

European Scientific Journal, *ESJ*

May 2021

European Scientific Institute, ESI

The content is peer reviewed

ESJ Natural/Life/Medical Sciences

May 2021 edition vol. 17, No. 17

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

ISSN: 1857-7431 (Online)

ISSN: 1857-7881 (Print)

About the Journal

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

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

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

Sincerely,

Jovan Shopovski, PhD

European Scientific Journal (ESJ)

Managing Editor

International Editorial Board

Jose Noronha Rodrigues,
University of the Azores, Portugal

Nino Kemertelidze,
Grigol Robakidze University, Georgia

Jacques de Vos Malan,
University of Melbourne, Australia

Franz-Rudolf Herber,
University of Saarland, Germany

Annalisa Zanola,
University of Brescia, Italy

Vayia Karaïskou,
Open University of Cyprus

Robert Szucs,
Szolnok University College, Hungary

Dragica Vujadinovic,
University of Belgrade, Serbia

Pawel Rozga,
Technical University of Lodz, Poland

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

Rashmirekha Sahoo,
Melaka-Manipal Medical College, Malaysia

Daniel Barredo,
University Laica Eloy Alfaro de Manabi, Ecuador

Georgios Vousinas,
University of Athens, Greece

Asif Jamil,
Gomal University DIKhan, KPK, Pakistan

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

Faranak Seyyedi,
Azad University of Arak, Iran

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

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

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

Chaudhry Zahid Javid,
Taif University, Saudi Arabia

Dejan Marolov,
European Scientific Institute, ESI

Gloria Esteban de la Rosa,
University of Jaen, Spain

Noor Alam,
Universiti Sains Malaysia, Malaysia

Rashad A. Al-Jawfi,
Ibb University, Yemen

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

Hans W. Giessen,
Saarland University, Saarbrucken, Germany

Naheed Vaida,
University of Kashmir, India

Frank Bezzina,
University of Malta, Malta

Monika Bolek,
University of Lodz, Poland

Michele Minor-Corriveau,
Laurantian University, Canada

Robert N. Diotalevi,
Florida Gulf Coast University, USA

Daiva Jureviciene,
Vilnius Gediminas Technical University, Lithuania

Mariangela Giusti,
University of Milan - Bicocca, Italy

Anita Lidaka,
Liepaja University, Latvia

Rania Zayed,
Cairo University, Egypt

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

Ziad Said,
College of the North Atlantic, Qatar

Lydia Ferrara,
University of Naples, Italy

Byron A Brown,
Botswana Accountancy College, Botswana

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

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

Mona Kassem,
National Research Centre, Egypt

Cinaria Tarik Albadri,
Trinity College Dublin University, Ireland

Mahammad A. Nurmamedov,
State Pedagogical University, Azerbaijan

Thomas Fenzl,
Alps-Adria University of Klagenfurt, Austria

Henryk J. Barton,
Jagiellonian University, Poland

Stefanos Spaneas,
University of Nicosia, Cyprus

Assem El-Shazly,
Zagazig University, Egypt

Wei Hao,
Beijing Normal University, China

Saltanat Meiramova,
S.Seifullin AgroTechnical University, Kazakhstan

Rajasekhar Kali Venkata,
University of Hyderabad, India

Nishan Rafi Havandjian,
California Polytechnic State University, USA

Ruzica Loncaric,
Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Croatia

Stefan Vladutescu,
University of Craiova, Romania

Anna Zelenkova,
Matej Bel University, Slovakia

Kevin B. O'Connor,
McGill University, Canada

Billy Adamsen,
University of Southern Denmark, Denmark

Nawab Ali Khan,
Aligarh Muslim University, India

Marinella Lorinzi,
University of Cagliari, Italy

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

Bianca Gioia Marino,
University of Naples Federico II, Italy

Franko Milost,
Faculty of Management, Koper, Slovenia

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

Daniel Velasco,
Chicago School of Professional Psychology, USA

N. K. Rathee,
Delaware State University, USA

Michael Ba Banutu-Gomez,
Rowan University, USA

Adil Jamil,
Amman University, Jordan

Habib Kazzi,
Lebanese University, Lebanon

Valentina Manoiu,
University of Bucharest, Romania

Henry J. Grubb,
University of Dubuque, USA

Daniela Brevenikova,
University of Economics, Slovakia

Genute Gedviliene,
Vytautas Magnus University, Lithuania

Vasilika Kume,
University of Tirana, Albania

Mohammed Kerbouche,
University of Mascara, Algeria

Adriana Gherbon,
University of Medicine and Pharmacy Timisoara, Romania

Pablo Alejandro Olavegogeochea,
National University of Comahue, Argentina

Raul Rocha Romero,
Autonomous National University of Mexico, Mexico

Oihab Allal-Cherif,
KEDGE Business School, France

Izabela Dembinska,
University of Szczecin, Poland

Driss Bouyahya,
University Moulay Ismail, Morocco

William P. Fox,
Naval Postgraduate School, USA

Rania Mohamed Hassan,
University of Montreal, Canada

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

Alicia Marchant Rivera,
University of Malaga, Spain

Lucia D'Ambrosi,
University of Macerata, Italy

Tilahun Achaw Messaria,
Addis Ababa University, Ethiopia

George Chiladze,
University of Georgia, Georgia

Elisa Rancati,
University of Milano-Bicocca, Italy

Alessandro Merendino,
University of Ferrara, Italy

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

Anastassios 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 Petrasevic,
Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Croatia

Olena Ivanova,
Kharkiv National University, Ukraine

Marco Mele,
Unint University, Italy

Okyay Ucan,
Omer Halisdemir University, Turkey

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

Matti Raudjarv,
University of Tartu, Estonia

Cosimo Magazzino,
Roma Tre University, Italy

Susana Sousa Machado,
Polytechnic Institute of Porto, Portugal

Jelena Zascerinska,
University of Latvia, Latvia

Umman Tugba Simsek Gursoy,
Istanbul University, Turkey

Zoltan Veres,
University of Pannonia, Hungary

Vera Komarova,
Daugavpils University, Latvia

Cosmin Stefan Dogaru,
University of Bucharest, Romania

Tiffany T. Boury,
Franciscan University of Steubenville, USA

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

Stephane Zingue,
University of Maroua, Cameroon

Jawed Iqbal,
National University of Sciences & Technology, Pakistan

Tanzer Celikturk,
Pamukkale University, Turkey

Ruth Erika Lerchster,
Alpen-Adria University Klagenfurt, Austria

Pierluigi Passaro,
University of Bari Aldo Moro, Italy

Georges Kpazai,
Laurentian University, Canada

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

Natalia Sizochenko,
Dartmouth College, USA

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

Nikolett Deutsch,
Corvinus University of Budapest, Hungary

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

Brian Sloboda,
University of Maryland, USA

Murtaz Kvirkaia,
Grigol Robakidze University, Georgia

Enrique Jerez Abajo,
University of Zaragoza, Spain

Yassen Al Foteih,
Canadian University Dubai, UAE

Marisa Cecilia Tumino,
Adventista del Plata University, Argentina

Luca Scaini,
Al Akhawayn University, Morocco

Aelita Skarbaliene,
Klaipeda University, Lithuania

Efthymios Papatzikis,
Canadian University, Dubai, UAE

Oxana Bayer,
Dnipropetrovsk Oles Honchar University, Ukraine

Onyeka Uche Ofili,
International School of Management, France

Aurela Saliaj,
University of Vlora, Albania

Maria Garbelli,
Milano Bicocca University, Italy

Josephus van der Maesen,
Wageningen University, Netherlands

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

Francisco Gonzalez Garcia,
University of Granada, Spain

Mahgoub El-Tigani Mahmoud,
Tennessee State University, USA

Hilal YIildirir Keser,
Bursa Technical University, Turkey

Miriam Agreda Montoro,
University of La Rioja, Spain

Daniel Federico Morla,
National University of Rio Cuarto, Argentina

Valeria Autran,
National University of Rio Cuarto, Argentina

Muhammad Hasmi Abu Hassan Asaari,
Universiti Sains, Malaysia

Angelo Viglianisi Ferraro,
Mediterranean University of Reggio Calabria, Italy

Roberto Di Maria,
University of Palermo, Italy

Delia Magherescu,
State University of Moldova, Moldova

Sayeeduzzafar Qazi,
University of Science and Technology, Saudi Arabia

Paul Waithaka Mahinge,
Kenyatta University, Kenya

Aicha El Alaoui,
Sultan My Slimane University, Morocco

Marija Brajic,
University of Split, Croatia

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

Belen Martinez-Ferrer,
Univeristy Pablo Olavide, Spain

Rachid Zammar,
University Mohammed 5, Morocco

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

Fatma Koc,
Gazi University, Turkey

Calina Nicoleta,
University of Craiova, Romania

Shadaan Abid,
UT Southwestern Medical Center, USA

Sadik Madani Alaoui,
Sidi Mohamed Ben Abdellah University, Morocco

Patrizia Gazzola,
University of Insubria, Italy

Krisztina Szegedi,
University of Miskolc, Hungary

Liliana Esther Mayoral,
National University of Cuyo, Argentina

Amarjit Singh,
Kurukshetra University, India

Armando Carteni,
University of Naples Federico II, Italy

Oscar Casanova Lopez,
University of Zaragoza, Spain

Emina Jerkovic,
University of Josip Juraj Strossmayer, Croatia

Carlos M. Azcoitia,
National Louis University, USA

Rokia Sanogo,
University USTTB, Mali

Bertrand Lemennicier,
University of Paris Sorbonne, France

Lahcen Benaabidate,
University Sidi Mohamed Ben Abdellah, Morocco

Janaka Jayawickrama,
University of York, United Kingdom

Kiluba L. Nkulu,
University of Kentucky, USA

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

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

Leila Ghudushauri,
Tbilisi State University, Georgia

George C. Katsadoros,
University of the Aegean, Greece

Elena Gavrilova,
Plekhanov University of Economics, Russia

Kira Trostina,
Plekhanov University of Economics, Russia

Eyal Lewin,
Ariel University, Israel

Szczepan Figiel,
University of Warmia, Poland

Don Martin,
Youngstown State University, USA

John B. Strait,
Sam Houston State University, USA

Nirmal Kumar Betchoo,
University of Mascareignes, Mauritius

Camilla Buzzacchi,
University Milano Bicocca, Italy

EL Kandoussi Mohamed,
Moulay Ismai University, Morocco

Marek Semela,
Brno University of Technology, Czech Republic

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

Susana Borrás Pentinat,
Rovira i Virgili University, Spain

Jelena Kasap,
Josip J. Strossmayer University, Croatia

Massimo Mariani,
Libera Università Mediterranea, Italy

Rachid Sani,
University of Niamey, Niger

Luis Aliaga,
University of Granada, Spain

Robert McGee,
Fayetteville State University, USA

Angel Urbina-Garcia,
University of Hull, United Kingdom

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

Marko Andonov,
American College, Republic of Macedonia

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

Leyla Yilmaz Findik,
Hacettepe University. Turkey

Vlad Monescu,
Transilvania University of Brasov, Romania

Virginia Pulcini,
University of Torino, Italy

Stefano Amelio,
University of Unsubria, Italy

Enida Pulaj,
University of Vlora, Albania

Christian Cave,
University of Paris XI, France

Julius Gathogo,
University of South Africa, South Africa

Claudia Pisoschi,
University of Craiova, Romania

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

Joseph Ntale,
Catholic University of Eastern Africa, Kenya

Kate Litondo,
University of Nairobi, Kenya

Maurice Gning,
Gaston Berger University, Senegal

Katarina Marosevic,
J.J. Strossmayer University, Croatia

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

Syed Shadab,
Jazan University, Saudi Arabia

Koffi Yao Blaise,
University Felix Houphouet Boigny, Ivory Coast

Mario Adelfo Batista Zaldivar,
Technical University of Manabi, Ecuador

Kalidou Seydou,
Gaston Berger University, Senegal

Iveta Reinholde,
University of Latvia, Latvia

Patrick Chanda,
The University of Zambia, Zambia

Meryem Ait Ouali,
University IBN Tofail, Morocco

Laid Benderradji,
Mohamed Boudiaf University of Msila, Algeria

Amine Daoudi,
University Moulay Ismail, Morocco

Claudio Fabian Guevara,
University of Guadalajara, Mexico

Oruam Cadex Marichal Guevara,
University Maximo Gomes Baez, Cuba

Vanya Katarska,
National Military University, Bulgaria

Carmen Maria Zavala Arnal,
University of Zaragoza, Spain

Francisco Gavi Reyes,
Postgraduate College, Mexico

Aysegul Ozbebek Tunc,
Istanbul University, Turkey

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

Mary Kathryn Mc Vey,
Franciscan University of Steubenville, USA

Patricia Randrianavony,
University of Antananarivo, Madagascar

Roque V. Mendez,
Texas State University, USA

Kesbi Abdelaziz,
University Hassan II Mohammedia, Morocco

Eugenio D'Angelo,
Pegaso Telematic University, Italy

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

Ilknur Bayram,
Ankara University, Turkey

Elenica Pjero,
University Ismail Qemali, Albania

Gokhan Ozer,
Fatih Sultan Mehmet Vakif University, Turkey

Komina Amevoin,
University of Lome, Togo

Veronica Flores Sanchez,
Technological University of Veracruz, Mexico

Camille Habib,
Lebanese University, Lebanon

Larisa Topka,
Irkutsk State University, Russia

Paul M. Lipowski,
Creighton University, USA

Marie Line Karam,
Lebanese University, Lebanon

Jorge Wozniak,
National University of Tres de Febrero, Argentina

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

Mohamed Berradi,
Ibn Tofail University, Morocco

Visnja Lachner,
Josip J. Strossmayer University, Croatia

Sangne Yao Charles,
University Jean Lorougnon Guede, Ivory Coast

Omar Boubker,
University Ibn Zohr, Morocco

Judit Sole Resina,
Autonomous University of Barcelona, Spain

Kouame Atta,
University Felix Houphouet Boigny, Ivory Coast

Patience Mpanzu,
University of Kinshasa, Congo

Angeles Aguilera Velasco,
University of Guadalajara, Mexico

Rachid Hsissou,
Ibn Tofail University, Morocco

Svetlana Melentijevic,
Complutense University of Madrid, Spain

Devang Upadhyay,
University of North Carolina at Pembroke, USA

Nyamador Wolali Seth,
University of Lome, Togo

Akmel Meless Simeon,
Ouattara University, Ivory Coast

Mohamed Sadiki,
IBN Tofail University, Morocco

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

Gamal Elgezeery,
Suez University, Egypt

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

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

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

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

Alla Manga,
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 Superieure d'Abidjan, Ivory Coast

Sophia Barinova,
University of Haifa, Israel

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

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

Aderewa Amontcha,
Universite d'Abomey-Calavi, Benin

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

Rene Mesias Villacres Borja,
Universidad Estatal De Bolivar, Ecuador

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

Qamil Dika,
Tirana Medical University, Albania

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

Hariti Hakim,
University Alger 3, Algeria

Emel Ceyhun Sabir,
University of Cukurova, Turkey

Salomon Barrezueta Unda,
Universidad Tecnica de Machala, Ecuador

Belkis Zervent Unal,
Cukurova University, Turkey

Elena Krupa,
Kazakh Agency of Applied Ecology, Kazakhstan

Carlos Angel Mendez Peon,
Universidad de Sonora, Mexico

Antonio Solis Lima,
Apizaco Institute Technological, Mexico

Roxana Matefi,
Transilvania University of Brasov, Romania

Bouharati Saddek,
UFAS Setif1 University, Algeria

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

Serigne Modou Sarr,
Universite Alioune DIOP de Bambey, Senegal

Nina Stankous,
National University, USA

Lovergine Saverio,
Tor Vergata University of Rome, Italy

Fekadu Yehuwalashet Maru,
Jigjiga University, Ethiopia

Karima Laamiri,
University of Moulay Ismail, Morocco

Elena Hunt,
Laurentian University, Canada

Sharad K. Soni,
Jawaharlal Nehru University, India

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

Florence Kagendo Muindi,
University of Nairobi, Kenya

Maximo Rossi Malan,
Universidad de la Republica, Uruguay

Haggag Mohamed Haggag,
South Valley University, Egypt

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

Eveligh 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:

Evaluation of the Opportunities for Prevention of the Periodontal Diseases Among the Pregnant Women in Tbilisi.....1

Veriko Tevzadze

Ketevan Nanobashvili

Interrelationships Between the Posterior Pharyngeal Space and the Dento-Maxillary Anomalies.....16

Mihailescu Radu

Serbanoiu Dan Cosmin

Kallos Henrietta Hilda

Mocan Rares

The Short-Term Effects of COVID-19 Pandemic Lockdown on Eating Habits and Dietary Changes Case of Tirana, Albania.....30

Pranvera Troka

Ilir Kapaj

Ermelinda Satka

Krylov Methods for Large Sparse Systems: A Comprehensive Overview.....39

Amanda Zeqiri

Arben Malko

**A Cross Sectional Study on the Effect of Stress and Academic Stressors
Among International Medical Students of a Romanian University.....51**

Cristina Hotoleanu

Andrei Hotoleanu

Contribution to the Diagnostic Study of Intestinal Parasitosis, Haiti.....64

Daphnee Michel

Lucainson Raymond

Ammcise Apply

Daphenide Daphenide St Louis

Ketty Balthazard-Accou

Max Francois Millien

Evens Emmanuel

**Facteurs Associés à la Vaccination Complète chez les Enfants de 12 à 23
Mois en Guinée.....80**

M. Dilé Diallo

**Sistema de Informacion que Utiliza Datos del Proceso de Fabricacion de
un Controlador Logico Programable.....98**

Alicia G. Valdez Menchaca

Juan Carrillo Gándara

Laura Vazquez

Griselda Cortes

Sergio Castaneda

Adriana Martinez

Jose Luis Cendejas Valdez

Characterization Analysis of Textured and Diffused Monocrystalline Silicon Wafer.....125

Asrafusjaman Rubel

M. A. Kabir

Masud Rana

Ariful Islam

Md. Shawkut Ali Khan

Étude comparative des peuplements ichtyologiques de l’Aire Marine Protégée de Joal-Fadiouth et des pêcheries des zones du pourtour non protégées à l’exploitation halieutique.....133

Serigne Modou Sarr

Mamadou Ndiaye

Alassane Thiam

Fokina Mane

Efficacité d’une prise unique de Praziquantel pour le traitement de la bilharziose urinaire en zones endémiques chez les enfants d’âge scolaire au Mali.....162

Alpha Seydou Yaro

Michel Emanuel Coulibaly

Yaya Coulibaly

Bernard Sodio

Sekou F. Traoré

**Etude Comparative des Techniques Chirurgicales dans la Chirurgie de la
Cataracte au Niger.....180**

H.Y. Abba Kaka

N.A. Diori

L. Roufaye

**Amélioration des conditions d'hygiène et d'assainissement dans la
commune de Zè au Bénin.....189**

Roch Christian Johnson

Armelle Sabine Yélignan Hounkpatin

Francine Innocentia Johnson

Gratien Boni

Beatriz Gomez

Gabriel Diez

**Evaluation des effets des doses de mycorhizes sur les paramètres de
croissance et de la production de trois variétés de Voandzou dans la
localité de Dschang, Ouest Cameroun.....213**

Wang-Bara Bertrand

Amedep David

Housseini Djida Jacques

Mana Gaston Guiwa

Effect of an Aqueous Extract of Alchornea Cordifolia (Euphorbiacea) Leaves on Sperm Parameters and Reproductive Function of Male Wistar Rats.....236

Kone Allassane

Gnahoue Goueh

Diabate Daouda

Kouakou Koffi

Etude comparative des performances des plateformes de compostage de Siteu et de Ngui à Dschang (Cameroun).....248

Ngahane Emilienne Laure

Sagne Moubé Joël

Nana Paulin

Effets des pratiques agroécologiques sur l'efficacité du système productif des producteurs maraîchers au sud du Bénin.....267

Claude Ahouangninou

Moussa Wari Aboubakar

Jules Adé

Keline Meniodem Deliota

Placide Clédjo

Marie-Paule Kestemont

Péetrographie et géochimie des granitoïdes d'Issia (Centre-Ouest de la Côte d'Ivoire).....287

Brou Koffi Joseph

Kouamelan Alain Nicaise

Kouassi Brice Roland

Coulibaly Yacouba

Utilisation des lambeaux dans les pertes de substances maxillo-faciales: à propos de 32 cas au Niger.....306

A.K.O. Kadre

A-K. Mayaou

B. Djafarou

S. Illé

H. Moustapha

A. Salami

B. Romaric

Z. N'guessan

N. Timi

Intérêt de la culture associée légumineuses-maïs et stratégie de résilience face à la disponibilité en terre cultivable : le cas de la ferme agricole de Kafigué dans département de Korhogo (Nord de la Côte d'Ivoire).....318

Kouakou Konan Elie

Akotto Odi Faustin

N'Guessan Kouamé Antoine

Screening phytochimique, dosage des polyphénols et détermination de l'activité antioxydante de deux plantes antihypertensives du Niger.....335

Zakari Seybou Djamilatou

Alfa Keita Djibo

Bakasso Sahabi

Sabo Haoua Seini

Aspects Tomodensitometriques des Infections Rachidiennes dans le Service d'Imagerie Médicale du CNHU-HKM a Cotonou (Benin).....350

Sonia, Bignon Mahussi Gwladys Adjadohoun

Patricia Yekpe Ahouansou

Gabriel Ngamo

Kuye-Ndongo Brigitte

Baglo Anita

Savi De Tove Kofi-Mensa

Zomalheto Zavier

Biaou Olivier

Analyse de la Rentabilité Économique du Maraîchage d'hivernage dans les Communes d'Imanan et de Tagazar au Niger.....362

Idrissa Guisso Maïga Djibril

Soumana Boubacar



Evaluation of the Opportunities for Prevention of the Periodontal Diseases Among the Pregnant Women in Tbilisi

Veriko Tevzadze, DM, PhD(s) PhD
Ketevan Nanobashvili, DM, PhD(s) PhD

Doctoral Program: Public Health,
University of Georgia, School of Health Sciences, Georgia

[Doi:10.19044/esj.2021.v17n17p1](https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n17p1)

Submitted: 12 April 2021

Accepted: 12 May 2021

Published: 31 May 2021

Copyright 2021 Author(s)

Under Creative Commons BY-NC-ND

4.0 OPEN ACCESS

Cite As:

Tevzadze V. & Nanobashvili K. (2021). *Evaluation of the Opportunities for Prevention of the Periodontal Diseases Among the Pregnant Women in Tbilisi*. European Scientific Journal, ESJ, 17(17), 1. <https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n17p1>

Abstract

Task: Although periodontal inflammatory diseases are very often during pregnancy, little is known about the risk factors that increase the frequency of periodontal disease incidence and affect its development during pregnancy. This descriptive study assesses the prevalence of periodontal diseases among pregnant women in Tbilisi, the impact of their socio-economic status, hygiene habits, and level of knowledge on their periodontal status. **Methods:** This was an observational, cross-sectional study conducted among pregnant women. The respondents were distributed by Gynecological Centers and districts in Tbilisi. The survey was conducted at 24 Gynecological Centers. The target group of the study was 222 pregnant women aged 18 to 45 living in Tbilisi. The tool used in this study is a Structured Electronic Questionnaire. The oral health of the target group representatives was assessed by periodontal indices, the CPITN-index, and OHI-Jack R.Vermillion's oral hygiene index. Data entry and statistical analysis were carried out using the statistical program SPSS 23.0. **Results:** The current pregnancy for most of the respondents (36%) is the second, 53.2% of the pregnant women are in the second trimester of the pregnancy, 50,5% of the respondents are bachelors' student or have completed a bachelor's stage of the study. Due to the employment status, 47.7% of them are housewives, and 61.1% evaluate their economical condition as satisfactory; 32,9% of the respondents have dental

insurance, and only 13,3% use this insurance for this purpose. 68.8% of the pregnant women address the dentist only in case of pain or discomfort, 67.3% of them have bleeding gums, 66.5% of them feel pain or discomfort in the oral cavity and 59% of them have swelling/pain in their gums. Only 9% of gynecologists recommend their patients plan a visit to the dentist. Pregnant women's awareness about the safety of dental manipulations is also quite low and it is 22.1%. The statistical testing of the difference due to the qualitative variables was carried out using the Pearson's chi-square method; the index of signification (p), which was less than 0.05, at ($p < 0.05$) was considered as statistically significant.

Keywords: Pregnancy, Periodontal diseases, Prevalence, Tbilisi

Introduction

Periodontal inflammatory diseases are the most common among dental diseases and the microbes play a main etiological role in their development. However, these diseases are multifactorial, and various local and general factors affect their origin and development. (Tonetti MS, Jepsen S, Jin L, Otomo-Corgel J. 2017); (Daniel Kandelman, Sophie Arpin, Ramon J Baez, Pierre C Baehni, Poul E Petersen.2012); (Eija Könönen, Mervi Gursoy, and Ulvi Kahraman Gursoy.2019).

The pain, discomfort, and tooth loss caused by the periodontal disease lead to functional and aesthetic disorders and prevents human's healthy integration into society. The relationship between the oral health of the pregnant woman and the normal growth and development of the fetus is also very important. Gingivitis of pregnant women is the most common problem in the gestational period, according to some studies, it is revealed in 40% of pregnant women, while other studies name 100%. (Marin C, Segura-Egea JJ, Martínez-Sahuquillo A, Bullón P. 2005); (Oral care in pregnancy Zeynep Yenen, and Tijen Ataçağ. 2019).

The pregnancy causes physiological changes, including hormones. During the pregnancy, a reversible light inflammation of the gums occurs, called "gingivitis of pregnant women". The untreated gingivitis can lead to periodontitis in 30-100% of pregnant women, which affects from 5% to 20% of pregnant women. (Muwazi L, Rwenyonyi CM, Nkamba M, Kutesa A, Kagawa M, Mugenyi G. 2014); (Morelli EL, Broadbent JM, Leichter JW, Thomson WM. 2018); (Monika Pandey, Mradula Chauhan, and Shally Awasthi. 2017); (Panayiotis Kouis, Paraskevi Kinni, Angelos Rigas.2018); (Zeba Jafri, Ashu Bhardwaj, Madhuri Sawai, and Nishat Sultan. 2016).

In 1996 Offenbacher presented a hypothesis that periodontal diseases may be a potential risk factor for premature birth. After that Michael Kerry and others in 2020-2021 presented retrospective and connected studies in the

Republic Rwanda and Romania present, which once again proves existence of this relationship. (Moneet Walia and Navdeep Saini. Offenbacher S, Lieff S, Boggess KA, Murtha AP. 2016); (Yang, Irene RN Hu, Yi-Juan. 2016); (Corwin EJ, Hogue CJ, Pearce B. 2017); (Michael S. Kerr, Stephen Rulisa, Harlan Shiau. 2021); (A Roman , F Ticala, A Soanca, A Ciurea. 2020).

In 1891 (Miller WD. 1891) Miller published the Focal Infection Theory. He considered that periodontal infection is a bacterial reservoir that can worsen systemic diseases. (Malvin E Ring. 2002). The endotoxins, obtained as a result of gram-negative bacterial infections, that contribute to the creation of the cytokine and prostaglandin (Interleukins (ILs)₁ β (IL-1 β), IL-6, and tumor necrosis - factor α), stimulate the childbirth, while pro-inflammatory mediators can pass the placental barrier and cause a fatal intoxication that leads to premature birth and birth of low weight newborn. A high concentration of cytokines among pregnant women causes damage to the uterine membrane, which in turn, leads to premature birth. (Sizzle F. Vanterpool, Kathleen Tomsin, Leticia Reyes. 2016); (Mradula Chauhan, and Shally Awasthi.2017); (Shinwan Kany, Jan Tilmann Vollrath. 2019).

The potential pathological mechanisms of periopathogens, especially *p.gingivalis* and *f.nuceatum* are also studied by other authors. For example, *p.gingivalis* can infect the syncytiotrophoblast, chorionic trophoblasts, decidua cells and contribute to inflammation process by toll-like receptors (Gürsoy M, Pajukanta R, Sorsa T, Könönen E 2010); (Peter Chung, Rochelle Dumm, Nishiant Joshi, Yiping W Han.2010); (J. Katz, K.T. Shiverick, T.A. Brown.2013).

Many infections undergo screening (cytomegalovirus infection, simple herpes virus infection, hepatitis B, hepatitis C, Hepatitis B with streptococcus infection, listeriosis) during the pregnancy period (antenatal surveillance program. 2018) and very little attention is paid to the periodontal inflammation.

Material and Methods:

This observational cross-sectional study was carried out to assess the prevalence of the periodontal disease among pregnant women, the impact of their socio-economic status, hygiene habits, and the level of knowledge to the pregnant women periodontal status. The target group of the study was 222 pregnant women aged 18 to 45 living in Tbilisi. The respondents were distributed by Gynecological Centers and districts in Tbilisi. The survey was conducted at 24 Gynecological Centers. The tool used in this study is a Structured Electronic Questionnaire, which does not contradict the ethical principles of the study and is approved by the Council for the Ethical Issues of Biomedical Research. Information obtained from the questionnaire includes the following: information about the pregnancy (number of the pregnancy, the

trimester, process of the pregnancy), the level of awareness of the oral health condition during the pregnancy, the general health condition (existence of the chronic diseases), condition of the socioeconomic condition (education, employment, financial situation, social support), medical insurance and availability of the dental service, questions describing the dental behaviors (oral care practice, frequency of the visits to the dentist).

The questionnaire is attached by the purpose of the survey, the method of the survey, and a written consent sheet for participation in the survey. After getting acquainted, the respondents signed a written consent and filled out a questionnaire, and then their oral cavity was examined. The oral health of the target group representatives was assessed by periodontal indices, the CPITN-index, which is used in the determination of the need for treatment of periodontal inflammation, destruction of plaque, stone, and OHI-Jack R.Vermillion's oral hygiene index, which determines the level of hygiene. The target group of the study was 222 pregnant women aged 18 to 45 living in Tbilisi. Data entry and statistical analysis were carried out using the statistical program SPSS 23.0.

The statistical testing of the difference due to the qualitative variables was carried out using the Pearson's chi-square method; the index of signification (p), which was less than 0.05, at ($p < 0.05$) was considered as statistically significant.

Results and Discussion:

The current pregnancy for most of the respondents (36%) is the second, for 33.3% of the pregnant women the current pregnancy is the first, and for 23.0% of the pregnant women, the current pregnancy is the third (Diagram N1). 53.2% of the respondents were in the second trimester of the pregnancy as of the date of the survey, 17% of the respondents were in the first trimester of the pregnancy, and 29.7% were in the third trimester of the pregnancy (Diagram N2)

Diagram 1. Number of Pregnancy

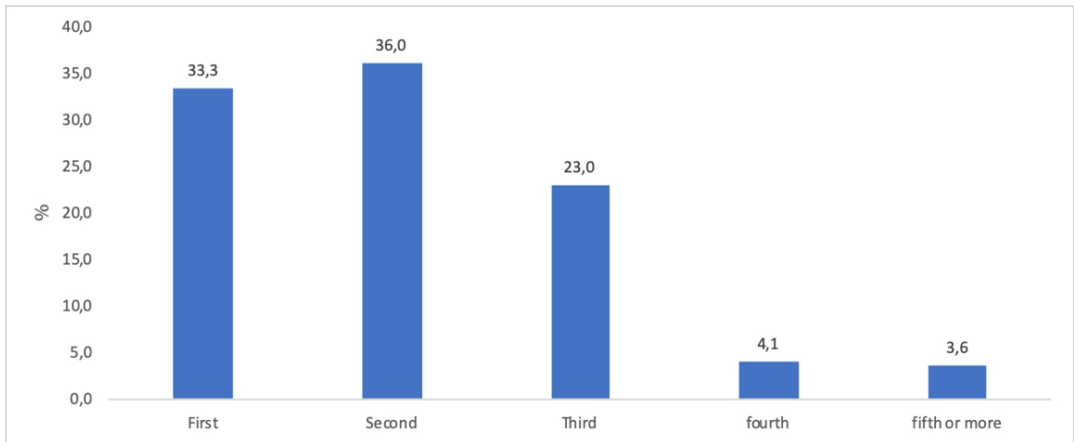
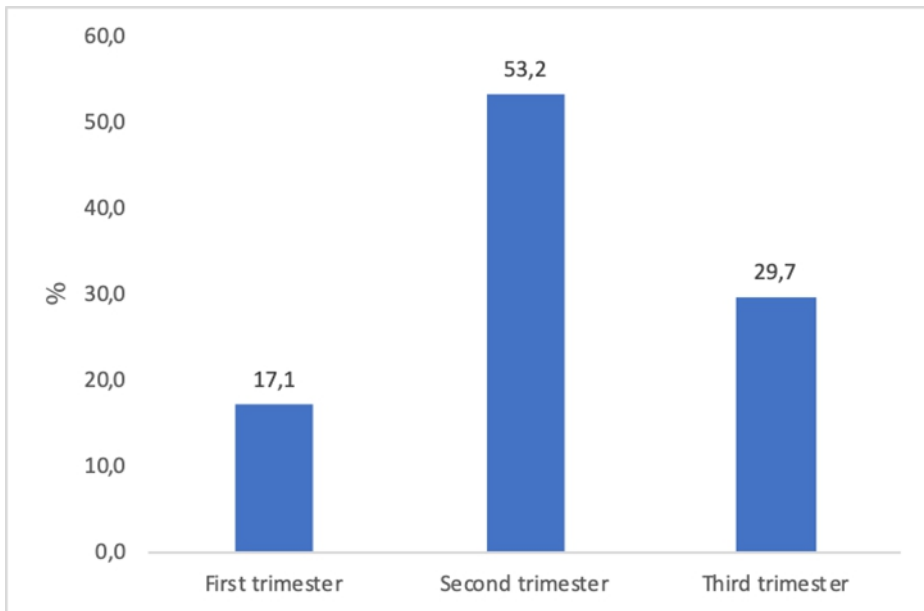
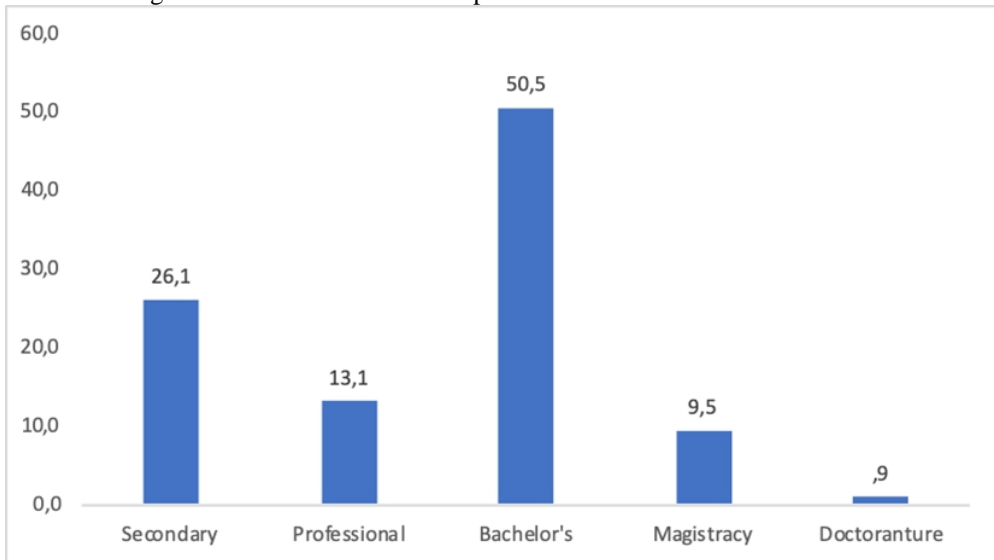


Diagram 1. Pregnancy trimester



Half of the respondents participating in the survey are bachelors' students or have completed the bachelor's stage of the study. 26% of them have a secondary education, 13% have professional education and the smallest is a number of the respondents with masters and doctoral level of education (Diagram N3).

Diagram 3. Distribution of the respondents due to the levels of education



Due to the employment status, 47.7% of the respondents are housewives. 32,4% of them are employed in the state sector. 11.3% are self-employed and 8.6% of them are employed in the state structures. (Diagram N4), the respondents evaluated their economical condition on a 5-point scale. Most of them evaluate their economical condition as satisfactory (61.1%), 20.8% as average, and 14.9% as bad. (Diagram N5)

Diagram 4. Distribution of the respondents due to the employment status

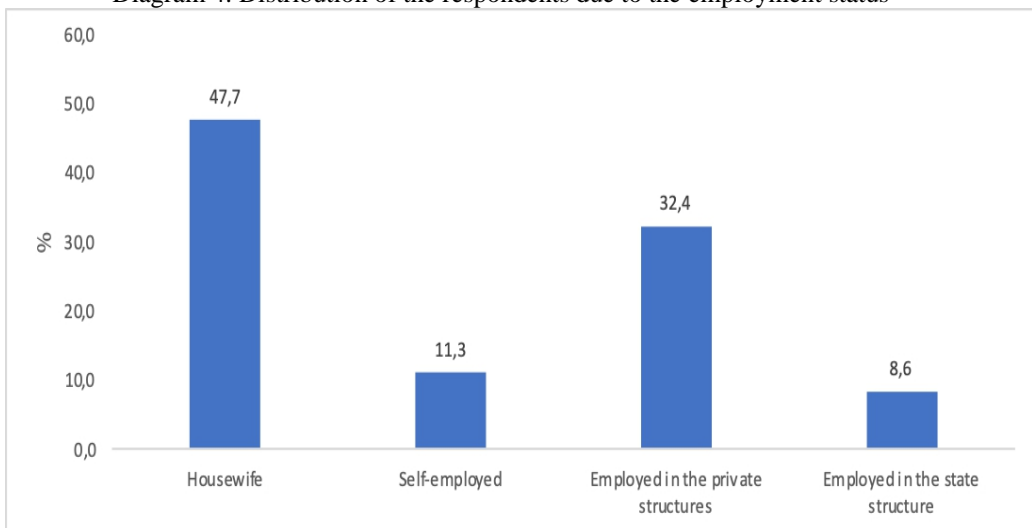
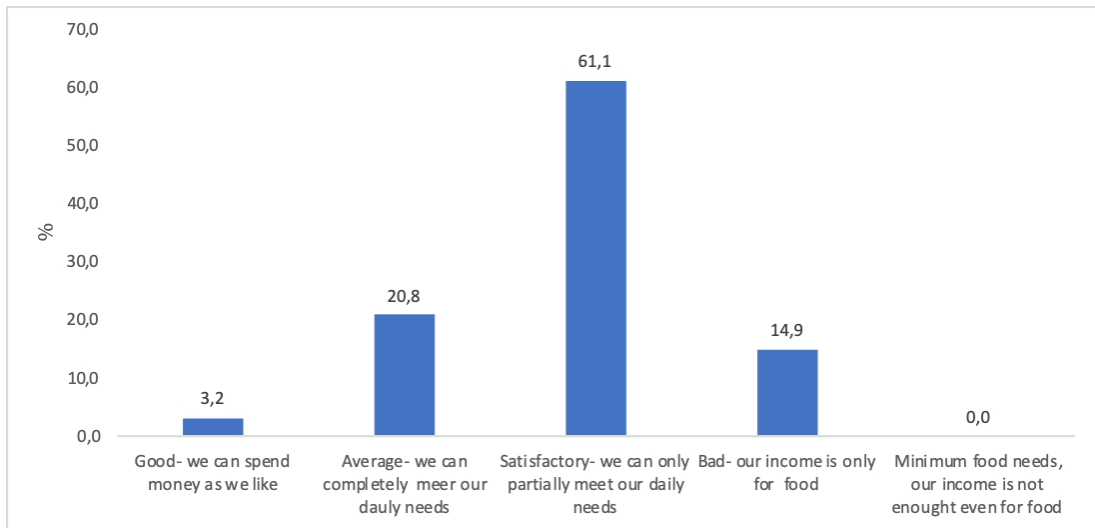


Diagram 2. Distribution of the responders due to the evaluation of their economical conditions



8% of the respondents are the beneficiaries of state social benefits, 32.9% of them have private insurance, 59.1% of them have state insurance, which does not include a dentist service (Diagram N6; N7)

Diagram 6. Health insurance

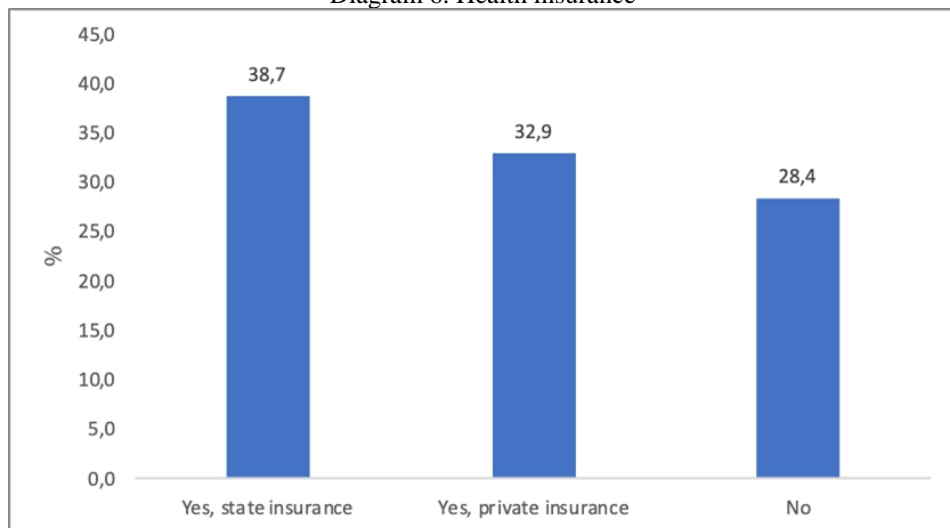
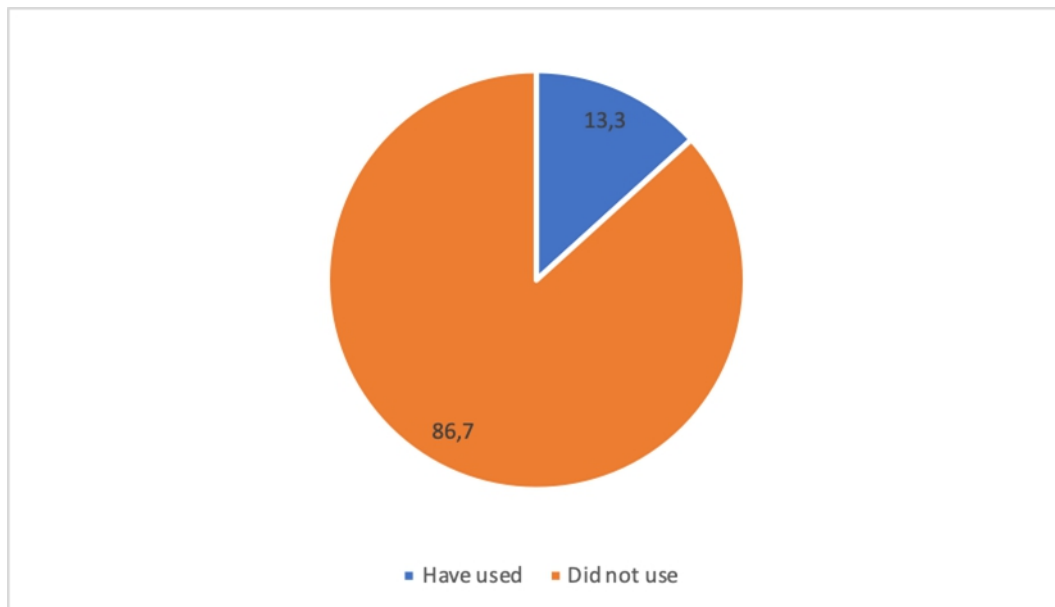


Diagram 7. The shares of the respondents, health insurance of which includes dental services and who have used the dentist services

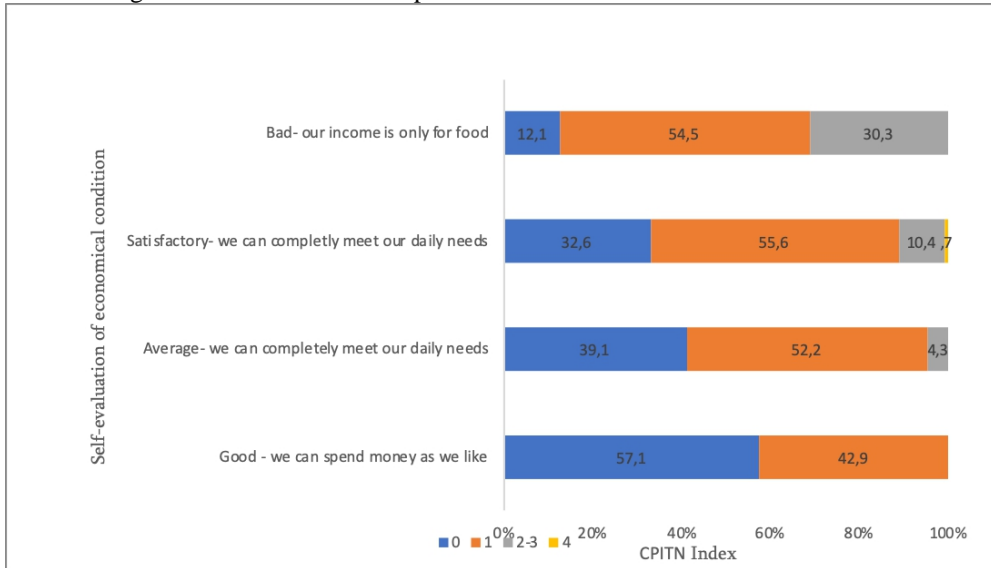


13,3% - did not use
86,7% - have used

The correlative analysis showed that there is a moderate positive correlation between financial condition and oral hygiene and such correlation is statistically significant. It means that if the respondent evaluates his financial condition as bad, then the oral hygiene index is higher. (Spearman's $\rho=0.372$, $P<0.001$)

We received similar results in the correlation analysis between the financial condition evaluation and the CPITN index. There is a positive relatively weak correlation even between these two variables and relations between these variables are statistically significant (Spearman's $\rho=0.254$, $P<0.001$) (Diagram N8).

