Sous-Préfecture de Cechi dans le Département d'Agboville.

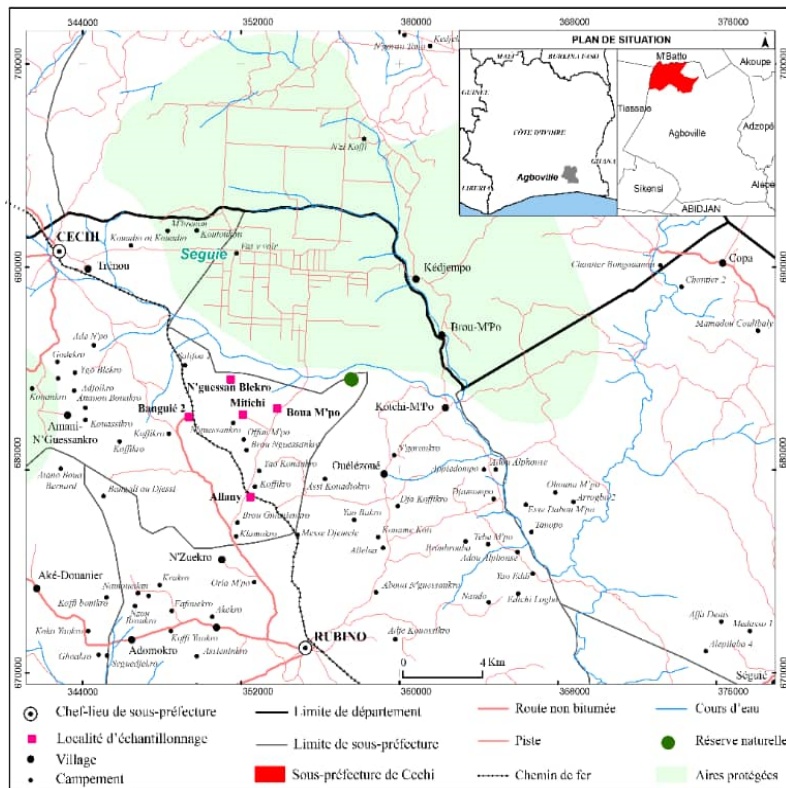


Figure 1. Situation géographique des localités d'échantillonnage (Sous-Préfecture de Cechi)



Figure 2. Aperçus des ruches langstroths dans la réserve naturelle (Kouamé *et al.*, 2021)

Analyse physicochimique des miels de la Sous-Préfecture de Cechi

Les analyses ont été réalisées au sein du service de contrôle des aliments du Laboratoire Nationale de Santé Publique (LNSP) de Treichville en Côte d'Ivoire. Les paramètres ont été déterminés selon les protocoles suivants : Le pH, par dilution de 10 mg de miel à l'eau distillée dans un bécher

de 100 ml et soumis à ultra-son pendant 15 minutes. La lecture s'est faite en plongeant les électrodes du pH-mètre dans la solution.

La conductivité électrique est obtenue à 20°C en introduisant les électrodes du pH-mètre et du conductimètre dans la solution de miel diluée à 1/10 ème. Les valeurs sont données en microsiemens par centimètre ($\mu\text{S}/\text{cm}$).

Le degré Brix et la teneur en eau sont déterminés en mettant une goutte de miel sur la plaque transparente du refractomètre, après étalonnage à l'eau distillée. Les lectures sont faites à l'écran à 20°C.

La teneur en cendres par incinération d'une prise d'essai dans un four à 550°C, puis la pesée du résidu obtenu (Assi-Kaudjhis *et al.*, 2021). Les valeurs sont exprimées en pourcentage (%) et donnée par la formule suivante :

$$\text{Teneur cendre (\%)} = \frac{m_2 - m_0}{m_1 - m_0} \times 100$$

m_0 : masse en gramme des capsules vides ; m_1 : masse en gramme des capsules de prises d'essai ; m_2 : masse en gramme des capsules de prises d'essai après incinération.