Diagram 8. Distribution of respondents due to economic situation evaluation



The main reason for the visit to the dentist for 68.8% of the pregnant women is an emergency/acute condition of their oral health, only 11.7% of them sometimes visit a dentist for prophylactic control. 23% of women have been to the dentists during the last 6 months, 25.7% during the last period from 6 months to 1 year, and 26.6% of them have been at the dentist's during the period of last 1-3 years, and 19.8% more than 3 years ago. (Diagram N6). Furthermore, 18.9% of pregnant women visited the dentist during the current pregnancy. The emergency/acute cases are named as the main reason for the last visit to the dentists (64%). (Diagram N10).

Diagram 9. Frequency of the visit to the dentists

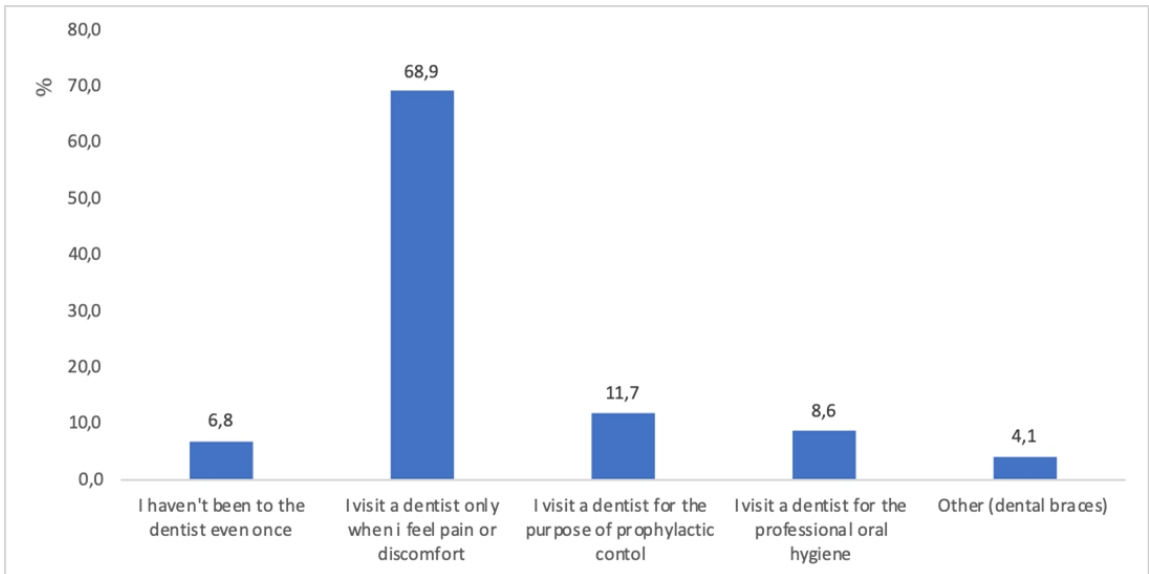
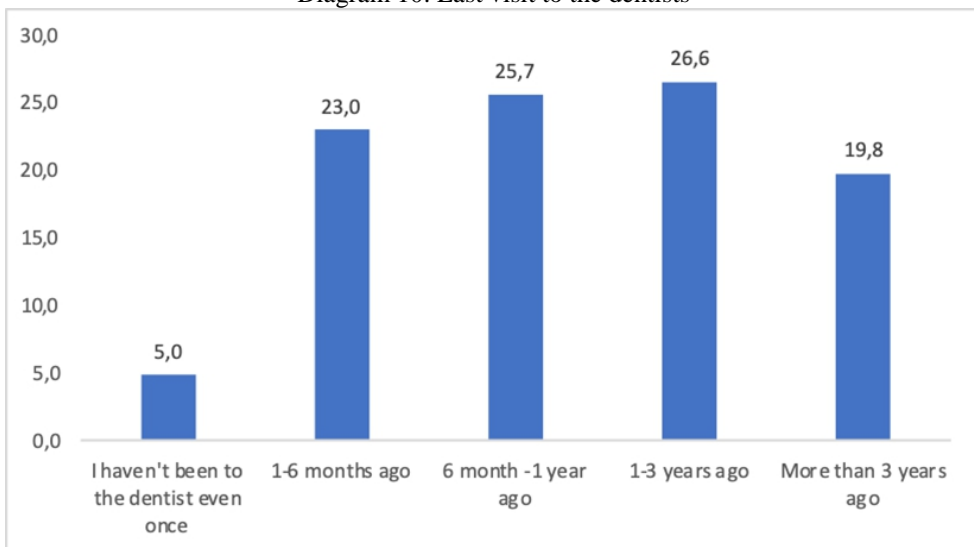


Diagram 10. Last visit to the dentists



51.4% of the respondents note that they do not need to visit a dentist, 32% note their socio-economic problems, and 13.5% note that they are scared (Diagram N11). According to the survey only 9% of gynecologists recommend their patients plan a visit to the dentist. (Diagram N12).

Diagram 11. Reason for non-regular visits to the dentist

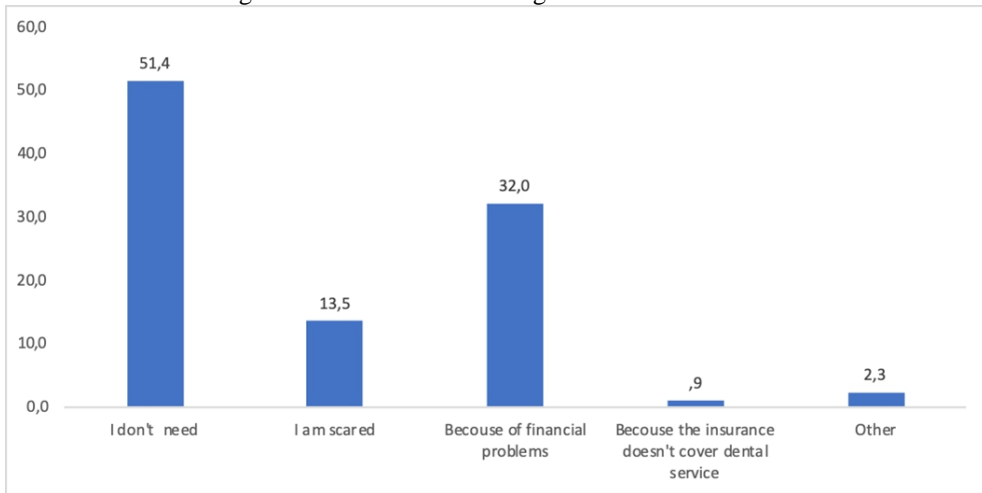
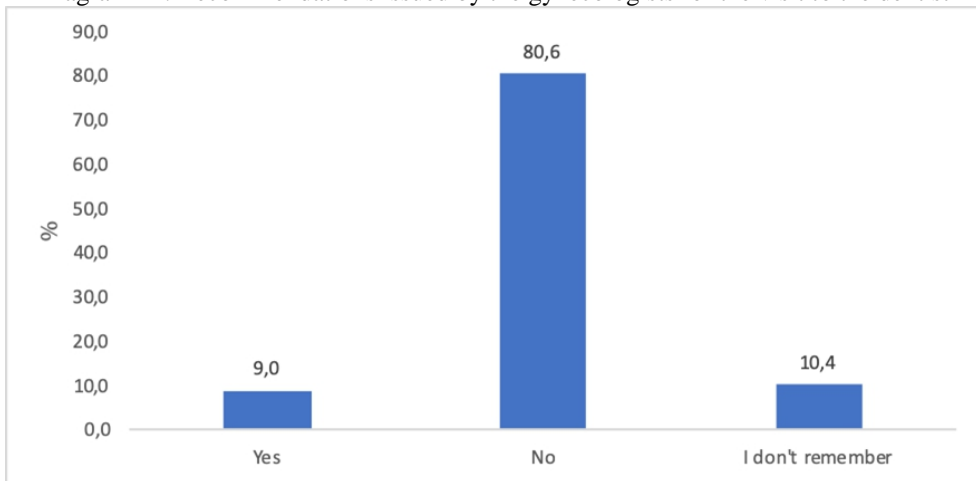


Diagram 12. Recommendations issued by the gynecologists for the visit to the dentist



According to our study, most of the pregnant women (55.0%) mistakenly believe that X-ray examination of teeth and local anesthesia (55%) are dangerous (diagram N13).

The various types of changes occur in the oral cavity during the pregnancy, which can be associated with inflammatory diseases of periodontal tissue. According to the study results, 67.3% of the pregnant women have bleeding gums, 66.5% of them have oral pain/discomfort and 59% of them have a swelling of the gums/pain of the teeth, 42.8% of them have an increased sensitivity to the cold food/drinks. The increased sensitivity to hot food/drinks is a relatively rare symptom. None of the listed symptoms are revealed only among 21.6% of the respondents, and 25% have at least 3 of the listed symptoms, 35% have 4 or more of these symptoms (Diagram N14).

Diagram 13. Awareness of the pregnant women about the safety of the dental manipulations

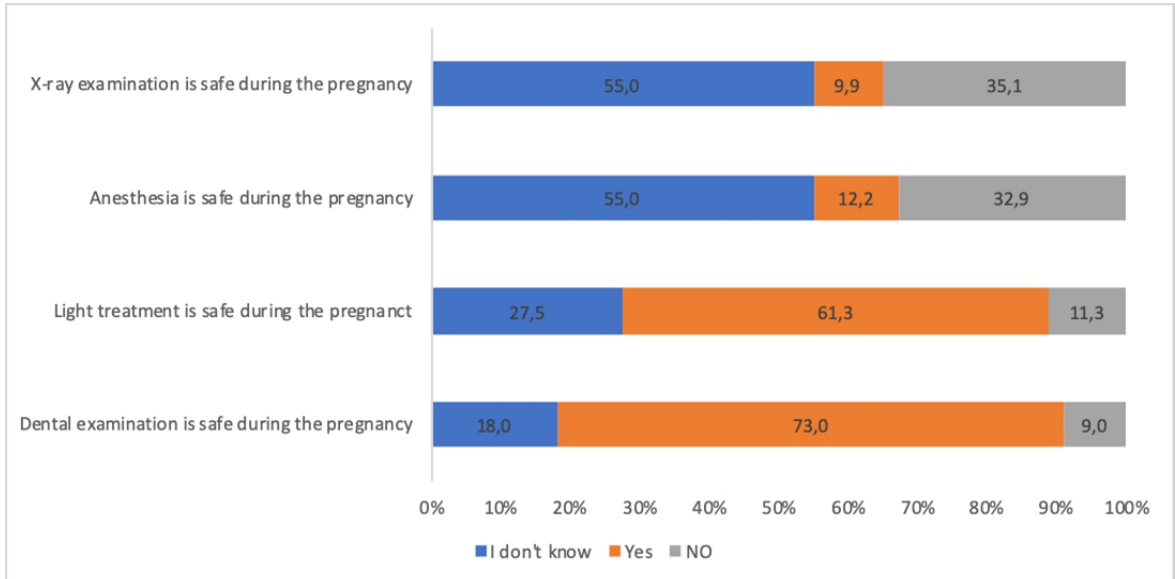
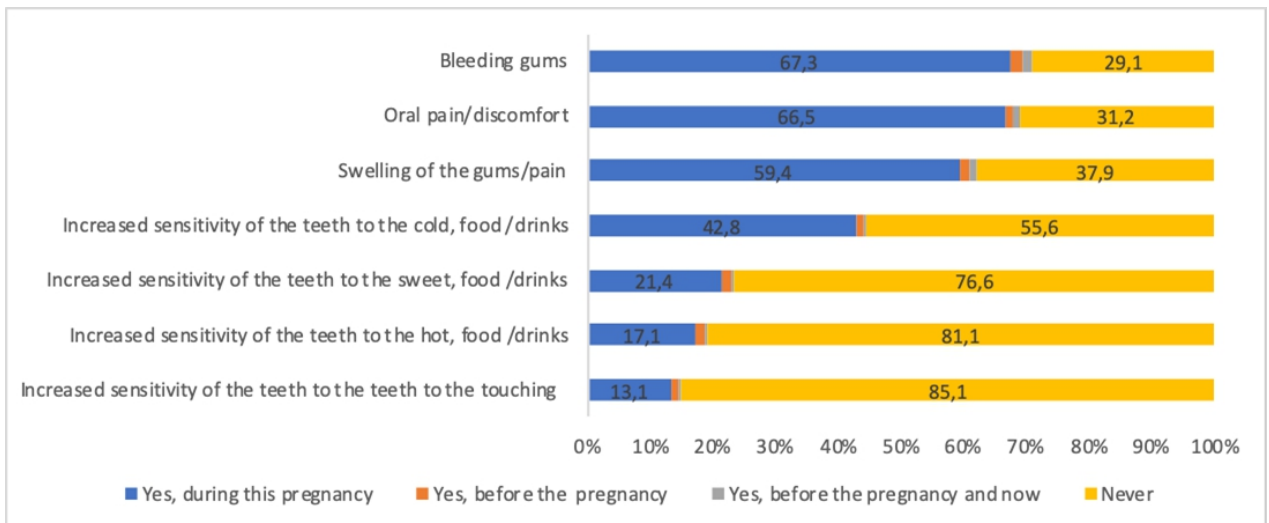


Diagram 14. Self-assessment of the oral health status by the respondents



Conclusion

As the results of our study show the periodontal diseases is distinguished by high prevalence among pregnant women in Tbilisi. 67.3% of the pregnant women have bleeding gums, 66.5% of them feel a pain/discomfort in the oral cavity and 59% of them have swelling/pain in their gums. Also, a variety of risk factors were revealed, such as poor socio-economic condition, lack of availability to the dental service, low frequency of visits to the dentist, low level of awareness about the oral health importance

during the pregnancy, which increases the risk of spread of the disease and affects the development of the disease. Therefore, it is important to carry out the screening of periodontal inflammatory diseases to avoid the threats caused by periodontal diseases.

References:

1. Antenatal surveillance program. (2018)
<https://nha.gov.ge/ge/c/dedata-da-bavshvta-janmrtelob>
2. Chauhan M., Awasthi S. (2017) Interplay of cytokines in preterm birth
Monika Pandey. Indian J Med Res 146(3): 316–327. doi: 10.4103/ijmr.IJMR_1624_14.
3. Corwin E.J., Hogue C.J., Pearce B., Cherie C.H., Read T.D., Mulle J., Dunlop A.L. (2017), Protocol for the Emory University African American vaginal, oral, and gut microbiome in pregnancy cohort study. BMC Pregnancy Childbirth. 17, 161
<https://doi.org/10.1186/s12884-017-1357-x>.
4. FDI World Dental Federation. (2017). Tonetti MS, Jepsen S, Jin L, Otomo-Corgel J. Impact of the global burden of periodontal diseases on health, nutrition and wellbeing of mankind: A call for global action. J Clin Periodontol.
5. Fardini Y., Chung P, Dumm R, Joshi N, Han Y.W. (2010) Transmission of diverse oral bacteria to murine placenta: evidence for the oral microbiome as a potential source of intrauterine infection. Infect Immun 78(4): 1789–1796. doi: 10.1128/IAI.01395-09.
6. Jafri Z., Bhardwaj A., Sawai M, Sultan N. (2015) Influence of female sex hormones on periodontium: A case series. J Nat Sci Biol Med 6(Suppl 1): S146–S149. doi: 10.4103/0976-9668.166124.
7. Katz J., Chegini N., Shiverick K. T., Lamont R. J. (2009) Localization of *P. gingivalis* in preterm delivery placenta. J Dent Res. 88(6):575-8. doi: 10.1177/0022034509338032.
8. Kandelman D., Arpin S, Baez R..J, Baehni P.C., Petersen P.E..(2012) Oral health care systems in developing and developed countries. Periodontol 60(1):98-109. doi: 10.1111/j.1600-0757.2011.00427.x.
9. Kouis P., Kinni P., Rigas A., Papadouri T., Panayiotis K. Theodorou M. (2018) Maternal socioeconomic factors and the risk of premature birth and low birth weight in Cyprus: a case–control study Paraskevi Stylianou-Riga. Reprod Health .2018 Sep 19;15(1):157. doi: 10.1186/s12978-018-0603-7.
10. Könönen E., Gursoy M, Gursoy U.K. (2019) Periodontitis: A Multifaceted Disease of Tooth-Supporting Tissues. J Clin Med 31;8(8):1135. doi: 10.3390/jcm8081135.

11. Li H, Wang J, Wu L, Lou J., Liang X., Xiao B., Zhu Y. (2018) The impacts of delivery mode on infant's oral microflora. *Sci Rep* 8, 11938. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-30397-7>
12. Marin C., Segura-Egea J.J., Martínez-Sahuquillo A., Bullón P. (2005) Correlation between infant birth weight and mother's periodontal status. *J Clin Periodontol* <https://doi.org/10.1111/j.1600-051X.2005.00661.x>
13. Muwazi L., Rwenyonyi C.M., Nkamba M., Kutesa A., Kagawa M., Mugenyi G., Kwizera G., Okullo I. (2014) Periodontal conditions, low birth weight and preterm birth among postpartum mothers in two tertiary health facilities in Uganda. *BMC Oral Health* 28;14:42. doi: 10.1186/1472-6831-14-42.
14. Mathew RJ, Bose A, Prasad JH, Muliyl JP, Singh D. (2014). Maternal periodontal disease as a significant risk factor for low birth weight in pregnant women attending a secondary care hospital in South India: a case-control study. *Indian J Dent Res.* 25:742–7. <https://doi.org/10.4103/0970-9290.152184>.
15. Morelli E.L., Broadbent J.M., Leichter J.W., Thomson W.M. (2018). Pregnancy, parity and periodontal disease. *Aust Dent J* <https://doi.org/10.1111/adj.12623>.
16. Periodontal Disease and Pregnancy Outcomes: Time to Move On? SindhuK. Srinivas, M.D., MSCEcorresponding author and Samuel Parry, M.D.2012<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3270055/>.
17. Relationship between preterm birth and post-partum periodontal maternal status: a hospital-based Romanian study C Micu , A Roman , F Ticala, A Soanca, A Ciurea, A Objelean, M Iancu, D Muresan, G V Caracostea.2020 <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32274638>.
18. Riewe S.D., Mans J.J., Hirano T., Katz J., Shiverick K.T., Brown T.A., Lamont R.J. (2010) Human trophoblast responses to Porphyromonas gingivalis infection *Molecular Oral Microbiology*, 01 25(4):252-259 DOI: 10.1111/j.2041-1014.2010.00573.x PMID: 20618699 PMCID: PMC3665294.
19. Ring M.E. (2002). W.D. Miller The pioneer who laid the foundation for modern dental research. *N Y State Dent J* 68(2):34-7. PMID: 11898270.
20. Sree G. N., Jayasheela M., Vinayaka A.M., Gayathri G.V., Mehta D. S. (2020) Knowledge and Awareness among Gynecologists in Davangere about the Association between Periodontal Disease and Pregnancy Outcomes and Referral Pattern of Pregnant Woman to Periodontists - A Cross Sectional Survey *International Journal of*

Health Sciences and Research Vol.10; Issue: 8;
https://www.ijhsr.org/IJHSR_Vol.10_Issue.8_Aug2020/30.pdf.

21. Vanterpool S.F., Tomsin K., Reyes L., Zimmermann L.J., Kramer B.W., Been J.V. (2016) Risk of adverse pregnancy outcomes in women with periodontal disease and the effectiveness of interventions in decreasing this risk: protocol for systematic overview of systematic reviews *Sizzle. Syst Rev.*5: 16. doi: 10.1186/s13643-016-0195-7.
22. Vollrath J.T., Relja B. (2019) Cytokines in Inflammatory Disease *Shinwan Kany. Int J Mol Sci* 28;20(23):6008. doi: 10.3390/ijms20236008.
23. Walia M., Saini N. (2015) Relationship between periodontal diseases and preterm birth: Recent epidemiological and biological data. *Int J Appl Basic Med Res* 5(1): 2–6. doi: 10.4103/2229-516X.149217.
24. Yenen Z., Ataçağ T. (2019). Oral care in pregnancy. *J Turk Ger Gynecol Assoc.* 20(4): 264–268. doi: 10.4274/jtgga.galenos.2018.2018.0139.
25. Yang I., Hu, Y.J., Corwin E.J., Dunlop A.L. (2016). Exploring the maternal and infant Oral Microbioms. *J Perinat Neonatal Nurs.* 34(3):211-221. doi: 10.1097/JPN.0000000000000494.

Interrelationships Between the Posterior Pharyngeal Space and the Dento-Maxillary Anomalies

Mihailescu Radu
Serbanoiu Dan Cosmin
Kallos Henrietta Hilda

University of Medicine, Pharmacy,
Science and Tehnology (UMFST) Targu Mures, Romania

Mocan Rares

University of Medicine and Pharmacy (UMF) Cluj-Napoca, Romania

[Doi:10.19044/esj.2021.v17n17p16](https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n17p16)

Submitted: 01 September 2020

Accepted: 27 April 2021

Published: 31 May 2021

Copyright 2021 Author(s)

Under Creative Commons BY-NC-ND

4.0 OPEN ACCESS

Cite As:

Radu M., Cosmin S.D., Hilda K.H. & Rares M. (2021). *Interrelationships Between the Posterior Pharyngeal Space and the Dento-Maxillary Anomalies*. European Scientific Journal, ESJ, 17(17), 16. <https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n17p16>

Abstract

Introduction: Nocturnal breathing problems have become more common and cause problems during the day for both those affected by this condition and those around them. These problems are caused in most cases by a decrease in the size of the pharyngeal posterior space, which is associated with various abnormalities of the facial skeleton, and the positioning of the tongue. **Purpose:** The present study has the purpose to determine the existence of a correlation between different facial skeletal abnormalities and the size of the pharyngeal posterior space. **Materials and methods:** In the present study we performed the analysis of 131 teleradiographs from the database of the department of orthodontics and dentofacial orthopedics within UMFST “Târgu Mureș” performed on patients in order to perform an orthodontic treatment. Patients range in age from 10 to 21 years. **Results:** To observe the existence of a link between the median differences in values in the lower pharyngeal space between class I and class II, we used the Mann-Whitney U test to compare median values. Thus, the median value in class I is 0, while the median value in class II is 0.3. It was concluded that this difference is statistically significant ($p = 0.02$). **Conclusion:** Patients with skeletal class II

have smaller dimensions of the lower pharyngeal space than patients with class I and class III. Patients with skeletal class II have an increased risk compared to those with class I or class III of developing obstructive sleep apnea-hypopnea syndrome during their lifetime.

Keywords: Posterior pharyngeal space, Class II, sleep apnea, ANB angle

Introduction

Nocturnal breathing problems have become more common and cause problems during the day for both those affected by this condition and those around them. (Achilleos, Krogstad, & Lyberg, 2000) Concentration problems, periods of drowsiness both at work and in free time, nervousness, all these lead to a lack of performance at work, increased possibility of car accidents (drowsiness while driving) and irritation of people around. („Health Quality Ontario“, 2006) These problems are caused in most cases by a decrease in the size of the pharyngeal posterior space, which is associated with various abnormalities of the facial skeleton, and the positioning of the tongue (Spicuzza, Caruso, & Di Maria, 2015).

Usually sleep apnea is the result of several factors that are in succession, such as a domino effect (Lowe, 1990) (eg the patient has excess adenoid tissue, the patient to be able to breathe becomes an oral respirator, the tongue is positioned down on the jaw , the tongue thus positioned increases the chances of obstructing the pharynx during the night causing sleep apnea) (Jyothi et al. 2019). In order to observe the size changes of the pharyngeal posterior space, we perform lateral telerradiographs, for which we have various analyzes (McNamara, Rickets, etc.) with which we can detect the presence or absence of this abnormality, its severity and the existence of other associated skeletal abnormalities. (Liao, Lacerda, Silva, & Ramos, 2015) The present study aims to determine the existence of a correlation between different facial skeletal abnormalities and the size of the pharyngeal posterior space (Perumalsamy, Charles, Reddy, Chokkalingam, & Balakrishnan, 2017).

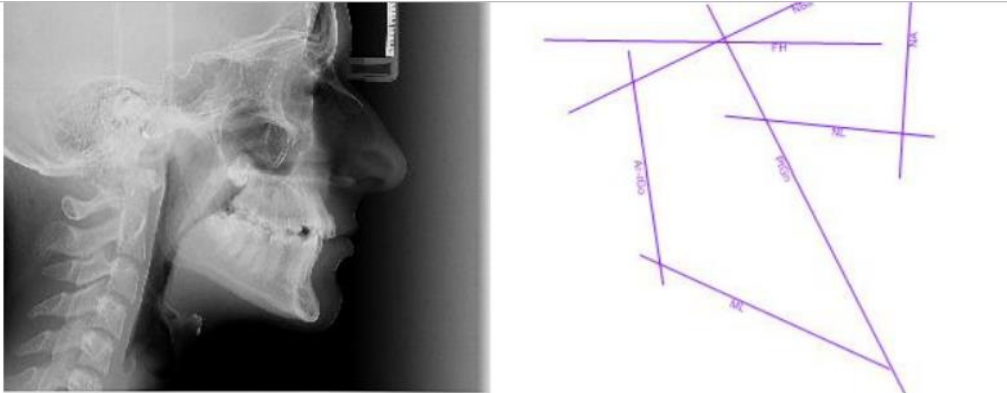
Materials and methods

In the present study we performed the analysis of 131 telerradiographs from the database of the department of orthodontics and dentofacial orthopedics within UMFST “Târgu Mureș” performed on patients in order to perform an orthodontic treatment. Patients range in age from 10 to 21 years.

A modified McNamara analysis was performed, in which the anthropometric point B (the most concave point in the chin symphysis) and the angles SNB (position of the mandible according to the plane of the skull base) and ANB (position of the mandible relative to the jaw) were added. The analyzes were performed using AudaxCeph software.

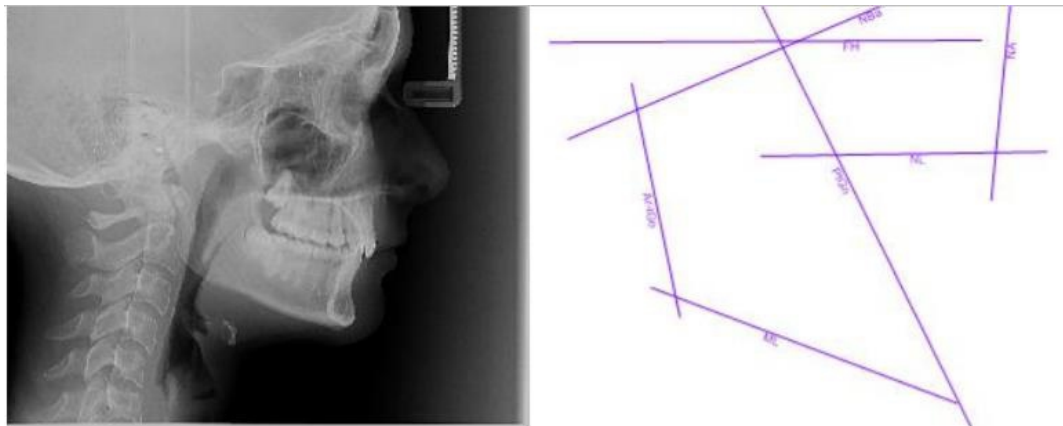
Depending on the ANB angle the patients were divided into 3 categories:

1. Skeletal class I: ANB between 1 and 3 (Fig. 2.1)
2. Skeletal class II: ANB greater than 3 (Fig. 2.2)
3. Skeletal class III: ANB less than 1 (Fig. 2.3)



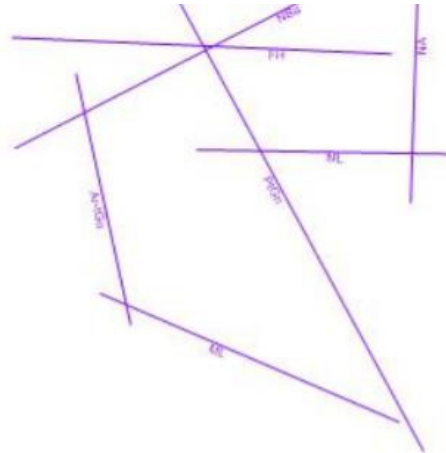
MEASUREMENT		NORMAL VALUE	VALUE	DIFFERENCE	BIAS
Maxilla to Cranial base					
A-NP distance	mm	1.1	-2.8	-3.9	•
Angle SNA	°	82.0	84.9	2.9	•
Angle SNB	°	80.0	82.5	2.5	•
ANB	°	2.0	2.4	0.4	
Mandible to Maxilla					
Co-A	mm	99.8	74.9	-24.9	•••
Co-Gn	mm	134.3	105.7	-28.6	•••
Max-Mand	mm	34.5	30.8	-3.7	
ANS-Me	mm	74.6	59.2	-15.4	•••
NL/ML (anatomic)	°	22.7	18.8	-3.9	
Facial axis	°	90.0	91.6	1.6	
Mandible to Cranial base					
Pg-NP distance	mm	-1.8	3.6	5.4	•
Dentition					
+1/A II FH	mm	5.4	2.2	-3.2	••
-1/APg	mm	2.7	-1.3	-4.0	••
Airway					
Upper pharyngeal space	mm	17.5	14.1	-3.4	•
Lower pharyngeal space	mm	11.0	9.5	-1.5	•

Fig. 2.1 Modified Mcnamara analysis; patient with skeletal class I.



MEASUREMENT		NORMAL VALUE	VALUE	DIFFERENCE	BIAS
Maxilla to Cranial base					
A-NP distance	mm	1.1	-4.9	-6.0	●●
Angle SNA	°	82.0	83.3	1.3	
Angle SNB	°	80.0	79.8	-0.2	
ANB	°	2.0	3.5	1.5	
Mandible to Maxilla					
Co-A	mm	99.8	78.2	-21.6	●●●
Co-Gn	mm	134.3	96.6	-37.7	●●●
Max-Mand	mm	34.5	18.4	-16.1	●●●
ANS-Me	mm	74.6	54.0	-20.6	●●●
NL/ML (anatomic)	°	22.7	21.5	-1.2	
Facial axis	°	90.0	93.6	3.6	●
Mandible to Cranial base					
Pg-NP distance	mm	-1.8	11.7	13.5	●●
Dentition					
+1/A II FH	mm	5.4	-1.7	-7.1	●●●
-1i/APg	mm	2.7	-2.2	-4.9	●●
Airway					
Upper pharyngeal space	mm	17.5	9.5	-8.0	●●●
Lower pharyngeal space	mm	11.0	7.4	-3.6	●●●

Fig. 2.2 Modified Mcnamara analysis; patient with skeletal class II



MEASUREMENT		NORMAL VALUE	VALUE	DIFFERENCE	BIAS
Maxilla to Cranial base					
A-NP distance	mm	1.1	0.6	-0.5	
Angle SNA	°	82.0	82.7	0.7	
Angle SNB	°	80.0	82.2	2.2	•
ANB	°	2.0	0.5	-1.5	
Mandible to Maxilla					
Co-A	mm	99.8	86.8	-13.0	••
Co-Gn	mm	134.3	118.7	-15.6	••
Max-Mand	mm	34.5	31.9	-2.6	
ANS-Me	mm	74.6	64.3	-10.3	••
NL/ML (anatomic)	°	22.7	22.2	-0.5	
Facial axis	°	90.0	91.5	1.5	
Mandible to Cranial base					
Pg-NP distance	mm	-1.8	-3.5	-1.7	
Dentition					
+1/A II FH	mm	5.4	2.2	-3.2	••
-1/APg	mm	2.7	-0.9	-3.6	••
Airway					
Upper pharyngeal space	mm	17.5	15.7	-1.8	
Lower pharyngeal space	mm	11.0	12.5	1.5	•

Fig. 2.3 Modified Mcnamara analysis; patient with skeletal class III

We had 36 patients with skeletal class I, 59 with skeletal class II and 36 with skeletal class III.

To observe changes in airway size, the Upper Pharyngeal Space (UPS) and Lower Pharyngeal Space (LPS) measurements were used.

Results

To observe the existence of statistically significant differences between the mean values of the upper pharyngeal space between classes, we

used the ANOVA test to compare the means. Thus, patients in class I have an average value of 15.22 (± 2.82) while patients in class II have an average value of 14.31 (± 3.17), and patients in class III have an average value of 15.41 (± 3.04). Following the application of the ANOVA test, it was concluded that this difference is statistically insignificant ($p = 0.16$) (Table 3.1).

Tabel 3.1 Descriptive statistics

		N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum	P value
						Lower Bound	Upper Bound			
Superior pharyngeal space	Class I					36	15.2222			
	Class II	59	14.3102	3.17222	.41299	13.4835	15.1369	7.90	20.40	
	Class III	36	15.4139	3.04829	.50805	14.3825	16.4453	4.90	20.50	
	Total	131	14.8641	3.06559	.26784	14.3342	15.3940	4.90	20.50	

To observe the existence of statistically significant differences between the mean values of the lower pharyngeal space between classes, we used the ANOVA test to compare the means. Thus, patients in class I have an average value of 10.19 (± 1.31) while patients in class II have an average value of 9.23 (± 2.07), and patients in class III have an average value of 10.84 (± 2.27). Following the application of the ANOVA test, it was concluded that this difference is statistically significant ($p = 0.01$) (Table 3.2).

Tabel 3.2 Descriptive statistics

		N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum	P value
						Lower Bound	Upper Bound			
Inferior pharyngeal space	Class I					36	10.1972			
	Class II	59	9.2390	2.07323	.26991	8.6987	9.7793	4.40	12.00	
	Class III	36	10.8472	2.27816	.37969	10.0764	11.6180	4.60	17.10	
	Total	131	9.9443	2.06189	.18015	9.5879	10.3007	4.40	17.10	

To observe the existence of a link between the median value of the difference in value at the level of the superior pharyngeal space according to classes, we used the Kruskal-Wallis test to compare the samples. Thus, patients classified in class I have a median difference of 0.20 (0, 1.67), those in class II have a median difference of 0.70 (0, 3.10), and those in class III have a median difference of 0.37. Following the application of the test, it was concluded that this difference is statistically significant ($p = 0.045$) (fig.3.1).

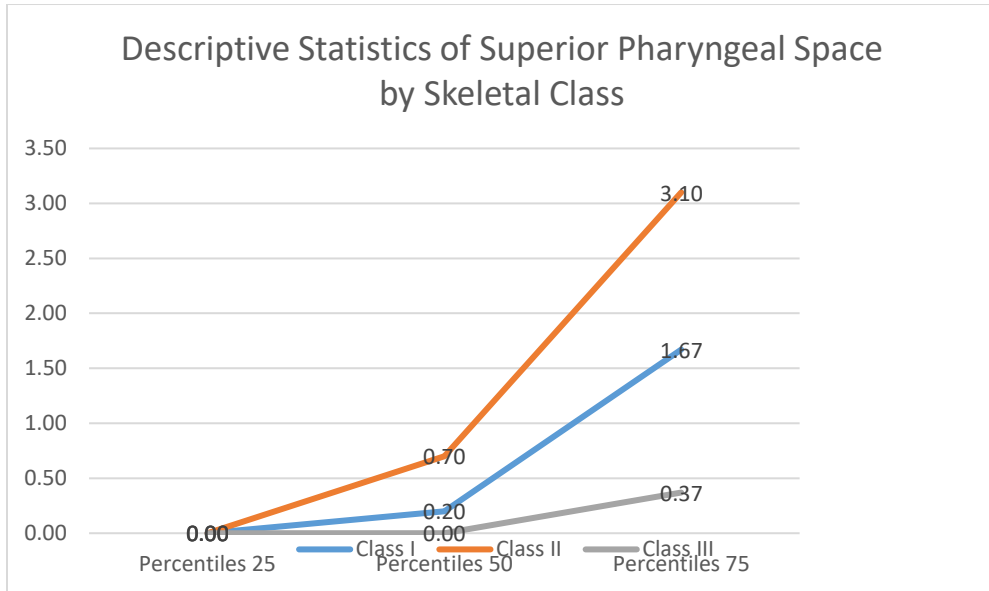


Fig 3.1 Descriptive statistics of superior pharyngeal space by skeletal class

To observe the existence of a link between the median value of the difference in value at the level of the lower pharyngeal space according to classes, we used the Kruskal-Wallis test to compare the samples. Thus, patients classified in class I have a median difference of 0.00 (0.0, 0.57), those in class II have a median difference of 0.3 (0, 2.6), and those in class III have a median difference of 0.00 (-0.3, 0.4). Following the application of the test, it was concluded that this difference is statistically significant ($p = 0.01$) (fig.3.2).

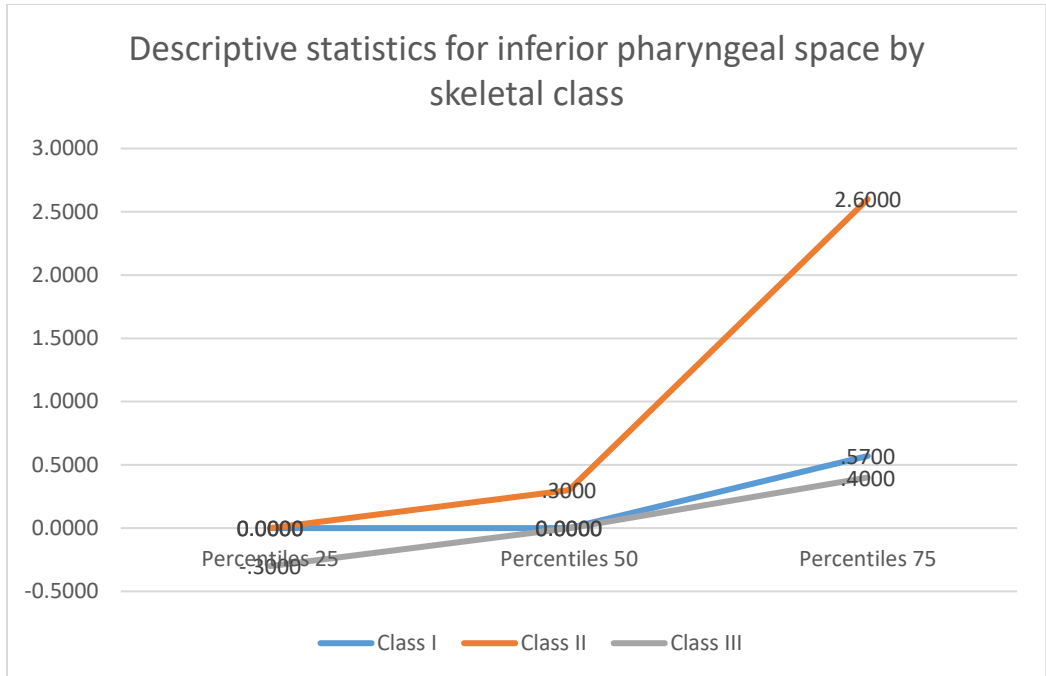


Fig 3.2 Descriptive statistics for inferior pharyngeal space by skeletal class

To observe the existence of a link between the median differences in values in the lower pharyngeal space between class I and class II, we used the Mann-Whitney U test to compare median values. Thus, the median value of the differences in values in class I is 0. (0, 0.57), while the median value of the differences in values in class II is 0.3 (0, 2.6). Using the Mann-Whitney test, it was concluded that this difference is statistically significant ($p = 0.02$) (fig.3.3).

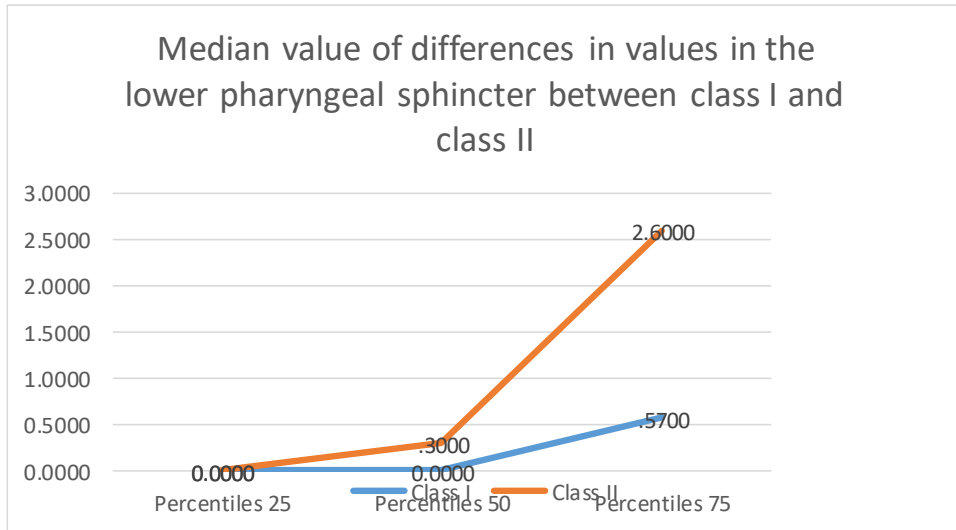


Fig.3.3 Median value of differences in values in the lower pharyngeal sphincter between class I and class II

To observe the existence of a link between the median differences in values in the lower pharyngeal space between class I and class II, we used the Mann-Whitney U test to compare median values. Thus, the median value of the differences in values in Class III is 0. (- 0.3, 0.4), while the median value of the differences in values in Class II is 0.3 (0, 2.6). Using the Mann-Whitney test, it was concluded that this difference is statistically significant ($p = 0.016$) (fig. 3.4).

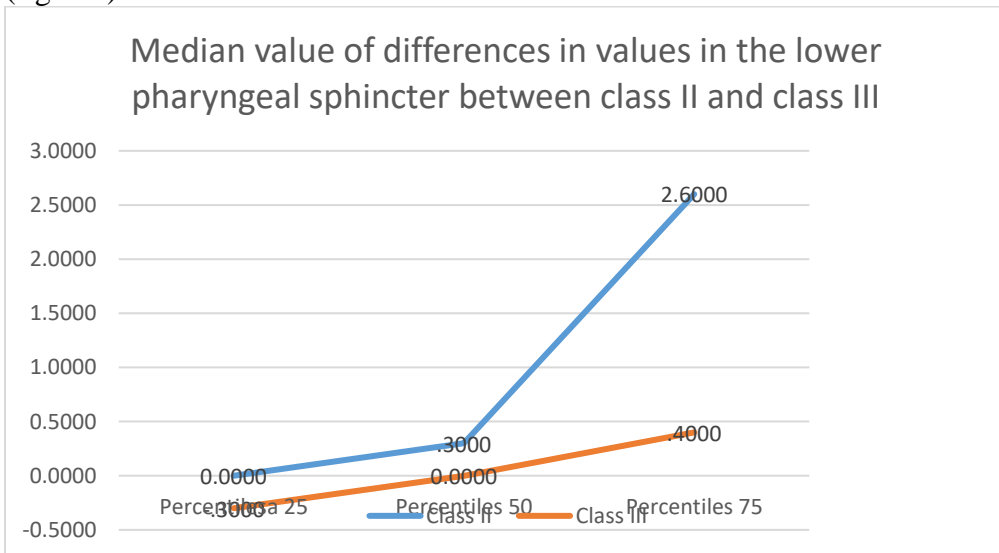


Fig.3.4 Median value of differences in values in the lower pharyngeal sphincter between class II and class III

To observe the existence of a link between the median differences in values in the lower esophageal space between class I and class III, we used the Mann-Whitney U test to compare the median values. Thus, the median value of the differences in values in Class III is 0. (- 0.3, 0.4), while the median value of the differences in values in Class I is 0. (0, 0.57). Using the Mann-Whitney test, we concluded that this difference is statistically insignificant ($p = 0.11$) (fig. 3.5).

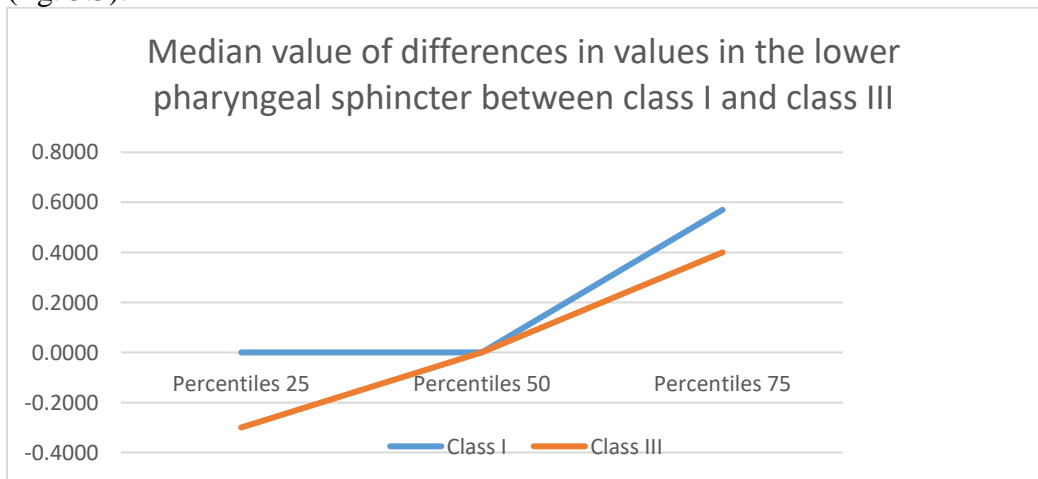


Fig. 3.5 Median value of differences in values in the lower pharyngeal sphincter between class I and class III

To observe the differences between the median values of the differences in the values of the upper and lower pharyngeal space in patients in class I, we used the Mann-Whitney U test. Thus, the median value of UPS is 0.2 (0, 1.67) and 0 (0, 0.57) within the LPS. Using the test, it was concluded that this difference is statistically significant ($p = 0.02$) (fig. 3.6).

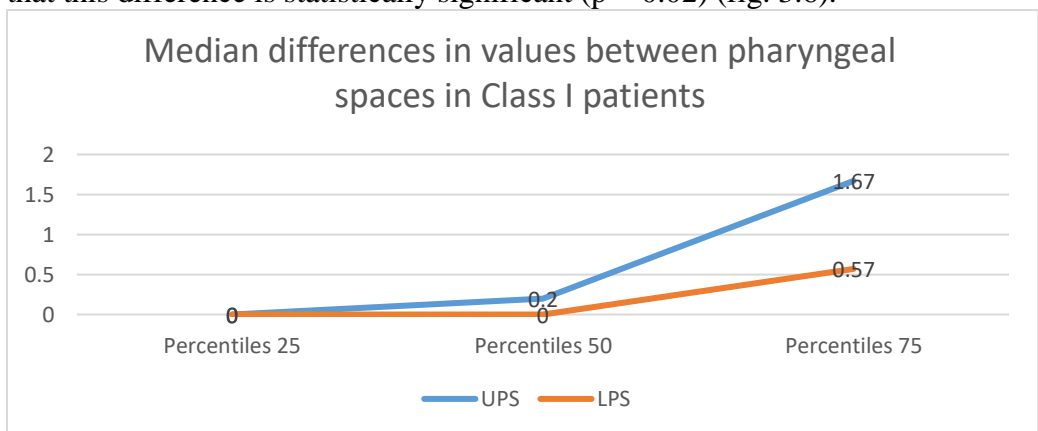


Fig. 3.6 Median differences in values between pharyngeal spaces in Class I patients

To observe the differences between the median values of the differences in values of the upper and lower pharyngeal space in class II patients, we used the Mann-Whitney U test. Thus, the median value of the UPS is 0.7 (0, 3.4) and 0.3 (0, 2.6) within the LPS. Using the test, it was concluded that this difference is statistically insignificant ($p = 0.37$) (fig. 3.7)

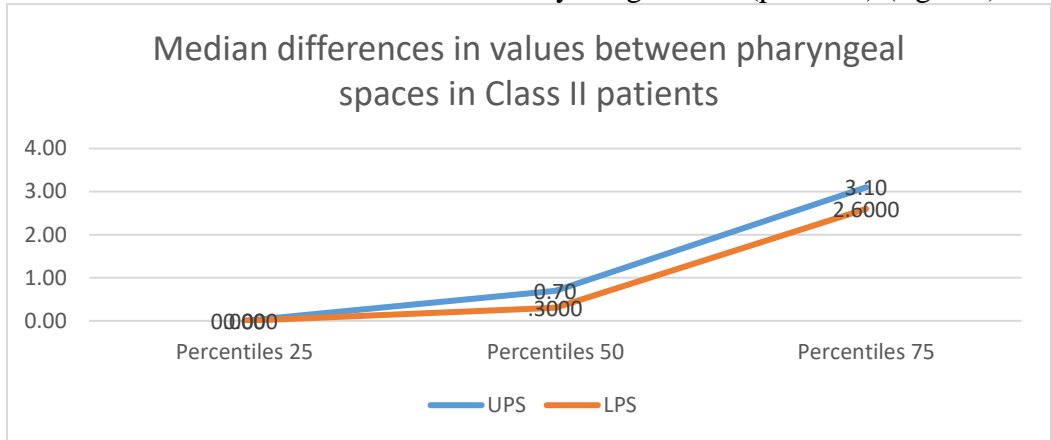


Fig. 3.7 Median differences in values between pharyngeal spaces in Class II patients

To observe the differences between the median values of the differences in values of the upper and lower pharyngeal space in patients in class III, we used the Mann-Whitney U test. Thus, the median value of the STS is 0 (0, 0.37) and 0 (-0.3, 0.4) within the SFI. Using the test, it was concluded that this difference is statistically insignificant ($p = 0.16$) (fig. 3.8).

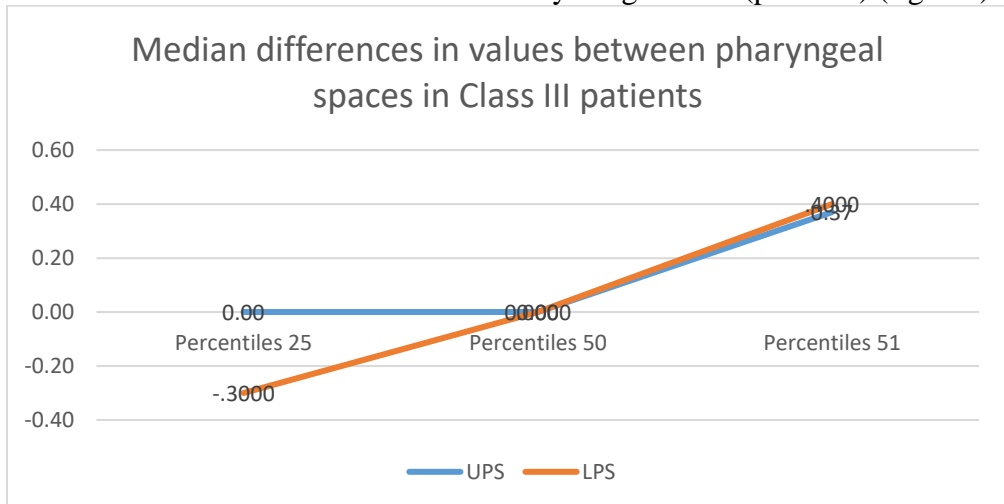


Fig. 3.7 Median differences in values between pharyngeal spaces in Class III patients

Discussions

The majority of the population suffering from sleep apnea is not aware that they suffer from this syndrome. A method to determine patients at risk of developing this syndrome has not yet been implemented.

The results of the present study demonstrate that in patients with skeletal class II, there is a decrease in the size of the upper airways compared to patients with class I and III. (Silva, Lacerda, Silva, & Ramos, 2015) These results are consistent with other studies in this area (M Kirjavainen; & Turkka, 2007), but a direct link only between this skeletal abnormality and sleep apnea cannot be deduced, even though it has been shown that a decrease in mandibular body length was found in patients with OSA (Joanna, Johal, & Kotecha 2000). Mandibular advancement alone is unlikely to be successful (Anaesth, 1989). There are several factors involved, this anomaly being only one of them.

These results should also be seen within the study. The analyzes were performed in two-dimensional plane, a complex 3D analysis of the superior airspace and the position of the mandible, hyoid bone and tongue would reveal several aspects on the morphology of this area in the three skeletal patterns.

Two other studies show that by treating the class II abnormality, the size of the posterior pharyngeal space can be increased and the symptoms of those suffering from obstructive sleep apnea-hypopnea syndrome can be improved (Pavoni et al. 2017). At the same time, it is observed that not all patients with skeletal class II suffer from this syndrome.(Ghodke, Utreja, Singh, & Jena, 2014)

Among the patients in the present study in the anamnesis, no signs of sleep apnea were found. This can be based on the young age of the patients, although it can occur at a younger age, obstructive sleep apnea syndrome occurs with age. Thus we cannot know for sure which of the patients in this study will develop these problems or whether they will develop them.

In his analysis of the airway, McNamara showed that an increased in upper pharyngeal space could possibly have an adenoid obstruction of the upper airway and that this part of the airway increases its dimensions with age. In the present study the patients have ages between 10-21; being this young we could not test this aspect, but we keep this in mind for a future study with the same groups of patients. (McNamara, 1984)

It can be said that early treatment of skeletal class II abnormality has a positive influence on the upper airways and can help patients prevent the onset of obstructive sleep apnea-hypopnea syndrome in adulthood, where treatment is no longer it's so easy.

Conclusion:

1. Patients with skeletal class II have smaller dimensions of the lower pharyngeal space than patients with class I and class III.
2. There is no major difference between the dimensions of the lower pharyngeal space between class I and class III, both classes having values close to normal.
3. There are no major differences between the dimensions of the superior pharyngeal space between skeletal classes I, II and III.
4. Patients with skeletal class II have an increased risk compared to those with class I or class III of developing obstructive sleep apnea-hypopnea syndrome during their lifetime.
5. There is a proportionality between the size of the upper pharyngeal space and the size of the lower pharyngeal space in patients with skeletal class II and skeletal class III. In patients with skeletal class I there was no such proportionality of size.

References:

1. Achilleos S., Krogstad O., Lyberg T. (2000). Surgical mandibular setback and changes in uvuloglossopharyngeal morphology and head posture: A short-and long-term cephalometric study in males. *Eur J Orthod*, 22, 383-94.
https://www.researchgate.net/publication/12294204_Surgical_mandibular_setback_and_changes_in_uvuloglossopharyngeal_morphology_and_head_posture_A_short-_and_long-term_cephalometric_study_in_males
2. Health Quality Ontario (2006). Polysomnography in patients with obstructive sleep apnea: An evidence-based analysis. *Ontario Health Technology Assessment Series*, 6, 1-38.
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3379160/>
3. Spicuzza L., Caruso D., Di Maria G. (2015). Obstructive sleep apnoea syndrome and its management. *Therapeutic Advances in Chronic Disease*, 6(5), 273-285. <https://doi.org/10.1177/2040622315590318>
4. Lowe A. A. (1990). The tongue and airway. *Otolaryngologic clinics of North America*, 23(4), 677–698.
5. Jyothi, K. Renuka Prasad, R. Rajalakshmi, RC Satish Kumar, Talatam Ramphanindra, TM Vijayakumar and Ilango Kaliappan (February 13th 2019). Obstructive Sleep Apnea: A Pathophysiology and Pharmacotherapy Approach. *Noninvasive Ventilation in Medicine - Recent Updates*, <http://dx.doi.org/10.5772/intechopen.77981>
6. Liao, Y. F., Huang, C. S., & Chuang, M. L. (2003). The utility of cephalometry with the Muller maneuver in evaluating the upper airway

- and its surrounding structures in Chinese patients with sleep-disordered breathing. *The Laryngoscope*, 113(4), 614–619.
<https://doi.org/10.1097/00005537-200304000-00006>
7. Perumalsamy, P., Charles, A.K., Reddy, G., Chokkalingam, C., & Balakrishnan, R. (2017). Comparison of three sleep questionnaires in screening obstructive sleep apnoea. *Journal of Evolution of Medical and Dental Sciences*, 6, 6132-6136. DOI: 10.14260/jemds/2017/1332
 8. Silva, N. N., Lacerda, R. H., Silva, A. W., & Ramos, T. B. (2015). Assessment of upper airways measurements in patients with mandibular skeletal Class II malocclusion. *Dental press journal of orthodontics*, 20(5), 86–93.
<https://doi.org/10.1590/2177-6709.20.5.086-093.oar>
 9. Kirjavainen, M., & Kirjavainen, T. (2007). Upper airway dimensions in Class II malocclusion. Effects of headgear treatment. *The Angle orthodontist*, 77(6), 1046–1053.
 10. Battagel Joanna M., Johal A., & Kotecha B. (2000). A cephalometric comparison of subjects with snoring and obstructive sleep apnoea. *European Journal of Orthodontics*, 22(4), 353-65
DOI: 10.1093/ejo/22.4.353
 11. Anaesth Br. Obstructive sleep apnoea. *British Journal of Anaesthesia* 63(4), 477-88 <https://doi.org/10.1093/bja/63.4.477>
 12. Pavoni, C., Cretella Lombardo, E., Lione, R., Bollero, P., Ottaviani, F., & Cozza, P. (2017). Orthopaedic treatment effects of functional therapy on the sagittal pharyngeal dimensions in subjects with sleep-disordered breathing and Class II malocclusion. Effetti del trattamento ortopedico-funzionale sulle dimensioni sagittali faringee in soggetti con disturbi respiratori del sonno e malocclusione di Classe II. *Acta otorhinolaryngologica Italica : organo ufficiale della Societa italiana di otorinolaringologia e chirurgia cervico-facciale*, 37(6), 479–485.
<https://doi.org/10.14639/0392-100X-1420>
 13. Ghodke, S., Utreja, A. K., Singh, S. P., & Jena, A. K. (2014). Effects of twin-block appliance on the anatomy of pharyngeal airway passage (PAP) in class II malocclusion subjects. *Progress in orthodontics*, 15(1), 68. <https://doi.org/10.1186/s40510-014-0068-3>
 14. McNamara J., Jr. (1984). A method of cephalometric evaluation. *American Journal of Orthodontics*, 86(6), 449-69. 10.1016/s0002-9416(84)90352-x



The Short-Term Effects of COVID-19 Pandemic Lockdown on Eating Habits and Dietary Changes Case of Tirana, Albania

Pranvera Troka, M.Sc

Assistant-Lecturer, Faculty of Economy and Agribusiness,
Agricultural University of Tirana, Albania

Prof. Assoc. Ilir Kapaj

Lecturer, Faculty of Economy and Agribusiness,
Agricultural University of Tirana, Albania

Ermelinda Satka, M.Sc

Assistant-Lecturer, Faculty of Economy and Agribusiness,
Agricultural University of Tirana, Albania

[Doi:10.19044/esj.2021.v17n17p30](https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n17p30)

Submitted: 23 December 2020

Accepted: 19 March 2021

Published: 31 May 2021

Copyright 2021 Author(s)

Under Creative Commons BY-NC-ND

4.0 OPEN ACCESS

Cite As:

Troka P., Kapaj I. & Satka E. (2021). *The Short-Term Effects of COVID-19 Pandemic Lockdown on Eating Habits and Dietary Changes. Case of Tirana, Albania.* European Scientific Journal, ESJ, 17(17), 30. <https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n17p30>

Abstract

Covid-19, one of the biggest crises that humanity has faced since WW2, has affected the normal life drastically and irreversibly. The rapid spread of the virus, radically changed every aspect of life, starting from the daily routine, the way of thinking and behaving, shopping habits and obviously eating habits and diets. This study aims to assess and analyze the short-term impact of quarantine on eating habits and food choices of citizens of Tirana, Albania, identifying and comparing the differences of quantity and quality of the main food products consumed during and after the lockdown. The research methodology used in this study is descriptive analysis. The selected area for the study is the city of Tirana, and the survey is conducted online due to the strict government regulations regarding social distancing and limited travelling after the Covid-19 outbreak. A total number of 325 respondents are included in the study. Based on the survey, 66.5% of the respondent's claimed that their diet was affected by the quarantine, while

33.5% have not experienced any major changes in their diets during the pandemic period. Staying at home has led 57% of them to consume all the main meals, and about 67.4% of the respondents claimed to have consumed more snacks than usually. The main products taken into study are bread, dairy, meat, fruits, vegetables, sweets, carbonated drinks, coffee, alcohol and water. Almost 50% of the respondents from a total of 325 confirmed that they consumed more bread, dairy products, meat, sweets and vegetables during the lockdown, than before. Their preferable foods were white bread, milk, chicken, homemade baked sweets and tomatoes. More than 70% claimed to have consumed more fruits, especially oranges, and more coffee and water. On the other hand, almost 70% of the respondents were drinking less alcohol and carbonated drinks during lockdown than before.

Keywords: Covid-19, lockdown, eating habits, dietary changes, consumer behavior

Introduction

On March 8, 2020, Albania confirmed the first two cases of Coronavirus, a father and a son, who had come to the country from Florence, Italy. On the same day, the government banned all flights and ferries coming from the northern part of Italy until 3rd of April 2020. (Health Ministry of Albania, n.d.).

The government also closed schools, ordered a ban on all groups of people, and asked sports federations to suspend all activities. The quarantine lasted for about two months until the country began to reopen gradually.

The word quarantine comes from the Italian ‘quarantena’, meaning “forty days”, used in the 14th to 15th-century and designating the period that all ships were required to be isolated before passengers and crew could go ashore during the Black Death plague epidemic. (Mattioli A. V., 2020).

Dictionary defines it as “a period, originally 40 days, of detention or isolation imposed upon ships, persons, animals, or plants on arrival at a port or place, when suspected of carrying some infectious or contagious disease”.

In public health practice, “quarantine” refers to the separation of persons (or communities) who have been exposed to an infectious disease. “Isolation”, in contrast, applies to the separation of persons who are known to be infected. (Parmet, 2020).

With the obligatory quarantine where people were obliged to stay home, some effects were also felt also in terms of food consumed and dietary changes.

Some studies are conducted in some other countries to evaluate the short term and immediate effects of Covid-19 outbreak on food security, food consumption, dietary changes and physical activities. A study in Iran’s Tehran

province found that consumption pattern was changed during COVID-19 outbreak among participating households. The COVID-19 outbreak led to an increase in households' worrying about providing enough food in Tehran province. (Pakravan-Charvadeh, 2020).

An Italian web-surveyed, which included 3,533 respondents, found that most of the population declared not to have changed its habits (46.1%), while 16.7% and 37.2% felt to have improved them or made them worse. In particular, smoking was reduced during the lockdown and sleep hours have increased. With regards to eating habits, more than half of the participants felt a change in their hunger/satiety perception: 627 (17.7%) and 1214 (34.4%) of them had less or more appetite, respectively, (Di Renzo, 2020). Data of this study also shows an increase of homemade recipes (e.g., sweets, pizza and bread), cereals, legumes, white meat and hot beverages consumption, and a decrease of fresh fish, packaging sweets and baked products, delivery food and alcohol intake.

Another study concluded that the frequencies of salt, fat/oil, sweets and fruit juice/squash have decreased during the quarantine. This can be justified by the fact that home-made dishes contain less salt, fat and sugar than the pre-processed ones. (Eftimov, 2020).

On the other hand, the frequencies of stalk vegetables, fruits as vegetables, fruit containing stone, berries and pulses have increased. It was also found that the frequencies of corn/cereals/grain, seafood, citrus fruits, particular vegetables and fruit, herbs and nuts, which present main ingredients of healthy diet (such as the Mediterranean diet) were decreased. (Eftimov, 2020).

Quarantine is an unpleasant experience: with loss of freedom, uncertainty over disease status, and boredom and therefore can affect the health status of individuals. As a result, the potential benefits of mandatory mass quarantine need to be weighed carefully against the possible long-term negative effects on health, i.e. cardiovascular risk burden and mental disease. Survey studies on subjects who had been quarantined reported a high prevalence of psychological distress and disorder symptoms. These include emotional disturbance, depression, stress, low mood, irritability, insomnia, and post-traumatic stress. (Mattioli A. V., 2020).

The main consequence of stress, related to quarantine, is a change in lifestyle and nutritional habits. Changes in nutritional habits can be due to: 1. reduced availability of goods, 2. limited access to food caused by restricted store opening hours, and 3. switch to unhealthy food to fight stress, depression and anxiety, which induce people to eat sugar-rich food and drink alcohol to feel better.

This article aims to assess and analyze the immediate impact of Covid-19 on eating habits and dietary changes before and during the quarantine among the population of Tirana

Methodology

The research methodology is descriptive analysis, where data collected through questionnaires, are afterwards analyzed in Excel and interpreted. The study was conducted between the beginning of March and end of May 2020 in Tirana. Tirana was selected as a study area since, it is the capital of Albania and the most populated city (almost 1 million or about the third of the country population). Data collection took place from the first day of the quarantine along twelve weeks. The questionnaire was designed in Google form in consultation with experts of the field. The study comprised a structured questionnaire that inquired demographic information (age, gender, education level, marital status, employment status), health conditions information, dietary habits information (number of main meals, number of snacks) as well as differences in several food categories consumption. The study was conducted online due to the strict government regulations, including travel restrictions and social distancing after the Covid-19 outbreak. A total number of 325 respondents have been included in the study.

We were not able to have representation of all classes of society in our sample, due to limitations for internet access. Our sampling approach likely included mainly families with higher education and income, not including those with low education and income, those with no access to internet, etc. To our knowledge, this is the first published paper to assess and analyze the changes in food consumption during the quarantine in Albania, therefore we could not find any published data with which to compare the results.

Result analysis

During the study we identified the main consumed products of an Albanian consumer and analyzed the changes in the quantity and quality of products consumed before and during the quarantine. As expected, physical distancing and self-isolation strongly impacted citizens' lives, affecting in particular eating habits and everyday behaviors. (Di Renzo, 2020).

Regarding eating habits, about 66.5% of people confirmed that quarantine has affected the way they eat. While 33.5% have not seen any major changes in their diets during the pandemic period.

In our modern society, the busy lifestyle imposes people not to consume all the main meals, meanwhile staying at home has led 57% of them to consume all the main meals. However, 67.4% of respondents declared to also have consumed more snacks than usually.

Table 1: Participants' general characteristics:

General Information	Whole Sample n=325
Gender	
Female	239
Male	86
Age groups (years)	
< 20	78
20-40	203
40-60	31
>60	13
Education	
Low level	9
Middle level	53
High level	263
Marital status	
Single	195
Married	84
Other	46
Employment	
Unemployed	147
Employed	160
Self-employed	18
Health status	
With medical condition	304
without medical condition	21

The list of food categories taken into study and differences of consumption level before and during quarantine:

Table 2: Variation of food consumption before and during the confinement

Food category	Same level of consumption (n)	Increased level of consumption (n)
Bread	156	169
Dairy	159	166
Fruit	86	239
Vegetables	169	156
Meat	166	159
Sweets	143	182
Fizzy drinks	247	78
Coffee	218	107
Alcohol	283	42
Water	97	228

Interpretation of the results:

- 52% of the 325 respondents, have increased the consumption of bread, consuming more white bread. Moreover, 21.5% of respondents have made their own bread at home, not only because they consider it safer in the time of pandemics, but also as an entertainment.
- In general, Albanian people consume a lot of dairy products. A lot of them prefer to buy these products directly from the farmers. However, because of the lockdown, they bought dairy products directly from the markets. 51% of people consumed more dairy products during quarantine than before. The most consumed products were milk, yogurt and feta cheese.
- The level of fruit consumption has increased significantly due to the calls made by the health authorities about their role in boosting body's immune response. 73.5% have consumed more fruit during than before the quarantine. The preferred fruit is orange (93% were consuming orange as fruit, juice or smoothie) because of the high level of vitamin C.
- 52% of respondents said they have increased the level of vegetable consumption. Among the most consumed vegetables have been tomatoes, peppers, and salads. Not only these vegetables are rich in vitamins, especially vitamin C, but as well they are constantly among the most preferred in Albanian cuisine over the time.
- It is noted that 51.1% of the participants have increased the consumption of meat. About 26% have consumed red meat, mainly pork, and 20% chicken, since both are preferred as they are cheaper and easier to digest compared to red meat.
- As we all experienced, quarantine results in boredom, which in turn is associated with a greater energy intake, like chocolates. 56% of the respondents consumed more sweets during the quarantine. 65.55% of the total respondents consumed home-made sweets, for the same reasons such as restrictions on movement, entertainment and to idle away the hours. Those foods, mainly rich in simple carbohydrates, can reduce stress as they encourage serotonin production with a positive effect on mood improvement.
- Although carbonated beverages are not quite healthy, their consumption appears to have increased by 24% during quarantine. Respondents say this was directly related to the increase snack consumption and more time in front of the TV.
- 33% of the respondents said that they were consuming more caffeine during confinement, meanwhile quarantine did not affect the level of consumed caffeine for 67% of them.

- The majority of the respondents (87%) did not increase alcohol consumption due to the effect of alcohol in the immune system.
- According to doctors, water is vital for the well functioning of the body and keeping the immune system at an optimal level, therefore, 70% of the respondents declared to have increased its consumption during confinement.

Conclusion and discussion

As shown by the results of this study, it is obvious that quarantine has affected every aspect of life, including eating habits and diet. About 66.5% of people confirmed that quarantine has affected the way they eat, while 33.5% have not experienced any major changes in their diets during the pandemic period. Staying at home has led 57% of them to consume all the main meals, and 67.4% of people have consumed more snacks than usual.

Almost 50% of the respondents from a total of 325 confirmed that they were consuming more bread, dairy products, meat sweets, vegetables than prior to confinement. Their preferable foods were white bread, milk, chicken, homemade baked sweets and tomatoes. More than 70% were consuming more fruits, especially orange, coffee and water. Almost 70% of the respondents were drinking less alcohol and carbonated drinks during confinement than before.

As the results show, people paid special attention to the consumption of healthy food products that help strengthen the immune system, and avoided those products such as sweets or alcohol that prevent or inhibit the fight against Coronavirus disease.

Right before an evitable second lockdown, we must promote healthy diet and physical activity at home that will strengthen our immune system. Global action supporting healthy diets and physical activity is mandatory to encourage people to return to a good lifestyle.

References:

1. Di Renzo, L., Gualtieri, P., Pivari, F., Soldati, L., Attinà, A., Cinelli, G., Cinelli, G., Leggeri, C., Caparello, G., Barrea, L., Scerbo, F., Esposito, E., & De Lorenzo, A. (2020). Eating habits and lifestyle changes during COVID-19 lockdown: An Italian survey. *Journal of Translational Medicine*, 18(1), 229. <https://doi.org/10.1186/s12967-020-02399-5>
2. Pakravan-Charvadeh, M. R., Mohammadi-Nasrabadi, F., Gholamrezai, S., Vatanparast, H., Flora, C., & Nabavi-Pelesaraei, A. (2020). The short-term effects of COVID-19 outbreak on dietary diversity and food security status of Iranian households (A case study)

- in Tehran province). *Journal of Cleaner Production*, 124537. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.124537>
3. Mediouni, M., Madiouni, R., & Kaczor-Urbanowicz, K. E. (2020). COVID-19: How the quarantine could lead to the depreobesity. *Obesity Medicine*, 19, 100255. <https://doi.org/10.1016/j.obmed.2020.100255>
 4. Ripon, R. K., Mim, S. S., Puente, A. E., Hossain, S., Babor, M. M. H., Sohan, S. A., & Islam, N. (2020). COVID-19: psychological effects on a COVID-19 quarantined population in Bangladesh. *Heliyon*, 6(11), e05481. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e05481>
 5. Duda-Chodak, A., Lukasiewicz, M., Zięć, G., Florkiewicz, A., & Filipiak-Florkiewicz, A. (2020). Covid-19 pandemic and food: Present knowledge, risks, consumers fears and safety. In *Trends in Food Science and Technology* (Vol. 105, pp. 145–160). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2020.08.020>
 6. Zakay-Rones, Z., Thom, E., Wollan, T., & Wadstein, J. (2004). Randomized Study of the Efficacy and Safety of Oral Elderberry Extract in the Treatment of Influenza A and B Virus Infections. *Journal of International Medical Research*, 32(2), 132–140. <https://doi.org/10.1177/147323000403200205>
 7. Eftimov, T., Popovski, G., Petković, M., Seljak, B. K., & Kocev, D. (2020). COVID-19 pandemic changes the food consumption patterns. In *Trends in Food Science and Technology* (Vol. 104, pp. 268–272). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2020.08.017>
 8. Mattioli, A. V., Sciomer, S., Cocchi, C., Maffei, S., & Gallina, S. (2020). Quarantine during COVID-19 outbreak: Changes in diet and physical activity increase the risk of cardiovascular disease. In *Nutrition, Metabolism and Cardiovascular Diseases* (Vol. 30, Issue 9, pp. 1409–1417). Elsevier B.V. <https://doi.org/10.1016/j.numecd.2020.05.020>
 9. Parmet, W. E., & Sinha, M. S. (2020). Covid-19 — The Law and Limits of Quarantine. *New England Journal of Medicine*, 382(15), e28. <https://doi.org/10.1056/nejmp2004211>
 10. *Are Diets During Coronavirus Changing for the Better?* <https://time.com/5827315/coronavirus-diet/>
 11. *Eating habits during the COVID-19 confinement in the UK.* <https://docs.google.com/forms/d/e/1FAIpQLSf4XbJRik9dm86e58KQx6qHjbe3nz82ppDluzE4hZPPyNQXww/viewform>
 12. *Making Nutrition a Priority During the Pandemic | Psychiatry | Michigan Medicine | University of Michigan.*

<https://medicine.umich.edu/dept/psychiatry/michigan-psychiatry-resources-covid-19/your-lifestyle/making-nutrition-priority-during-pandemic>

13. *How eating habits are shifting.*

<https://www.supermarketperimeter.com/articles/5549-la-brea-surveys-consumers-about-quarantine-bread-eating-habits>



Krylov Methods for Large Sparse Systems: A Comprehensive Overview

Amanda Zeqiri

Arben Malko

University of Tirana, Faculty of Natural Sciences,
Department of Applied Mathematics, Albania

[Doi:10.19044/esj.2021.v17n17p39](https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n17p39)

Submitted: 12 April 2021

Accepted: 11 May 2021

Published: 31 May 2021

Copyright 2021 Author(s)

Under Creative Commons BY-NC-ND

4.0 OPEN ACCESS

Cite As:

Zeqiri A. & Malko A. (2021). *Krylov Methods for Large Sparse Systems: A Comprehensive Overview*. European Scientific Journal, ESJ, 17(17), 39.

<https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n17p39>

Abstract

In this paper are analyzed behavior and properties for different Krylov methods applied in different categories of problems. These categories often include PDEs, econometrics and network models, which are represented by large sparse systems. For our empirical analysis are taken into consideration size, the density of non-zero elements, symmetry/un-symmetry, eigenvalue distribution, also well/ill-conditioned and random systems. Convergence, approximation error and residuals are compared for the full version of methods, some restarted methods and preconditioned methods. Two preconditioners are considered respectively, ILU(0) and IC(0) by using at least five preconditioning techniques. In each case, empirical results show which technique is best to use based on properties of the system and are backed up by general theoretical information already found on Krylov space methods.

Keywords: Krylov methods, numerical experiments, sparse linear systems, preconditioning

Introduction

Krylov methods are a large class of iterative algorithms that work with finite matrices and vectors in real and complex arithmetic. Many applications, which include solving linear systems, eigenvalue problems, and singular value

problems. Mathematically, these methods are based on projection methods. The main idea behind the Krylov subspace and of a projection process in general is to find the approximated solution of a potentially very large and/or sparse $Ax = b$ system by solving a much smaller system. Also, this idea has been used to design several effective algorithms for large eigenvalue problems. Such methods can have several different applications creating different algorithms, which are mathematically equivalent.

Let $Ax = b$ be a linear system where the general system matrix $A \in \mathbb{C}^{N \times N}$, $b \in \mathbb{C}^N$ and x_0 the initial approximation of the solution with its initial residual approximation $r_0 = b - Ax_0$. The Krylov subspace approach generates solutions x_m by the recursion $x_m \in x_0 + K_m(A, r_0)$ where $K_m(A, r_0) = \text{span}\{r_0, Ar_0, A^2r_0, \dots, A^{m-1}r_0\}$ is the m -th Krylov subspace generated by A from r_0 .

Since $K_m \subseteq \mathbb{C}^N$ or $K_m \subseteq \mathbb{R}^N$ (if the data are real) and based on the same recursion as x_m for the m -th residual $r_m = b - Ax_m$ the implication $r_m \in r_0 + AK_m(A, r_0) \subset K_{m+1}(A, r_0)$ occurs. The purpose is to find the approximation with short recursions very close the real (direct) solution x^{real} in few iterations (based on the limited computer memory). Also, to approximate r_m as small as possible, by elements of AK_m .

Different versions of Krylov space methods come from different choices of the m dimensional subspace and by the way the system is preconditioned (meaning to condition a given problem into a form that is more suitable for numerical solution methods by reducing its conditional number and applying a transformation of the original problem into another similar problem). Although all techniques offer the same type of polynomial approximations, the constraints used to construct these approximations will have a significant effect on the iterative techniques. The determination of some types of preconditions is related to the construction of an invariant subspace of coefficients matrix A corresponding to the eigenvalues closest to zero.

The priority of the implemented algorithms addressed in the paper consists in the ability for all of them to use multi preconditioning techniques (explained further in the article). This makes the decision of choosing an appropriate technique based on properties of A far easier compared to methods that only use one specific technique such as just right or just left preconditioning (Aditi Ghai et al., 2018).

Methodology

First, are considered two different types of sparsity for large coefficient matrix A , respectively less than 1% and 30% of non-zero elements. The most relevant Krylov methods are implemented in Matlab software and applied in both cases. Experiments have been performed by using basic methods, their

restarted version, and then by applying different types of preconditioning. Since the matrix properties variate, different behaviors in each case are observed.

Methods used are the following:

```
gmres=modified_GMRES(x0,MaxIt,tol,A,b,method,K1,K2,restart);
```

The GMRES algorithm is modified to be implemented with or without the ‘restart’ parameter using *restart* = 1 for full GMRES, or to consider preconditioning or not by using inputs ‘K1’ & ‘K2’. Also, the ‘method’ input is used to choose between two versions of GMRES as described by (Henk A. vander Vorst, 2003), with *method* = 1 corresponding to GMRES with modified Gram-Schmidt orthogonalization and *method* = 2 corresponding GMRES algorithm for complex systems.

```
[x,~,~,iter]=minres(A,b,tol,MaxIt,K1,K2,x0);
```

The MINRES algorithm is modified to consider preconditioning or not by using inputs ‘K1’ & ‘K2’, since its vulnerability to rounding errors and especially in the case of ill-conditioned matrices (Henk A. vander Vorst, 2003).

```
[x,R,H,Q]=FOM(A,b,x0,K1,K2,restart);
```

The un-preconditioned FOM algorithm uses the modified Gram-Schmidt procedure (L. Giraud & S. Gratton, 2006-2007) and a maximum number of iterations same as *N*. Then is considered preconditioning or not by using inputs ‘K1’ & ‘K2’. FOM is modified to be implemented with or without the ‘restart’ parameter.

```
bicg=BiCG(x0,MaxIt,tol,A,b,K);
```

The BiCG algorithm (Yousef Saad, 2003) is modified to consider preconditioning or not by using input ‘K’.

```
[x,~,~,iter]=QMR(A,b,tol,MaxIt,K1,K1,x0);
```

The un-preconditioned QMR algorithm uses the two-sided Lanczos iteration (Yousef Saad, 2003) and it has been modified to consider preconditioning or not by using inputs ‘K1’ & ‘K2’.

```
[x,~,~,iter]=BiCGstab(A,b,tol,MaxIt,K1,K2,x0);
```

The un-preconditioned BiCGStab algorithm described by (Henk. A. van der Vorst, 1992) and it has been modified to consider preconditioning or not by using inputs 'K1' & 'K2'.

Preconditioning

Preconditioner K is an operator close to A and if properly selected, when applied Krylov methods, it would need only a few iterations that lead to a good enough approximation of the system $Ax = b$. The difficulty to find a good preconditioner consists in the approximation, missing information about the behavior of the solution or the spectral properties of A .

Precondition techniques used are Incomplete Cholesky Factorization (IC) and Incomplete LU Factorization (ILU), both with zero fill-ins. To see which preconditioner works more efficiently are used different implementations: Left-preconditioning, Right-preconditioning and Two-sized preconditioning.

Numerical Experiments

The first two cases use $\varepsilon = 0.0001$ tolerance and 2500 maximal number of iterations. As vector b is generated a random vector of length N and as an initial approximation of the solution x_0 is used vector $\mathbf{1}$ of the same length. The difference between direct and approximate solutions is evaluated to compare iterative methods.

Case I:

At first it is used a large symmetric positive definite matrix, that its coefficients represent variables of a neural network problem, `A=load('494_bus.mat').Problem.A`. It has a density of 0.6827% non-zero elements and it is ill-conditioned. In figure 1 it is shown a visual representation of the 494×494 matrix with 1666 non-zero elements.

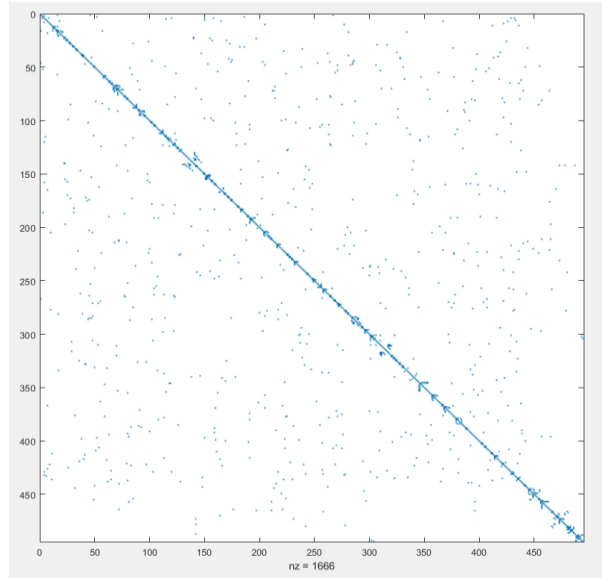


Figure 1. 0.6827% density matrix.

The full version of all six Krylov methods is applied, with no restart parameter and no preconditioning. Overall results are, GMRES ends with 250 iterations and an approximation error of 0.0012. MINRES converges after 908 iterations and an approximation error of 0.0013. FOM uses $N = 494$ maximum number of iterations which gives an approximation error of $0.3888e-06$. BiCG converges after 880 iterations with an approximation error of 0.0088. Followed by QMR and BiCGStab with approximation errors 0.0012 and 0.00694, which converge respectively after 1026 and 1034 iterations.

It is FOM method that makes a noticeable difference in the approximation error in this case, but it is pointed out that FOM is not very stable depending on the properties of the system $Ax = b$. BiCGStab is a very more stable alternate with a good enough approximation of the solution. Although QMR, GMRES and MINRES do not differ a lot from one another, GMRES makes the slightest difference in converging faster based on the number of iterations.

Table 1. Restarted methods with parameter 1 to 10.

Method Restart	GMRES		MINRES		BiCG		QMR		BiCGStab		FOM
	Error	It.	Error	It.	Error	It.	Error	It.	Error	It.	Error
1	0.0012	250	0.0013	908	0.0088	880	0.0012	1026	6.94e-04	1034	3.888e-07
2	0.0011	1	0.0013	1	0.0099	7	0.0012	1	6.94e-04	1	2.00e-10
3	0.0011	1	0.0013	1	0.0083	3	0.0012	1	6.94e-04	1	2.00e-10
4	0.0011	1	0.0013	1	0.0078	3	0.0012	1	6.94e-04	1	2.00e-10
5	0.0011	1	0.0013	1	0.0099	14	0.0012	1	6.94e-04	1	2.00e-10
6	0.0011	1	0.0013	1	0.0072	3	0.0012	1	6.94e-04	1	2.00e-10
7	0.0011	1	0.0013	1	0.0068	3	0.0012	1	6.94e-04	1	2.00e-10
8	0.0011	1	0.0013	1	0.0053	3	0.0012	1	6.94e-04	1	2.00e-10
9	0.0011	1	0.0013	1	0.0063	3	0.0012	1	6.94e-04	1	2.00e-10
10	0.0011	1	0.0013	1	0.0084	2	0.0012	1	6.94e-04	1	2.00e-10

Furthermore, the restarting process is applied to the same methods. In Table 1 it is noted as expected that increasing the restarting parameter, it does not affect the approximation accuracy and most methods converge after the first iteration, except for BiCG method as it is pretty sensitive to the initial approximation. It is proceeded by applying different preconditioning techniques using ILU and IC factorizations for each method (M. Benzi, 2002) & (Henk A. vander Vorst 2003). It is used parameter K1 to set Right ILU Preconditioning, parameter K2 to set Left ILU Preconditioning, parameter $K = L'$ to set the Right IC Preconditioning (where $A = LL' + E$) and parameter K' to set Left IC Preconditioning. Results are shown below in Table 2:

Table 2. Preconditioning Techniques Case 1.

Method	Two-sized ILU	Right ILU	Left ILU	Right IC	Left IC
GMRES	-	-	-	-	-
MINRES	0.0011, 80	17.8680	18.1915	-	-
BiCG	-	-	-	-	-
QMR	0.0011, 80	0.0012, 865	0.0012, 113	9.6295e-04, 254	0.0010, 231
BiCGStab	8.5883e-04, 59	8.0051e-04, 823	3.5014e-04, 72	0.0011, 269	0.0011, 269

GMRES and BiCG convergence is not improved at all with both ILU and IC factorization, error increases greatly. This is an exact case where preconditioning makes things worst, due to specific properties of matrix A (a very sparse one). MINRES convergence on the other hand is improved with two-sized ILU preconditioning by reducing the number of iterations at 80 from 908. K1 (right) and K2 (left) preconditioning not so successful. Both successful improvements in convergence speed and error are not always possible. QMR method has the same accuracy as no-preconditioning with a noticeable reduction of the number of iterations using two-sized ILU preconditioning although right IC preconditioning can cause a more drastic decrease in error approximation. When preconditioning is applied for

BiCGStab method, the most effective technique is left-preconditioning with ILU factorization. It affects both the accuracy and speed of the method.

Case II:

In the next experiment a random matrix by increasing size to $N = 1000$ and density up to 30%, is considered:

```
A = sprand(n, n, density);  
A = 100*A - 50*spones(A);
```

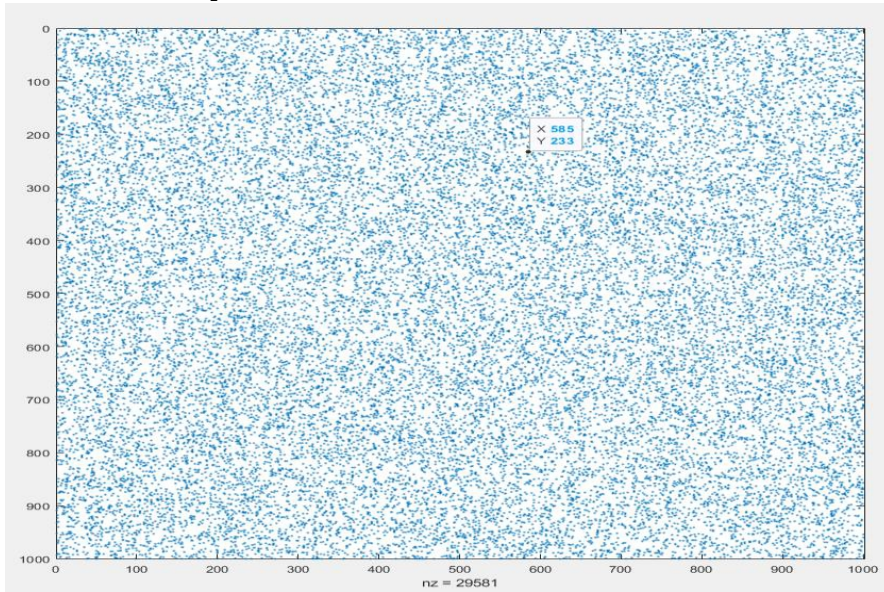


Figure 2. 30% density matrix

As expected, since the matrix is neither symmetric nor positive definite, random and has a very high condition number $\kappa(A) = 6.1951e + 04$, different behavior from the same methods is shown. GMRES is the only method that shows stability, with a satisfactory approximation error of $2.3017e - 13$ and 1000 number of iterations. No restart and no precondition FOM had an unexpected result considering sensibility to ill-condition problems, in this case, after GMRES it has an error of $2.9153e - 13$. Applying the restart process once more it does not improve the approximation accuracy and convergence. Preconditioning with ILU and IC Factorization, using the same techniques as in Table 2 does not improve the results, leading to search for other successful preconditioning techniques.