L'acidité libre a été déterminée en neutralisant 25 ml de miel dilué à 1/10 ème avec du NaOH (0.05N) (Amri, 2006). Les valeurs sont exprimées en mEq/Kg et données par la relation suivante :

$$\text{Acidité libre (mEq/Kg)} = \frac{1000 \cdot V \cdot 0,05}{PE} \times 10$$

V : Volume de soude (NaOH) versé ; PE : Prise d'essai de miel utilisée.

La densité est obtenue en calculant le quotient de la masse volumique du miel et de celle de l'eau (Coulibaly, 2014 ; Assi-Kaudjhis *et al.*, 2021 ; Koudegnan *et al.*, 2021). Elle est donnée par la relation suivante :

$$d = \rho_m / \rho_e$$

d : densité du miel ; ρ_m : masse volumique du miel ; ρ_e : masse volumique de l'eau pure

L'état de fermentation des miels et leur origine ont été déterminés.

Analyse statistique

Les moyennes des données des paramètres physicochimiques ont été soumises à des tests statistiques à l'aide du logiciel XLSTAT 2014.5.03, afin de vérifier si les cinq échantillons de miel sont statistiquement différents. Les variances des données sont comparées à l'aide du test statistique de Bartlett (Addinsoft, 2020).

Résultats et discussion

Valeurs des paramètres physico-chimiques des miels

Les valeurs obtenues des paramètres physicochimiques des miels sont consignées dans le tableau 1.

Tableau 1.Caractéristiques physicochimiques des miels de la Sous-Préfecture de Cechi

Echantillons de miel	Paramètres physicochimiques ± écart-types						
	pH	Acidité libre (mEq/Kg)	Densité	Teneur en eau (%)	Degré Brix (%)	Teneur en cendre (%)	Conductivité électrique (σ) (μ S/cm)
E1	3,40±0,02	15,00±0,00	1,40±0,01	20±0,1	76,67±0,06	0,22±0,01	124,6 ± 0,00
E2	4,34±0,56	15,83±1,44	1,39±0,02	21±0,4	76,50±0,10	0,12±0,01	53,80 ± 0,17
E3	3,26±0,02	23,33±2,89	1,47±0,03	18±1,05	78,90±0,00	0,13±0,02	96,00 ± 0,00
E4	3,22±0,03	25,00±0,00	1,33±0,05	25±2,4	78,10±0,06	0,09±0,00	86,30 ± 0,10
E5	3,52±0,06	18,33±2,89	1,5± 0,04	17±1,6	81,40±0,00	0,36±0,02	129,47 ± 0,38
Moyennes	3,55±0,46	19,50±4,47	1,42±0,07	20,2±3,11	78,31±0,19	0,18±0,11	98,01±31
Norme Codex alimentarius (2000 ; 2001)	[3,5-4,5] Miel de nectar ; [5-5,5] Miel de miellat	≤50 mEq/Kg, tous les miels	[1,39-1,44] tous les miels	≤21% tous les miels sauf exception	≤65% Miel de nectar ; ≤45% Miel de miellat ; ≤53% Miel de mélange	≤0,6% tous les miels sauf exception	≤0,8mS/cm Miel de nectar ; ≥1,2 mS/cm Miel de miellat

NB: 1 μ S/cm = 10 exp-4 mS/cm

Potentiel d'Hydrogène (pH) des miels

Les pH varient de 3,22 ± 0,03 (miel de Mitichi, E4) à 4,34 ± 0,56 (miel de Banguié 2) avec une moyenne de 3,55 ± 0,46. Les échantillons de miels E1, E3 et E4 ont un pH inférieur à 3,5. Les échantillons de miel E2 et E5 ont un pH compris entre 3,5 et 4,5. Les pH des miels sont statistiquement identiques (p = 0,406).

Acidité libre des miels

L'acidité libre varie de 15,00 ± 0,00 mEq/Kg (miel d'Allany, E1) à 25,00 ± 0,00 mEq/Kg (miel de Mitichi, E4) avec une moyenne de 19,50 ± 4,47 mEq/Kg. Les acidités sont inférieures à 50 mEq/Kg. Les acidités libres des miels sont statistiquement identiques (p = 0,406).