Case III:

In this case is considered a modification of a real un-symmetric matrix from transient stability analysis of Navier-Stokes solvers of order $N = 23560$. The source of the matrix is The Matrix Market from National Institute of

Standards & Technology. A small perturbation analysis of a FD (finite difference) approximation of the Navier-Stokes equations is associated with the eigenvalues and corresponding eigenvectors of A . These equations represent flows over airfoils. Conditioning is applied by increasing the density of non-zero elements around the main diagonal as following:

```
load airfoil
x = pow2(x,-32); y = pow2(y,-32); n = max(max(i),max(j));
A = sparse(i,j,-1,n,n); A = A + A';
d = abs(sum(A)) + 1;
A = A + diag(sparse(d));
```

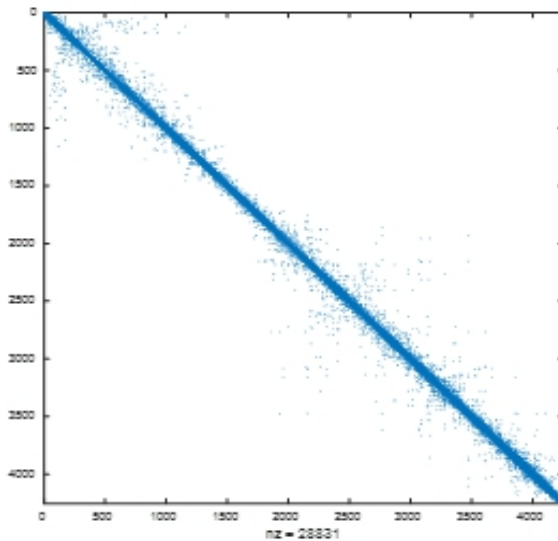


Figure 3. Matrix of order $N = 23560$, with 28831 non-zero elements

Tolerance $\varepsilon = 0.001$ is used and 1000 maximal number of iterations. Vector b equals vector y and the condition number, in this case, is 19. GMRES error is stable with restarting after 7 iterations with an average 3% error and an average relative residual norm of 0.08% as shown in Figure 4. The best approximation is achieved with restarting after 4 iterations with a 1.6 % error and 0.05% relative residual norm, considering the maximum number of iterations or not. Decreasing error tolerance by 10% will lead to reducing relative residual norm from $e-3$ to $e-5$, but will maintain the same proportions concerning tolerance in each case, whereas the approximation error does not change.

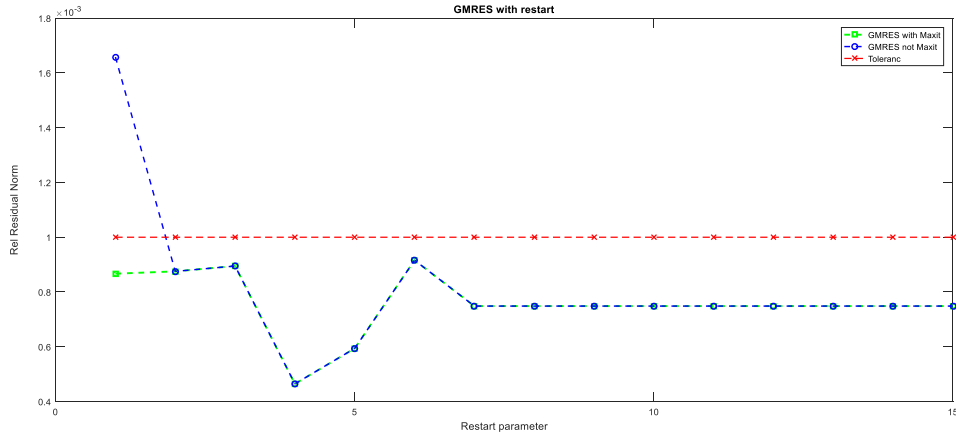


Figure 4. GMRES restarting process

QMR and MINRES have respectively error and relative residual norm of 2.58% and 0.07% for both methods. BiCG method compared to other methods has the highest error 3.09% and the highest relative residual norm 0.09%. Meanwhile, BiCGStab has the smallest error of 1.95% and the smallest relative residual norm of 0.06%.

By applying five different preconditioning techniques for each method, the following results were found:

- GMRES with two-sized ILU reduces the error to 0.02% and relative residual norm to 1.49%.
- Preconditioned QMR with Left-U technique reduces the error to 0.03% and relative residual norm to 1.20%.
- Preconditioned MINRES does not show improvement with any of the five techniques.
- Both Left-U & Right-U preconditioning for BiCG result in the reduction of the error to 0.03% and relative residual norm to 1.03%.
- Preconditioned BiCBStab gives the smallest error of 0.03% and the smallest relative residual norm 1.15% with the IC decomposition.

Figure 5 and Figure 6 show the error and the relative residual norm of Krylov methods for different preconditioning techniques.

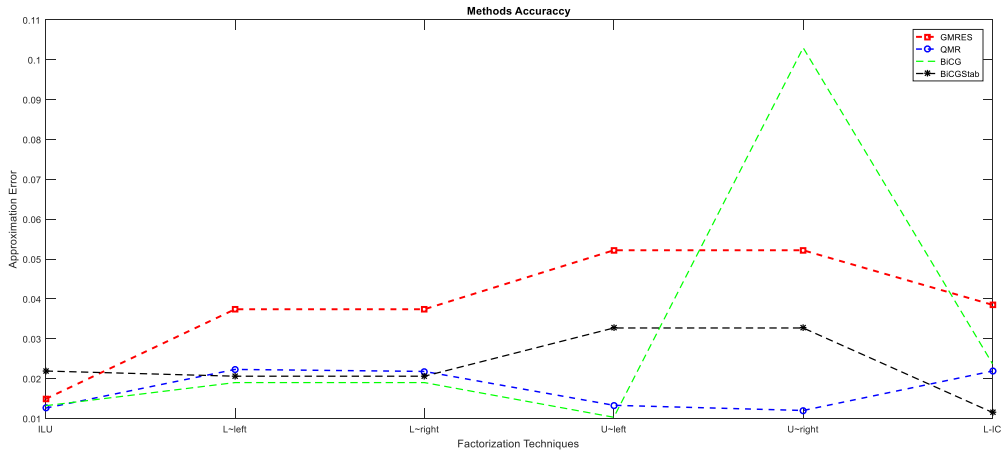


Figure 5. Methods accuracy with different preconditioning techniques

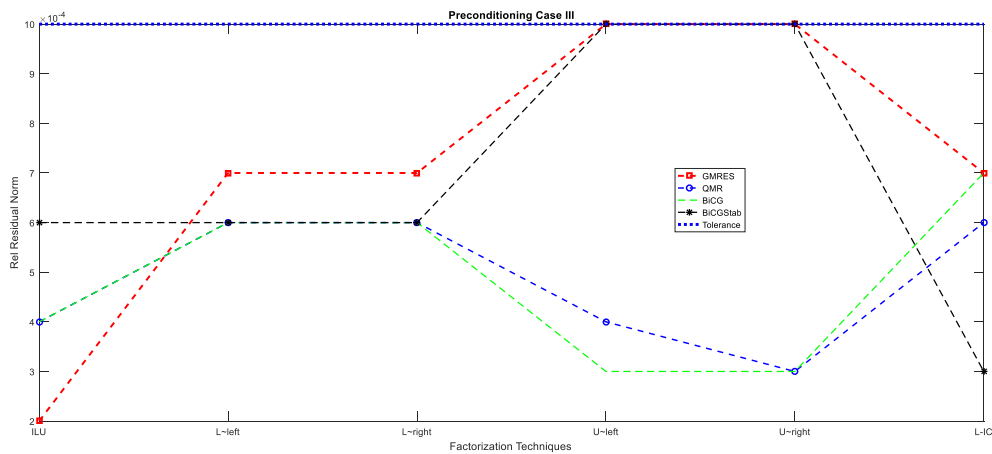


Figure 6. Relative residual norm with different preconditioning techniques

Conclusion

In the first case, where matrix A is symmetric and positive definite of order 494, the most robust Krylov method is BiCGStab, which improves noticeably after preconditioning with Left-ILU (in most numerical experiments Right preconditioning is more effective). BiCGStab has smoother convergence compared to other methods used on symmetric systems such as CG or BiCG and with a good preconditioning technique BiCGStab is not likely to breakdown due to its Bi-Lanczos iteration. Full FOM in the first case also gives a convenient result.

In the second case where A is neither symmetric nor positive definite and random of order 1000, the effective method was full GMRES. All other methods stagnated. The preconditioning techniques taken into consideration do not improve the convergence of methods, leading us to try other preconditioning schemes such as ILU(k) with fill-in since A has a random

distribution. In both first two cases increasing the restart parameter, slowed down the convergence drastically.

The last experiment where A is a matrix of order 23560 and unsymmetric, all methods except MINRES give approximation errors below the given tolerance. BiCGStab has the smallest error and relative residual norm with no precondition. Preconditioning on the other hand by using different schemes gives BiCGStab and other methods, except QMR, similar performance and apparent error or residual oscillations. QMR is the most stable method after all preconditions. Overall, GMRES is the most robust method that shows improvement with restart and two-sized ILU preconditioning with the smallest average error and smallest average relative residual.

The convergence of the most robust methods based on the experiments, GMRES and BiCGStab, depends on the distribution of the eigenvalues of A and its corresponding eigenvectors (O. Axelsson & G. Lindskog, 1986).

References:

1. Henk A. vander Vorst (2003). *Iterative Krylov Methods for Large Linear Systems*. Cambridge Monographs on Applied and Computational Mathematics, Cambridge University Press.
2. L. Giraud & S. Gratton (2006-2007). *Introduction to Krylov subspace methods for the solution of linear systems*.
3. Yousef Saad (2003). *Iterative Methods for Sparse Linear Systems, Second Edition*. Society for Industrial and Applied Mathematics.
4. Aditi Ghai, Cao Lu and Xiangmin Jiao (2018). *A Comparison of Preconditioned Krylov Subspace Methods for Large-Scale Nonsymmetric Linear Systems*. Cornell University.
5. Zhong-Zhi Bai (2015). *Motivations and realizations of Krylov subspace methods for large sparse linear systems*. Journal of Computational and Applied Mathematics.
6. David Chin-Lung Fong and Michael Saunders (2012). *CG Versus MINRES: An Empirical Comparison*. SQU Journal for Science.
7. O. Axelsson and G. Lindskog (1986). On the eigenvalue distribution of a class of preconditioning methods. Numer. Math.
8. Henk. A. van der Vorst (1992). *Bi-CGSTAB: A fast and smoothly converging variant of Bi-CG for the solution of nonsymmetric linear systems*. SIAM J. Sci. Stat. Comput.
9. M. Benzi (2002). *Preconditioning Techniques for Large Linear Systems: A Survey*. Journal of Computational Physics, 182.
10. P. N. Brown (1991). *A theoretical comparison of the Arnoldi and GMRES algorithms*. SIAM Journal on Scientific and Statistical Computing, 12.

11. M. H. Gutknecht (1992). *A completed theory of the unsymmetric Lanczos process and related algorithms, Part I*. SIAM J. Matrix Anal. Applic.



A Cross Sectional Study on the Effect of Stress and Academic Stressors Among International Medical Students of a Romanian University

Cristina Hotoleanu, PhD, MD

Andrei Hotoleanu, Medical Student

Iuliu Hatieganu University of Medicine and Pharmacy, Romania

[Doi:10.19044/esj.2021.v17n17p51](https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n17p51)

Submitted: 12 April 2021

Accepted: 11 May 2021

Published: 31 May 2021

Copyright 2021 Author(s)

Under Creative Commons BY-NC-ND

4.0 OPEN ACCESS

Cite As:

Hotoleanu C. & Hotoleanu A. (2021). *A Cross Sectional Study on the Effect of Stress and Academic Stressors Among International Medical Students of a Romanian University*. European Scientific Journal, ESJ, 17(17), 51. <https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n17p51>

Abstract

Medical students are exposed to increased stress due to academic, psycho-social and health-related factors. This study aimed to assess the levels of stress and the associations with socio-demographic characteristics and academic performance; the frequency of the major academic stressors; the most stressful factors as stated by the students themselves. A cross-sectional study including 110 international medical students of the 3rd-year was performed in the first two weeks of November 2019. A questionnaire including socio-demographic data, a list with potential academic stressors and an open question regarding the greatest stressors in student's opinion as well as The Kessler Psychological Distress Scale, was administrated in pen-and-paper format. Mild, moderate and severe levels of stress were found in 36.73%, 22.44 %, and 13.26 % of students, respectively. Increased levels of stress were associated with poor academic performance and did not correlate with age or country of origin. The frequency of moderate and severe stress was 3-times greater in women than in men. The most stressful factors in students' opinion were the academic stressors (88.77%) followed by psychosocial factors (25.51%) and health-related factors (9.18%). The frequency of examination was perceived as a stressor always present by more than 25% of the students. Most of the students showed elevated levels of stress. Academic factors were the most important stressors in students' opinion.

Further research is needed to identify the proper strategy to rectify academic-related problems to decrease the levels of stress.

Keywords: Students, medical; psychological stress; questionnaires

Introduction

Selye, considered to be the father of stress research, introduced the term stress in medicine to describe the “nonspecific response of the body to any demand”. Although a minor level of stress is beneficial, high levels of stress have a negative impact on the physical health and psychosocial well-being.

Medical students face high levels of stress due to academic, psychosocial and health-related factors. The stress among medical students is greater compared to students from other specialties (Garg et al., 2017). Many factors contribute to this: an extensive medical curriculum, high workload, exposure to death and human suffering, high academic expectations and tough competition. Numerous studies from various countries reported the academic factors as the main stressors for medical students (Shah et al., 2010; Erschens et al., 2018; Rafique et al., 2019).

High levels of stress may lead to poor academic performance, depression, drug use, burnout and even suicide (Weber et al., 2019). A recent meta-analysis including studies from 47 countries has shown that more than 25% of medical students have depression and about 10% present suicidal ideation (Rotenstein et al., 2016). The severity of stress and depression experienced by female medical students appears to be greater in comparison to male students (Qamar et al., 2014; Hill et al., 2018).

A few previous studies conducted in Romania assessed the correlations between the stress and anxiety, depression and burnout in medical students (Iorga, Dondas, et al., 2018; Iorga, Muraru, et al., 2019; Popa-Velea et al., 2017). Although the association of the academic stress and personality profile has been studied by Bob et al. (2014), to the best of our knowledge, no other research in our country has been focused on the analysis of the academic factors, neither on the identification of the most important stressors in students' opinion.

This study has four main aims: 1) to assess the levels of stress; 2) to analyze the association of stress with socio-demographic characteristics (gender, age, country of origin) and academic performance (reflected by the average grade in the previous year); 3) to evaluate the frequency of the occurrence of the major academic stressors; 4) to detect the most stressful factors as stated by the students themselves. The identification of the stressors may contribute to the development of a proper strategy to reduce the negative effects of the stress.

Methods

A cross-sectional study targeting all third-year English-language course medical students of our Medical Department of a Romanian University was performed in the first two weeks of November 2019 (N=110). The Ethics Committee of the University approved the study (108/2019). The students were invited to participate via class announcement. They were informed the survey requires 10-15 minutes to complete and the participation is anonymous, voluntary and not compensated. The objectives of the study were explained. A questionnaire including general data (age, gender, country of origin and the average grade), a list with potential academic stressors, the English version of The Kessler Psychological Distress Scale (K10) instrument, and an open question regarding the greatest stressors in student's opinion, were administered in pen-and-paper format. The potential academic stressors were listed from the previously published studies: frequency of examination, performance in examination, academic curriculum, dissatisfaction with class lectures, non-availability of learning materials, worries about becoming a doctor, lack of time for recreation, competition with peers and lack of special guidance from the faculty (Shah et al., 2010; Saipanish, 2003). Their frequency of occurrence was classified as: never, rarely, sometimes, often and always, with the corresponding scores on a Likert scale: 1, 2, 3, 4 and 5, respectively.

K10, widely used to assess the non-specific psychological distress, contains 10 items; each of these are scored from 1 to 5 and the scores are summed, generating a total score ranging from 10 to 50. Increased levels of stress, corresponding to a score ≥ 20 , are classified as: mild stress for scores between 20 and 24, moderate stress for scores between 25 and 29 and severe stress for scores between 30 and 50 (Kessler et al., 2002).

The most stressful factors stated by the students were further included in three categories: academic, psychosocial and health-related factors and their frequency was calculated.

According to the participants' country of origin, four subsamples were set up: 1) Central and Eastern European countries (Germany, Hungary, Poland, Romania); 2) European Mediterranean countries (Spain, Italy, Greece, France); 3) Israel; 4) other countries (USA, Canada, Tunisia, Morocco, Ireland, England, Jordan- each of these with $<2\%$ students participating in this study).

Students who offered incomplete responses, declined the participation or were absent when the survey took place were excluded from the study.

Data were analyzed using Statistical Package for Social Sciences (SPSS) 17.0 for Windows (SPSS, Inc., Chicago, IL, USA). Descriptive analysis was used to calculate the frequency of variables. The two-tailed t-tests were applied to compare means of continuous variables. Binary data were

analyzed using the chi-square test. The associations between stress, gender, age and academic performance were expressed as odds ratios (OR) with a 95% confidence interval (CI) at a significance level of $p < 0.05$. The comparison of K10 scores according to the country of origin was conducted using one-way ANOVA.

Results

Out of 110 students, 98 returned the completely filled questionnaires resulting in an overall response rate of 89.09%. The mean age of the participants was 22.91 years old; the study included 52 female students with a mean age of 22.23 years and 46 male students with a mean age of 23.69 years. The socio-demographic profile of the students is shown in table 1.

Table 1. The socio-demographic profile of the participants

Sociodemographic parameter	N= (%)
Female students	52 (53.06%)
Male students	46 (46.93%)
Age ≤ 22	45 (45.91%)
Age >22	53 (54.08%)
Central- Eastern Europe	59 (60.20%)
Mediterranean European countries	17 (17.34%)
Israel	14 (14.28%)
Other countries	8 (8.16%)

N= absolute frequency

The mean K10 score of the participants was 23.31. Most of the students (72.44%) presented increased levels of stress ($K10 \geq 20$). Mild, moderate and severe levels of stress were found in 36.73%, 22.44 % and 13.26% students, respectively.

Female students presented a mean K10 score significantly higher than male students, 24.98 versus 21.41, $p=0.009$. The frequency of moderate and severe stress was 3-times greater in women than in men: $OR=3.33$, $p=0.005$, 95% CI: 1.3729- 8.09; the mild levels of stress were found predominantly in males than in females, $p=0.026$, $OR=2.448$, 95% CI: 1.071-5.779.

Students aged >22 years presented a higher mean K10 score than those aged ≤ 22 (23.96, respective 22.53) but not statistically significant, $p=0.303$. No association between increased levels of stress and age was found ($p=0.437$, $OR=1.189$, 95% CI: 0.491- 2.876).

The mean K10 scores according to the country of origin were the following: 22.40; 23.64; 25.42; 25.5, for Central-Eastern Europe, European Mediterranean countries, Israel and other countries, respectively, with no significant differences according to the one-way Anova test ($F = 1.086$, $p= 0.358$). The increased levels of stress were not associated with the students' country of origin ($F = 1.782$, $p= 0.158$).

The distribution of the levels of stress according to K10 score and socio-demographic factors is shown in table 2.

Table 2. The levels of stress according to socio-demographic factors

Socio-demographic factor	Normal levels of stress (K10<20) N= (%)	Mild stress (K10: 20-24) N= (%)	Moderate stress (K10: 25-29) N= (%)	Severe stress (K10:30-50) N= (%)
Female students	13(13.26)	14 (14.28)	14 (14.28)	11(11.22)
Male students	14 (14.28)	22 (22.44)	8 (8.16)	2 (2.04)
Age ≤ 22	12 (12.24)	14 (14.28)	11 (11.22)	8 (8.16)
Age >22	16 (16.32)	23 (23.46)	11(11.22)	3 (3.06)
Central- Eastern Europe	18 (18.36)	23 (23.46)	12 (12.24)	6 (6.12)
Mediterranean European countries	5 (5.10)	5 (5.10)	3 (3.06)	4 (4.08)
Israel	4 (4.08)	5 (5.10)	2 (2.04)	3 (3.06)
Other countries	0 (0)	3 (3.06)	5 (5.10)	0 (0)

N= absolute frequency

The mean grade of the students with mild, moderate and severe stress was, respectively: 7.625, 7.931, 7.73. The academic performance of the students with increased levels of stress was significantly lower compared to those with normal levels of stress (mean grade 7.762, respective 8.111), $p=0.0356$. The academic performance according to the levels of stress is shown in figure1.

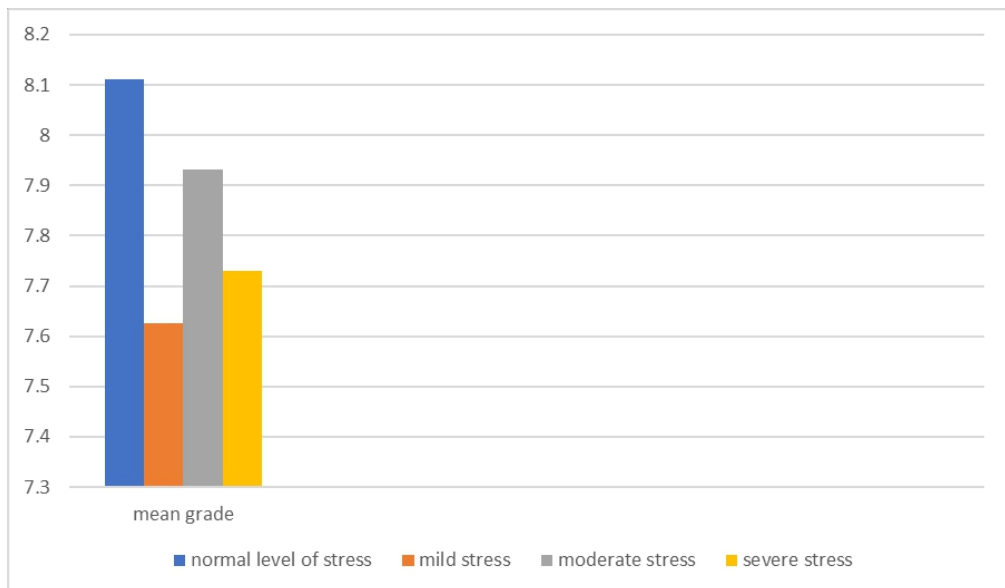


Figure1: the mean grade according to the levels of stress

The academic stressors were predominantly perceived as occurring “sometimes”, except the performance in examination (predominantly “often”) and the competition with peers (predominantly “rare”). The academic factor reported as always present by more than 25% of the students was the frequency of examination. The frequency of the academic stressors perceived by the students is shown in table 3.

Table 3. The frequency of the occurrence of the academic stressors

Academic stressor	never N= (%)	rarely N= (%)	sometimes N= (%)	often N= (%)	always N= (%)
frequency of examination	1 (1.02)	8 (8.16)	33 (33.67)	30 (30.61)	26 (26.53)
performance in examination	3 (3.06)	17 (17.34)	25 (25.51)	36 (36.73)	17 (17.34)
academic curriculum	3 (3.06)	19 (19.38)	41 (41.83)	21 (21.42)	14 (14.28)
dissatisfaction with class lectures	4 (4.08)	21 (21.42)	41 (41.83)	23 (23.46)	9 (9.18)
non-availability of learning materials	7 (7.14)	27 (27.55)	32 (32.65)	26 (26.53)	6 (6.12)
worries about becoming a doctor	18 (18.36)	22 (22.44)	40 (40.81)	13 (13.26)	5 (5.10)
lack of time for recreation	6 (6.12)	18 (18.36)	31 (31.63)	30 (30.61)	13 (13.26)
competition with peers	28 (28.57)	39 (39.79)	18 (18.36)	9 (9.18)	4 (4.08)
lack of special guidance from the faculty	11 (11.22)	31 (31.63)	34 (34.69)	14 (14.28)	8 (8.16)

N= absolute frequency

The most stressful factors in students’ opinion were the academic stressors (88.77%) followed by psychosocial factors (25.51%) and health-related factors (9.18%) as shown in figure2.

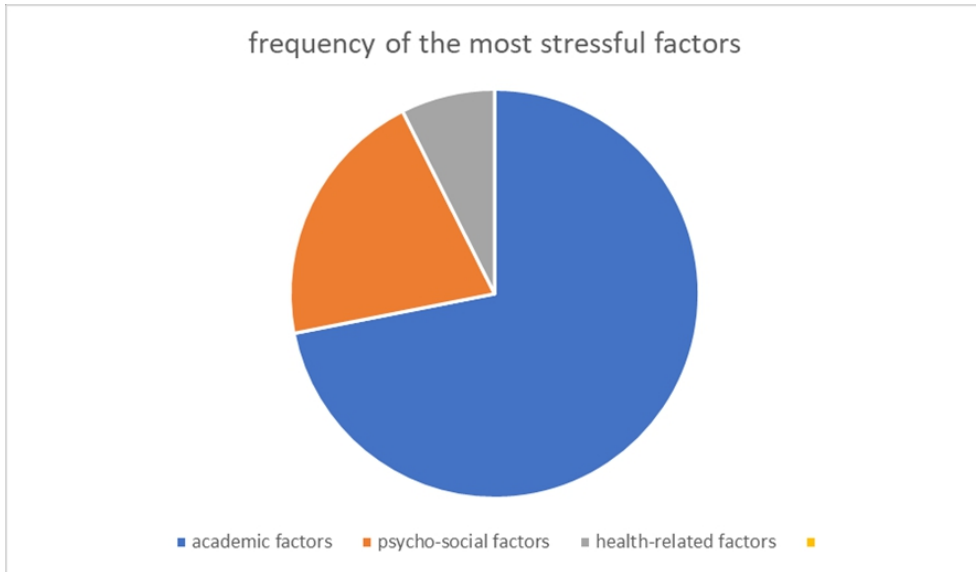


Figure 2: the frequency of the most stressful factors

The academic stressors were identified alone as the most stressful factors by 67.34% of students and together with other factors in 21.42% of cases. All the academic stressors described by the students were found in the previous list and, furthermore, two other factors were noted: the mandatory attendance at the practical classes (6.12%) and the communication with teaching staff (3.06%). The most stressful psychosocial factors were the following: financial issues (8.16%), accommodation away from home and living conditions (7.14%), family-related factors (5.1%) and social interactions (5.1%). The problems regarding nutrition/weight and sleep were identified as the most stressful health-related factors (5.1%, 4.08% of cases, respectively).

Discussion

This study showed increased levels of stress in about 70% of the students, with an overall K10 score corresponding to mild stress; severe stress occurred in 13% of cases. The prevalence of stress among medical students varies largely, from 12.2% to 96.7%, according to a meta-analysis including 29 studies from Europe and the English-speaking world outside North America (Hope & Henderson, 2014). This may be explained by different design of the studies and the instruments used to assess stress. Other studies using the same instrument, K10, found the following frequency of stress among medical students: 67.9%, 41.7%, 77.5%, 52%; severe stress occurred in: 21.8%, 24.26%, 30.2%, 33.8% of cases, respectively (Rafique et al., 2019; Qamar et al., 2014; Shawi et al., 2018; Saeed et al., 2016). Lower levels of

severe stress were found in this study possibly explained by the enrolment of only the third-year students, final-year and first-year students presenting higher levels of stress according to some data (Iorga, Dondas, et al., 2018; Rafique et al., 2019; Shawi et al., 2018).

Previous studies in Romania, using different instruments to assess stress, reported high rates of stress, depression and anxiety among medical students and showed the association of stress with burnout, and, respective, a negative correlation with well-being (Popa-Velea et al., 2017; Bob et al., 2014; Iorga, Muraru et al., 2019; Costescu et al., 2018). This study did not assess these correlations, which may represent a limitation.

Female students presented higher levels of stress than males in this study, similar with most of the studies, which could be explained by specific psychosocial and behavioral profiles, with women willing to provide more information about psychological conditions than men (Erschens et al., 2018; Qamar et al., 2014; Hill et al., 2018; Kumar et al., 2019; Seedhom et al., 2019).

No association between stress and age was found in this study, in line with other data (Shah et al., 2010; Iorga, Dondas et al., 2018; McKerrow et al., 2020). However, some studies found increased levels of stress in older students, associated with financial problems and lack of social integration whereas others reported highest stress in younger students who require time to develop coping strategies (Kotter et al., 2017; Wahed & Hassan, 2017; Rafique et al., 2019; Saeed et al., 2016). A prospective design of this study could have offered more data regarding the dynamic of stress in correlation with age.

This study showed the association of stress with poor academic performance, reflected by a significant lower mean grade of the students with increased levels of stress in comparison to those with normal levels of stress; this is in line with other studies (Iorga, Dondas et al., 2018; Sohail, 2013; Frazier et al., 2019). This association may be mediated by the effects of cortisol in the prefrontal cortex, promoting the impairment of the cognitive functions and by catecholamines which enhance the effect of stress; it has been shown that stress induces time-dependent changes of the memory stages (Vogel & Schwabe, 2016). Sohail (2013) reported that the number of stressors correlated stronger with the academic performance than the level of stress. Stress leads to a decreased academic performance which increases the levels of stress, creating a vicious circle (Kotter et al., 2017).

No correlation between stress and the country of origin was found in this study, suggesting that stress may transcend the socio-cultural and geographical factors.

Studies that investigated the sources of stress reported the main role played by the academic stressors (Shah et al., 2010; Erschens et al., 2018; Kumar et al., 2019; Seedhom et al., 2019). This study showed that 88% of the

students considered academic factors as the most important stressors. The frequency of examination was “always” perceived as a stressor by more than 25% of the students. The performance in examination was “often” seen as a stressful factor by most of the students. These findings point out to the need to reframe the examination patterns to decrease the negative impact of the academic stressors. Other studies, including qualitative literature, identified the exams (the performance pressure, preparing for examinations) as the most important stressors (Shah et al., 2010; Erschens et al., 2018; Weber et al., 2019). This study showed that the competition with peers was rarely perceived as a stressor; Hill et al. (2018) reported different frequency of this factor according to the year of study, the highest frequency being found among the second-year students.

This study showed that academic stress factors occurred only in 21% of cases associated with psycho-social and/or health-related factors, suggesting the vulnerability to a specific category of stressors. This is in contrast with data reported by Shah et al. (2010) showing that students with academic stress were more likely to have psychosocial stressors or vice versa. Specific environment, including recreational facilities provided by the universities, may explain the differences.

This study showed that students perceived financial problems, living conditions, family-related factors (parental pressure and expectations) and limited time for social interactions as the most important psychosocial stressors, in line with other studies (Garg et al., 2017; Shah et al., 2010; Kumar et al., 2019). In this study, less than 10% of the students stated that health-related factors were the most important stressors for them. The detailed analysis of psychosocial and health-related factors on a Likert scale was not performed in this study, the focus being on the academic factors. Rafique et al. (2019) reported that a physical medical problem is an independent risk factor for high perceived stress. In this study, obesity and poor sleep quality were identified as the most stressful health related factors, in line with other data (Wahed & Hassan, 2017; Safhi et al., 2020).

The main limitations of this study include: the participation of only the 3rd-year international medical students of a public university, no analysis of the associations with depression and anxiety and the cross-sectional design. Non-response is a particular problem affecting cross-sectional studies and can result in bias, but the overall response rate in this study was high (89.09%).

The strength of this study is mainly represented by the detection of the main sources of stress in students’ opinion with implications for medical education. The identification of the academic factors as the most important stressors, especially the frequency and the performance in exams, suggests the need to improve the strategy of examinations. Medical students participating in self-development groups or utilizing multiple self-care practices (including

nutrition, health responsibility, physical activity, spiritual growth) may present a greater resilience and a decrease in levels of stress (Holm et al., 2010; Ayala et al., 2018). Further research is needed to identify the best interventions, including stress management education focusing on coping strategies, student counseling and support groups.

Conclusion

Most of the students showed mildly elevated levels of stress. Female students presented higher levels of stress than males. Stress had a negative impact on academic performance. No significant association of stress with age and country of origin was found. Academic factors were the most important stressors in students' opinion, especially the frequency and the performance in exams. Further research is needed to identify the proper strategy to rectify academic-related problems to decrease the levels of stress.

References:

1. Ayala, E. E., Winseman, J. S., Johnsen, R. D., & Mason, H. R. C. (2018). U.S. medical students who engage in self-care report less stress and higher quality of life. *BMC Medical Education*, 18(1):189. <https://doi.org/10.1186/s12909-018-1296-x>
2. Bob, M. H., Popescu, C. A, Pirlog, R., & Buzoianu, A. D. (2014). Personality factors associated with academic stress in first year medical students. *HVM Bioflux*, 6(1), 40-44
3. Costescu, C., Oprea A., Herta D. C, & Nemes B. (2018). Perceived stress and well-being among international first year medical students in Romania. *Psihiatru.ro*, 52(1), 23-26
4. Erschens, R., Herrmann–Wernern, A., Keifenheim, K. E., Loda, T., Bugaj, T. J., Nikendei, C., Lammerding–Koppel, M., Zipfel, S., & Junne, F. (2018). Differential determination of perceived stress in medical students and high-school graduates due to private and training-related stressors. *PLoS ONE*, 13(1). Article e0191831. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0191831>
5. Frazier, P. A., Gabriel, A., Merians, A., & Lust, K. (2019). Stress as an impediment to academic performance. *Journal of American College Health*, 67(6), 562-570. <https://doi.org/10.1080/07448481.2018.1499649>
6. Garg, K., Agarwal, M., & Dalal, P. K. (2017). Stress among medical students: A cross-sectional study from a North Indian Medical University. *Indian Journal of Psychiatry*, 59(4), 502–504. <https://www.indianjpsychiatry.org/text.asp?2017/59/4/502/223476>

7. Hill, M. R., Goicochea, S., & Merlo, L. J. (2018). In their own words: stressors facing medical students in the millennial generation. *Medical Education Online*, 23(1):1530558.
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6179084/>
8. Holm, M., Tyssen, R., Stordal, K. I., & Haver, B. (2010). Self-development groups reduce medical school stress: a controlled intervention study. *BMC Medical Education*, 23(10).
<https://bmcmededuc.biomedcentral.com/articles/10.1186/1472-6920-10-23>
9. Hope, V., & Henderson, M. (2014). Medical student depression, anxiety and distress outside North America: a systematic review. *Medical Education*, 48(10), 963-979. doi: 10.1111/medu.12512.
10. Iorga, M., Dondas, C., & Zugun-Eloae, C. (2018). Depressed as freshmen, stressed as seniors: the relationship between depression, perceived stress and academic results among medical students. *Behavioral Sciences*, 8(8). <https://www.mdpi.com/2076-328X/8/8/70/htm>
11. Iorga, M., Muraru, I. D., Munteanu, C., & Petrariu, F. D. (2019). Depression, anxiety and stress among medical students. *The Medical-Surgical Journal*, 123(3): 496-505
12. Kessler, R. C., Andrews, G., Colpe, L. J., Hiripi, E., Mroczek, D. K., Normand, S. L., Walters, E. E., & Zaslavsky, A. M. (2002). Short screening scales to monitor population prevalences and trends in non-specific psychological distress. *Psychological Medicine*, 32, 959–976.
13. Kotter, T., Wagner, J., Brühem, L., & Voltmer, E. (2017). Perceived Medical School stress of undergraduate medical students predicts academic performance: an observational study. *BMC Medical Education*, 17(1), 256.
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5732510/>
14. Kumar, B., Shah, M., Kumari, R., Kumar, A., Kumar J., & Tahir, A. (2019). Depression, Anxiety, and Stress Among Final-year Medical Students. *Cureus*, 11(3). <https://www.cureus.com/articles/18501-depression-anxiety-and-stress-among-final-year-medical-students>
15. McKerrow, I., Carney, P. A., Caretta-Weyer, H., Furnari, M., & Miller Juve, A. (2020). Trends in medical students' stress, physical, and emotional health throughout training. *Medical Education Online*, 25(1), 1709278. doi:10.1080/10872981.2019.1709278
16. Popa-Velea, O., Diaconescu, L., Mihailescu, A., Jidveian Popescu, M., & Macarie G. (2017). Burnout and Its Relationships with Alexithymia, Stress, and Social Support among Romanian Medical Students: A Cross-Sectional Study. *International Journal of Environmental*

- Research and Public Health, 14(6), 560.
<https://doi.org/10.3390/ijerph14060560>
17. Qamar, K., Kiani, M. R., Ayyub, A., Khan, A. A., & Osama, M. (2014). Higher stress scores for female medical students measured by the Kessler Psychological Distress Scale (K10) in Pakistan. *Journal of educational evaluation for health professions*, 11(27).
<https://doi.org/10.3352/jeehp.2014.11.27>
 18. Rafique, N., Al-Asoom, L. I., Latif, R., Al Sunni, A., & Wasi, S. (2019). Comparing levels of psychological stress and its inducing factors among medical students. *Journal of Taibah University Medical Sciences*, 14(6), 488–494. doi: 10.1016/j.jtumed.2019.11.002
 19. Rotenstein, L. S., Ramos, M. A., & Torre, M. (2016). Prevalence of depression, depressive symptoms, and suicidal ideation among medical students. A systematic review and meta-analysis. *Journal of the American Medical Association*, 316(21), 2214–2236. doi: 10.1001/jama.2016.17324.
 20. Saeed, A. A., Bahnassy, A. A., Al-Hamdan, N. A., Almudhaibery, F. S., & Alyahya, A. Z. (2016). Perceived stress and associated factors among medical students. *Journal of Family and Community Medicine*, 23,166-171 doi:10.4103/2230-8229.189132
 21. Safhi, M. A, Alafif, R. A, Alamoudi, N. M, Alamoudi, M. M, Alghamdi, W. A, Albishri, S. F., & Rizk, H. (2020). The association of stress with sleep quality among medical students at King Abdulaziz University. *Journal of Family Medicine and Primary Care*, 9, 1662-7
 22. Saipanish R. (2003). Stress among medical students in a Thai medical school. *Medical Teacher*, 25, 5, 502-506 doi: 10.1080/0142159031000136716
 23. Seedhom, A. E., Kamel, E. G., Mohammed, E. S., & Raouf, N. R. (2019). Predictors of Perceived Stress among Medical and Nonmedical College Students, Minia, Egypt. *International Journal of Preventive Medicine*,10, 107.
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6592112/>
 24. Shah, M., Hasan S., Malik, S. & Sreeramareddy, C.T. (2010). Perceived Stress, Sources and Severity of Stress among medical undergraduates in a Pakistani Medical School. *BMC Medical Education*.10(2).
<https://bmcmededuc.biomedcentral.com/articles/10.1186/1472-6920-10-2>
 25. Shawi, A., Abdullateef, A. N., Khedher, M. A., Rejab, M. S., & Khaleel, R. N. (2018). Assessing stress among medical students in Anbar governorate, Iraq: a cross-sectional study. *The Pan African Medical Journal*, 31, 96.

<https://doi.org/10.11604/pamj.2018.31.96.16737>

26. Sohail N. (2013). Stress and academic performance among medical students. *Journal of the College of Physicians and Surgeons Pakistan*, 23, 67–71.
27. Vogel, S., & Schwabe, L. (2016). Learning and memory under stress: implications for the classroom. *npj Science of Learning*, 1, 16011. <https://www.nature.com/articles/npjscilearn201611>
28. Wahed, W. Y. A., & Hassan, S. K. (2017). Prevalence and associated factors of stress, anxiety and depression among medical Fayoum University students. *Alexandria Journal of Medicine*, 53(1), 77-84
29. Weber, J., Skodda, S., Muth, T., Angerer, P., & Loerbroks, A. (2019). Stressors and resources related to academic studies and improvements suggested by medical students: a qualitative study. *BMC Medical Education*, 19(312). <https://doi.org/10.1186/s12909-019-1747-z>



Contribution to the Diagnostic Study of Intestinal Parasitosis, Haiti

Daphnee Michel, MPH student

Quisqueya University, Faculty of Health Sciences (FSSA), Master's Program in Public Health, Port-au-Prince, Haiti. Quisqueya University, Zoonoses and Food Poisoning Research Laboratory (LAZERIA), Port-au-Prince, Haiti. Haitian Association of Women, Science and Technology (AHFST), Port-au-Prince, Haiti. Center for Planning Techniques and Applied Economics (CTPEA), Port-au-Prince, Haiti

Lucainson Raymond, BS

Center for Planning Techniques and Applied Economics (CTPEA),
Port-au-Prince, Haiti

Ammcise Apply, MPH student

Quisqueya University, Faculty of Health Sciences (FSSA), Master's Program in Public Health, Port-au-Prince, Haiti. Quisqueya University, Climate Change Research Team (ERC2), Port-au-Prince, Haiti. Haitian Association of Women, Science and Technology (AHFST), Port-au-Prince, Haiti

Daphenide St Louis, MPH student

Quisqueya University, Faculty of Health Sciences (FSSA), Master's Program in Public Health, Port-au-Prince, Haiti. Quisqueya University, Zoonoses and Food Poisoning Research Laboratory (LAZERIA), Port-au-Prince, Haiti. Haitian Association of Women, Science and Technology (AHFST), Port-au-Prince, Haiti

Ketty Balthazard-Accou, PhD

Quisqueya University, Zoonoses and Food Poisoning Research Laboratory (LAZERIA), Port-au-Prince, Haiti. Haitian Association of Women, Science and Technology (AHFST), Port-au-Prince, Haiti

Max Francois Millien

Quisqueya University, Zoonoses and Food Poisoning Research Laboratory (LAZERIA), Port-au-Prince, Haiti

Evans Emmanuel, PhD

Quisqueya University, Climate Change Research Team (ERC2),
Port-au-Prince, Haiti

[Doi:10.19044/esj.2021.v17n17p64](https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n17p64)

Submitted: 15 April 2021

Accepted: 21 May 2021

Published: 31 May 2021

Copyright 2021 Author(s)

Under Creative Commons BY-NC-ND

4.0 OPEN ACCESS

Cite As:

Michel D., Raymond L., Apply A., St Louis D., Balthazard-Accou K., Millien M.F. & Emmanuel E. (2021). *Contribution to the Diagnostic Study of Intestinal Parasitosis, Haiti*. European Scientific Journal, ESJ, 17(17), 64. <https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n17p64>

Abstract

Parasitic intestinal diseases are widespread in the world with a higher prevalence in developing countries. They are generally a serious public health problem in tropical countries. In October 2020, a cross-sectional study was undertaken to determine the prevalence of intestinal parasites in patients visiting Fermathe Hospital in Haiti. Data were collected on stool results with the presence of parasites and we used systematic sampling for further information regarding patients with parasitology problems. A summary field survey was also carried out in the surrounding areas with more cases recorded such as Corail, Calbasse, Fort Jacques, Center / Marché Kenscoff, Doco, and Douret for direct observations of the inventory and voluntary interviews with the residents of the area on hygiene practices. The prevalence of intestinal parasites was 31.26% and the most common species were: *Endolimax nana* (39.13%), followed by *Blastocystis hominis* (14%), *Blastocystis hominis* / *Giardia* intestinales (12.07%), *Entamoeba coli* (5.31%), and others like *Iodamoeba butschlii*, *Ascaris lumbricoides* or combined parasites were less than 5%. The field survey revealed a strong relationship between parasitosis and drinking water, parasitosis, and place of defecation. Although there are health centers in the area, many people use self-medication or empiric therapy. The study highlights the important causes of gastrointestinal disorders that present themselves in this hospital and confirms intestinal parasitosis as a major public health problem in Haiti.