Densité des miels

La densité se situe entre 1,33 ± 0,05 (miel de Mitichi E4) et 1,5 ± 0,04 (miel de N'guessan Blekro, E5) avec une moyenne de 1,42 ± 0,07. Les échantillons E3 et E5 ont une densité supérieure à 1,44. Les densités des miels sont statistiquement identiques (p = 0,406).

Teneur en eau ou humidité des miels

La teneur en eau oscille de 17 ± 1,6% à 25 ± 2,4% avec une moyenne de 20,2 ± 3,11%. La plupart des miels ont une teneur en eau inférieure ou égale à 21% sauf le miel de Mitichi (E4). Les teneurs en eau des miels sont statistiquement identiques (p = 0,406).

Degré Brix ou teneur en sucre totale des miels

Le degré Brix se situe entre $76,50 \pm 0,10\%$ (miel de Banguié 2, E2) à $81,40 \pm 0,00\%$ (miel de N'guessan Blekro, E5) avec une moyenne de $78,31 \pm 0,19\%$. Les miels ont une teneur en sucre totale supérieure à 65%. Les degrés Brix des miels sont statistiquement identiques ($p = 0,406$).

Teneur en cendre des miels

La teneur en cendre varie de $0,09 \pm 0,00\%$ (miel de Mitichi, E4) à $0,36 \pm 0,02\%$ (miel de N'guessan Blekro, E5) avec une moyenne de $0,18 \pm 0,11\%$. La teneur en cendre des miels est inférieure à 0,6%. Les teneurs en cendre des miels sont statistiquement identiques ($p = 0,406$).

Conductivité électrique (σ) des miels

La conductivité électrique se situe entre $53,80 \pm 0,17 \mu\text{S}/\text{cm}$ (miel de Banguié 2, E2) et $129,47 \pm 0,38 \mu\text{S}/\text{cm}$ (miel de N'guessan Blekro, E5) avec une moyenne de $98,03 \pm 31 \mu\text{S}/\text{cm}$. Ces valeurs sont inférieures à 0,8 mS/cm. Les conductivités électriques des miels sont statistiquement identiques ($p = 0,406$).

Interprétation des valeurs des paramètres physicochimiques

Les analyses statistiques effectuées n'ont montré aucune différence significative entre les miels étudiés ($p > 0,05$).

Potentiel d'Hydrogène (pH) des miels

Les miels de la Sous-Préfecture de Cechi sont des miels acides car leurs pH se situent entre $3,22 \pm 0,03$ et $4,34 \pm 0,56$. Ces valeurs de pH de l'étude sont en conformité avec celles des miels malaisiens (pH : 2,51 et 3,26) issus des travaux de Julika *et al.* (2019) et dans les miels nigériens (pH : 3,10 et 3,48) réalisés par Agbagwa *et al.* (2011). Selon le *Codex alimentarius* (2000 ; 2001), les miels de nectar ont un pH compris entre 3,5 et 4,5. Or tous les miels de la Sous-Préfecture de Cechi se trouvent dans cet intervalle. Donc les miels de la Sous-Préfecture de Cechi pourraient être des miels de nectar.

Les variations des pH observées d'une localité à une autre pourraient se justifier par les origines florales des miels, par le processus de formation du miel par les abeilles, par la méthode d'extraction du miel, et par la technique de conservation du miel (Louveaux, 1985 ; Achour et Khalil, 2014 ; Rebiai *et al.*, 2015 et Selvaraju *et al.*, 2019). Par ailleurs, les miels acides inhibent mieux la croissance et la prolifération des microorganismes; présentant ainsi un meilleur pouvoir antibactérien pour le traitement des plaies (Julika *et al.*, 2019).

Acidité libre des miels

L'acidité libre des miels varie de $15,00 \pm 0,00$ mEq/Kg à $25,00 \pm 0,00$ mEq/Kg. Ces valeurs sont inférieures à la valeur limite (50 mEq/Kg) du *Codex alimentarius* (2000 ; 2001). Elles indiquent l'absence de fermentations indésirables dans les miels. Les miels pourraient être conservés longtemps dans des conditions appropriées sans risque de fermentation. Les miels étudiés sont moins acides que les miels récoltés de 2011 à 2012 dans l'arboretum de l'école nationale agronomique de Yamoussoukro ($42,6$ mEq/Kg à $43,53$ mEq/Kg) par Iritié *et al.* (2014). L'acidité est un bon critère d'évaluation de la qualité du miel car elle donne des indications importantes sur son état (Bogdanov *et al.*, 1999 ; Mezhoud, 2013). Selon ces auteurs, l'acidité du miel augmente avec la fermentation.

Densité des miels

La densité moyenne ($1,42 \pm 0,07$) des miels analysés est similaire à celle du *Codex alimentarius* (1,42) pour les densités de 1,39 et 1,44 (*Codex alimentarius*, 2000; 2001; Abdulaziz *et al.*, 2012). La densité du miel renseigne sur sa teneur en eau. En effet, les miels avec des densités comprises entre 1,39 et 1,44 ou supérieures ont une teneur d'eau acceptable et propice à la conservation contrairement aux miels de densités inférieures à 1,39. Le miel E4 avec une densité (1,33) inférieure à 1,39 est plus riche en eau ($25 \pm 2,4$) que les autres miels. Donc, le miel E4 pourrait vite se fermenter par rapport aux autres miels. Par contre, le miel E5 avec une densité (1,5) supérieure à 1,44 a présenté une teneur en eau moins élevée. Par conséquent, le miel E4 pourrait avoir une longue durée de conservation comparativement autres miels. Ces densités sont supérieures à celles des miels des localités de Séguéla (1,11; 1,1; 1,22) et celle du supermarché du centre commercial de la ville de Daloa (1,06) trouvées par Diomandé *et al.* (2018) et du miel en provenance de l'Algérie (1,28) selon Djonwan (2018). Des densités supérieures à la valeur maximale (1,44) du *Codex alimentarius* ont été également enregistrées dans les miels de Danané (1,59); Dimbokro (1,55); Katiola (1,63) et Korhogo (1,65) selon Coulibaly (2014). Ces variations s'expliqueraient par la période de récolte des miels. En effet, les miels récoltés précocement des ruches sont moins dense et plus riche en eau que les miels récoltés à maturité.

Teneur en eau ou humidité des miels

La teneur en eau des miels oscille de $17 \pm 1,6\%$ à $25 \pm 2,4\%$ avec une moyenne de $20,2 \pm 3,11\%$. La plupart des miels analysés ont une teneur en eau inférieure à 21%. La teneur en eau est un paramètre important à la conservation du miel. Il permet d'estimer le niveau de maturité des miels, renseigne sur la stabilité du miel contre la fermentation et la cristallisation (Mezhoud, 2013). Selon Schweitzer (2019), un miel pauvre en eau se conserve

plus longtemps qu'un miel riche en eau quel que soit sa teneur en levure. Le miel de Mitichi (E4) avec une teneur en eau supérieure à 21%, serait difficile à être conservé sans risque de fermentation. Les variations des teneurs en eau des miels seraient liées à la période de récolte des miels ou encore à leurs origines florales. En effet, des miels monofloraux auraient une teneur en eau élevée du fait de leurs origines botaniques : cas du miel de trèfle (*Trifolium*) et de bruyères (*Calluna*) en Europe (Codex, 2000 ; 2001).

Degré Brix ou teneur en sucre totale des miels

La teneur en sucre totale des miels se situe entre $76,50 \pm 0,10\%$ et $81,40 \pm 0,00\%$. Ces valeurs sont similaires à celles obtenues dans les miels des autres régions de la Côte d'Ivoire. Dans les miels de Danané (76,58%), Dimbokro (78,05%), Katiola (77,90%) et Korhogo (80,18%) selon Coulibaly (2014). Dans les miels récoltés de 2011 à 2012 dans l'arboretum de l'école nationale agronomique de Yamoussoukro (74% à 81%) selon Iritié *et al.* (2014). Dans le miel de la coopérative de Toumodi (75,23%) selon Assi-Kaudjhis *et al.* (2021). Dans les miels de Bouaflé (79%), Djekanou (78%) et dans des miels importés de France (80,5%), d'Espagne (80,5% ; 81%), d'Amérique (80,5% ; 82%), d'Algérie (70%), du Sénégal (79%) selon Djonwan (2018). Toutes ces valeurs sont supérieures à celles du *Codex alimentarius* (2000 ; 2001). Les teneurs en sucre des miels seraient liées à leurs origines florales par la concentration en sucre des fleurs butinées par les abeilles ou à un nourrissage des abeilles au sucre pendant la miellée. Etant donné que les miels analysés proviennent de la cueillette et des ruches de la réserve où les abeilles n'ont pas été nourries au sucre, cette teneur en sucre serait liée aux nectars des fleurs butinées.