Keywords: Intestinal parasitosis, parasitic infestation, neglected tropical diseases, gastrointestinal diseases, Fermathe Hospital

Introduction

Parasitic intestinal diseases are widespread throughout the world but with a higher prevalence in developing countries. They are generally a serious public health problem in tropical countries [Bourée et al, 2015]. Intestinal parasitic diseases are considered as a major cause of morbidity, closely linked to poverty, poor personal hygiene, inappropriate handling of raw foods, lack of sanitation of residues, shortage of drinking water, and fecal contamination of the environment [Juárez et al, 2013]. In addition, intestinal parasitic infections have been found to have significant consequences on nutritional and cognitive status especially among kindergarten and school-aged children because of increased metabolic rate, chronic anaemia, anoxia, and diarrhea associated with heavy worm load [Ezeamama et al., 2005; Okolo et John, 2006; Tamramat et Olowu, 2008, Oluboyo et al., 2014]. The etiological agents of these conditions are diverse and can be classified biologically and morphologically into 3 large groups: protozoa, helminths, and fungi [Pitt and Barer, 2012].

Protozoa are unicellular beings endowed with movement [Cavalier-Smith, 2017]. Depending on the case, they move thanks to plasmopods (rhizopods), flagella, undulating membrane, or cilia [Ringo, 1967]. They appear in asexual or sexual potential, or mobile or encysted, intra or extracellular form [Anderson et al., 1985]. Helminths or worms are identified in adult form of both sexes, in larval, embryonic, or ovular form [Castro, 1996]. The fungi or micromycetes constitute a kingdom in their own right and are microscopic fungi identified in the form of isolated or grouped spores or free or tissue filaments [Cole, 1996]. Among them, the most incriminated classes are rhizopods including: *Entamoeba histolytica*, *flagella*, intestinal *Giardia*, as well as *Cryptosporidium spp.* *Cyclospora cayetanensis*, *Cytoisospora belli* and Microsporidia spp. in immunocompromised patients. [Kiani et al, 2016]. Intestinal parasitoses can be asymptomatic but they often give rise to mainly digestive symptoms (diarrhea), abdominal pain and various lesions [Hechenbleikne et McQuade, 2015]. In some cases, surgery may be necessary to treat serious complications caused by some parasites [Hesse, 2012].

Diseases linked to environmental contamination by microorganisms are numerous in developing countries, especially those caused by bacteria and protozoa transmitted by water [Savioli et al., 2006]. In Haiti, intestinal nematodes are frequent [Champetier de Ribes et al., 2005]. Cryptosporidiosis is responsible for 17% of acute diarrhea observed in children under 2 years of age and 30% of chronic diarrhea in patients infected with HIV in Haiti [Pape et al., 1987]. *Cryptosporidium parvum* has been detected in water samples analyzed in important cities of Haiti [Raccurt et al, 2006; Balthazard-Accou et al., 2009; Brasseur et al., 2011; Damiani et al, 2013; Balthazard-Accou et al., 2020]. Microbial waterborne diseases also are typically spread by fecal-contaminated drinking water or food [Cabral, 2010]. A cross-sectional study was conducted to determine the prevalence of bacteria and intestinal parasites in food handlers working with Cuban health workers in Haiti. Stool samples were taken from 56 food handlers, 26.8% of whom had bacterial pathogens such as: *Blastocystis spp.* (9%), *Vibrio cholerae O1* serotype Ogawa, *Aeromonas spp.* and *Giardia intestinalis*, each with 4%. In addition, the prevalence of intestinal parasites was 19.7% [Llanes et al, 2016].

Haiti is the most underserved country in the western hemisphere in terms of water and sanitation infrastructure [WHO/UNICEF, 2012]. Protecting the health of the Haitian population through access to safe drinking water and sanitation is a long-standing challenge in Haiti [Gelting et al., 2013]. This work aims to carry out a retrospective epidemiological study over the period from January 2018 to January 2019 at Fermathe Hospital to estimate the frequency of intestinal parasitoses diagnosed in this health institution. and

to determine the main socio-demographic characteristics of the residents of this zone.

Methodology

Brief presentation of the study area

The commune of Kenscoff is located in the West Department in Haiti, 12 km from Pétion-ville and 24 km from Port-au-Prince. It occupies an area of 208.23 km² and bounded to the north by Pétion-Ville, to the south by Belle-Anse and Marigot, to the west by Carrefour and Jacmel, and the east by Croix-des-Bouquets. Located on the northern slope of the Massif de la Selle, between 600 meters (Morne Calvaire around Pétion-Ville) and at an altitude of more than 2000 meters (Morne la Visite). This commune has five communal sections: Nouvelle Touraine, Sourçailles, Grand Fond, Belle Fontaine, Bongars, and several communal sections.

The present research work is a retrospective cross-sectional epidemiological study that was carried out at Fermathe Hospital from January 2018 to January 2019. Fermathe hospital located at Fermathe 62 (commune of Kenscoff) on the campus of the Mission Baptiste Conservatrice of Haiti (MBCH), has 40 hospital beds and offers all basic services. Its emergency service operates 24 hours a day.

Methods

In this study, quantitative and secondary data are collected through a questionnaire on the laboratory results of patients from the logbooks of the hospital laboratory. These patients were hospitalized people or others who visited the hospital, and who presented signs and symptoms such as abdominal pain and/or diarrhea, vomiting, fever, anal itching, nocturnal tooth grinding, and malnutrition in children. The Lugol staining technique is used to carry out laboratory examinations.

After collecting the data of stool results showing the presence of parasites, we used interval sampling, with a difference of 5 people between each selected unit which is included in the sample Ke up to the total population. N: 207. A summary field survey was also carried out in neighboring areas with more cases recorded such as Corail, Calabash, Fort Jacques, Center / Marché Kenscoff, Doco, and Douret for direct observations of the state of the premises and voluntary interviews with the inhabitants of the zone on the hygiene practices in progress in the zone.

Qualitative and primary data on the socio-demographic conditions of the population are collected using the information provided at the time of the commemorative collection. Volunteer interviews are conducted at assembly stations in the community with the aid of multi-skilled community health workers in the area (ASCP), assigned to Fermathe Hospital before the

awareness session on hygiene practices. Through this questionnaire, information on hygiene practices, drinking water, place of defecation, washing of fruits and vegetables before consumption, and others). For direct observation, field visits were carried out and an overview of the houses, the environment, and the children's way of life or behavior (barefoot, even playing on the ground, and others).

Limits

This study is based solely on secondary data from tests carried out in the Fermathe hospital laboratory.

Data analysis and processing

All the results of the logbooks of the stool examinations with the presence of parasites were recorded and recorded in an Excel file and analyzed by the R software to determine the most frequent type of parasites. Data from volunteer interviews and direct observations are collected employing a questionnaire applied to each volunteer living in areas with more cases of parasitosis. The Excel program is applied for data recording and the R software is used for the descriptive analysis of the results with univariate and bivariate analyzes relating to the presence of intestinal parasitosis and hygiene practices.

Interference analysis is used to test the independence of variables to check whether any supposed relationships between said variables are not due to pure stochastic effects. For this, Pearson's chi-square tests were applied and calculated Cramer's V (or even phi) to measure the strength of association of the variables taken in pairs. The problem with the test is to assess the gap between the data effectively and a model of independence. The latter, as its name suggests, certifies that no statistical relationship exists between the variables of interest. And when the difference between the 2 models is statistically significant, we can assume an association between said variables at a given critical threshold.

Results and discussion

The results relate to the nature, number or frequency of the parasites in the stool

Of the 662 stool examinations performed during the study period at Fermathe Hospital, 207 samples presented one or more intestinal parasites or a percentage of 31.26% (207/662).

The rate of infestation in women (118/207 cases; 57%) is higher than that of men (89/207 cases; 43%). The average age of patients with the presence of parasites in the stool is 33 years. The results show the presence of parasites isolated or in combination, among which one can count *Endolimax nana*,

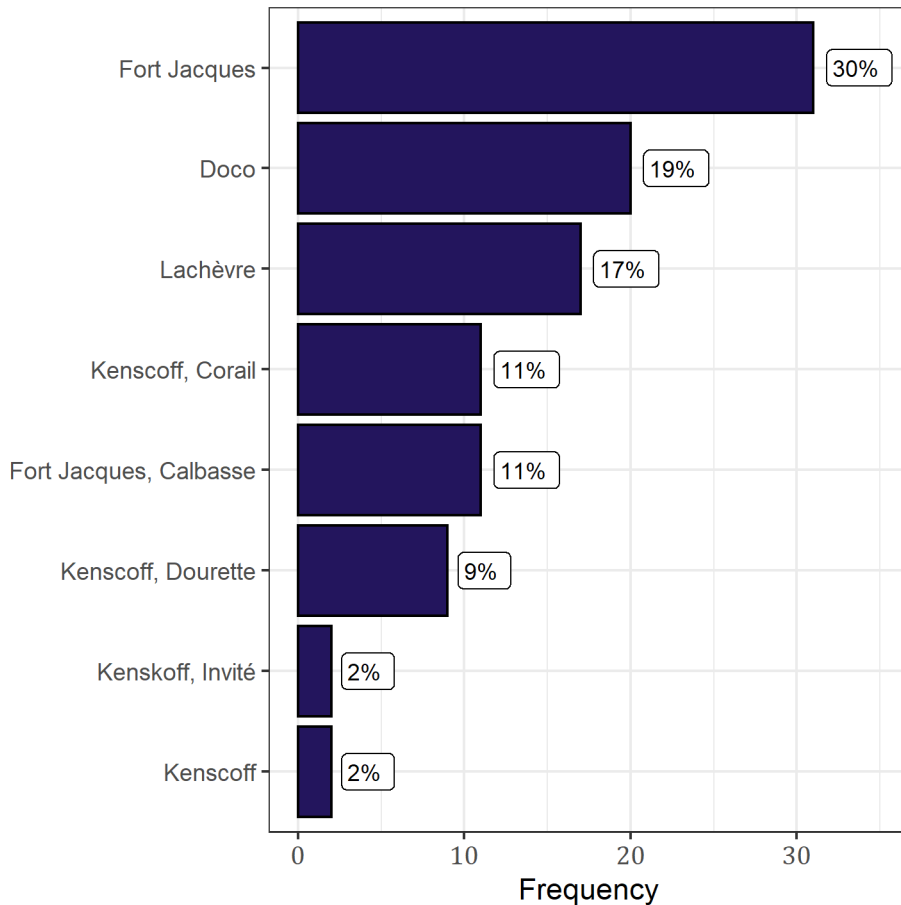
Entamoeba coli, *Entamoeba histolytica*, *Blastocystis hominis*, *Giardia intestinalis*, *Iodamoeba butschlii* and *Ascaris lumbricoides*. The most common intestinal parasite is *Endolimax nana* (39.1 %) and second is *Blastocystis hominis* (14%). (See Tab. 1)

Table 1: : Frequency of parasites identified in stool at Fermathe hospital

Name of Parasitosis	Effective	%
<i>Endolimax nana</i>	81	39.1
<i>Blastocystis hominis</i>	29	14
<i>Blastocystis hominis</i> / <i>Giardia intestinalis</i>	25	12.1
<i>Entamoeba coli</i>	11	5.3
<i>Iodamoeba butschlii</i>	9	4.3
<i>Ascaris lumbricoides</i>	9	4.3
<i>Entamoeba coli</i> / <i>Endolimax nana</i>	8	3.9
<i>Giardia intestinalis</i>	6	2.9
<i>Endolimax nana</i> / <i>Iodamoeba butschlii</i>	6	2.9
<i>Entamoeba histolytica</i>	4	1.9
<i>Endolimax nana</i> / <i>Entamoeba coli</i> / <i>Giardia intestinalis</i>	4	1.9
<i>Giardia intestinalis</i> / <i>Endolimax nana</i>	3	1.4
<i>Blastocystis hominis</i> / <i>Entamoeba coli</i> / <i>Endolimax nana</i>	3	1.4
<i>Entamoeba coli</i> / <i>Iodamoeba butschlii</i>	2	1
<i>Ascaris lumbricoides</i> / <i>Endolimax nana</i>	2	1
<i>Iodamoeba butschlii</i> / <i>Entamoeba coli</i> / <i>Endolimax nana</i>	2	1
<i>Entamoeba histolytica</i> / <i>Endolimax nana</i>	1	0.5
<i>Ascaris lumbricoides</i> / <i>Blastocystis hominis</i>	1	0.5
<i>Ascaris lumbricoides</i> / <i>Giardia intestinalis</i>	1	0.5
Total	207	99.9

Sociodemographic characteristics

Figure 1 shows the Geographical distribution of the people interviewed in the localities of the commune of Kenscoff served by the Fermathe hospital.



Data source: Parasitosis prevalence survey / Fermathe, Haiti / Jan. 12-13, 2021

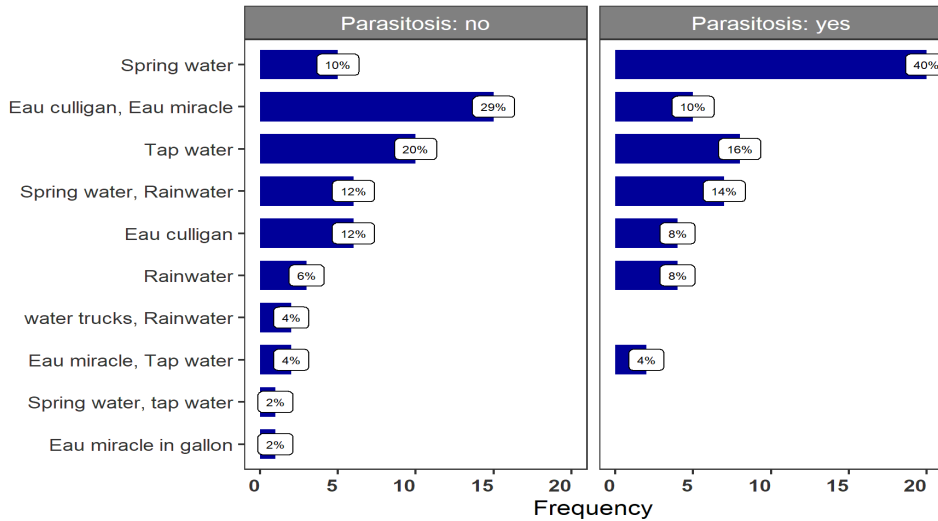
Figure 1: Distribution of interviewees by geographic area

Sociodemographic and hygienic characteristics of people who have been the subject of voluntary observations or interviews

The hygienic parameters considered mainly refer to drinking water, water for domestic use (handwashing, food), hand washing, and instead of defecation. (Fig. 2, 3, 4).

The distribution of the sample according to the quality of drinking water and the prevalence of parasitosis is presented in Figure 2.

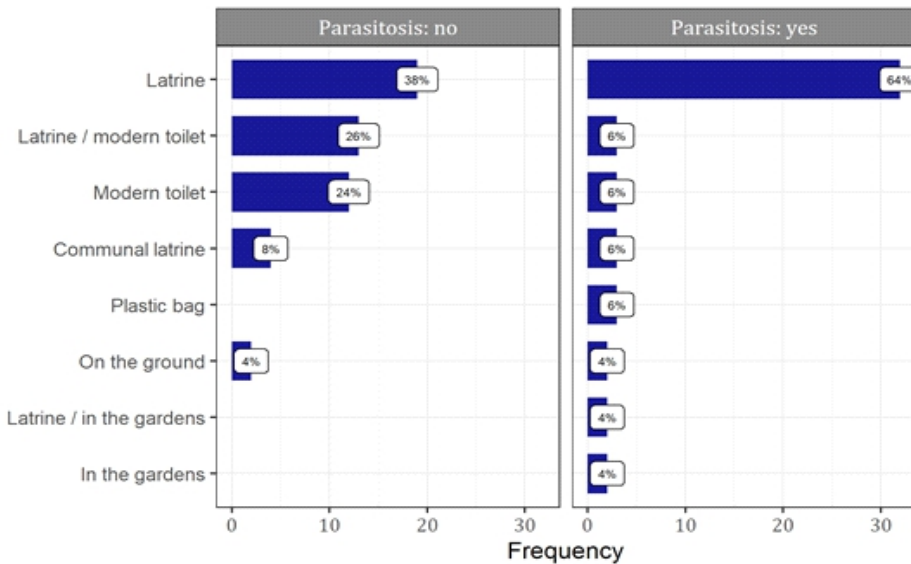
Note that among the various services mentioned in this study, which offer drinking water to the population, the water supplied by Culligan is the only product whose conservation packaging and hygiene measures are respected.



Data source: Parasitosis prevalence survey / FERMATHE, Haiti / Jan. 12-13, 2021

Figure 2: Distribution of the sample according to the quality of drinking water and the prevalence of parasitosis

Figure 3 shows the distribution of the sample according to the place of defecation and the prevalence of parasitosis.



Data source: Voluntary interview / FERMATHE, Haiti / Jan. 12-13, 2021

Figure 3: Distribution of the sample according to the place of defecation and the prevalence of parasitosis

Note that concerning personal hygiene, there is more than one answer per person. For hand washing on the one hand, and washing fruits, salads, and vegetables, on the other hand, before consumption, 88.5% and 92.9%

respectively answered positively to these questions. 50.5% of the inhabitants of the area replied that they were familiar with people who suffer from parasitosis with the following clinical manifestations: abdominal pain, diarrhea, anal pruritus in children, polydypsia, nocturnal teeth grinding, and others. On the other hand, 61.4% of them report having been treated with traditional medicines at home without having attended a hospital center.

Figure 4 summarizes the analysis of the prevalence of parasitosis from handwashing.

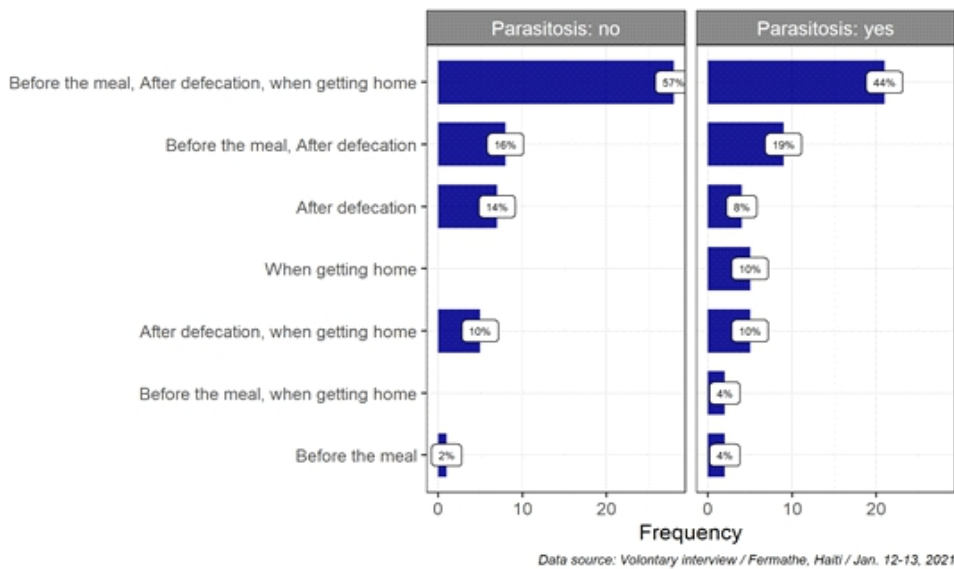
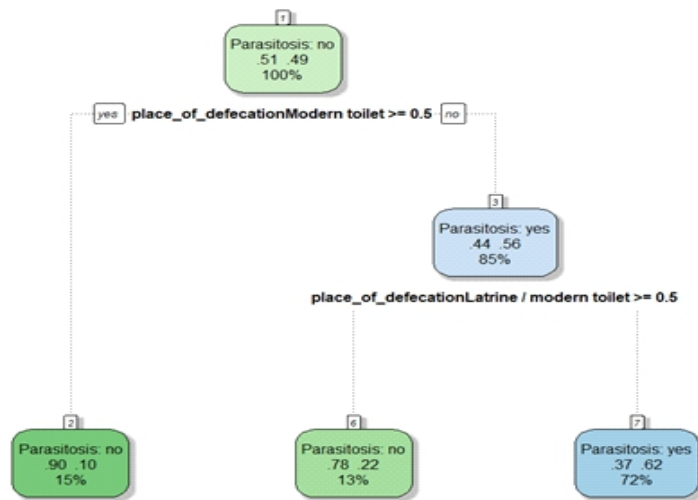


Figure 4: Prevalence of parasitosis and the habit of washing hands

The schematic representation of the CART model of the relationship between the site of defecation and the possibility of parasitosis is shown in Figure 5.



Rattle 2021-févr.-27 22:24:06 Lucainson Raymond

Figure 5: Schematic representation of the CART model of the relationship between the site of defecation and the possibility of parasitosis

In this study, the frequencies of protozoa and helminths are higher than those described in the study carried out in Turbaco [Villafañe-Ferrer, 2016]. In both cases, the most frequent parasite is *Endolimax nana*, i.e. 26.5%) in Turbaco, and 39.13% (Fermathe, Haiti).

Blastocystis hominis is one of the protozoa isolated with the highest frequency in patients at Fermathe Hospital (14%), which does not differ from the study carried out at Turbaco, and from another study conducted for determining the prevalence of bacteria and intestinal parasites in food handlers working with Cuban health workers in Haiti (Llanes, 2011). This protozoan is transmitted through contaminated water and food, and its frequency is linked to defecation on the ground, poor environmental sanitation, poor hygiene practices, and overcrowding. A study carried out in Côte d'Ivoire on the effects of hygiene and defecation behaviors on the presence of helminths and intestinal protozoan infections in Taabo revealed that age, sex, socioeconomic status, hygiene, and defecation behavior are determinants for the proliferation of helminths and intestinal protozoan infections [Schmidlin et al, 2013]. Indeed, it was revealed that in this region, only one in five households had access to latrines and that, as a result, open defecation was common. These conditions were met in certain areas of the municipality of Kenscoff, which probably influenced the high percentage of parasites and the results of the CART model. However, basically, 51% of the individuals used by the algorithm have intestinal parasites; the remaining 49%, no. At the first

partitioning, if the place of household defecation is "modern toilet", the probability that there is no individual suffering from an intestinal parasitosis is 90% against 9% for there to be. Note that 15% of the total sample is used at this node. On the other hand, if the household does not have a modern toilet, the probability that no individuals are suffering from an intestinal parasitosis drops to 56% compared to 44% who do not. Note that 85% of the sample is used at this level. Descending the tree, we see that if the household does not have a modern toilet (as the only place for defecation), but has both at the same time (latrine and modern toilet), the probability that there is no of an individual suffering from an intestinal parasitosis is 78% against 22% for it. Whereas, if the household has neither a modern toilet (as the only place for defecation) nor a "modern toilet and toilet", the probability that there are individuals without intestinal parasites is 37% against a 62% chance it will. Note that the proportion of the sample used is 72%.

The female sex was more affected by the presence of cysts or vegetative forms of protozoa and/or roundworm eggs in the stool, i.e. 57% of patients with an average age of 33 years, although several studies demonstrate the relationship between intestinal parasites and anemia in pregnant women, it can be noted in this study that the majority of women are women of childbearing age. The hygiene practices of the inhabitants of the area are similar to those observed in other studies carried out in Alabama by McKenna in 2017 and other countries of Latin America. [McKenna et al, 2017].

The population of this commune makes great use of medicinal plants or natural potions for the treatment of worms such as boulo (name given to an antiparasitic plant), a fusion of herbal tea from the roots of plants with an antiparasitic effect, but this practice should be supported. by in-depth studies comparable to the study carried out on the anthelmintic properties of traditional African and Caribbean medicinal plants: Identification of extracts with potent activity against *Ascaris suum* in vitro. [Williams et al, 2016].

Conclusion

The results of this study indicate that intestinal parasitic infections or infestations are important causes of gastrointestinal disturbances and are present in the study area. These results at least confirm that these infections remain a major public health problem in Haiti. Thus, effective control programs to reduce the prevalence and incidence of intestinal parasitic infections should be considered in public health policies.

Author Contributions: Conceptualization of the study – Daphnée Michel et Max François Millien. Writing of the original study protocol – Daphnée Michel. Review of the protocol - Max François Millien and Evens Emmanuel. Preparation of the data collection tool – Daphnée Michel.

Validation of the data collection tool - Max François Millien and Evens Emmanuel. The data collection, the processing of data and their analysis - Daphnée Michel, Ammchise Apply, Daphénide St Louis and Lucainson Raymond. Writing of the first draft of the paper – Daphnée Michel. Review, editing and revised version - Max François Millien, Ketty Balthazard-Accou and Evens Emmanuel. All authors have read and agreed to the published version of the manuscript.

Acknowledgments: The authors are thankful to the “One Health” University Space of Quisqueya University, FOKAL-Open Society Foundation Haiti, the Agence Universitaire de la Francophonie (AUF), the Representation of the Institute of Research for Development (IRD) in Mexico, Cuba, and Haiti, and the AOG (Association Communautaire Paysanne des Originaires de Grande Plaine), for their support in carrying out this study. We also thank the staff of the Jean Mossanto Health Center in Jalousie for contributing to the survey.

Conflicts of Interest: The authors declare no conflict of interest. The funders had no role in the design of this study; in the collection, analyses, or interpretation of data; in the writing of the manuscript, or in the decision to publish the results.

References:

1. Anderson, D. M., Coats, D. W., & Tyler, M. A. (1985). Encystment of the *Dinoflagellate Gyrodinium Uncaenum*: Temperature and nutrient effects 1. *Journal of Phycology*, 21(2), 200-206. <https://doi.org/10.1111/j.0022-3646.1985.00200.x>
2. Balthazard-Accou, K., Emmanuel, E., Agnamey, P., & Raccurt, C. (2020). Pollution of water resources and environmental impacts in urban areas of developing countries: case of the City of Les Cayes (Haiti). *Environ Health Manag Prev Pract*.
3. Balthazard-Accou, K., Emmanuel, E., Agnamey, P., Brasseur, P., Lilite, O., Totet, A., & Raccurt, C. P. (2009). Presence of *Cryptosporidium* oocysts and *Giardia* cysts in the surface water and groundwater in the City of Cayes, Haiti. *Aqua-Lac*, 1(1), 63-71. <https://doi.org/10.29104/phi-aqualac/2009-v1-1-06>
4. Bourée, P. (2015). Les parasitoses intestinales sont encore fréquentes. *Med Santé Trop*. 2015 Apr-Jun; 25 (2):130. DOI : 10.1684/mst.2015.0459
5. Brasseur, P., Agnamey, P., Emmanuel, E., Pape, J. W., Vaillant, M., & Raccurt, C. P. (2011). *Cryptosporidium* contamination of surface and water supplies in Haiti. *Archives of environmental & occupational health*, 66(1), 12-17. <https://doi.org/10.1080/19338244.2010.506492>

6. Brownlee, J. (2016). Bagging and Random Forest Ensemble Algorithms for Machine Learning, Machine Learning Algorithms website.
7. Bruce, P., Bruce, A., & Gedeck, P. (2020). Practical Statistics for Data Scientists: 50+ Essential Concepts Using R and Python. O'Reilly Media.
8. Cabral J. P. (2010). Water microbiology. Bacterial pathogens and water. *International journal of environmental research and public health*, 7(10), 3657–3703. <https://doi.org/10.3390/ijerph7103657>
9. Castro, GA. (1996). Helminths: Structure, Classification, Growth, and Development. In: Medical Microbiology. 4th ed. University of Texas Medical Branch at Galveston, Galveston (TX). PMID: 21413320
10. Cavalier-Smith, T. (2017). Origin of animal multicellularity: precursors, causes, consequences-the choanoflagellate/sponge transition, neurogenesis and the Cambrian explosion. *Philosophical transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological sciences*, 372(1713), 20150476. <https://doi.org/10.1098/rstb.2015.0476>
11. Champetier de Ribes, G., Fline, M., Désormeaux, A.M., Eyma, E., Matagut, P., Champagne, C., Pierre, J., Pape, J.W., Raccurt, C.P (2005). Prévalence des helminthoses intestinales en milieu scolaire en Haïti : résultats de la première enquête nationale réalisée en 2002. *Bull Soc Pathol Exot*, 98(2), 127-132.
12. Cole, G. T. (1996). Basic biology of fungi. *Medical Microbiology*. 4th edition. PMID: 21413296
13. Damiani, C., Balthazard-Accou, K., Clervil, E., Diallo, A., Da Costa, C., Emmanuel, E., Totet, A., & Agnamey, P. (2013). Cryptosporidiosis in Haiti: surprisingly low level of species diversity revealed by molecular characterization of Cryptosporidium oocysts from surface water and groundwater. *Parasite* (Paris, France), 20, 45. <https://doi.org/10.1051/parasite/2013045>
14. Ezeamama, A. E., Friedman, J. F., Acousta, L., Bellinger, D. C., Langdon, G. C., Manalo, D. L... and McGarvey, S. T. (2005) Helminthes infection and cognitive impairment among Filipino children. *American Journal of Tropical Medicine and Hygiene*. 72 (5): 540-548.
15. Gelting, R., Bliss, K., Patrick, M., Lockhart, G., & Handzel, T. (2013). Water, sanitation and hygiene in Haiti: past, present, and future. *The American journal of tropical medicine and hygiene*, 89(4), 665–670. <https://doi.org/10.4269/ajtmh.13-0217>

16. Hechenbleikner, E. M., & McQuade, J. A. (2015). Parasitic colitis. *Clinics in colon and rectal surgery*, 28(2), 79–86. <https://doi.org/10.1055/s-0035-1547335>
17. Hesse AA, Nouri A, Hassan HS, Hashish AA. Parasitic infestations requiring surgical interventions. *Sem in Pediatr Surg*. 2012 May;21(2):142-50. doi: 10.1053/j.sempedsurg.2012.01.009. PMID: 22475120.
18. Incani RN, Ferrer E, Hoek D, Ramak R, Roelfsema J, Mughini-Gras L, Kortbeek T, Pinelli E. Diagnosis of intestinal parasites in a rural community of Venezuela: Advantages and disadvantages of using microscopy or RT-PCR. *Acta Trop*. 2017 Mar;167:64-70. doi: 10.1016/j.actatropica.2016.12.014. Epub 2016 Dec 19. PMID: 28007484
19. James, Gareth, Daniela Witten, Trevor Hastie, and Robert Tibshirani. 2014. *An Introduction to Statistical Learning: With Applications in R*. Springer Publishing Company, Incorporated.
20. Jarquin C, Arnold BF, Muñoz F, Lopez B, Cuéllar VM, Thornton A, Patel J, Reyes L, Roy SL, Bryan JP, McCracken JP, Colford JM. Population Density, Poor Sanitation, and Enteric Infections in Nueva Santa Rosa, Guatemala. *Am J Trop Med Hyg*. 2016 Apr;94(4):912-919. doi: 10.4269/ajtmh.15-0555. Epub 2016 Feb 8. PMID: 26856919; PMCID: PMC4824239.
21. Juárez, M.M., Rajal, V.B. (2013). Parasitosis intestinales en Argentina: principales agentes causales encontrados en la población y en el ambiente. *Rev Argent Microbiol*. 45(3):191-204. Spanish. doi: 10.1016/s0325-7541(13)70024-5. PMID: 24165144
22. Kiani H, Haghighi A, Rostami A, Azargashb E, Tabaei SJ, Solgi A, Zebardast N. Prevalence, Risk Factors and Symptoms Associated to Intestinal Parasite Infections among patients with gastrointestinal disorders in Nahavand, Western Iran. *Rev Inst Med Trop Sao Paulo*. 2016;58:42. doi: 10.1590/S1678-9946201658042. Epub 2016 May 24. PMID: 27253744; PMCID: PMC4879999.
23. King IL, Li Y. Host-Parasite Interactions Promote Disease Tolerance to Intestinal Helminth Infection. *Front Immunol*. 2018 Sep 20;9:2128. doi: 10.3389/fimmu.2018.02128. PMID: 30298071; PMCID: PMC6160735.
24. Llanes R, Somarriba L, Velázquez B, Núñez FA, Villafranca CM. Low prevalence of *Vibrio cholerae* O1 versus moderate prevalence of intestinal parasites in food-handlers working with health care personnel in Haiti. *Pathog Glob Health*. 2016;110(1):30-2. doi: 10.1080/20477724.2016.1141471. Epub 2016 Mar 4. PMID: 27077312; PMCID: PMC4870026.

25. McKenna ML, McAtee S, Bryan PE, Jeun R, Ward T, Kraus J, Bottazzi ME, Hotez PJ, Flowers CC, Mejia R. Human Intestinal Parasite Burden and Poor Sanitation in Rural Alabama. *Am J Trop Med Hyg.* 2017 Nov;97(5):1623-1628. doi: 10.4269/ajtmh.17-0396. Epub 2017 Oct 10. Erratum in: *Am J Trop Med Hyg.* 2018 Mar;98(3):936. PMID: 29016326; PMCID: PMC5817782.
26. Okolo, S. N, and John, C. (2006). Nutritional status and intestinal parasitic infestation among rural Fulani children in Vom, Plateau State. *Nigerian Journal of Paediatrics* 33: 47-55.
27. Oluboyo, B. O., Enweani, I. B., Ekejindu, I. M., & Oluboyo, A. O. (2014). Prevalence of some intestinal parasitic infections in relation to body mass index of children resident in Orphanages in Anambra state, Nigeria. *European Scientific Journal*, 10(36).
28. Pape J.W., Levine E., Beaulieu M.E., Marshall F., Verdier R. & Johnson W.D. (1987) Cryptosporidiosis In Haitian Children. *The American Journal Of Tropical Medicine And Hygiene*, 36, 333-337. <https://doi.org/10.4269/ajtmh.1987.36.333>
29. Pitt, T. L., & Barer, M. R. (2012). Classification, identification and typing of micro-organisms. *Medical Microbiology*, 24–38. <https://doi.org/10.1016/B978-0-7020-4089-4.00018-4>
30. Raccurt C.P., Brasseur P., Verdier R.I., Eyma E., Li X., Pannier Stockman C., Agnamey P., Guyot K., Liautaud B., Dei-Cas E., Nevez G., Pape J.W. (2006). Cryptosporidiose humaine et espèces en cause en Haïti. *Trop Med Int Health*, 11 (6):929-934 <https://doi.org/10.1111/j.1365-3156.2006.01631.x>
31. Ringo, D. L. (1967). Flagellar motion and fine structure of the flagellar apparatus in *Chlamydomonas*. *The Journal of cell biology*, 33(3), 543-571. <https://doi.org/10.1083/jcb.33.3.543>
32. Savioli, L., Smith, H., & Thompson, A. (2006). Giardia and Cryptosporidium join the ‘neglected diseases initiative’. *Trends in parasitology*, 22(5), 203-208. <https://doi.org/10.1016/j.pt.2006.02.015>
33. Schmidlin, T., Hürlimann, E., Silué, K.D., Yapi, R.B., Houngbedji, C., Kouadio, B.A., Acka-Douabélé, C.A., Kouassi, D., Ouattara, M., Zouzou, F., Bonfoh, B., N'Goran, E.K., Utzinger, J., Raso, G. (2013). Effects of hygiene and defecation behavior on helminths and intestinal protozoa infections in Taabo, Côte d'Ivoire. *PLoS One.* 8(6):e65722. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0065722>
34. Tamramat, I. R. and Olowu, A. O. (2008). Study on prevalence and nutritional effect of helminthic infection in pre-school rural children in Nigeria. *Nigerian Journal of Medical Practice* 54:16-20.
35. Tungtrongchitr, A., Manatsathit, S., Kositchaiwat, C., Ongrotchanakun, J., Munkong, N., Chinabutr, P., Leelakusolvong, S.,

- Chaicumpa, W. (2004). Blastocystishominis infection in irritable bowel syndrome patients. *Southeast Asian J Trop Med Public Health*. 35(3):705-10. PMID: 15689092.
36. Villafañe-Ferrer, L.M., Pinilla-Pérez, M. (2016). Intestinal parasites in children and soil from Turbaco, Colombia and associated risk factors. *Rev Salud Publica (Bogota)*. 18(1):117-128.
<http://dx.doi.org/10.15446/rsap.v18n1.42471>
37. Williams, A. R., Soelberg, J., & Jäger, A. K. (2016). Anthelmintic properties of traditional African and Caribbean medicinal plants: identification of extracts with potent activity against *Ascaris suum* in vitro. *Parasite*, 23. 10.1051/parasite/2016024
38. WHO/UNICEF, (2012). Progress on Drinking Water and Sanitation: 2012. WHO/UNICEF Joint Monitoring Programme (JMP) for Water Supply and Sanitation.
http://www.wssinfo.org/fileadmin/user_upload/resources/JMP-report-2012-en.pdf
39. Zhang Z. (2016). Decision tree modeling using R. *Annals of translational medicine*, 4(15), 275.
<https://doi.org/10.21037/atm.2016.05.14>

Facteurs Associés à la Vaccination Complète chez les Enfants de 12 à 23 Mois en Guinée

M. Dilé Diallo, DESS

Direction de la Population,

Ministère du Plan et du Développement Economique, Conakry, Guinée

[Doi:10.19044/esj.2021.v17n17p80](https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n17p80)

Submitted: 07 September 2020

Accepted: 27 April 2021

Published: 31 May 2021

Copyright 2021 Author(s)

Under Creative Commons BY-NC-ND

4.0 OPEN ACCESS

Cite As:

Diallo M.D. (2021). *Facteurs Associés à la Vaccination Complète chez les Enfants de 12 à 23 Mois en Guinée*. European Scientific Journal, ESJ, 17(17), 80.

<https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n17p80>

Résumé

La couverture vaccinale des enfants demeure faible et ne progresse qu'assez lentement en Guinée. En effet, les résultats de l'enquête démographique et de santé (EDS) 2018 indiquent que seulement 24 % des enfants de 12-23 mois avaient reçu tous les vaccins de base recommandés par le programme élargi de vaccination (PEV) avant d'atteindre leur premier anniversaire. Environ 51 % des enfants ont été partiellement vaccinés, et 22 % des enfants de 12-23 mois n'ont reçu aucun vaccin. Les variations selon les régions de résidence sont importantes et mettent en évidence la faiblesse de la couverture vaccinale en milieu rural et dans les régions de Labé, Mamou et Kindia. L'objectif de cette étude était de déterminer les facteurs associés à la vaccination complète chez les enfants 12-23 mois. Avec les données de l'EDS 2018, on a constaté que les principaux déterminants de la vaccination chez les enfants étaient le niveau d'instruction de la mère et du père, l'accouchement dans un établissement de santé, davantage de consultations prénatales, le fait d'appartenir à un ménage de taille plus réduite, la région de résidence et le niveau de vie du ménage. Les résultats obtenus peuvent servir à l'amélioration des stratégies de mobilisation sociale pour l'augmentation de la couverture vaccinale des enfants, notamment par la sensibilisation des communautés sur l'intérêt de la vaccination des enfants, la formation du personnel de santé en counseling afin de réduire les déperditions et favoriser le respect du calendrier

de vaccination.

Mots clés : Guinée, vaccination des enfants, soins préventifs, enfants de 12-23 mois

Factors Associated with Complete Vaccination in Children 12 to 23 Months in Guinea

M. Dilé Diallo, DESS

Direction de la Population,
Ministère du Plan et du Développement Economique, Conakry, Guinée

Abstract

Childhood immunization coverage remains low and is progressing rather slowly in Guinea. Indeed, the results of the 2018 DHS indicate that only 24% of children aged 12-23 months had received all basic EPI vaccines before reaching their first birthday. About 51% of children were partially immunized, and 22% of children 12-23 months did not receive any vaccine. The variations according to the regions of residence are significant and highlight the low level of vaccination coverage in rural areas and in the regions of Labé, Mamou and Kindia. The objective of this study was to determine the factors associated with complete vaccination in children 12-23 months. With data from the DHS 2018, it was found that the main determinants of vaccination in children were the level of education of the mother and father, delivery in a health facility, more antenatal consultations, belonging to a smaller household, region of residence and wealth quintile. The results obtained can be used for the development of social mobilization strategies to increase the immunization coverage of children, in particular by sensitizing communities on the value of immunization of mothers and children, training of health personnel. in counseling to reduce wastage and meet vaccination deadlines.

Keywords: Guinea, Childhood immunization, preventive care, children 12-23 months

Introduction

En Afrique subsaharienne, près de 31 millions d'enfants de moins de 5 ans souffrent chaque année de maladies évitables par la vaccination. Plus d'un demi-million d'entre eux meurent faute d'accès aux vaccins dont ils avaient besoin (OMS, 2019). La probabilité qu'un enfant né aujourd'hui soit complètement vacciné avec tous les vaccins recommandés au niveau mondial avant d'atteindre l'âge de 5 ans est inférieure à 20 % (UN, 2020). En 2018, les

Chefs d'Etat et de Gouvernement africains ont adopté la Déclaration d'Addis Abeba sur la vaccination (DAV), pour renouveler leur engagement d'ouvrir à la vaccination de tous les enfants.

La plus grande partie des décès observés parmi les enfants de moins 5 ans dans les pays en développement sont dus à un nombre restreint de maladies infectieuses et parasitaires évitables par la vaccination (Akoto et Tabutin, 1985 ; Pison et al., 1988 ; Barbieri, 1991). Grâce à la vaccination la variole a été éradiquée et la poliomyélite est sur le point d'être vaincue. L'impact des vaccins ne se limite pas seulement à la santé publique ; ils ont également une incidence sur la performance scolaire des enfants, sur l'augmentation des revenus des ménages et, en définitive, sur la croissance économique des pays (OMS, 2017).

Pour assurer une protection maximale aux enfants, l'OMS et l'UNICEF recommandent aux Etats un certain nombre de vaccins suivant un calendrier précis pour éradiquer les six maladies infantiles courantes qui peuvent être prévenues par la vaccination à savoir : la tuberculose, la diphtérie, la coqueluche, le tétanos, la poliomyélite et la rougeole. Ainsi, un enfant est considéré complètement vacciné¹ que lorsqu'il a reçu le BCG (protection contre la tuberculose), les trois doses de vaccin contre la polio, trois doses de DTCoq (Diphtérie, Tétanos et Coqueluche) et le vaccin contre la rougeole. Tous ces vaccins doivent être complétés pour tous les enfants avant leur premier anniversaire (OMS, 2017). En outre, l'OMS a recommandé en 2012, à tous les Etats une couverture vaccinale en fin 2020 de 90 % au niveau national et de 80 % dans chaque district sanitaire pour tous les vaccins du programme national de vaccination afin de faire bénéficier à tous les avantages de la vaccination. Malheureusement ces cibles sont loin d'être atteintes encore dans des nombreux pays africains.

En Guinée, la couverture vaccinale demeure faible et ne progresse pas. Les résultats de l'enquête démographique et de santé (EDS) 2018 indiquent que seulement 24 % des enfants de 12-23 mois avaient reçu tous les vaccins de base du PEV dont 19 % les avaient reçus à l'âge approprié, c'est-à-dire avant l'âge de 12 mois. Plus de la moitié des enfants (51 %) n'ont été que partiellement vaccinés. Les disparités entre les milieux et régions de résidence sont importantes. En milieu urbain un tiers des enfants sont complètement vaccinés contre un quart en milieu rural (21%). Selon les régions le pourcentage d'enfants complètement vaccinés varie de 8 % à Labé à 36 % à Kankan. Même à Conakry, la capitale, le niveau de couverture vaccinale complète n'est pas élevé (37 %). En outre, 12 % des enfants de 12-23 mois n'ont reçu aucun vaccin en 2018. Les déperditions entre les doses de vaccins

En Guinée, le carnet de vaccination du PEV comprend le BCG et polio 0 à la naissance, Penta-1 et Polio-1 dans la 6^{ème} semaine, Penta-2 et Polio-2 dans la 10^{ème} semaine, Penta-3 et Polio-3 dans la 14^{ème} semaine, rougeole-1 à 9 mois.

sont importantes. La couverture pour la première dose de pentavalent passe de 62 % à 40 % pour la troisième. Pour la Polio, la déperdition est plus importante passant de 65 % pour la première à 40 % pour la troisième.

En outre, la mortalité des enfants reste élevée en Guinée même si une tendance à la baisse est notée au cours des 20 dernières années. Entre 1999 et 2018 le niveau de la mortalité des enfants de moins de 5 ans a baissé de 37%. Cette baisse est principalement due à la mortalité juvénile (1 à 4 ans). La mortalité infantile (néonatale et post-néonatale) est restée constante au cours des cinq dernières années (EDS, 2018).