Teneur en cendre des miels

La teneur en cendre des miels varie de $0,09 \pm 0,00\%$ à $0,36 \pm 0,02\%$. Ces valeurs sont conformes à la norme *Codex alimentarius*. La teneur en cendre permet d'apprécier la teneur en matières minérales ou non solubles étrangères au miel. Les miels analysés ne contiendraient pas de matières minérales ou éléments étrangers. Cependant, ces valeurs sont supérieures à celles obtenues par Iritié *et al.* (2014) (0,08 à 0,09%) dans les miels de l'arboretum de l'école nationale agronomique de Yamoussoukro. Ces variations pourraient être liées à l'origine florale des miels ou à la nature des sols. Car selon Shahnawaz *et al.* (2013), la teneur en cendre des miels varie en fonction des sols des plantes mellifères, aux conditions atmosphériques, et à la physiologie des plantes. Les types de sols déterminent les végétations et sont propices à des cultures. En outre, ces variations se justifieraient par la différence des sols des zones de collecte. En zone forestière en Côte d'Ivoire l'on rencontre principalement les sols ferrallitiques favorables aux cultures

d'exportations et en zone savanicole les sols ferrugineux avec une dominance de graminées.

Conductivité électrique (σ) des miels

La conductivité électrique des miels se situe entre $53,80 \pm 0,17 \mu\text{S/cm}$ et $129,47 \pm 0,38 \mu\text{S/cm}$. La conductivité électrique est un paramètre efficace de détermination de l'origine botanique des miels. Elle est désignée lors des contrôles de routine en remplacement de la teneur en cendre. Les miels analysés ont une conductivité électrique inférieure à $0,8 \text{ mS/cm}$, ce qui confirme leur provenance du nectar. Ces valeurs sont inférieures à celles ($596 \mu\text{S/cm} - 707 \mu\text{S/cm}$) des miels récoltés de 2011 à 2012 dans l'arboretum de l'école nationale agronomique de Yamoussoukro (Iritié *et al.*, 2014). Ces variations s'expliqueraient par les types de plantes butinées pour élaborer le miel, par la situation phytogéographique ou aux conditions environnementales du milieu (Fechner *et al.*, 2016).

Conclusion

Les miels analysés sont issus des localités de la Sous-Préfecture de Cechi (Département d'Agboville) en zone forestière de la Côte d'Ivoire. Ils sont généralement acides et ne sont pas exposés aux extrêmes fermentations. Ces miels pourraient être conservés longtemps sans risque de fermentation. Ce sont des miels de nectar riche en sucre qui ne contiennent pas d'éléments minéraux indésirables.

Cette étude pourrait s'étendre à l'analyse d'autres paramètres tels que la microbiologie, la recherche de métaux lourds et la mellissopalynologie. Elle devrait également s'étendre aux miels des autres régions forestières.

References:

1. Abdallah L et Saber Fatiha., 2017, Contribution à l'identification de l'origine botanique de quelques miels de la willaya de Tizi-Ouzou par une analyse pollinique au microscope optique. Mémoire de fin d'études, en vue de l'obtention du diplôme de Master en Sciences Agronomiques. Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou (Algérie), 135p.
2. Abdulaziz S, Alqarni, Ayman A, Owayss A, Owad A et Mahoud., 2012, Physicochemical characteristics total phenols and pigments of national and international honey in Saudi Arabia, Arabia journal of chemistry, 2012, 4, 5.
3. Achour H et Khali M., 2014, Composition physicochimique des miels algériens: Détermination des éléments traces et des éléments potentiellement toxiques. Afrique Sci.10: 27-36.