Bien que de nombreuses études ont étudié les déterminants sociodémographiques de la vaccination en Afrique, rares sont celles qui ont étudié le cas guinéen. Cette étude a pour objectif de palier à cette insuffisance, ainsi d'identifier les facteurs associés à la vaccination complète des enfants âgés de 12 à 23 mois en Guinée.

L'étude s'articule autour de trois sections. La première traite des données et aspects méthodologiques. La deuxième section présente les résultats des analyses descriptive et explicative, et enfin une discussion et conclusion clôture le papier.

Méthodologie

Cette étude est faite à partir des données de l'enquête démographique et de santé (EDS) réalisée en Guinée, en 2018. Ces données contiennent pour chaque enfant né au cours des 5 dernières années, les informations relatives à la grossesse, aux soins prénatals et postnatals, à la vaccination, etc., ainsi que les caractéristiques sociodémographiques de la mère de chacun de ces enfants. La population cible de l'étude est constituée des enfants âgés de 12 à 23 mois au moment de l'enquête. C'est cette tranche d'âge qui est recommandée par l'OMS dans la mesure de la couverture vaccinale afin de minimiser les biais de mémoire (OMS, 2012).

Le statut vaccinal de l'enfant constitue la variable dépendante. Elle comprend trois modalités : non vacciné, partiellement vacciné, complètement vacciné. L'enfant complètement vacciné est celui qui a reçu le BCG (vaccin contre la tuberculose), les trois doses de vaccin contre la poliomyélite, les trois doses de diphtérie, tétanos, coqueluche (DTCoq ou vaccin pentavalent) et le vaccin contre la rougeole sur la base du carnet de vaccination ou de la déclaration de la mère.

Les variables indépendantes sont composées des caractéristiques de l'enfant, de sa mère et du ménage.

- Caractéristiques de l'enfant : le sexe, le rang de naissance (1^{er}, 2^{ème}, 3^{ème}, 4^{ème} ou plus), le lien de parenté avec le chef de ménage.
- Caractéristiques de la mère : l'âge de la mère à l'enquête, le niveau d'instruction de la mère, l'état matrimonial de la mère, le fait d'exercer

une activité économique, l'autonomie de la mère en matière de recours aux soins de santé, le lieu d'accouchement, le nombre de consultations prénatales durant la dernière grossesse.

- Caractéristiques liées au ménage : la taille du ménage, le nombre d'enfants de moins de 5 ans ; Le milieu et la région de résidence, le niveau de vie du ménage est une variable composite construit à partir des biens possédés et des commodités de logement.
- Le choix de ces variables est basé sur la revue de la littérature, le contexte de l'étude et les variables disponibles dans le fichier des données.

L'analyse des données a été faite en deux étapes. Dans un premier temps, l'analyse bivariée a été effectuée pour évaluer l'association entre les variables indépendantes et la variable dépendante à l'aide du test de chi carré (tableau 1). En deuxième lieu, une régression logistique multinomiale a été utilisée pour déterminer la signification des facteurs liés au statut vaccinal après contrôle des autres variables indépendantes.

La régression logistique multinomiale est une méthode d'analyse explicative adaptée aux situations où les variables dépendantes sont qualitatives et polytomiques. C'est une extension de la régression logistique binaire aux variables qualitatives à trois modalités ou plus. Pour utiliser le *Logit multinomial*, il faut nécessairement que les variables dépendantes soient uniques et homogènes ; c'est à dire que leurs modalités soient exclusives. Il se présente des situations différentes selon que la variable explicative à introduire dans le modèle est qualitative ou continue. Au cas où elle est qualitative, on choisit une modalité de référence par rapport à la quelle sera interprété les résultats (traduits ici en termes de risque). Ces risques se calculent à l'aide de l'exponentiel des coefficients.

Les résultats de la régression logistique multinomiale sont présentés au tableau 2 pour le rapport de risque relatif ajusté (RRR) et l'intervalle de confiance (IC) à 95%. Toute valeur de probabilité inférieure à 5% a été considérée comme statistiquement significative. Les estimations ont été pondérées pour représenter la population au niveau national, et l'effet d'un plan d'échantillonnage complexe à plusieurs degrés a été pris en compte dans l'analyse.

Résultats

Il s'agit dans cette section de décrire les caractéristiques des enfants, de leurs mères et des ménages dans lesquels ils vivent selon le statut vaccinal de l'enfant. Dans un premier temps, on examine la prévalence et les variations des vaccinations selon les différentes caractéristiques et, dans un deuxième temps, on procède à l'analyse multivariée à l'aide de la régression logistique multinomiale pour cerner les déterminants principaux de la vaccination des enfants de 12-23 mois en Guinée.

Résultats descriptifs

Le tableau 1 présente le croisement entre le statut vaccinal et les caractéristiques de l'enfant, de la mère, du chef de ménage et du ménage. Au seuil de 5%, on ne constate aucune différence significative dans la vaccination selon les caractéristiques propres à l'enfant (sexe, rang de naissance et lien de parenté avec le chef de ménage). Par contre le statut vaccinal de l'enfant est associé significativement avec les caractéristiques de la mère (exceptées l'âge et l'état matrimonial), et celles du ménage.

La prévalence de la vaccination complète était plus faible parmi les enfants dont la mère n'avait fait aucune consultation prénatale durant la grossesse (10%), parmi les enfants nés à domicile (13%), et parmi ceux dont le mari/conjoint de la femme est celui qui décide seul des soins de santé (17%) ; les enfants dont le mari/conjoint est sans instruction (20%). Enfin, plus la taille du ménage augmente, plus la proportion d'enfants complètement vaccinés diminue. La couverture vaccinale est plus faible chez les enfants issus des ménages classés plus pauvres comparativement aux enfants des ménages aisés (15% contre 36%). La vaccination complète était plus faible dans la région de Labé (8%), suivi de Kindia (11%) et de Mamou (13%).

Tableau 1 : Proportion d'enfants de 12-23 mois par caractéristiques sociodémographiques des enfants, des mères et des ménages

Variables	Statut			Effectif	Prob khi2
	Non vacciné	Partiellement vacciné	Complètement vacciné		
Caractéristiques des enfants					
Sexe enfant					0,471
Masculin	22,2	52,4	25,4	727	
Féminin	22,7	55,0	22,2	657	
Rang de naissance					0,136
1	19,5	50,8	29,7	275	
2-3	20,7	56,1	23,2	531	
4-5	25,6	51,2	23,2	358	
6 +	25,4	55,3	19,3	220	
Lien de parenté avec le chef ménage					0,579
Fils, fille	22,9	54,1	22,9	1,087	
Petit fils/fille	24,5	46,4	29,1	109	
Autre parent	17,0	55,8	27,2	119	
Adopté/Sans lien	21,4	53,5	25,1	69	

Variables	Statut			Effectif	Prob khi2
	Non vacciné	Partiellement vacciné	Complètement vacciné		
Caractéristiques des mères					
Instruction de la mère					0,000
Aucune	26,1	52,0	21,9	1,01	
Primaire	19,4	58,8	21,8	161	
Collège	10,1	61,5	28,5	144	
Lycée, Supérieur	2,9	49,0	48,1	68	
Groupe d'âge de la mère					0,395
< 25 ans	20,6	54,3	25,1	424	
25-34 ans	26,6	52,9	20,6	670	
35-49 ans	21,9	53,6	24,6	290	
Etat matrimonial de la mère					0,106
Jamais mariée	19,4	41,7	38,9	70	
Mariée, en union	22,5	54,4	23,0	1283	
Divorcée, séparée, veuve	(26,7)	(47,8)	(25,5)	(32)	
Statut d'activité mère 12 derniers mois					0,030
N'a pas travaillé	25,5	55,7	18,9	425	
A travaillé	21,2	52,7	26,1	959	
Personne qui décide des soins santé					0,000
Femme	16,9	51,0	32,1	501	
Mari, conjoint	26,2	56,6	17,2	775	
Autre personne	21,5	44,5	34,0	107	
Caractéristiques maternelles					
Lieu d'accouchement					0,000
Domicile, Ailleurs	34,9	52,3	12,8	622	
Structure de santé	12,3	54,7	32,9	762	
Nombre Consultation Périnatale (CPN)					0,000
0	59,2	30,8	10,1	183	
1-3	23,6	56,4	20,0	623	
4+	8,6	58,1	33,3	528	
Non Déclaré/Manquant	21,1	55,6	23,3	51	
Caractéristiques du ménage					
Instruction du mari/conjoint					0,000
Aucune	26,9	53,1	19,9	896	
Primaire	22,4	51,7	25,9	110	
Collège	12,6	55,5	32,0	137	
Lycée, Supérieur	4,3	63,8	31,9	140	
Non Déclaré/Manquant	21,7	43,6	34,7	101	
Taille du ménage					0,303
1-4	17,2	55,0	27,9	250	
5-8	23,1	54,0	22,9	649	
9 +	24,3	52,5	23,2	485	
Milieu de résidence					0,000
Urbain	9,4	60,0	30,5	416	
Rural	28,1	50,9	21,0	968	
Région administrative					0,000
Boké	30,4	52,7	16,9	152	
Conakry	8,4	55,1	36,5	165	
Faranah	26,1	53,3	20,6	137	
Kankan	12,0	51,8	36,2	264	
Kindia	21,8	66,5	11,7	223	
Labé	37,9	53,8	8,4	154	
Mamou	25,0	61,7	13,3	89	
Nzérékoré	27,2	37,8	35,0	201	
Quintiles de bien-être économique					0,000

Variables	Statut			Effectif	Prob khi2
	Non vacciné	Partiellement vacciné	Complètement vacciné		
Le plus bas	38,1	46,7	15,2	309	
Second	25,9	52,2	21,8	324	
Moyen	24,3	53,1	22,6	258	
Quatrième	10,7	62,9	26,4	249	
Le plus élevé	8,1	55,5	36,3	244	
Ensemble	22,5	53,6	23,9	1384	

() basé sur un effectif de moins de 50 cas non pondérés ; *** : $\leq p 0,01$; ** : $\leq p 0,05$; * : $\leq p 0,10$

Résultats explicatifs

Les résultats de la régression logistique multinomiale de la vaccination des enfants de 12-23 mois (tableau 2) montre que les caractéristiques qui sont associées au risque relatif de vaccination (complète ou partielle) des enfants sont : le niveau d'instruction de la mère, le lieu d'accouchement, le nombre de consultations prénatales, le niveau d'instruction du père, la taille du ménage, la région de résidence et le niveau de vie du ménage.

Le niveau d'instruction de la mère est l'un des déterminants principaux du recours aux soins de santé. Les enfants dont la mère a un niveau d'instruction supérieur au collège, ont 4,18 fois plus de chance d'être complètement vaccinés que d'être non vaccinés (RRR = 4,18, IC 95% = 0,78-22,36). Il n'y a pas de différence significative entre les enfants partiellement vaccinés et ceux non vaccinés comparativement au niveau d'instruction de la mère.

Le lieu de l'accouchement influence de façon significative les chances de l'enfant d'être vacciné. En effet, les enfants nés dans un établissement de santé par rapport à ceux qui sont nés à domicile ont 2,7 fois plus de chances d'être complètement vaccinés par rapport aux non-vaccinés (RRR = 2,7, IC 95% = 1,7 - 4,4). Pour les enfants partiellement vaccinés cette possibilité était de 1,5 fois plus élevée par rapport aux enfants non-vaccinés (RRR = 1,5, IC 95% = 1,0-2,1).

Les enfants dont les mères ont effectué 1 à 3 consultations prénatales avaient 2,9 fois plus de chances d'être complètement vaccinés par rapport aux non-vaccinés (RRR = 2,9, IC 95% = 1,3-6,7), et cette chance était de 3,9 fois plus élevée d'être partiellement vaccinés toujours par rapport aux non vaccinés (RRR = 3,9, IC 95% = 2,4-6,2). Quand la mère a effectué quatre CPN ou plus les chances de l'enfant d'être complètement ou partiellement vaccinés sont multipliées respectivement par 12 (RRR = 11,6, IC 95% = 4,7-26,2) et par 8 (RRR = 8,3, IC 95% = 4,7-14,5).

Le niveau d'instruction du père s'est révélé également très discriminant pour la vaccination complète des enfants. Les enfants dont le père

avait un niveau d'instruction secondaire ou plus avaient 2 fois plus de chances d'être complètement vaccinés que les enfants dont le père est sans instruction (RRR = 1,9, IC 95% = 1,0-3,4). Il n'y avait pas de différence significative entre les enfants partiellement vaccinés par rapport au niveau d'instruction du père. Les enfants issus des ménages de petite taille (1 à 4 personnes) avaient 2,6 fois plus de chances d'être complètement vaccinés comparé aux enfants issus des ménages ayant 9 membres ou plus (RRR = 2,6, IC 95% = 1,2-5,4). Ces chances sont 1,7 fois plus grandes pour l'enfant d'être partiellement vacciné s'il est issu d'un ménage de 1 à 4 personnes que s'il appartenait à un ménage de 9 personnes ou plus (RRR = 1,7, IC 95% = 0,9-3,0).

Par rapport à la région administrative, les résultats montrent que comparés aux enfants non vaccinés, les enfants de la région de Kankan avaient 13,6 fois plus de chance de recevoir tous les vaccins de base que ceux de la région de Labé. Dans les régions Faranah et de Nzérékoré, ce risque était respectivement de 5,8 et 5,6 fois ; tandis que dans les régions de Boké et de Mamou ce risque était de 2,7 et 2,6 fois plus élevé. Cependant, pour les enfants partiellement vaccinés, seuls les enfants de la région de Kankan présentaient une chance plus élevée d'être partiellement vacciné que les enfants de Labé (RRR = 2,6, IC 95% = 1,1-5,9).

Les enfants appartenant aux dernières catégories de ménages les plus aisés ont respectivement 2,5 fois et 3,9 fois plus de chance d'être complètement vaccinés que d'être non vaccinés. Les enfants des ménages riches (quatrième quintile) ont 2 fois plus de chances d'être partiellement vaccinés que d'être non vaccinés.

Tableau 1 : Résultats de la régression logistique multinomiale de la vaccination des enfants de 12-23 mois en Guinée

Variables	Complètement vacciné		Partiellement vacciné	
	RRR	95% IC	RRR	95% IC
Caractéristiques des enfants				
Sexe enfant				
Masculin (Ref.)				
Féminin	0,85	0,572 - 1,269	0,988	0,724 -
Rang de naissance				
1	1,26	0,496 - 3,222	1,009	0,450 -
2-3	0,95	0,458 - 1,985	1,071	0,609 -
4-5	1,04	0,514 - 2,105	0,86	0,506 -
6 + (Ref.)				
Lien de parenté avec le chef ménage				
Fils, fille (Ref.)				
Petit fils/fille	0,97	0,394 - 2,417	0,75	0,370 -
Autre parent	1,61	0,708 - 3,678	1,253	0,610 -
Adopté/Non apparenté	1,52	0,664 - 3,522	1,28	0,654 -
Caractéristiques des mères				
Instruction de la femme				
Aucune (Ref.)				
Primaire	0,86	0,468 - 1,595	1,052	0,635 -
Collège	1,24	0,541 - 2,885	1,415	0,720 -

Variables	Complètement vacciné		Partiellement vacciné	
	RRR	95% IC	RRR	95% IC
Lycée, Supérieur	4,14*	0,776 - 22,12	2,507	0,486 -
Groupe d'âge de la femme				
< 25 ans	0,98	0,467 - 2,067	0,93	0,483 -
25-34 ans	1,15	0,671 - 1,977	0,98	0,642 -
35-49 ans (Ref.)				
Etat matrimonial de la femme				
Jamais mariée	1,33	0,336 - 5,305	1,082	0,351 -
Mariée, union	1,48	0,105 - 21,04	1,934	0,245 -
Divorcée, séparée, veuve (Ref.)				
Statut d'activité mère 12 derniers mois				
N'a pas travaillé (Ref.)				
A travaillé	1,47	0,905 - 2,379	1,194	0,814 -
Personne qui décide des soins sante				
Femme (Ref.)	1,15	0,104 - 12,76	0,674	0,103 -
Mari, partenaire	0,58	0,0551 -	0,58	0,0936 -
Autre personne				
Caractéristiques maternelles				
Lieu d'accouchement				
Domicile, Ailleurs (Ref.)				
Structure de santé	2,69***	1,675 - 4,343	1,419*	0,976 -
Nombre Consultation Périnatale				
Aucun (Ref.)				
1-3	2,89***	1,302 - 6,450	4,025***	2,493 -
4+	11,00***	4,547 - 26,62	8,497***	4,870 -
Non déclaré	2,88*	0,887 - 9,380	3,882***	1,745 -
Caractéristiques des ménages				
Instruction du mari/conjoint				
Aucun (Ref.)				
Primaire	0,91	0,452 - 1,830	0,784	0,451 -
Collège	1,73	0,834 - 3,604	1,38	0,699 -
Lycée, Supérieur	2,43*	0,924 - 6,387	3,474***	1,398 -
Manquant	(-)	(-)	(-)	(-)
Taille du ménage				
1-4	2,70***	1,302 - 5,614	1,717*	0,951 -
5-8	1,37	0,856 - 2,190	1,19	0,812 -
9 + (Ref.)				
Milieu de résidence				
Urbain	0,70	0,269 - 1,820	1,346	0,643 -
Rural (Ref.)				
Région administrative				
Boké	2,803**	1,078 - 7,290	1,157	0,612 -
Conakry	3,956**	1,193 - 13,12	1,18	0,441 -
Faranah	5,979***	2,070 - 17,27	1,70	0,861 -
Kankan	13,93***	4,283 - 45,31	2,672**	1,193 -
Kindia	1,53	0,603 - 3,902	1,45	0,767 -
Labé (Ref.)				
Mamou	2,652*	0,877 - 8,019	1,71	0,757 -
Nzerekore	5,696***	2,178 - 14,90	0,88	0,415 -

Variables	Complètement vacciné		Partiellement vacciné	
	RRR	95% IC	RRR	95% IC
Niveau de vie du ménage				
Très pauvre (Ref.)				
Pauvre	1,45	0,797 - 2,626	1,298	0,850 -
Moyen	1,37	0,688 - 2,728	1,30	0,845 -
Riche	2,58*	0,982 - 6,789	2,003*	0,967 -
Très riche	3,99**	1,068 - 14,92	1,59	0,541 -
RRR = Relative risk ratio ; IC = Intervalle de confiance				
*p value <0.1, **p value <0.05, ***p value <0.01				
(-) valeur omise, n'a pas été déclarée dans le tableau				

Discussion

Il apparait des résultats que les caractéristiques de l'enfant ne sont pas associées avec une plus grande chance de vaccination de l'enfant en Guinée. Un constat similaire a été fait par Aalemi et al. (2019), Tefera et al. (2018) ; Xeuatvongsa et al. (2017). Cependant, certains auteurs postulent que très souvent, la préférence pour les enfants de sexe masculins dans certaines sociétés conduit à une faible attention pour les soins des filles (Locoh, 1989). Dans une étude faite à Diourbel (Sénégal) Ndèye et al. (2009) concluent que la chance d'être complètement vaccinés était plus élevée quand l'enfant était un garçon. Par contre Baya (1996), dans une étude sur le comportement des mères en matière de Santé à Bobo-Dioulasso (Burkina Faso), a montré que contrairement aux attentes, les filles avaient plus de chance d'être vacciné contre la rougeole que les garçons. Un résultat similaire a été trouvé à Madagascar par Rakondrabe (2004).

Le rang de naissance ne s'est pas avéré discriminant pour la vaccination complète ou partielle des enfants. Alors que plusieurs études ont indiqué que plus le rang de naissance est élevé, moins le recours aux services de santé est accru. Sawadogo (2008) a montré que contrairement aux enfants premiers nés, les enfants de rang élevés bénéficient généralement de soins de moindre qualité ; l'attention accordée à l'enfant par la mère diminuant au fur et à mesure que le rang augmente. Aussi, Mekonnen et Mekonnen (2002) en Éthiopie ont souligné dans leurs études que la probabilité qu'une femme reçoive des soins prénatals diminue au fur et à mesure que le nombre d'enfants augmente. Selon ces auteurs, lorsque les femmes ont un certain nombre d'enfants, elles considèrent qu'elles ont acquis une certaine connaissance et expérience de la maternité ; par conséquent, elles n'éprouvent pas tellement le besoin d'aller faire des consultations prénatales.

Le niveau d'instruction de la mère influence les chances de l'enfant d'être vacciné. Mais les différences ne se révèlent significatives que pour les enfants dont la mère a un niveau d'instruction supérieur au collège. L'instruction des parents, notamment de la mère a été identifiée partout

comme l'un des facteurs les plus déterminants dans le recours aux soins de santé moderne. Mbacké et Van de Walle (1987) ont démontré dans une étude sur l'Afrique de l'Ouest que les femmes instruites portent beaucoup d'intérêt aux soins préventifs et recourent plus facilement aux services de santé lorsque leurs enfants tombent malades. L'instruction de la mère influence positivement le recours sanitaire, notamment à la vaccination (Zoungrana, 1993 ; Baya, 1998). Pour Fournier et Haddad (1995), l'amélioration du niveau d'instruction des populations entraîne un renforcement de l'utilisation des soins de santé modernes. Également, Douba et al. (2015) dans une analyse portant sur des données du Burkina Faso, de la Côte d'Ivoire, du Ghana et de la Guinée concluent que les enfants des mères analphabètes avaient un risque élevé d'être incomplètement vaccinés comparés à ceux des mères alphabètes.

Le niveau **d'instruction du père** apparaît également comme un déterminant dans la vaccination des enfants. Et comme pour la mère, les effets de l'instruction du père ne se font sentir qu'à partir du deuxième cycle du secondaire tant pour la vaccination complète que partielle. Ce résultat confirme le rôle important de l'éducation sur le recours aux soins de santé.

Contrairement à ce qui a été attendu, **le groupe** d'âge de la mère n'influence pas de façon significative la vaccination des enfants en Guinée. Cependant, des études réalisées au Mali (Zoungrana, 1993), au Burkina Faso (Baya, 1996), et à Madagascar (Rakotodranbé, 2004) ont montré que les enfants des mères âgées avaient plus de chance de recevoir tous les vaccins requis.

Les **enfants nés à domicile** avaient un risque plus élevé d'être non vaccinés comparés à ceux nés dans une structure de santé. Des études précédentes réalisées au Bénin, au Kenya, et en Ouganda avaient aussi trouvé que la naissance à domicile constituait un facteur de risque de vaccination incomplète des enfants. Selon Douba et al. (2015), l'association entre l'accouchement à domicile et la vaccination incomplète des enfants pourrait s'expliquer par la persistance des facteurs ayant occasionné l'accouchement en dehors d'un centre de santé. En effet, après l'accouchement, si les facteurs ayant entraîné la naissance des enfants à domicile demeurent, les mères ne fréquentent pas ou fréquentent rarement des centres de santé pour des soins préventifs y compris la vaccination qui nécessite cinq visites d'un centre de vaccination pour que l'enfant reçoive la totalité des vaccins du PEV de routine.

Le nombre de **consultations prénatales (CPN)** semble être la variable la plus corrélée avec la vaccination des enfants de 12-23 mois en Guinée. En effet, les chances d'un enfant d'être complètement vacciné sont trois fois plus élevées si sa mère a fait 1 à 3 CPN, et 12 fois si la mère a fait plus de quatre visites prénatales. On sait que les CPN sont une occasion pour la future mère de recevoir des conseils de la part du personnel de santé sur les suites de la grossesse, l'accouchement et les soins au nouveau-né y compris la

vaccination. L'influence positive de la CPN sur la vaccination complète des enfants a été attestée par Sia (2010) au Burkina Faso, Aalami et al. (2019) en Afghanistan et Dixit et al. (2013) en Inde.

Dans certaines sociétés **le statut de la femme** ne favorise pas son accès aux soins de santé moderne. La femme pour qu'elle puisse se rendre dans une structure de santé pour ses soins ou pour les soins de son enfant a besoin de l'autorisation du mari ou du chef de ménage. Les résultats montrent qu'il n'y a pas d'association significative entre la vaccination des enfants et l'autonomie de la femme dans la prise de décision pour les soins de santé. Il en est de même pour l'activité économique. Le fait d'exercer une activité au cours des 12 derniers mois n'influence pas la vaccination complète des enfants.

La taille du ménage influence négativement les chances de l'enfant d'être vacciné. Les enfants issus des ménages de petites taille (1 à 4 personnes) ont nettement plus de chance d'être vaccinés que ceux des ménages de taille plus grande. Ce résultat s'expliquerait aussi par le fait que les ménages de petite taille sont dirigés par des personnes plus instruites. Selon Akoto et al. (2002), plus que la taille du ménage, c'est le lien de parenté entre l'individu et le chef de ménage qui détermine la célérité du recours aux soins de santé moderne. Ce recours dépend du type de maladie et du statut du malade dans le ménage. Par conséquent, le respect des rendez-vous pour la vaccination peut varier en fonction du lien de parenté avec le chef de ménage. Gage et al. (1997) trouvent que vivre dans une famille élargie au Nigeria conférerait à l'enfant un avantage pour son statut vaccinal. Ils attribuent cette différence à la capacité financière qui est à l'avantage des familles élargies. Dans la même étude, ils ne notent aucun impact de la structure du ménage sur le statut vaccinal au Niger.

En Afrique sub-saharienne, le milieu de résidence est fortement associé à l'utilisation des services de santé, indiquant ainsi que la différence dans le recours aux soins préventifs et curatifs est dû à une difficulté d'accès aux structures de santé. Des études faites au Ghana (Addai, 2000), en Ethiopie (Mekonnen et al., 2002) et au Burkina Faso (Banque mondiale, 2003), ont montré que les femmes qui vivent dans des zones rurales ont un accès très limité aux structures sanitaires. Les raisons évoquées pour justifier cet état de fait sont que les services de santé ne sont pas disponibles, sont inaccessibles ou sont de qualité médiocre. A celles-ci s'ajoutent également l'analphabétisme des populations, la pauvreté, l'éloignement des établissements de santé, et la méconnaissance des parents sur l'importance de la vaccination dans les zones rurales (Alami et al., 2019). En revanche, les femmes vivant en milieu urbain, plus instruites et plus exposées à la modernité, sont plus enclines à faire vacciner leurs enfants que leurs consœurs du milieu rural (Akoto et al., 2002 ; Sagna, 2006). Les résultats de l'analyse explicative ne montrent pas de différence significative entre la vaccination des enfants résidents en milieu

urbain et ceux résidents en milieu rural contrairement à ce qui a été observé au niveau descriptif. L'effet du milieu de résidence serait plutôt médiatisé par d'autres variables tel que le niveau d'instruction de la mère, le nombre de visites prénatales et le niveau de vie (Fournier et Haddad, 1995).

Bien que le taux de vaccination complète soit faible en Guinée, on observe des fortes disparités entre les **régions de résidence**. Les enfants de 12-23 mois sont relativement mieux vaccinés dans les régions de Kankan, Faranah et Nzérékoré. Ces résultats sont atypiques car on s'attend à ce que la couverture vaccinale soit plus grande dans la Capitale, Conakry et les régions voisines (Kindia et Boké) dénotant ainsi une meilleure corrélation entre le taux de vaccination et la disponibilité des services de santé. En effet, un rapport du Ministère de la Santé a montré qu'en 2014, que le ratio entre personnels soignants et population est de 0,35 en Guinée alors que la norme recommandée par l'OMS est 2,3. En outre, ce rapport indique que 83% des soignants résidaient en milieu urbain (principalement à Conakry), qui n'abrite que 30% de la population du pays. On peut donc supposer que l'accroissement de la couverture vaccinale dans les régions de Kankan, Faranah et Nzérékoré, serait une conséquence de l'augmentation de personnel soignant intervenu dans ces régions à partir de 2015 suite à l'épidémie de la maladie à virus Ebola, et qui a obligé de renforcer la capacité des services et la disponibilité des soins de santé dans ces régions². Cependant, on s'interroge sur le faible score de la région de Kindia qui a été l'une des plus touchées par l'épidémie d'Ebola après Nzérékoré.

Plusieurs études ont montré qu'un **niveau socioéconomique** faible des ménages est l'une des causes de la faible vaccination des enfants. Kalambayi et al. (2010) dans une étude en RDC ont indiqué que les enfants des ménages pauvres ont près de 2 fois moins de chance de ne pas être vaccinés que les enfants des ménages riches. Douba et al. (2015) ont trouvé un résultat similaire dans leur étude sur le Libéria, la Guinée et le Burkina. C'est le cas aussi de Ouedraogo et Diendéré (2004) au Burkina Faso, dans le district de Pissy, où ils ont constaté que les raisons de la non-vaccination des enfants étaient le niveau économique bas des mères.

Conclusion

En Guinée, en dépit des efforts consentis par le Gouvernement et ses partenaires, la couverture vaccinale demeure faible. Moins d'un quart des enfants de 12-23 mois (24%) ont reçu tous les vaccins de base recommandés par l'OMS. Plusieurs facteurs expliqueraient cette situation : le faible niveau

Selon l'Annuaire statistique de la santé de 2013 et 2017, le ratio population par médecin a augmenté dans toutes les régions sauf à Conakry. A Boké l'augmentation est d'environ 1%, 17% à Kindia, 24% à Nzérékoré, 24% à Mamou, 26% à Labé, 34% à Faranah et 44% Kankan. Tandis qu'à Conakry on note une forte baisse (-90%).

d'instruction de la mère, le faible recours des mères aux consultations prénatales et l'accouchement dans un établissement de santé, la pauvreté des ménages, la taille élevée du ménage, et l'effet propre de la région de résidence. D'autres facteurs qui n'étaient pas inclus dans les données tels que l'accessibilité géographique et financière et les perceptions sur les effets secondaires des vaccins pourraient avoir également des effets significatifs sur la vaccination complète des enfants (Coulibaly et al., 2008, Aka, 2010).

Les résultats obtenus peuvent servir à l'amélioration des stratégies du PEV pour l'augmentation de la couverture vaccinale des enfants, notamment par la sensibilisation des communautés sur l'importance de la vaccination des enfants et de leurs mères, la formation du personnel de santé en counseling afin de réduire les déperditions et le respect du calendrier de vaccination.

References:

1. Aalemi, A. K., Shahpar, K., & Mubarak, M. Y. (2020). Factors influencing vaccination coverage among children age 12–23 months in Afghanistan: Analysis of the 2015 Demographic and Health Survey. *PloS one*, 15(8), e0236955.
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0236955>.
2. Aka A., K. (2010). « L'accessibilité des populations rurales aux soins de santé dans le département d'Abengourou (Côte-d'Ivoire) ». Les Cahiers d'Outre-Mer, 2010, n° 251, p. 439-460. Bordeaux, France.
<https://journals.openedition.org/com/6075>.
3. Akoto, E., Kouamé, A., & Lamlen, S. B. (2002). *Se soigner aujourd'hui en Afrique de l'Ouest : pluralisme thérapeutique entre traditions et modernité (Bénin, Côte d'Ivoire et Mali)* (No. 27). Institut de formation et de recherche démographiques, Yaoundé, Cameroun.
4. Adébiyi, G. B. (2011). *Déterminants individuels et contextuels de la mortalité des enfants de moins de cinq ans en Afrique au sud du Sahara. Analyse comparative des enquêtes démographiques et de santé* (Thèse de Doctorat en Démographie), Université de Montréal, Montréal, Canada. Consulté le 13/04/2020.
<https://core.ac.uk/download/pdf/55647727.pdf>
5. Douba, A., Aka, L., Yao, G., Zengbé-Acray, P., Akani, B. & Konan, N. (2015). Facteurs sociodémographiques associés à la vaccination incomplète des enfants de 12 à 59 mois dans six pays d'Afrique de l'ouest. *Santé Publique*, vol. 27(4), 575-584.
<https://doi.org/10.3917/spub.154.0575>
6. Bbaale E. (2013). Factors influencing childhood immunization in Uganda. *Journal of health, population, and nutrition*, 31(1), 118–129.
<https://doi.org/10.3329/jhpn.v31i1.14756>

7. Baya, B. (1996). Les déterminants de la mortalité des enfants en milieu urbain au Burkina Faso: Cas de Bobo-Dioulasso.
8. Banza, B. (1998). Instruction des parents et survie de l'enfant au Burkina Faso: cas de Bobo-Dioulasso. *Les dossiers du CEPED*, 48, 27.
9. Bloom, D. E., Canning, D., & Weston, M. (2005). The value of vaccination. *WORLD ECONOMICS-HENLEY ON THAMES-*, 6(3), 15.
10. Coulibaly I, Keita B., Kuepie M., (2008): « Les déterminants du recours thérapeutique au Mali : entre facteurs socioculturels, économiques et d'accessibilité géographique », Afrilux n°3, 16.
11. Dixit, P., Dwivedi, L. K., & Ram, F. (2013). Strategies to improve child immunization via antenatal care visits in India: a propensity score matching analysis. *PloS one*, 8(6), e66175.
12. Fournier, P., & Haddad, S. (1995). Les facteurs associés à l'utilisation des services de santé dans les pays en développement. *Sociologie des populations*, 289, 325.
13. Gage, A. J., Sommerfelt, A. E., & Piani, A. L. (1997). Household structure and childhood immunization in Niger and Nigeria. *Demography*, 34(2), 295-309.
14. Greenaway E.S, Leon J, Baker D.P (2012). Understanding the association between maternal education and use of health services in Ghana: exploring the role of health knowledge. *J Biosoc Sci.* ; 44(6), 733-47. doi: 10.1017/S0021932012000041.
15. Institut National de la Statistique (INS) et ICF International (2013). Enquête Démographique et de Santé et à Indicateurs Multiples (EDS-MICS),2012. Conakry, Guinée, Calverton, Maryland, USA : INS et ORC Macro.
16. Institut National de la Statistique (INS) et ICF (2018) : Enquête Démographique et de Santé en Guinée (EDS,2018). Conakry, Guinée, et Rockville, Maryland, USA : INS et ICF.
17. Ministère de la Santé (2014) : Rapport Général des Etats Généraux de la Santé en Guinée, Conakry, juin 2014.
18. Ndèye M., Papa N., Diédhiou A., Guèye A. S, Dia A. (2009) : « Facteurs d'abandon de la vaccination des enfants âgés de 10 à 23 mois à Ndoulo (Sénégal) » in Cahiers d'études et de recherches francophones / Santé. Volume 19, Numéro 1, 9-13. <https://docplayer.fr/37669387-Etude-originale-facteurs-d-abandon-de-la-vaccination.html>
19. Ndonky A., Oliveau S. , Lalou R., Dos Santos S. (2015) : « Mesure de l'accessibilité géographique aux structures de santé dans l'agglomération de Dakar ». *European Geographical Journal*. <https://doi.org/10.4000/cybergeog.27312>.

20. OMS (1996). Situation mondiale des vaccins et vaccination. Genève : WHO/GPV/96.4.
21. OMS. Bulletin des maladies évitables par la vaccination. n° 37. New-York : OMS ; AFRO, 2003. <http://www.afro.who.int/en/african-vaccination-week/>
22. OMS (2012) : Recommandations de l'OMS pour la vaccination systématique.
https://www.who.int/immunization/policy/routine_immunization_table_guidelines_fr.pdf?
23. OMS (2017) : Conférence Ministérielle sur la Vaccination en Afrique : tenir la promesse : assurer la vaccination pour tous en Afrique.
<https://www.afro.who.int/sites/default/files/2017-06/Immunization+for+All+-+FR.pdf>
24. OMS (2019) : « Les experts mettent en garde contre la stagnation de la couverture vaccinale en Afrique », Brazzaville, Congo, 23 janvier 2019, <https://www.afro.who.int/fr/news/>
25. ONU info : <https://news.un.org/fr/story/2020/07/1073081>
26. Programme élargi de vaccination, (2013) : Plan pluri annuel complet, 2011-2015. Ministère de la Santé et de l'Hygiène Publique, Conakry, Guinée.
https://extranet.who.int/countryplanningcycles/sites/default/files/country_docs/Guinea/ppac_guinee_version_finale_2014.pdf
27. Rakotonrabé Patricia (2004) : « *Statut de la femme, prise de décision et santé des enfants à Madagascar* », Thèse de doctorat, Institut de formation et de recherche démographiques (IFORD), Yaoundé, Cameroun.
28. Santoni F. (2001). Le Programme élargi de vaccination : 25 ans demain. *Med Trop* 2001 ; 1 : 177-86, cité par Ndèye et al.
29. Sawadogo S. (2008) : « Déterminants de la déperdition vaccinale au Burkina Faso », *Mémoire de DESS, IFORD*, Yaoundé, Cameroun.
30. Sia Drissa (2010) : « Stratégies et déterminants de la vaccination au Burkina Faso 1993 – 2003 », Thèse de doctorat en Santé Publique, Université de Montréal, Montréal, Canada, 2010.
https://papyrus.bib.umontreal.ca/xmlui/bitstream/handle/1866/8852/Sia_Drissa_2010.pdf?sequence=3&isAllowed=y
31. Tefera, Y. A., A. L. Wagner, E. B. Mekonen, B. F. Carlson, and M. L. Boulton. 2018. "Predictors and Barriers to Full Vaccination among Children in Ethiopia." *Vaccines (Basel)* 6 (2).
32. Xeuatvongsa, A., M. Hachiya, S. Miyano, T. Mizoue, and T. Kitamura. 2017. "Determination of Factors Affecting the Vaccination Status of Children Aged 12-35 Months in Lao People's Democratic Republic." *Heliyon* 3 (3): e00265. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2017.e00265>.

33. Zoungrana C. (1993) : « *Déterminants socio-économiques de l'utilisation des services de santé maternelle et infantile à Bamako (Mali)* », collection thèses et mémoires n°36, Université de Montréal, 214p.



Sistema de Informacion que Utiliza Datos del Proceso de Fabricacion de un Controlador Logico Programable

Alicia G. Valdez Menchaca, PhD

Juan Carrillo Gándara, M. I.

Laura Vazquez

Griselda Cortes

Sergio Castaneda

Adriana Martinez

Universidad Autónoma de Coahuila, México

Jose Luis Cendejas Valdez

Universidad Tecnologica de Morelia, Mexico

[Doi:10.19044/esj.2021.v17n17p98](https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n17p98)

Submitted: 30 January 2021

Accepted: 07 April 2021

Published: 31 May 2021

Copyright 2021 Author(s)

Under Creative Commons BY-NC-ND

4.0 OPEN ACCESS

Cite As:

Valdez Menchaca A.G., Gándara J.C., Vazquez L., Cortes G., Castaneda S., Martinez A. & Cendejas Valdez J.L. (2021). *Sistema de Informacion que Utiliza Datos del Proceso de Fabricacion de un Controlador Logico Programable*. European Scientific Journal, ESJ, 17(17), 98. <https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n17p98>

Resume

En la actualidad, las empresas requieren de la obtención de datos precisos, análisis que apoye en la toma de decisiones y en la mejora continua; estos procesos han llegado a formar parte de la visión de negocios de la gerencia empresarial sobre la cual están orientados los objetivos de negocios para poder ser y permanecer competitivos. Las empresas de manufactura tienen la necesidad de obtener y analizar datos relacionados a los procesos de producción para determinar el nivel de eficiencia de estos y en base a la información obtenida tomar decisiones que ayuden a la empresa a mejorar o corregir situaciones que puedan ser de carácter humano, operativo, procedural o de equipo. En este proyecto de desarrollo de software se ha diseñado e implementado un sistema de información, con el método de cascada, para una empresa de manufactura localizada en la frontera norte de México con Estados Unidos en el sector del cuidado de la salud; el sistema utiliza datos desde un controlador lógico programable, en el cual se obtienen datos para su monitoreo

como: alarmas de la máquina, conteo de eventos, duración de cada alarma y velocidad de producción. Dando como resultado información de los códigos de producción, turno, día y hora; además de medir de forma precisa la eficiencia de la máquina, así como la detección de tendencias y la creación de alertas oportunas hacia personas técnicas para la solución de problemas. El sistema consta de un análisis de velocidad y carga de trabajo del procesador del PLC, desarrollo de la conexión entre el procesador y el sistema, preparación del sistema para el traspaso de información, programación de la base de datos en Access y el diseño de la interfaz gráfica en Visual Basic. Net. Entre los logros más importantes obtenidos de la implementación del sistema de información se encuentran: Disponibilidad de la información en tiempo real y obtención de datos históricos de las variables de producción del equipo, mejoramiento de las tareas de supervisión y control de procesos, así como el envío de alertas a usuarios específicos para reacción adecuada a eventos de fallas.

Palabras claves : Sistemas de información, PLC, Análisis de datos

Information System Using Data from the Manufacturing Process of a Programmable Logic Controller

Alicia G. Valdez Menchaca, PhD

Juan Carrillo Gándara, M. I.

Laura Vazquez

Griselda Cortes

Sergio Castaneda

Adriana Martinez

Universidad Autónoma de Coahuila, México

Jose Luis Cendejas Valdez

Universidad Tecnológica de Morelia, Mexico

Abstract

Currently, companies require obtaining accurate data, analysis that supports decision-making and continuous improvement; these processes have become part of the business management vision on which business objectives are oriented to be and remain competitive. Manufacturing companies have the need to obtain and analyze data related to production processes to determine their level of efficiency and based on the information obtained, make decisions that help the company improve or correct situations that may be of human, operational, procedural or equipment. In this software development project, with the cascade method, an information system has been designed and

implemented, for a manufacturing company located on the northern border of Mexico with the United States in the health care sector; the system uses data from a programmable logic controller, in which data such as: machine alarms, event count, duration of each alarm, and production speed were obtained for monitoring. Resulting in information on the production codes, shift, day and hour; in addition to accurately measuring the efficiency of the machine, as well as the detection of trends and the creation of timely alerts to technical personnel for troubleshooting. The system consists of an analysis of the speed and workload of the PLC processor, development of the connection between the processor and the system, preparation of the system for the transfer of information, programming of the database and the design of a graphical interface in Visual Basic.Net . Among the most important achievements obtained from the implementation of the information system are: Availability of information in real time and obtaining historical data from production variables, improvement of supervision tasks and process control, as well such as sending alerts to specific users for adequate reaction to failure events.

Keywords: Information systems, PLC, Data analysis

Introduction

El conocimiento es el recurso primario de los individuos y la economía en general. Toda organización, para garantizar su estabilidad, eficiencia y eficacia, debe incorporar tres prácticas sistemáticas, la mejora continua en actividades y procesos, aprender a explotar todos sus conocimientos y aprender a innovar. Un elemento común de estas prácticas sistemáticas lo constituye la información (Laudon & Laudon, 2012).

Diversos autores han desarrollado sistemas industriales para la mejora de procesos (Caicedo et al., 2017), construcción de equipos complejos (Orna et al., 2017), entre otros.

La importancia del aprovechamiento de los recursos económicos en las empresas (Paredes et al., 2019), hace que los sistemas de información apoyen en la optimización de los recursos y la disminución de riesgos ocupacionales (Carrera et al., 2019). Mientras que la inclusión de las tecnologías de información en los procesos productivos de las empresas y las instituciones es cada vez más alta (Tobar, Frías, Romero, & Barrientos, 2019), (Yasaca et al., 2019).

Los sistemas de información han revolucionado el entorno empresarial, organizacional e institucional. Ahora prácticamente es imposible competir, ser eficiente y tener éxito, sin tener información eficaz en el momento adecuado (Amaya, 2018). Estos sistemas deben estar compuestos por: personas, hardware, software, datos y procedimientos (McLeod & Schell, 2001). Los sistemas de información en línea son sistemas automatizados que

analizan en tiempo real los datos obtenidos por los procesos para apoyar a los usuarios a adoptar decisiones de negocios, incorporando nuevas funcionalidades para el análisis de datos (Silberschatz, Korth, & Sudarshan, 2002). De lo anterior se deduce, que las organizaciones que deseen introducir un nuevo sistema de información deben realizar un diagnóstico muy cuidadoso y detallado de los usuarios y de sus necesidades, previo a su implementación; para producir un sistema adecuado que promueva efectos positivos y exitosos. Esto les permitirá a las organizaciones tener la suficiente flexibilidad para proveer bienes y servicios de calidad, acorde con las exigencias de su entorno (Pressman, 2010), (Ozz, 2017).

La empresa donde se desarrolló el proyecto se encuentra localizada en la frontera norte de México con los Estados Unidos, forma parte del sector del cuidado de la salud; teniendo como objetivo la manufactura de productos médicos innovadores utilizados en hospitales, centros de salud e instalaciones industriales en todo el mundo.

Los productos elaborados son de un solo uso, el 100% de la producción es exportada hacia Estados Unidos, donde se distribuye a los principales puntos de venta o consumo donde figuran Estados Unidos, Asia y Europa.