4. Addinsoft., 2020, Tests de Bartlett et de Levene pour comparer des variances. Copyright 2020 Addinsoft.
5. Agbagwa O E, Otokunefor T V et Peterside-Frank N., 2011, Quality assessment of Nigeria honey and Manuka honey. J. Microbiol. Biotech. Res, 1 (3) : 20-31.
6. Ahouandjinou T B, Yedomonhan H, Adomou A C, Tossou M G, Akoegninou A., 2016, Caractéristiques techniques et importance socio-économique de l'apiculture au nord-ouest du Bénin : cas de la commune de Cobly. Université d'Abomey-Calavi (UAC), 01 bp 4521 Cotonou, Bénin.
7. Amri A., 2006, Evaluation physico-chimique et détermination de l'origine botanique de quelques variétés de miel produites à l'Est d'Algérie. Mémoire de master, Université Badji Mokhtar-Annaba 97p.
8. Assi-Kaudjhis C, Bolou G E-K et Ouattara S., 2021, Melissopalynological and physico-chemical analysis of honey from the beekeeping cooperative of Toumodi (Côte d'Ivoire), International Journal of Scientific and Research Publications, Volume 11, Issue 2 February 2021 ISSN 2250-3153.
9. Assi-Kaudjhis C, Ebah E A et Savadogo S., 2020, Uses of Beehive Products by the Baoule Population, Central Côte d'Ivoire. International Journal of Science and Research (IJSR) ISSN: 2319-7064 SJIF (2019).
10. Aubréville A., 1958, Flore forestière soudano-guinéenne. Soc d'Ed. Géogr. Mar. et Col. Pari (France), 523 p.
11. Bogdanov S, Lullman C, Martin P, Von Der Hoe W, Rusmann H, Vorwohl G, Persano-Oddo L, Sabatini A G, Marcazzwan G L, Piro R, Flamini C, Marlo M, Hertier J, Borneck R, Marioleas P, Tsigouri A, Kerkvliet J, Ortiz A, Ivanov T, Arcy D B, Mossel B et Vit P., 1999, Honey quality and international regulatory standards, review by international honey commission, Bee world 80 (2) 1999, 61-69.
12. Bradbear N., 2005, Apiculture et moyens d'existence durables. Organisation des nations unies pour l'alimentation et l'agriculture. ISSN 1813-6001, Rome, 64 p.
13. Codex A., 2000, Programme mixte FAO/OMS sur les normes alimentaires. Comité du Codex sur les sucres, septième session, Londres, Royaume-Uni, 9- 11 Février 2000.
14. Codex A., 2001, Programme Mixte FAO/OMS Sur Les Normes Alimentaires. Commission du Codex Alimentarius. ALINORM, 25 (1), 1-31.

15. Coulibaly., 2014, Potentialités de production mellifère de la flore de transition forêt savane, en zone guinéenne et caractéristique physicochimique de quelques miels de la Côte d'Ivoire. Thèse de doctorat, Université Felix Houphouët Boigny (Côte d'Ivoire) 194p.
16. Diomandé M, Coulibaly S, Koko A C et Bahoua L G., 2018, Identification des plantes mellifères et propriétés physicochimiques de miels de la région du Worodougou, Cote d'Ivoire. International Journal of Current Research vol 10, issue, 04, pp 67583-67590 April 2018.
17. Djonwan F D., 2018, Etude comparative de la qualité des miels locaux et importés en Côte d'Ivoire. Thèse de diplôme d'Etat de docteur en pharmacie de Université Felix Houphouët Boigny 82 p.
18. Fechner D C, Mores A L, Riuiz Diaz J D, Pellerano R G et Vazquez F A., 2016, Multivariate classification of honeys from Carrientes (Argentina) according to geographical origin based on physicochemical properties. Food Biosci. 15 : 49-54.
19. INS., 2014, Recensement général de la population et de l'habitat de la Côte d'Ivoire. Institut national de la statistique. Document non publié.
20. Iritié M B, Eboua N W, Yapo Y M, Fantodji A et Bodji C N., 2014, Comparative analysis physicochemical characteristics of honeys produced in the multi-flora arboretum of the national school of agronomy of Yamoussoukro. International journal of agricultural policy and research vol.2 (11) pp. 379-382, November 2014.
21. Julika N W, Ajit A, Sulaiman A Z et Naila A., 2019, Physicochemical and Microbiological Analysis of Stingless Bees Honey Collected from Local Market in Malaysia. indones. J. Chem. 19 (2): 522-530.
22. Kombo P., 1989, Apiculture et miel dans la province de l'Adamaoua (Cameroun). Thèse de doctorat 196p.
23. Kouame K F, Akpessa A A, Diby Y S et Kassi N J., 2021, Morphometric characteristics of honeybees in the cechi nature reserve in the department of agboville (south-east, Ivory Coast). International Journal of Food Science and Nutrition, Volume 6, Issue 3, 2021, Page No. 120-127.
24. Kouamé K F, Assi K C, Kiyinlma C, Kassi J., 2020, Inventaire et identification des plantes mellifères de la zone guineenne : cas de la forêt Yapi Daniel et extension (Sud de la Cote d'Ivoire). European Scientific Journal, ESJ, 16 (33), 315.
25. Koudegnan C, Etse K, Coulibaly S, Quashie M-L, Radji P, Kokou K., 2021, Caractérisations physico-chimiques des miels de la zone