La necesidad del sistema de información, obtención y análisis de datos que permita obtener las variables de fabricación para la disponibilidad de la información en tiempo real, así como el mejoramiento de la supervisión y control de procesos que requiere la empresa está enfocada principalmente al proceso de fabricación de sábanas quirúrgicas, el cual es un proceso complejo debido a la gran cantidad de componentes eléctricos, neumáticos y lo extenso del programa del Controlador Lógico Programable (PLC); este se basa en el desarrollo de equipos capaces de procesar y memorizar variables físicas, que constituyen sistemas de tratamiento de la información; estos sistemas son capaces de recibir información de productos o procesos industriales (Mandado, Acevedo, Fernández, & Armesto, 2009). Por lo cual la obtención de datos del PLC es la principal solución en este tipo de sistemas de información.

En muchas aplicaciones de automatización industrial, utilizan el control de procesos para manejar una aplicación que involucra PLC, sistemas de control distribuido, controles de supervisión, sistemas de adquisición de datos (SCADA), entre otros, para lograr controlar un sistema específico en tiempo real (Bagal, Kadu, Vikhe, & Parvat, 2018).

Este proceso de fabricación es llevado a cabo por una máquina llamada "Fan Fold Drape Machine" (Rowley, 2021), el propósito de esta máquina es el de convertir un rollo de material de fibras plásticas en paquetes de sábanas identificadas por código y tamaño, plenamente dobladas con un doblez tipo abanico de allí su nombre.

Esta máquina está controlada por un PLC de la marca Allen-Bradley modelo SLC-500 con un procesador 5/04 (RockwellAutomation, 2021), el cual se comunica con cinco servo controladores modelo 1394 de cuatro ejes cada uno, ya que se requiere de precisión en los movimientos de la máquina para así colocar la sábana en las posiciones requeridas para sus dobleces, los cuales son efectuados por cilindros neumáticos. El desempeño de cada uno de los cilindros neumáticos y posicionamiento de la sábana juegan un papel clave en la producción de esta máquina.

Se compone de una interfaz tipo Panelview 1000, la cual se utiliza para accionar algunas opciones y funciones de la máquina, selección de códigos de producción, cambio y selección de velocidades de producción, accionamiento manual de cilindros y movimientos de la máquina; así como mostrar reportes en pantalla como razones por la cual la máquina detiene la producción, conteo de tiempo en minutos del tiempo caído por cada falla y número de veces que cada falla se presenta en el turno.

Revisión de la literatura

Un sistema de información es un conjunto de elementos que interactúan entre sí con el fin de apoyar las actividades de una empresa o un negocio. Estos elementos son de una naturaleza diversa y normalmente incluyen (Hoffer, George, & Valacich, 2011).

- El equipo computacional, es decir, el hardware necesario para que el sistema de información pueda operar. Lo constituyen las computadoras y el equipo periférico que puede conectarse a ellas.
- El recurso humano que interactúa con el sistema de información, el cual está formado por las personas que utilizan el sistema, alimentándolo con datos o utilizando los resultados que genere.
- Los datos o información fuente son todas las entradas que necesita el sistema de información para generar como resultado la información que se desea.
- Los programas que son procesados y producen diferentes tipos de resultados. Los programas son la parte del software del sistema de información que hará que los datos de entrada introducidos sean procesados correctamente y generen los resultados que se esperan.

Un sistema de información realiza cuatro actividades básicas: entrada, almacenamiento, procesamiento y salida de información. En la Fig. 1 se muestra el diseño conceptual del sistema de información.

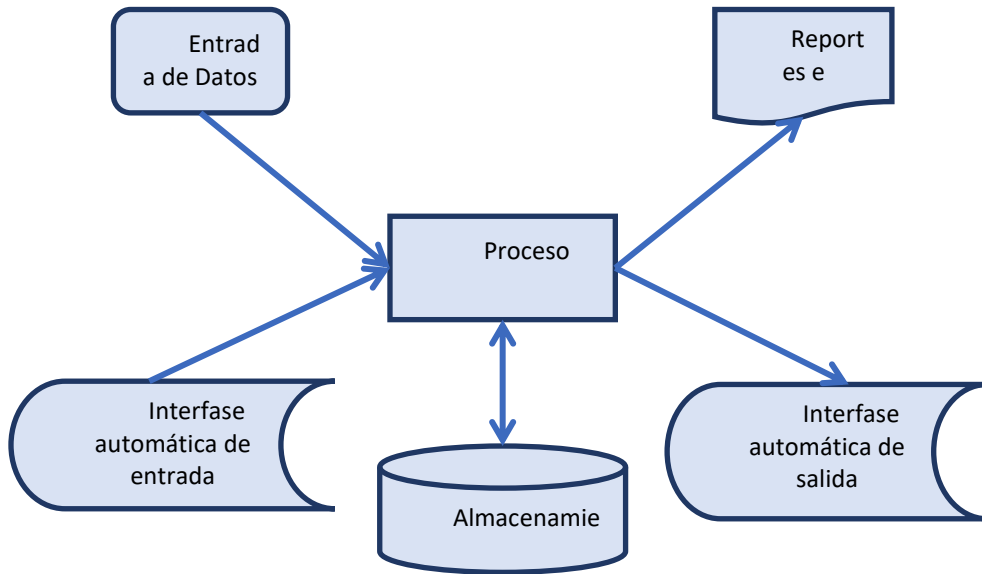


Figura 1. Diseño conceptual del sistema de información, fuente: elaboración propia

Los PLC iniciaron como una solución al control de circuitos complejos de automatización, se puede argumentar que es un aparato electrónico que sustituye los circuitos auxiliares o de mando de los sistemas automáticos, en el PLC se conectan los dispositivos de señales (pulsadores) y los actuadores (bobinas de contactores, lámparas y pequeños receptores, entre otros) (Dana & Yendol-Hoppey, 2016).

Las computadoras personales están comenzando a reemplazar al PLC en algunos casos, también se cuentan con SLC o sistemas lógicos programables, que representan la siguiente generación de los PLC, los SLC cuentan con muchas capacidades que los hacen un sistema más robusto al utilizar comunicación ethernet industrial, comunicación e integración con sistemas de control de movimiento, drives de AC, manejo de sistemas de seguridad, entre otros (Tocci & Widmer, 2003).

La estructura externa de un PLC industrial se refiere al aspecto físico exterior o los elementos que lo integran, como se muestra en la Fig. 2.

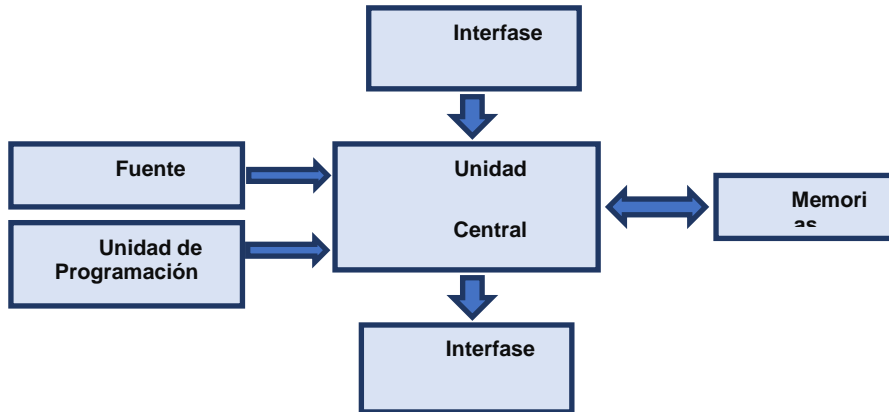


Figura 2. Estructura de un PLC, fuente: elaboración propia

Los bloques de un PLC son (Hermosillo, 2019):

Unidad de Programación

Es el conjunto de medios, hardware y software mediante los cuales el programador introduce y depura sobre las secuencias de instrucciones (en uno u otro lenguaje) que constituyen el programa a ejecutar.

Fuente de Alimentación

La fuente de alimentación proporciona los voltajes necesarios para el funcionamiento de los distintos circuitos del sistema. La alimentación al CPU puede ser de 24 Vcd o de 110 / 220 Vca. En cualquier caso, es el propio CPU el que alimenta las interfaces conectadas a través del bus interno. La fuente de alimentación del PLC puede incorporar una batería de reserva, que se utiliza para el mantenimiento de algunas posiciones internas y del programa usuario en memoria RAM, o cuando falla la alimentación o se apaga el PLC.

Unidad Central de Procesamiento

El CPU (Central Processing Unit) es la parte inteligente del sistema. Interpreta las instrucciones del programa de usuario y consulta el estado de las entradas. Dependiendo de dichos estados y del programa, ordena la activación de las salidas deseadas. Está constituida por los siguientes elementos:

- Procesador
- Memoria monitor del sistema
- Circuitos auxiliares

Procesador

Está constituido por el microprocesador, el reloj (generador de onda cuadrada) y algún chip auxiliar. El microprocesador es un circuito integrado (chip), que realiza una gran cantidad de operaciones, que podemos agrupar en:

- Operaciones de tipo lógico
- Operaciones de tipo aritmético.
- Operación de lectura y modificación de datos.
- Operaciones de entrada - salida
- Operaciones de control de la transferencia de la información dentro del PLC.

Para que el microprocesador pueda realizar todas estas operaciones está dotado de unos circuitos internos que son los siguientes:

- Circuitos de la unidad aritmética y lógica o ALU: Es la parte donde se realizan los cálculos y las decisiones lógicas para controlar el PLC.
- Circuitos de la unidad de control (UC) o decodificador de instrucciones: Decodifica las instrucciones leídas en memoria y se generan las señales de control.
- Acumulador: Es la encargada de almacenar el resultado de la última operación realizada por el ALU.
- Flags: Indicadores de resultado, que pueden ser consultados por el programa.
- Contador de programa: Encargado de la lectura de las instrucciones del usuario.
- Bus (interno): No son circuitos en sí, sino zonas conductoras en paralelo que transmiten datos, direcciones, instrucciones y señales de control entre las diferentes partes del PLC

Memoria monitor del sistema

Es una memoria de tipo ROM, Lectura y escritura en las interfaces de E/S. contiene las siguientes rutinas, incluidas por el fabricante.

- Inicialización tras conectarse a voltaje o reset.
- Rutinas de pruebas y de respuesta a error de funcionamiento.
- Intercambio de información con unidades exteriores.
- Lectura y escritura en las interfaces de E/S.
- Funciones básicas de la CPU.

En la memoria ROM del sistema, el fabricante graba una serie de programas ejecutivos, software del sistema y es a estos programas a los que accederá el procesador para realizar las funciones.

El software del sistema del PLC consta de una serie de funciones básicas que realiza en determinados tiempos de cada ciclo. En general cada PLC contiene y realiza las siguientes funciones:

- Vigilar que el tiempo de ejecución del programa de usuario, no exceda de un determinado tiempo máximo. A esta función se le denomina Watchdog.
- Ejecutar el Programa del usuario.
- Crear una imagen de las entradas, ya que el programa de usuario no debe acceder directamente a dichas entradas.
- Renovar el estado de las salidas en función de la imagen de estas, obtenida al final del ciclo de ejecución del programa usuario.
- Chequeo del sistema.

Interfase de salida

En el control de un proceso automatizado, es imprescindible un diálogo entre operador-máquina junto con una comunicación entre la máquina y el PLC, estas comunicaciones se establecerán por medio del conjunto de entradas y salidas.

Todas las señales provenientes del campo son informadas a la CPU, luego de ser tomadas por los captosres de entradas, y a su vez, las órdenes generadas por el CPU son comunicadas a los elementos del proceso bajo control por medio de las interfaces de salida.

Las señales digitales o discretas como los interruptores son simplemente una señal de 1 ó 0, Verdadero o Falso, respectivamente. Los interruptores son ejemplos de dispositivos que proporcionan una señal discreta, que son enviadas usando el voltaje, donde un rango específico corresponderá al Verdadero y otro rango al False. Un PLC puede utilizar 24Vcd en la E/S donde valores superiores a 22V representan un 1, y valores inferiores a 2V representan un 0.

Inicialmente los PLC solo tenían E/S discretas. A medida que la complejidad de los PLC aumenta, es necesario contar con otro tipo de interfaces que puedan interpretar señales analógicas provenientes del proceso y emitir las como salidas. Las señales analógicas son como controles de volúmenes, con un rango de valores entre 0 y el tope de escala. Esto es normalmente interpretado con valores enteros por el PLC, con varios rangos de precisión dependiendo del dispositivo o del número de bits disponibles para almacenar los datos.

Presión, temperatura, flujo, y peso son normalmente representados por señales analógicas. Las señales analógicas pueden usar voltaje o corriente con una magnitud proporcional al valor de la señal que procesamos. A medida que los requerimientos de control se hacen más complicados, aparecen los sistemas inteligentes, periféricos cuentan con un microprocesador propio, que

descargan en parte el trabajo del CPU, para hacer más rápida la ejecución del programa del usuario.

La Fig. 3 muestra el diseño general del sistema de información propuesto para la máquina dobladora de sábanas quirúrgicas.

El software que se utilizó para el desarrollo es Visual Basic.Net ya que se cuenta con licencias en la empresa por lo que existe una disponibilidad en la empresa, es de fácil acceso, actualizado y compatible con otros sistemas de información de la compañía.

Selección del equipo y software de adquisición de datos

Uno de los primeros pasos necesarios para poder realizar una adquisición de datos exitosa, consiste en la búsqueda, así como aplicación de dispositivos y protocolos de comunicación PLC- PC-Servidor confiables. Para la selección del equipo para la lectura de datos del PLC, se consideraron las diferentes opciones compatibles con los SLC-500. Entre las opciones de protocolos de comunicación se tienen: Ethernet industrial, DH+, DH-485 y RS-232, como se muestra en la Tabla 1.

En los niveles industriales las máquinas individuales actúan como una completa celda de trabajo, cada máquina tiene sus señales propias ya sean sensores analógicos y discretos para monitorear variables del proceso, como por ejemplo temperatura. Los valores de estos sensores son el punto de partida para los lazos de control orquestado por los PLC's.

Los PLC's proveen señales de control a actuadores, para activar y desactivar calentadores, válvulas entre otros. A este tipo de funcionamiento se le conoce como nivel de campo o "Fieldbus".

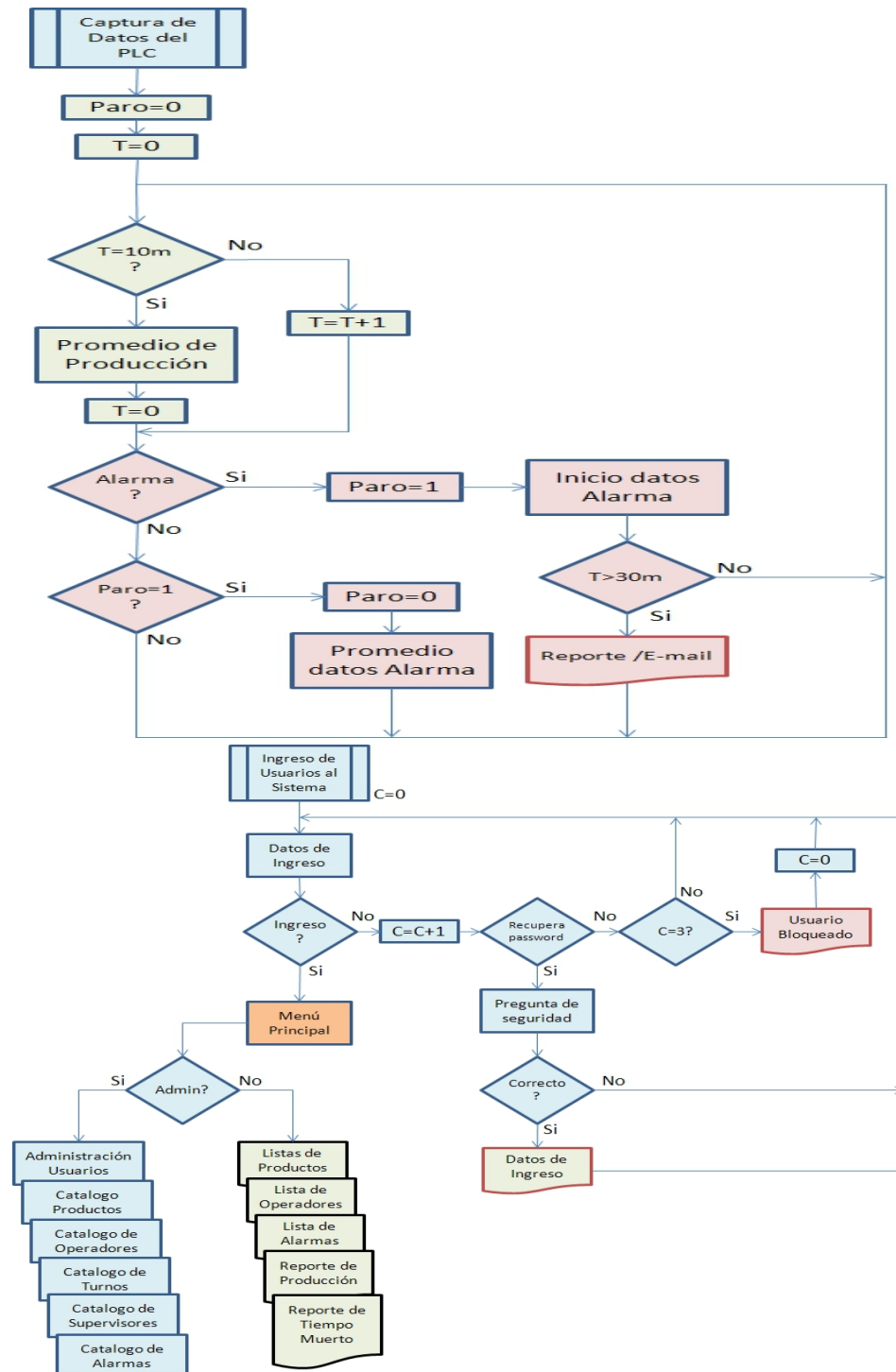


Figura 3. Diseño general del sistema de información para máquina dobladora de sábanas

Ethernet: Es una red local que provee comunicación con otros dispositivos a una velocidad de 10Mbps, es la comunicación más rápida y confiable para el SLC-500.

DH+ (Data Highway Plus): Es una red local que provee comunicación a 230.4Kbps se usa a través del canal 1 de un procesador y requiere de una tarjeta 1784-PCMK, -KT, -KTX o -KTXD en la PC para la comunicación, no es apta para comunicación a largas distancias, ya que es muy susceptible a ruidos eléctricos, se requieren consideraciones especiales para la instalación en equipo eléctrico.

DH-485: Es un grupo de dispositivos conectados a un cable de comunicación permitiendo el intercambio de información, se usa a través del canal 1, requiere un 1747-PIC, 1784-PCMK, -KTX o -KTXD y se comunica a 19,200bps.

RS-232: Permite comunicarse con la PC, usa el canal 0 y se comunica a 19,200 bps.

Opciones de Comunicaciones	5/01	5/02	5/03	5/04	5/05
Ethernet					✓
DH+				✓	
DH-485	✓	✓	✓	✓	✓
RS-232			✓	✓	✓

Tabla 1. Opciones de protocolos de comunicación disponible para procesador del tipo SLC-500

Por lo tanto, se ha considerado la utilización de la comunicación ethernet como protocolo de comunicación a utilizar sería la más apta para un correcto funcionamiento del sistema. Sin embargo, el procesador 5/04 no es compatible con comunicación ethernet, por lo que se requirió un módulo especial para poder lograr esta comunicación. por lo que se utiliza un módulo especial para este propósito. El módulo debe ser insertado en una ranura disponible del rack, en este caso en particular el módulo se inserta en la ranura o slot 5, como se muestra en la Fig. 4.

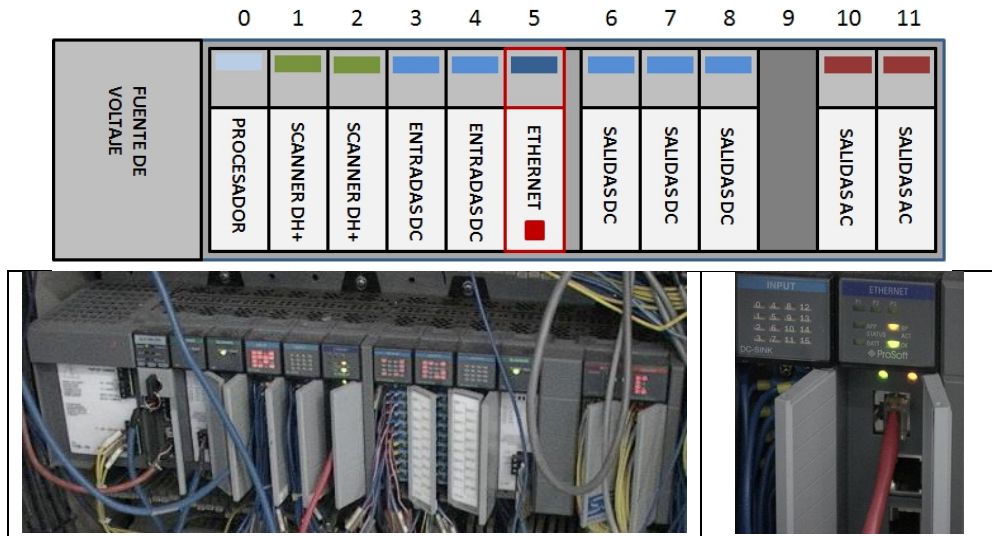


Figura 4. Imagen del SLC-500 de la máquina dobladora de sabanas

El módulo de ethernet se utiliza para vincular los PLC's individuales con un sistema de recolección de datos y control. La función primaria de este sistema es el de recolectar datos del proceso para revisiones de administración y estadísticas, proveer control de la información para mantener todas las celdas individuales coordinadas y monitorear la operación entera en busca de anomalías que requieran la intervención humana.

Los sistemas de recolección de datos SCADA (Supervisory Control And Data Adquisition) son aplicaciones de software, diseñadas con la finalidad de controlar y supervisar procesos a distancia (Zhang, Wang, Xiang, & Ten, 2015), (Abdulsattar, Mustafa, & Hadi, 2019). Se basan en la adquisición de datos de los procesos remotos por medio de una aplicación de software, especialmente diseñada para funcionar sobre computadoras en el control de la producción. Cada uno de los módulos SCADA involucran muchos subsistemas, por ejemplo, la adquisición de los datos puede estar a cargo de un PLC, el cual toma las señales y las envía a las estaciones remotas usando un protocolo determinado, otra forma podría ser que una computadora realice la adquisición vía un hardware especializado y luego esa información la transmita hacia un equipo de radio vía su puerto serial.

Un software SCADA debe ser capaz de ofrecer al sistema (Thomas & McDonalds, 2015):

- Posibilidad de crear paneles de alarma, que exigen la presencia del operador para reconocer una parada o situación de alarma, con registro de incidencias.
- Generación de datos históricos de las señales de planta, que pueden ser transferidos para su proceso sobre una hoja de cálculo.

- Ejecución de programas, que modifican la ley de control, o incluso anular o modificar las tareas asociadas al autómata, bajo ciertas condiciones.
- Posibilidad de programación numérica, que permite realizar cálculos aritméticos de elevada resolución sobre la CPU del ordenador.

Metodología

La metodología utilizada para el diseño, desarrollo e implementación del sistema de información para el monitoreo de datos obtenidos de un PLC de una máquina dobladora de sábanas, donde se ha incluido un conjunto de actividades entre las cuáles se encuentran: Análisis y diseño general del sistema de información, selección del software para desarrollo y modelación de la base de datos, desarrollo del algoritmo general del sistema, diagramas generales de flujo, así como los requerimientos del hardware y software.

Se ha utilizado el método de cascada(Pressman, 2010) para el ciclo completo de desarrollo.

Las mejoras que se han logrado de este desarrollo de software han sido la utilización de datos en tiempo real de la máquina, se han podido realizar promedios y consultas de los datos sin comprometer la conexión hacia el PLC; visualizando los datos de producción y tiempos muertos relacionando algunas variables como operadores, turnos y productos; buscando patrones de comportamiento y tendencias de los datos.

Diseño del sistema de información

El sistema de información se ha diseñado por módulos, donde el módulo que representa al SLC-500 es la forma en que los datos o estados de las variables del PLC son transferidas a registros de memoria, los cuales son leídos directamente a través de RSLinx. En el siguiente cuadro que corresponde al Visual Basic.Net contiene la lectura de variables del PLC como por ejemplos datos de producción: como velocidad de la máquina, numero de producto, tiempo activo, así como un código de alarma; todo esto se realiza creando una conexión a RSLinx.

Los valores de las variables son entonces transferidos a variables internas dentro del código del programa .Net, de igual forma establece una conexión a la base de datos en Access para leer datos de catálogos como turno, descripciones de alarma, producto y operador, para tener en una transacción toda la información que pueda proporcionar valor de negocio a la empresa.

Después todos los datos son almacenados en la base de datos para tener datos históricos, generación de reportes de producción, tiempo muerto, buscar tendencias y ayudar a la empresa en la toma de decisiones, que es la intención principal del sistema.

El sistema de información está basado en dos archivos principales, un ejecutable compilado del código .Net, el cual su función es realizar las conexiones hacia el PLC y la base de datos para recolectar la información requerida, este archivo solo contiene una pantalla la cual indica el modo o estado del sistema ya sea conectado o desconectado.

El segundo archivo del sistema es la base de datos en Access, el cual cuenta con una pantalla de ingreso validada por usuario y contraseña, menú principal, además de pantallas de consultas y reportes. Esta es la parte del sistema con la cual el usuario final mantiene contacto. En la Fig. 5 se muestran las relaciones del diseño del sistema de información y la Fig. 6 el diseño de la base de datos.

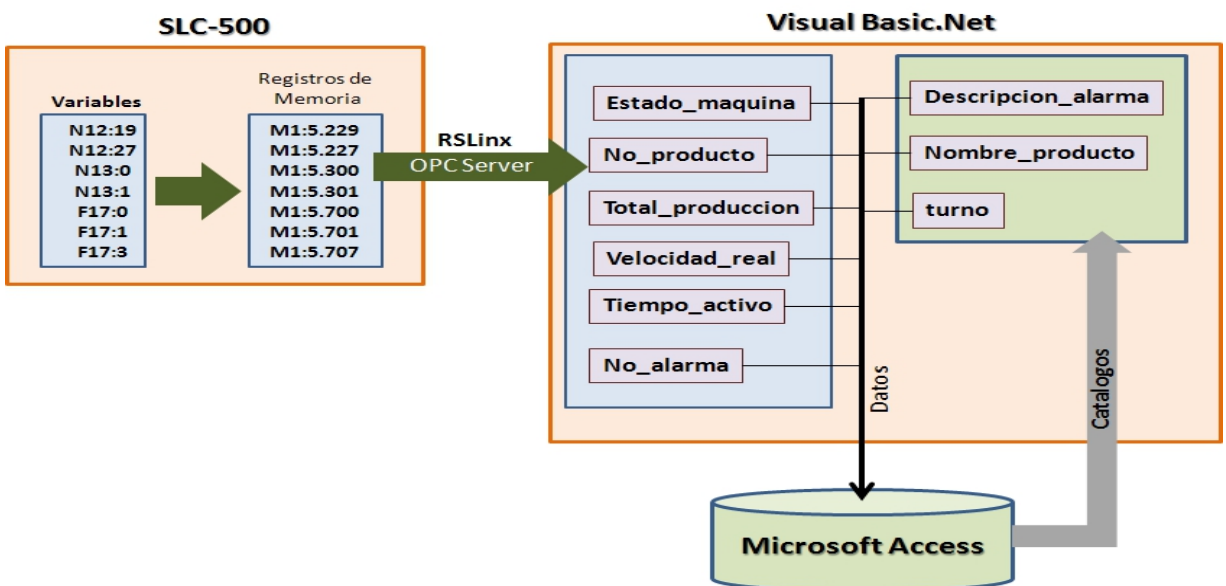


Figura 5. Módulos del sistema de información, fuente: elaboración propia

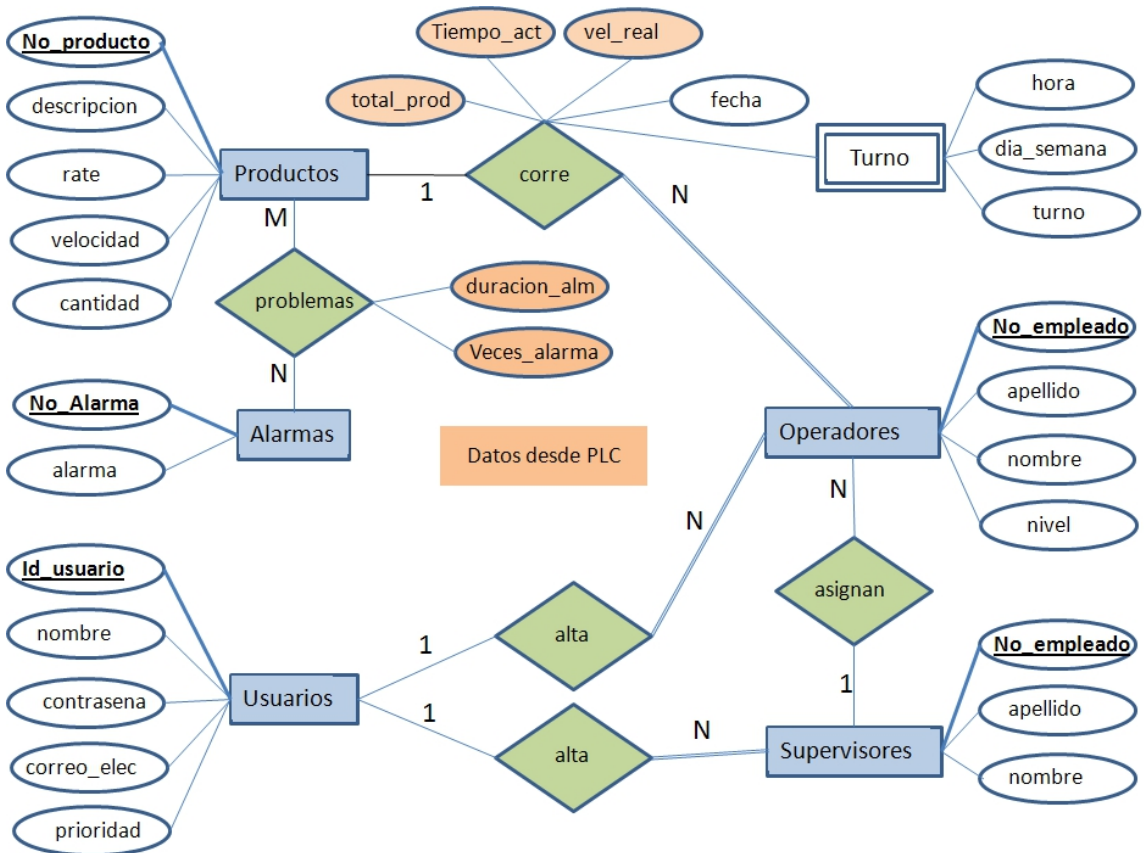


Figura 6. Diagrama entidad relación del sistema de información

Para que el sistema de información pueda leer las variables deseadas del PLC, primero se debe configurar en el programa del PLC la transferencia de valores de variables hacia los registros de memoria de la tarjeta MVI46-DNFT, ya que estos registros de memoria son los que serán leídos por el servidor OPC.

Para efectuar esta tarea, primero se tienen que insertar las tres rutinas proporcionadas por Prosoft en el programa de la máquina, elaborado en RSLogix 500, estas rutinas son:

- MVI46 MAIN.
- MVI46 DATA.
- MVI47 CTRL.

El módulo de comunicación debe ser configurado para poder lograr la comunicación del tipo Ethernet, algunas variables que pueden ser configurados son la velocidad de configuración, dirección ip del dispositivo, etc., esto se hace mediante la modificación de dos archivos descargables

mediante un cable RS232, los archivos son modificados mediante un editor de texto como notepad, para posteriormente ser descargados al módulo.

Comunicación Ethernet de la computadora/servidor.

Uno de los pasos más sencillos, pero que muchas ocasiones son pasado por alto, es la verificación de las propiedades de red de la computadora o servidor, el cual estará en comunicación con el PLC, pues si la configuración no es la adecuada, la comunicación no se establecerá.

Configuración del servidor OPC en RSLinx.

El software RSLinx es el cual estaremos utilizando como servidor OPC, para poder efectuar esta asignación, se debe crear un tópico de comunicación, el cual debe estar direccionado al módulo MVI46-DNFT mediante su dirección ip. Una vez creado el tópico de comunicación, la comunicación puede ser establecida mediante el uso o llamado del nombre del tópico. En esta aplicación el nombre usado para el tópico de comunicación es "link".

Pruebas de comunicación.

Una vez establecida la configuración de la comunicación, se pueden realizar pruebas en la comunicación, esto se puede realizar usando una hoja de Excel, tecleando en las celdas una fórmula en la forma:

=RSLinx|Topico!'Variable del PLC'

Base de Datos.

Como se ha mencionado la base de datos fue elaborada en Microsoft Access 2016, esta base de datos debe ser grabada en la dirección, sin sufrir modificaciones en el directorio o nombre del archivo, para eso se debe generar una nueva carpeta:

Módulo de adquisición de datos.

El módulo de adquisición de datos "FF_DAQ_1" elaborado en .NET es un módulo que puede ser ejecutado en forma separada de la base de datos, para esto se debe instalar la carpeta "FF_DAQ_1" en la computadora o servidor la cual fue configurada para la comunicación hacia el PLC, como se ha mencionado en los pasos anteriores de este capítulo.

Procesos del sistema de información.

Resultados obtenidos

Beneficios de la propuesta, escenario aplicando el sistema de información

Los PLC son máquinas secuenciales que ejecutan las instrucciones indicadas en el sistema de información almacenado en la memoria, generando órdenes y señales de mando a partir de las señales de entrada leídas de la aplicación, al detectarse cambios en las señales, el PLC reacciones según el programa hasta obtener las órdenes de salida, esta secuencia se ejecuta continuamente para conseguir el control actualizado del proceso; con los sistemas de recolección de datos SCADA a cargo del PLC, el cual toma las señales y las envía a las estaciones remotas usando un protocolo determinado, entre los beneficios del diseño e implementación del sistema de información se encuentran:

- Disponibilidad de la información en tiempo real y obtención de datos históricos de las variables de producción de la máquina.
- Las tareas de supervisión y control del proceso se han mejorado, el operador puede visualizar en pantalla del computador cada una de las estaciones remotas que conforman el sistema, los estados, las situaciones de alarma y tomar acciones físicas sobre el equipo.
- Obtención de datos relacionados a los tiempos muertos como lo son duración y descripción del evento.
- Envío de alertas a usuarios específicos relacionados a tiempos muertos excesivos para una reacción adecuada los eventos de fallas.
- Disponibilidad del sistema las 24 horas del día.
- Generación y manejo de distintos tipos de reportes.
- Registros de turnos de trabajo, áreas, maquinas, secciones, supervisores, operadores.
- Listas de códigos de productos.
- Listas y descripciones de fallas.
- Generación de niveles diferentes de usuarios del sistema, proporcionando seguridad en la información solo permitiendo utilizar las opciones y pantallas autorizadas para el usuario.

El sistema ha sido desarrollado para cubrir las necesidades detectadas en la empresa, el diseño proporciona la flexibilidad de recolectar datos de la maquina dobladora de sabanas, desarrollar promedios y consultas de los datos sin comprometer la conexión hacia el PLC; visualizando los datos de producción y tiempos muertos relacionando algunas variables como operadores, turnos y productos; buscando tendencias que puedan ayudar a la empresa en la búsqueda de la mejora continua. El sistema ha sido instalado en la empresa, probando y usando todas las opciones desarrolladas; los resultados obtenidos han sido los esperados, proporcionando al personal de

supervisión los datos requeridos para analizar la problemática de la empresa, y las herramientas necesarias para reaccionar ante estos de mejor manera.

Escenario sin aplicar el sistema de información

Antes de desarrollar el sistema de información se presentaban problemas en los datos como fallas del equipo, paros, motivos de los paros que se generaban en la máquina dobladora de sábanas; ya que entre un turno de trabajo y otro se reiniciaba la información, por lo que no se podía integrar y analizar.

El desempeño del equipo no era monitoreado en tiempo real por los operadores de la máquina, lo que generaba paros constantes y pérdida de la producción; los tiempos caídos del equipo como resultado de las fallas eran constantes al no existir un monitoreo en tiempo real.

Los registros de producción o manufactura anteriormente se capturaban en un sistema SAP, estos se capturaban desde reportes escritos por los operadores de la maquina dando lugar a una pérdida de tiempo entre el llenado del reporte escrito a mano y la captura en el SAP, por lo que se incrementaban los tiempos muertos de la máquina cuando ocurrían fallas.

El personal que podía proporcionar apoyo al momento de ocurrir problemas en el equipo, no se enteraba de la situación hasta tiempo o turnos después, aumentando el tiempo muerto por problemas de comunicación, disminuyendo la productividad de la máquina.

Por lo que el desarrollo del sistema de información para la adquisición de datos automáticos de la máquina dobladora de sábanas quirúrgicas era una necesidad de alta prioridad.

Operación del sistema de información

Ya teniendo el sistema instalado, se han definido cuatro grandes pasos para la operación del sistema, que son:

1. Organización y Administración para el funcionamiento del Sistema.
2. Inicialización del Sistema.
3. Conexión del módulo adquisición de datos.
4. Uso de la base de datos, elaboración de consultas y reportes.

La Fig. 7 muestra el inicio del sistema de información, donde se encuentra en línea para la obtención de los datos, del lado derecho de la pantalla se observan datos del turno de trabajo y la velocidad.

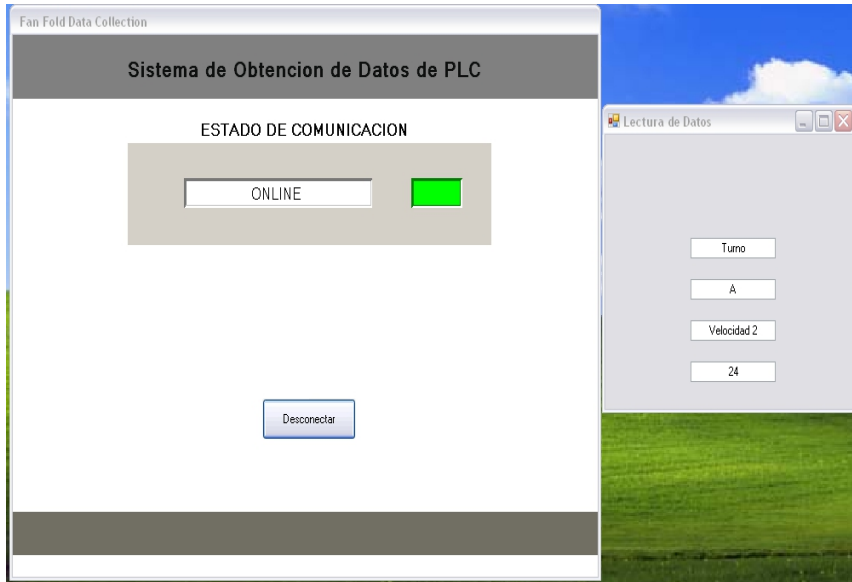


Figura 7. Pantalla inicial del módulo FF_DAQ_1

La Fig. 8 muestra las opciones del menú principal de sistema de información donde se tienen las opciones de Operadores, Supervisores, Códigos, Producción y Alarmas. Los criterios de las relaciones entre estos componentes son:

Además, se consideran los criterios que rigen las relaciones entre estos componentes tales como:

- Un operador debe tener un nombre, apellido, nivel y número de empleado.
- Un supervisor se compone de nombre, apellido y número de empleado
- Un supervisor asigna operadores a la máquina.
- Un usuario debe tener ID, contraseña, nombre, correo electrónico y prioridad (nivel de acceso).
- Un usuario da de alta supervisores y usuarios (según el nivel de acceso).
- Un Turno consta de hora, día de la semana (lunes-domingo), nombre del turno.
- Un Producto consta de número o código del producto, descripción, rate o promedio validado de productos que se esperan obtener por hora, velocidad recomendada, y cantidad de producto por paquete.
- Un operador corre un producto en la maquina en un turno en específico.
- Una Alarma consta de código o número de alarma y descripción (alarma).

- Una Alarma ocurre cuando se tiene un problema al correr un producto determinado.

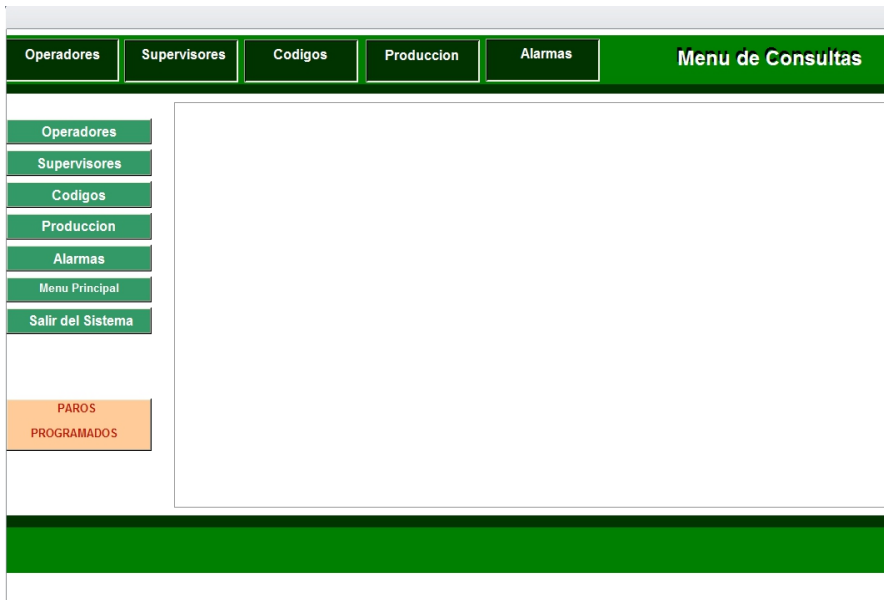


Figura 8. Menú general del sistema de información

La Fig. 9 muestra el reporte de paros programados donde se pueden consultar principalmente cuando se tienen cambios en la planeación de la producción de la máquina dobladora de sábanas.



Figura 9. Reporte de paros programados

En la Fig. 10 se muestra un concentrado de los componentes del sistema de información implementado, entre los que destacan: Los formularios, las tablas de la base de datos, los reportes, módulos y consultas.