- Guinéenne du Togo. Revue Marocaine des Sciences Agronomiques et Vétérinaires p-ISSN: 2028-991X
26. Louveau J., 1985, Les miels d'Afrique du Nord et leur spectre pollinique. *Apidologie* pp : 160-1970.
 27. Maglon G et Vanwijek R., 2003, Guide des plaies. Ed.J.L. Eurotext, Paris, France, 102 p.
 28. Makhloufi C, Kerkvliet J D, Ricciardelli D'albore G, Choukri A et Samar R., 2013, Characterization of Algerian honeys by palynological and physico-chemical methods. *Apidologie*, 41 : 509-521.
 29. Makhtar D., 2002, La filière apicole au Sénégal. Thèse présentée et soutenue publiquement le 15 mai 2002 devant la faculté de Médecine, de Pharmacie et d'Odonto-stomatologie de Dakar pour obtenir le grade de Docteur vétérinaire, Sénégal 140p.
 30. Mehrnaz K-S et Bonmatin J-M., 2003, Usage du miel dans les médicaments simples et composés chez Rhazès, 91^e année, n°337,2003. pp. 29-36.
 31. Mezhoud I., 2013, Analyse physicochimique et étude de l'adultération de miel de la région de Bejaia. Mémoire de master, Université A. MIRA- Bejaia- Faculté des Sciences Exacte, Département de Chimie, Algérie 48p.
 32. Moussaoui N., 2011, Analyse sensorielle de quelques miels de Sud Algérien. Mémoire de fin d'étude, Université Kasdi Merbah-Ouargba, Algérie.
 33. N'Guessan K, Kadja B, Zirihi G N, Traoré D et Aké-Assi L., 2009, Screening phytochimiques de quelques plantes médicinales ivoiriennes utilisées en pays Krobou (Agboville, Côte-d'Ivoire). *Sci. Nat.*, 6(1) : 1-15.
 34. Randrianarivelo R H M., 2010, Application de l'analyse pollinique aux miels de différentes régions de Madagascar. Mémoire de DEA, Université d'Antananarivo, Madagascar 71p.
 35. Rebiai A, Lanez T et Chouikh L., 2015, Physicochemical and biochemical properties of honeybee products in South Algeria. *St. Cerc. St. CICBIA*. 16 (2), 133-142.
 36. Schweitzer P., 2019, Les critères de qualité du miel : Article <<sur les sentiers des miels de France>> avec l'autorisation de "l'abeille de France"
 37. Selvaraju K, Vikram P, Soon JM, Krishnan K T et Mohammed A., 2019, Mellissopalynological, physicochemical and antioxidant properties of honey from West Coast of Malaysia. *J Food Sci Technol*. 56 (5): 2508-2521.

38. Shahnawaz M, Saghir A S, Mirza H, Abdul R et Sadat S K., 2013, A study on the determination of physicochemical properties of honey from different valleys of Gilgit-Baltistan. International Journal of Agricultural Science Research, 2(2) : 049-053.