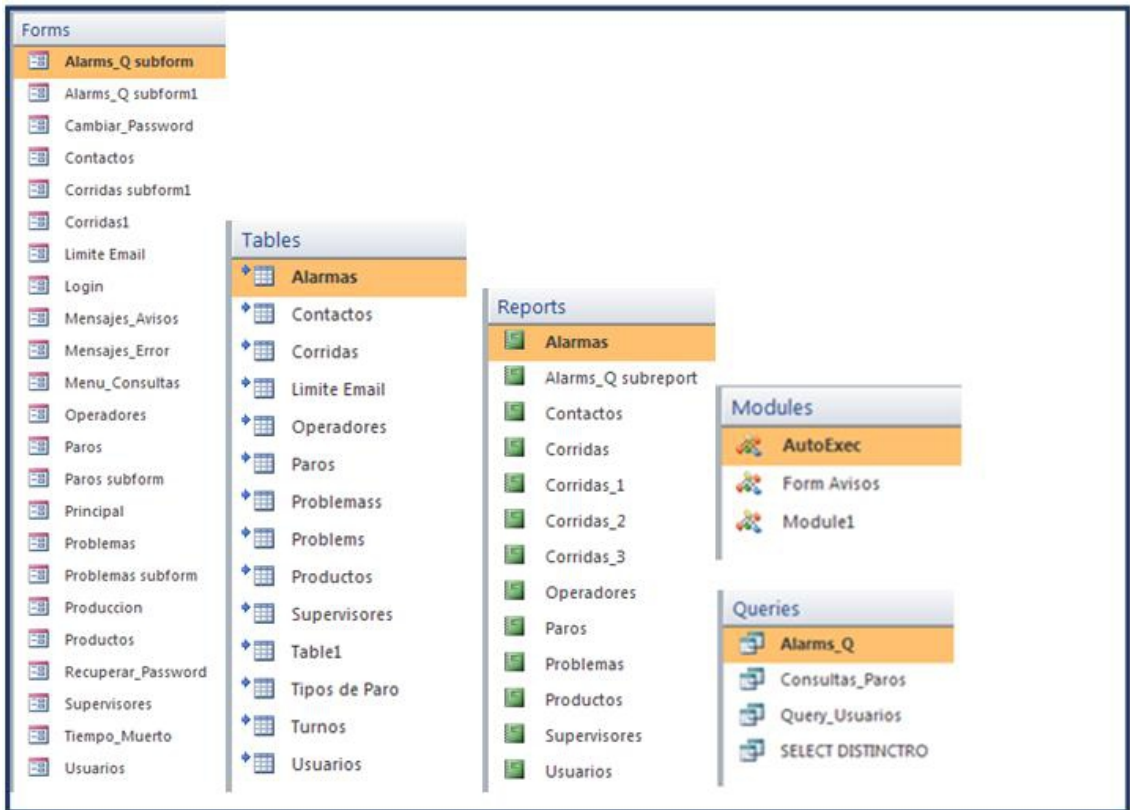


Figura 12. Vista de los componentes del sistema de información

Ejemplo del Código en VB.Net

```
Imports System.IO
Imports RsiOPCAuto
'Imports System.Net.Mail
Imports CDO
Imports System.Threading
Imports MAPI

Public Class Form1
    'RSLINX OPC SERVER (OLE FOR PROCESS CONTROL )
    Public MyRsLinxOPCServer As RsiOPCAuto.OPCServer
    Public WithEvents LinxOPCGroup As RsiOPCAuto.OPCGroup
    Public LinxItem1 As RsiOPCAuto.OPCItem
    Public LinxItem2 As RsiOPCAuto.OPCItem
    Public LinxItem3 As RsiOPCAuto.OPCItem
    Public LinxItem4 As RsiOPCAuto.OPCItem
    Public LinxItem5 As RsiOPCAuto.OPCItem
    Public LinxItem6 As RsiOPCAuto.OPCItem
```

```
'OLEDB
Shared OleDbConnection As
System.Data.OleDb.OleDbConnection
Shared TableAdapter As System.Data.OleDb.OleDbDataAdapter

Public Sub Email()
    ' Variables E-mail prioridad 5
    Dim Prioritario, correo5, tiempo5 As Object
    Dim Str1 As String
    Dim Str2 As String

    'Variables de Ole
    OleDbConnection = New
System.Data.OleDb.OleDbConnection()
    OleDbConnection.ConnectionString =
"Provider=Microsoft.Jet.OLEDB.4.0;Data
Source=C:\titulacion\Sistema_Fan_Fold.mdb"
    Try
        OleDbConnection.Open()
    Catch ex As Exception
        MsgBox(ex.Message)
    End Try
    Str1 = "SELECT * from LimiteEmail WHERE prioridad=5"
    Str2 = "SELECT * from contactos order by id_usuario"
    Dim OleDbreadcommand As New
System.Data.OleDb.OleDbCommand
    OleDbreadcommand.CommandText = Str1
    OleDbreadcommand.Connection = OleDbConnection
    Dim OleDbread As System.Data.OleDb.OleDbDataReader
    OleDbread = OleDbreadcommand.ExecuteReader()

    Do While OleDbread.Read()
        tiempo5 = OleDbread.Item("duracion")
    Loop
    OleDbConnection.Close()
    OleDbConnection.Open()
    OleDbreadcommand.CommandText = Str2
    OleDbreadcommand.Connection = OleDbConnection
    'Dim OleDbread As System.Data.OleDb.OleDbDataReader
    OleDbread = OleDbreadcommand.ExecuteReader()

    Do While OleDbread.Read()
        Prioritario = OleDbread.Item("prioridad")
        correo5 = OleDbread.Item("correo_electronico")
        If correo5 <> "0" Then
            Email1(correo5)
        End If
    Loop
End Sub
```



```
Public Shared Sub Email1(ByVal text As String)
    Dim oSession As New MAPI.Session
    oSession.Logon("Default outlook profile", , False,
True)

    Dim oMessage As MAPI.Message
    Dim oRecipient As MAPI.Recipient
    oMessage = oSession.Outbox.Messages.Add
    oRecipient = oMessage.Recipients.add
    oRecipient.Name = text
    oRecipient.Resolve()
    oMessage.Subject = "CORREO AUTOMATICO DEL SISTEMA DE
INFORMACION FAN FOLD"
    oMessage.Text = "ESTE MENSAJE ES PARA INFORMARLE QUE
SE HA DETECTADO EN LA MAQUINA FAN FOLD UN TIEMPO MUERTO MAYOR
AL REGISTRADO COMO MINIMO"

    Try
        oMessage.Send(True, False)
    Catch ex As Exception
        MsgBox(ex.Source)
    End Try
    oSession.Logoff()

End Sub
```

Conclusiones

Los sistemas de información son un factor clave en las organizaciones y empresas, actualmente se requieren herramientas de software y hardware que puedan ayudar a obtener ventajas competitivas para apoyar en diferentes procesos industriales y de esta manera incidan en la toma de decisiones y en la aplicación de la mejora continua.

La adquisición automática de datos representa un medio importante porque presenta los valores generados y datos históricos del comportamiento de los equipos de fabricación en las empresas de manufactura.

Con el análisis de estos datos se pueden obtener puntos óptimos de producción, ventanas problemáticas en el proceso de fabricación, grado de afectación de la interacción humana, predecir o prevenir problemas operativos, entre otros.

En este proyecto de desarrollo de software de un sistema de información utilizando datos adquiridos de un PLC de una máquina dobladora de sábanas se ha compuesto de varios módulos complejos entre los que destacan: Instalación del módulo ProSoft MVI46-DNFT para la adquisición de datos del PLC, inserción y modificación del programa del PLC, modificación de la lógica de escalera para agregar las variables para su lectura, configuración de la comunicación del módulo ProSoft, comunicación ethernet

de la computadora al servidor y viceversa, configuración del servidor OPC en el módulo RSLinx, pruebas de comunicación, diseño y creación de la base de datos, programación del módulo en VB.Net para la adquisición de datos, análisis de los datos obtenidos en el software Cognos.

Este sistema de información ha representado un ahorro en recursos de tiempo, personal operativo, procesos industriales y ha optimizado los procesos de fabricación de la maquinaria; al implementar el sistema de adquisición de datos del PLC, han sido obtenidos de manera automática para su proceso en el sistema de información y en los subsecuentes procesos del análisis de la información obtenida para mejorar y prevenir las fallas en el equipo.

Como parte de los resultados obtenidos y de la demostración de las posibilidades y aplicaciones que son posibles de desarrollar, la empresa ha tomado la decisión de llevar el desarrollo del sistema de recolección de datos al siguiente nivel, con el desarrollo aplicado a todo el sector del cuidado de la salud que incluye plantas en los Estados Unidos, México y Honduras, integrando el sistema en un nuevo desarrollo llamado Midas (Management Information and Data Acquisition System) el cual está siendo integrado a la intranet de la empresa.

En cualquier tipo y nivel de empresas se requieren de sistemas de adquisición de datos, estos pueden proporcionarles ventajas competitivas. Si la organización no cuenta con presupuestos para la compra de sistemas especializados, se pueden desarrollar sistemas como el expuesto que pueden ofrecer los mismos resultados. Además, en nuestro país tenemos la necesidad de preparar personal técnico, para la investigación, diseño, integración y aplicación de sistemas de información con interacción hacia los dispositivos de automatización industrial.

References:

1. Abdulsattar, N., Mustafa, F., & Hadi, S. (2019). Design and Implementation of SCADA System for Sugar Production Line. *Al-Khwarizmi Engineering Journal*, 15(2). doi: <https://doi.org/10.22153/kej.2019.01.002>
2. Amaya, J. (2018). *Sistemas de Información Gerenciales*. México: ECOE Ediciones.
3. Bagal, K., Kadu, C., Vikhe, P., & Parvat, B. (2018). *PLC Based Real Time Process Control using SCADA and MATLAB*. Paper presented at the 2018 Fourth International Conference on Computing Communication Control and Automation (ICCUBE), Pune, India.
4. Caicedo, J., Orna, J., Balseca, O., Mayorga, D., Viteri, E., & Verdugo, C. (2017). Resistencia de Materiales-Ingeniería Mecánica Estudio de Caso: Degradación del Acero ASTM A36 Sometido al Fenómeno de

- Termofluencia. *European Scientific Journal*, 13(6), 173-189. doi: <http://dx.doi.org/10.19044/esj.2017.v13n6p173>
5. Carrera, G., Cabrera, J., Medina, C., Tapia, I., Guamán, D., & Paredes, V. (2019). Evaluación de Riesgos Laborales y Propuesta de un Plan de Prevención de Riesgos y Emergencias en Centros de Salud Pública (CSP). *European Scientific Journal*, 15(18), 216-237. doi: <http://dx.doi.org/10.19044/esj.2019.v15n18p216>
 6. Dana, N., & Yendol-Hoppey, D. (2016). *The PLC Book*. U.S.A.: SAGE Publications LTD.
 7. Hermosillo, S. (2019). *Sistema Flexible de Control Basado en Controlador Lógico Programable*. Maestría, Tecnológico Nacional de México, Chihuahua, México. Retrieved from http://depi.itchiihuahua.edu.mx/repositorio_tesis_mmt/GEN2016_2_GR012019_HERMOSILLO_RODRIGUEZ_SILVIA_ALEJANDRA.pdf
 8. Hoffer, J., George, J., & Valacich, J. (2011). *Modern Systems Analysis and Design* (7th Edition ed.): Prentice Hall / Pearson Education.
 9. Laudon, K., & Laudon, J. (2012). *Sistemas de Información Gerencial. Décimosegunda edición*. Mexico, D.F.: Pearson Educación.
 10. Mandado, E., Acevedo, J., Fernández, C., & Armesto, J. (2009). *Autómatas Programables y Sistemas de Automatización* (Segunda Edición ed.). España: Marcombo, S.A.
 11. McLeod, R., & Schell, G. (2001). *Management Information Systems*: Prentice Hall.
 12. Orna, J., Balseca, O., Caicedo, J., Mayorga, D., Viteri, E., & Verdugo, C. (2017). Análisis y Diseño de una Aeronave no Tripulada para uso Agrícola. *European Scientific Journal*, 13(6), 135-156. doi: <http://dx.doi.org/10.19044/esj.2017.v13n6p135>
 13. Ozz, E. (2017). *Administración de los Sistemas de Información* (7a. Edición ed.). México: Cengage Learning.
 14. Paredes, L., Cepeda, R., Mayorga, D., Viteri, E., Barsallo, S., & Paredes, V. (2019). Estudio de Factibilidad Económica de Medidas de Control de Riesgos Laborales: Área de Lavandería "Hospital Alfredo Noboa Montenegro"-Guaranda. *European Scientific Journal*, 15(13), 74-94. doi: <http://dx.doi.org/10.19044/esj.2019.v15n13p74>
 15. Pressman, R. (2010). *Ingeniería del Software. Un enfoque práctico* (Vol. 7a. Edición). México, D.F.: McGraw-Hill.
 16. RockwellAutomation. (2021). Rockwell Automation Retrieved 15/01/2021, 2021, from <https://www.rockwellautomation.com/en-us/products/hardware/allen-bradley.html>
 17. Rowley, C. (2021). Automation Retrieved 15/01/2021, 2021, from <https://www.rowleycompany.com/drapery-fan-folding-device>

18. Silberschatz, A., Korth, H., & Sudarshan, S. (2002). *Fundamentos de Bases de Datos*. Madrid, España: McGraw-Hill Inc.
19. Thomas, M., & McDonalds, J. (2015). *Power System SCADA and Smart Grids*. U.S.A.: CRC Press Taylor and Francis Group.
20. Tobar, J., Frías, G., Romero, D., & Barrientos, M. (2019). Análisis de la Gestión de las Tecnologías de la Información (TI) dentro del Plan Estratégico Empresarial del Grupo Intercom. *European Scientific Journal*, 15(22), 150-164. doi: <http://dx.doi.org/10.19044/esj.2019.v15n22p150>
21. Tocci, R., & Widmer, N. (2003). *Sistemas Digitales Principios y Aplicaciones*. México: Pearson Educación.
22. Yasaca, S., Hidalgo, I., Rodríguez, M., Ceballos, K., Latorre, N., & Hernández, S. (2019). Análisis Comparativo de las Bibliotecas Virtuales Científicas de la Salud en los Estudiantes Universitarios. *European Scientific Journal*, 15(13), 360-373. doi: <http://dx.doi.org/10.19044/esj.2019.v15n13p360>
23. Zhang, Y., Wang, L., Xiang, Y., & Ten, C. (2015). Power System Reliability Evaluation With SCADA Cybersecurity Considerations. *IEEE Transactions on Smart Grid*, 6(4), 1707-1721. doi: 10.1109/TSG.2015.2396994

Characterization Analysis of Textured and Diffused Monocrystalline Silicon Wafer

Asrafusjaman Rubel

M. A. Kabir

Masud Rana

Ariful Islam

Md. Shawkut Ali Khan

Department of Mechanical Engineering, City University, Bangladesh

[Doi:10.19044/esj.2021.v17n17p125](https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n17p125)

Submitted: 28 December 2020

Accepted: 23 March 2021

Published: 31 May 2021

Copyright 2021 Author(s)

Under Creative Commons BY-NC-ND

4.0 OPEN ACCESS

Cite As:

Rubel A., Kabir M.A., Rana M., Islam A. & Ali Khan M.S. (2021). *Characterization Analysis of Textured and Diffused Monocrystalline Silicon Wafer*. European Scientific Journal, ESJ, 17(17), 125. <https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n17p125>

Abstract

This paper focuses on examining the characteristic analysis of the textured and diffused silicon wafer. Characterization performance of the textured and diffused wafer using surface reflection method, sheet resistance method, SEM, and surface photovoltage method is examined. From the SRM result, it is observed that the reflection of the textured wafer is lower than the raw wafer. This means that the textured wafer forms the pyramid structure, which was measured by SEM. Sheet resistance measures the resistivity of the raw wafer and after phosphorous diffusion into the p-type silicon, the wafer are 2.3 Ω -cm and 0.80 Ω -cm respectively. From the sheet resistance results, it is observed that the phosphorus doping is properly done. The Surface Photovoltage (SPV) result shows that minority carrier diffusion length and lifetime for a solar cell is 86.4 μ m and 2.8 μ sec respectively.

Keywords: Characterization, monocrystalline silicon solar cell, surface texturing, phosphorus diffusion

Introduction

Monocrystalline PV cells belong to the first generation, which is also popular and one of the oldest technologies of PV cells. These are made from a single crystal ingot of highly pure molten silicon usually crystalline silicon (c-Si). These PV cells were developed in the 1950s as first generation solar cells. Monocrystalline PV cells use wafers, of about 0.3mm thick, sawn from a Si ingot of single crystal silicon made by using Czochralski process that was discovered in 1916. It is a method of crystal growth used to obtain single crystals of semiconductors, metals, and salts with the most important application in the growth of large cylindrical ingots of single-crystal silicon. Thus, monocrystalline cells are more expensive to manufacture (Salahuddin, 2017).

In the photovoltaic industry, crystalline silicon solar cells have more than 85% of the market share of all solar cells. Compared to multi-crystalline silicon (mc-Si) with about 45% of the market share, monocrystalline silicon ingot wafers are more expensive and are extensively used in solar-cell fabrication due to their good crystalline quality for high conversion efficiency. However, mc-Si wafers are considered as the most promising material type capable of achieving low-cost solar-cell manufactures (Muller et al., 2011; Elghitani & Martinuzzi, 1989; Chen, 2001; Narayanan & Wohlgemuth, 1994). In the past, reducing cost and getting high efficacy was possible by using thickness such as optical reflectance, thermal expansion (diffusion process), and the process of Si wafer (Suhaila, 2013).

In this study, the optical reflectance reduced by texturing process which was used in alkaline-based chemical solution (KOH), while diffusion process was used in liquid phosphorus Oxychloride (POCl_3). This formed an n-type emitter to the p-type wafer. The performance of the textured and diffused wafer is measured by characterization analysis. This study mainly discusses the characterization analysis of the textured and diffused wafer.

Experimental Work

The fabrication process of silicon solar cell starts with a p-type monocrystalline silicon wafer with a square shape that is $150 \times 150 \text{mm}^2$ in size and $200 \mu\text{m}$ in thickness. Silicon wafers are cut with a saw, which leaves dust, lubricate oil, etc. on the wafers. For this reason, Si wafers require cleaning.

The cleaning process was done in two stages. In the first stage, a chemical solution of sodium hydroxide and DI water ($\text{NaOH} : \text{H}_2\text{O}$) at 1gm was used. Thereafter, 10ml respective volume ratio at the temperature of 70°C was used for 10 minutes in order to remove the organic contaminants from Si wafer. In the next stage, a solution of $\text{HF} : \text{H}_2\text{O}$ at 1 ml: 50ml respective volume ratio was used in order to remove ionic contaminants and native oxide layer. After the cleaning process, texturing on the solar cell was done to reduce

reflection and enhance light absorption. The surface texturing required an alkaline-based chemical solution of KOH (Potassium Hydroxide): IPA (Isopropyl Alcohol): H₂O (DI-water) at 1 gram: 5ml: 125ml respective volume ratio at the temperature of 70 °C for 20 minutes. The next stage after the texturing process is the phosphorus diffusion process. Phosphorus diffusion process is the most important feature of a silicon cell, and it forms p-n junction. This diffusion furnace was used in a liquid Phosphorus Oxychloride (POCl₃) source for emitter formation at the temperature of 600 °C to 875 °C for 10 minutes.

Results and Discussions

Characterization methods were used to assist with the performance analysis of textured and diffused wafer in BAEC Laboratory. Textured wafer characterization analysis was carried out using Surface Reflectance Method (SRM) and Scanning Electron Microscope (SEM) methods, while diffused wafer characterization analysis was carried out by Sheet Resistance Measurement (Four Point Probe Measurement) and SPV (Surface Photo voltage).

Surface Reflectance Method

The reflectance measurement system is used to measure the surface reflection of planar Si wafer and textured Si wafer. Reflectance measurement is performed before the saw removal process, and this is followed by the texturing process. Finally, the results of these two were compared to the reflectance of a standard mirror. The lowest reflectance indicates the best texturing regarding its ability to absorb more lights. Measurement system is based on a mini monochromator driven with a stepper motor to vary wavelengths in the ~ 400-1200-nm spectral range.

In Figure 1, it is observed that the maximum surface reflectance of raw silicon wafer at the wavelength of 1,000nm is 3.5391465 mv and the same wavelength of the maximum texturing reflectance of the silicon wafer is 1.7659784mv. The difference between the maximum reflectance of the raw wafer and texturing wafer is 1.614222mv in the same range.

From the graph, it is also observed that the surface reflectance of texturing silicon wafer is significantly lower than the raw reflectance of silicon wafer. Reflectance is lower in texturing solar cell wafer with high efficiency of the solar cell.

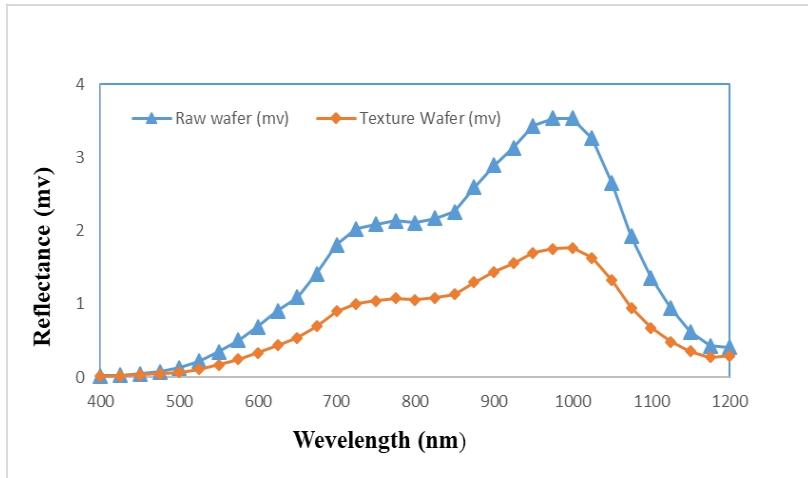


Figure 1. Reflectance of raw wafer and textured wafer for different periods of time as a function of wavelength

Scanning Electron Microscope (SEM)

The scanning electron microscope has been performed on the surface to study the surface morphology before cleaning and texturing process.

Effect of Cleaning Process

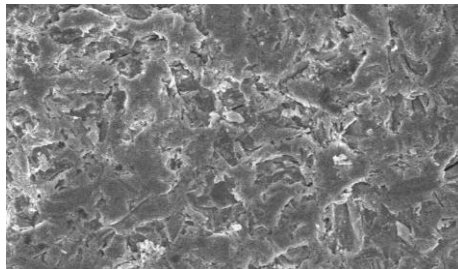
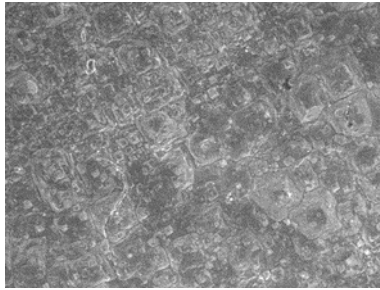


Figure 2. SEM microphotograph (5000 times magnification) of clean surface silicon wafer

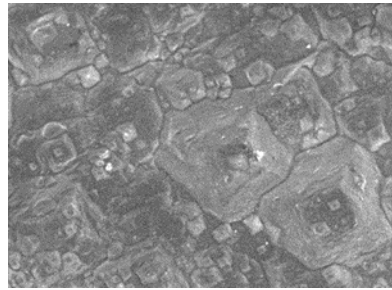
Figure 2 shows the Scanning Electron Microscope (SEM) image of the saw-damage surface silicon wafer, which is removed and cleaned.

Effect of Texturing of Silicon Wafer

The topography of the textured surface after drying in compressed air is investigated using scanning electron microscopes (SEM). Figure 3 shows the SEM image of the textured surface at different magnifications.



2000 times magnification



5000 times magnification

Figure 3. SEM microphotograph of textured surface wafer

From these images, it can be seen that alkaline texturing processes are pyramid-like structures that are formed on the surface of the silicon wafer. These structures can provide a foundation for the front surface light trapping. The results of light trapping are also verified using the surface reflectance data, which is shown in Figure 1.

Sheet Resistance Method

Sheet resistance of the silicon wafer was measured by a four point probe measurement system. The sheet resistance is important during the fabrication of monocrystalline silicon solar cell. Sheet resistance indicates whether diffusion of phosphorus is properly done or not.

In this study, the sheet resistance is measured using raw silicon wafer and after the phosphorus doping into the p-type silicon wafer. From the measurements, it is observed that the average sheet resistances for the raw wafer are $2.3 \Omega\text{-cm}$ which is within the limit of sheet resistance of $1 - 3 \Omega\text{-cm}$. The result indicates that the diffusion can take place in the fabricated wafer.

The average sheet resistances of the diffused wafer are $0.80 \Omega\text{-cm}$ which are compatible with the high efficiency solar cells. Recent studies have shown better results in terms of efficiency with the shallow emitter junction whose sheet resistance was within the range of $50\text{-}100 \Omega\text{/square}$ (Hilali, 2006; Yelundur, 2005). From the diffused wafer measurement, it is observed that the sheet resistance value at different locations is very close to each other. This indicates that the wafers are uniformly doped in the process. The sheet resistance results of diffused wafers show that monocrystalline silicon wafers are doped by phosphorous atoms properly and uniformly.

Surface Photovoltage Method

The surface photovoltage (SPV) is a method which determines the diffusion length of a minority carrier and lifetime of semiconductors, and the minority carriers defines the behavior of the p-n junction of a semiconductor. Figure 4 plots the SPV response from the front surfaces. The SPV technique

utilizes the change of the electrochemical potential in the space-charge region of a semiconductor during excess carrier generation due to illumination of the sample with light of the suitable wavelength and intensity (Stangl, 2009). In this study, the value of minority carrier diffusion length is shown using mini monochromator, which is driven with a stepper motor to vary wavelengths in ~400-1200 nm spectral range with flux (Φ) 10^{13} to 10^{14} $\text{cm}^{-2}\text{s}^{-1}$. It also uses a Stanford Research 510 lock-in amplifier. The reciprocal of the normalized surface (SPV) is plotted against the penetration depth of α^{-1} (α light absorption coefficient). According to Leong et al., the spectral dependence of the penetration depth is obtained by:

$$\alpha^{-1} = (83.18 \times 10^3 \lambda^{-1} - 74.87)^{-2}$$

and SPV^{-1} plotted against α^{-1} shows a linear trend whose negative intercept with α^{-1} axis. This gives the value of minority carrier diffusion length (L) (Castaldini, 2000).

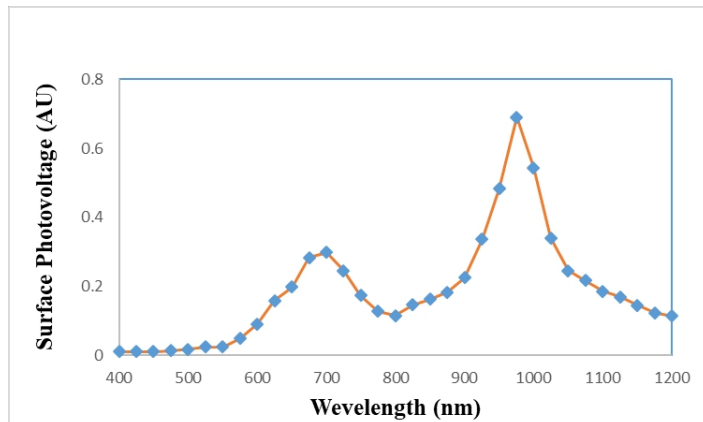


Figure 4. Surface photovoltage of diffused wafer for different periods of time as a function of wavelength

From Figure 4, the wavelength of 700nm to 750nm is smaller than the range of 975 nm to 1025nm. Within the range of 700nm to 750nm, the photons are absorbed in the emitter region. Electrons in the emitter region are a majority carrier and have low injection condition. The Fermi level of the electron does not change from the equilibrium position. Thus, no photo generated from the electron diffuses to the surface (Suhail, 2012).

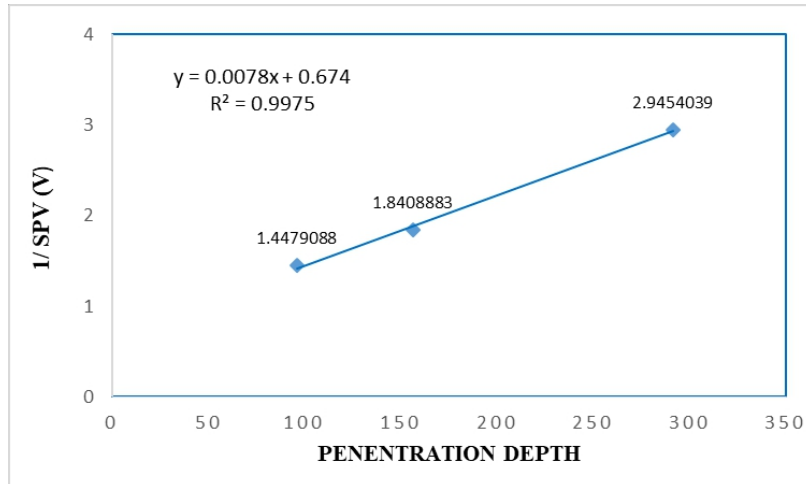


Figure 5. Reciprocal of the normalized SPV⁻¹ plotted against Penetration depth (α^{-1})

In the wavelength between 975nm and 1025nm, photo generated electrons that are produced in the junction and in the base close to the junction will diffuse to the surface. The quality of the emitter is measured by the increase in the number of electrons reaching the surface. The number of electrons collected at the surface increases in a region of 975nm to 1025nm. Therefore, using the wavelength 975nm to 1025nm determines the minority carrier diffusion length and lifetime. In Figure 4 and 5, the value of L is determined by calculating the x value of y = 0. From the linear curve, the values of L are 86.4 μm and the minority carrier lifetime becomes 2.8 μsec , where the minority carrier diffusivity of silicon solar cell is $27\text{cm}^2\text{s}^{-1}$.

Conclusion

This paper focused on examining the characterization of texturing and the diffusion of monocrystalline Si wafers. Through characterization process, it was observed that the textured wafer formed a pyramid structure and the reflectance of the textured wafer at 1,000nm wavelength is 1.7659mV, which is smaller than 1.6142mV of the raw wafer. After diffusion with POCl_3 , N-type is formed on the P-type material and average sheet resistance of 0.80 $\Omega\text{-cm}$ is obtained. In SPV characterization, it is observed that the minority carrier diffusion length is 86.4 μm and the lifetime of the electrons of the solar cell is 2.8 μ second. Nonetheless, further investigation can be carried out in the future.

References:

1. Chen, J., Sekiguchi, T., Yang, D., Yin, F., Kido, K., & Tsurekawa, S. Phys. Rev. B 63, 115209 (2001)

2. Castaldini, A., Cavalcoli, D., Cavallini, A., & Rossi, M. (2000). *Surface photovoltage analysis of crystalline silicon for photovoltaic applications*. V. 72 P. (559–569) Y.
3. Elghitani, H. & Martinuzzi, S. (1989). *J. Appl. Phys.* 66, 1723
<http://www.ucep.gatech.edu/papers/21epvsec/2CV.5.54.pdf>. (Access September 2015)
4. Hilali, M. M., Nakayashiki, K., Ebong, A., & Rohatgi, A. (2006). *Prog. Photovolt: Res. Appl.*, V. 14, P. 135–144, Y.
https://www.academia.edu/6065192/Analysis_and_Simulation_of_Diffusion_Process_to_Improve_Efficiency_of_Silicon_Solar_Cell_for_Concentrator_Photovoltaic_Application. (Access September 2015)
<http://www.pveducation.org/pvcdrom/pn-junction/diffusion-length> (Access October 2015).
5. Iftiqar, S.M., Lee, Y., Ju, M., Balaji, N., Dhungel, S.K., & Yi, J. “*Fabrication of Crystalline Silicon Solar Cell with Emitter Diffusion, SiNx Surface Passivation and Screen Printing of Electrode*”, “*Photodiodes – From Fundamentals to Applications*”, ISBN 978-953-51-0895-5.
6. Leong, C.S., Amin, N., Sualiman, M.Y., Zaharim, A., Sopian, K. & Zaidi, S.H. “*Some Key Issues in the Processing and Fabrication of Higher Efficiencies Silicon Solar Cells*”, *Proceedings of the 3rd WSEAS International Conference on Renewable Energy Source*, pp.305.
7. Muller, H.J., Fuke, C., Krefßner-Kiel, D., & Würzner, S. (2011). *Energy Procedia* 3, 5
8. Narayanan, S. & Wohlgemuth, J. (1994). *Prog. Photovolt.* 9, 129
9. Salahuddin, Q. (2017). Chapter 2 - *Fundamentals of Standalone Photovoltaic Systems, Standalone Photovoltaic (PV) Systems for Disaster Relief and Remote Areas*, Pages 31-82, <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-803022-6.00002-2>
10. Suhaila, S., Cheow, S.L., Sulaiman, M.Y., Sopian, K., & Saleem, H.Z. (2013). *Fabrication and Characterization of Al-BSF Bifacial Solar Cell*. Conference Record of the IEEE Photovoltaic Specialists Conference. DOI: 10.1109/PVSC.2013.6745021
11. Stangl, R. (2009). “*Specific Characterization Method, Surface Photovoltage*”. *Silicon Photovoltaic*, pp.1-3
12. Suhail, S., Sulaiman, M.Y., Saleem, H.Z., & Sopian, K. (2012). *Surface passivation studies on n+pp+ Bifacial Solar Cell. International Journal of Photoenergy*. Volume 2012: Article ID 278764
13. Yelundur, V., Nakayashiki, K., Hilali, M., & Rohatgi, A. (2005). *Proceedings of IEEE Photovoltaic Specialists Conference*, P. 959-962, Y.

Étude comparative des peuplements ichtyologiques de l'Aire Marine Protégée de Joal-Fadiouth et des pêcheries des zones du pourtour non protégées à l'exploitation halieutique

Serigne Modou Sarr, PhD

Maître de Conférence-CAMES, Département Productions Forestières,
Institut Supérieur de Formation Agricole et Rurale (ISFAR),
Université Alioune Diop. Bambey, Sénégal

Mamadou Ndiaye, Doctorant

Conservateur des Parcs Nationaux, Direction des Aires Marines Protégées,
Ministère de l'Environnement et du Développement Durable, Sénégal

Alassane Thiam, PhD

Maître-Assistant, Unité de Formation et de Recherche (UFR) Sciences de
l'Ingénieur, Université Pr. Iba Der THIAM de Thiès, Sénégal

Fokina Mane

Ingénieur des travaux des eaux et forêt, Direction des Eaux et Forêts,
Ministère de l'Environnement et du Développement Durable, Sénégal

[Doi:10.19044/esj.2021.v17n17p133](https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n17p133)

Submitted: 31 March 2021

Accepted: 04 May 2021

Published: 31 May 2021

Copyright 2021 Author(s)

Under Creative Commons BY-NC-ND

4.0 OPEN ACCESS

Cite As:

Sarr S.R., Ndiaye M., Thiam A. & Mane F. (2021). *Étude comparative des peuplements ichtyologiques de l'Aire Marine Protégée de Joal-Fadiouth et des pêcheries des zones du pourtour non protégées à l'exploitation halieutique*. European Scientific Journal, ESJ, 17(17), 133. <https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n17p133>

Résumé

L'effondrement des stocks de poisson est dû à la surexploitation des peuplements ichtyologiques consécutifs aux mauvaises pratiques de pêche au Sénégal. Cette situation a amené les écologistes marins et les gestionnaires de l'environnement à réévaluer les méthodes traditionnelles de gestion des ressources halieutiques. Pour connaître la dynamique des peuplements ichtyologiques, nous avons mené une étude comparative des peuplements ichtyologiques de l'Aire Marine Protégée de Joal-Fadiouth et des pêcheries des zones non protégées à l'exploitation halieutique durant la saison froide 2015. Ainsi, l'exploitation des données de pêches expérimentales réalisées au

niveau de 16 stations dans les deux zones a permis de faire l'étude. L'analyse des paramètres environnementaux relevés sur chaque station montre que la zone de l'aire marine protégée est similaire à celle des zones non protégées à l'exploitation halieutique. Par conséquent, les éventuelles différences de peuplement ne s'expliquent pas par la variabilité des paramètres physico-chimiques. L'analyse de paramètres physico-chimiques, des indicateurs de biodiversité à savoir : la richesse spécifique, les indices de diversité de Shannon-Weaver et d'équitabilité Pielou ont permis de déterminer les caractéristiques environnementales, la composition et la nature des peuplements, d'évaluer l'impact des mesures de gestion des différentes zones.

Mots clés : Diversité, aire marine protégée, pêcheries, gestion

Comparative Study of the Ichthyological Populations of the Jaol-Fadiouth Marine Protected Area and the Fisheries of Areas not Protected from Fishing Exploitation

Serigne Modou Sarr, PhD

Maître de Conférence-CAMES, Département Productions Forestières,
Institut Supérieur de Formation Agricole et Rurale (ISFAR),
Université Alioune Diop. Bambey, Sénégal

Mamadou Ndiaye, Doctorant

Conservateur des Parcs Nationaux, Direction des Aires Marines Protégées,
Ministère de l'Environnement et du Développement Durable, Sénégal

Alassane Thiam, PhD

Maître-Assistant, Unité de Formation et de Recherche (UFR) Sciences de
l'Ingénieur, Université Pr. Iba Der THIAM de Thiès, Sénégal

Fokina Mane

Ingénieur des travaux des eaux et forêt, Direction des Eaux et Forêts,
Ministère de l'Environnement et du Développement Durable, Sénégal

Abstract

The collapse of fish stocks is due to the overexploitation of fish populations as a result of poor fishing practices in Senegal. This situation has led marine ecologists and environmental managers to re-evaluate traditional methods of managing fishery resources. In order to know the dynamics of the ichthyological populations, we conducted a comparative study of the ichthyological populations of the Jaol-Fadiouth Marine Protected Area and the fisheries of the areas not protected from fishing during the 2015 cold season. Thus, the exploitation of data from experimental fisheries carried out at 16

stations in the two areas allowed the study to be carried out. The analysis of the environmental parameters recorded at each station shows that the area of the marine protected area is similar to that of the areas not protected from fisheries exploitation. Therefore, any differences in population size cannot be explained by the variability of physico-chemical parameters. The analysis of physico-chemical parameters, biodiversity indicators such as species richness, the Shannon-Weaver diversity index and the Pielou equitability index allowed us to determine the environmental characteristics, the composition and the nature of the populations, and to evaluate the impact of the management measures of the different areas.

Keywords: Diversity, marine, protected, fisheries, management

Introduction

Au Sénégal, le secteur de la pêche représente 1,8% du Produit Intérieur Brut (PIB) (ANDS, 2015). En outre, elle emploie près de 20% de la population active, soit environ 600 000 personnes, et apporte plus de 75% des protéines animales consommées (Ba, 2000). A la lumière de ces études, il apparaît qu'un effondrement des stocks halieutiques aurait des conséquences sociales et économiques dramatiques pour le Sénégal. Or jusqu'à présent, les tentatives de l'administration des pêches et de leurs partenaires n'ont pas permis d'inverser la tendance à la diminution des ressources (ANDS, 2011). L'évaluation de la dynamique des peuplements ichthyologiques devient un défi important de nos jours au regard des problèmes liés aux changements climatiques, à la forte pression de l'exploitation ressources itchyofauniques, à la destruction des habitats par les mauvaises pratiques de pêche (Sarr, Thiaw et Mbengue, 2018). Ainsi les résultats du diagnostic de l'état des stocks ciblés sur le littoral sénégalais effectué en 2005 par la FAO-COPACE (Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture-Comité des pêches pour l'Atlantique Centre-Est) et ceux issus des travaux de l'ANSD (Agence Nationale de la Statistique et de la Démographie) en 2011 ont mis en évidence les caractéristiques de la crise des pêcheries sénégalaises. A cet effet, la protection et l'amélioration de la productivité des composantes ressources et habitats se posent avec beaucoup d'acuité (Hansen, 2010 ; Pauly et Froese, 2012). C'est pour répondre à cette situation et soucieux de la préservation de sa biodiversité que le gouvernement du Sénégal a manifesté la volonté politique de mettre en œuvre les recommandations du Congrès sur les parcs nationaux par la création d'aires marines protégées dont celle de Joal-Fadiouth) par décret 2004-1408 du 04 novembre 2004. Ce nouvel outil d'aménagement des pêcheries vient ainsi renforcer les dispositions de gestion des ressources marines et côtières qui remontent vers les années 1960. Cependant, depuis sa création, l'AMP de Joal- Fadiouth n'a pas eu à faire une étude comparative

des peuplements ichtyologiques avec ceux des pêcheries des zones non protégées à l'exploitation halieutique sur une saison hydro-climatique. C'est dans ce contexte que nous avons mené des travaux de recherches sur « étude comparative des peuplements ichtyologiques de l'Aire Marine Protégée de Joal-Fadiouth et des pêcheries des zones non protégées à l'exploitation halieutique durant la saison froide 2015 ». Ce travail a permis d'une part à mesurer les effets potentiels et l'efficacité de la gestion des ressources ichtyologiques de l'AMP comparée aux zones non protégées à l'exploitation halieutique. Il constitue un outil de gestion et d'informations pour l'état du Sénégal. L'objectif général de la recherche est d'évaluer l'efficacité de la gestion de l'AMP par une approche biologique (diversité spécifique de peuplement ichtyologique) comparées avec les pêcheries des zones non protégées à l'exploitation halieutique durant la saison hydro-climatique froide de l'année 2015. Les travaux ont permis de comparer plusieurs facteurs d'abord entre les paramètres physico-chimiques de l'AMP et des Zones Non Protégées à l'Exploitation Halieutique (ZNPEH), ensuite la composition, la nature des peuplements et les indicateurs bioécologiques des deux sites et enfin la distribution spatiale des espèces.

Matériel et méthode

Présentation de la zone d'étude

L'AMP **se situe dans la commune** de Joal-Fadiouth dans la région de Thiès au Sénégal (Figure 1).

Elle est située au cœur d'une zone où d'importants phénomènes d'upwelling se développent en saison froide et où les apports en matières organiques des fleuves Saloum et Gambie abondent notamment en saison des pluies (Roy, 2011). Pour la pêche l'année est découpée en quatre saisons. La saison froide (SF) correspondant à la période sèche et dure de novembre à mai. Cette période est caractérisée par des eaux de surfaces froides de 16 à 18°C et riches en sels nutritifs de l'ordre de 35,5 à 36‰. La transition saison froide-saison chaude (STFC) est la période de passage de la saison froide en saison chaude. Cette période est relativement courte et s'effectue entre mai et juin. Les eaux chaudes tropicales recouvrent progressivement les eaux froides. La saison chaude (SC) s'installe à partir de juillet-août, et est consécutive au retrait des alizés. Elle est marquée par une couche superficielle isotherme de 25° à 27°C et homogène, dont l'épaisseur varie entre 20 et 60 mètres et correspond à la saison des pluies. La transition saison chaude-saison froide (STCF) : Cette période (octobre-décembre) correspond au retrait des eaux chaudes et des précipitations mais également à l'installation des alizés (Sarr *et al*, 2018). La mise en place des alizés induisant l'upwelling côtier ou la dislocation de la thermocline sous l'effet des ondes internes pourraient en être la cause (Ba, 2017).

La zone protégée comprend les dépendances maritimes de la commune de Joal-Fadiouth, un bras de mer, ainsi, qu'un important réseau de mangroves (Tableau 2). La surveillance totale de la réserve est sous la responsabilité de la Direction des Aires Marines Communautaires Protégées (DAMCP) du Ministère de l'Environnement et du Développement Durable.

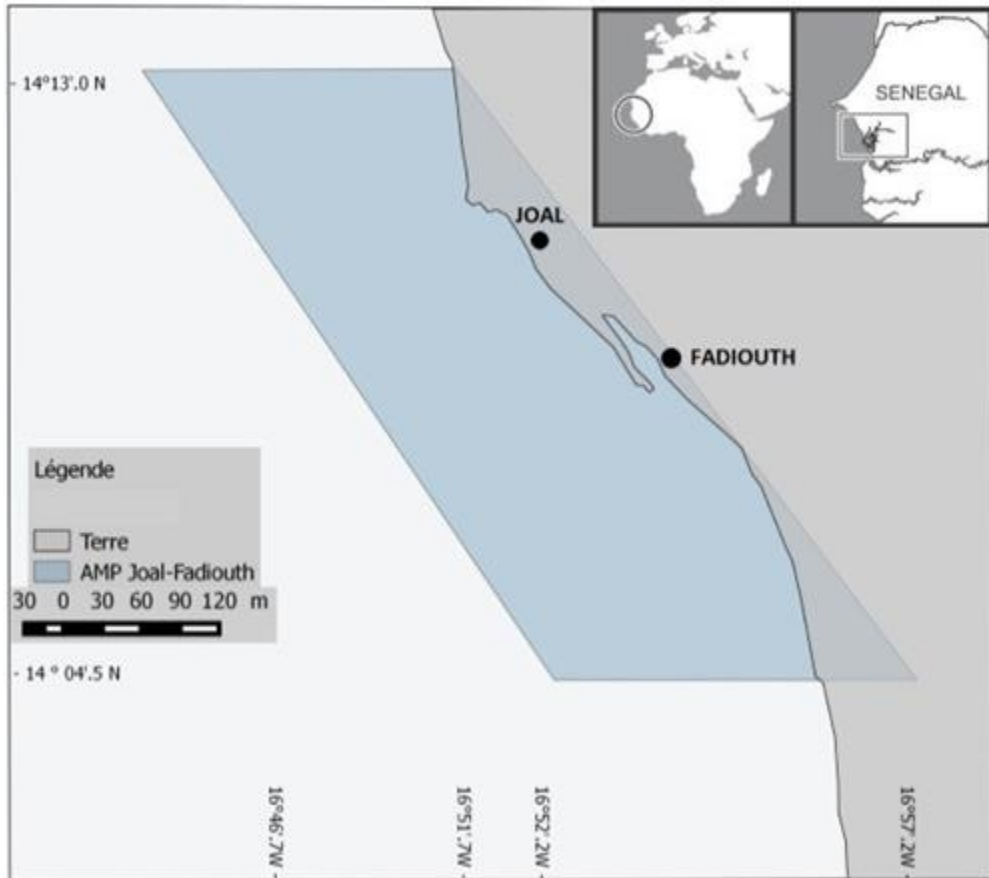


Figure 2 : Localisation de la commune de Joal-Fadiouth (AMP, 2005)

Tableau 1. Délimitation de l'AMP de Joal-Fadiouth

Zones de Relevés	Côte		Mer		Superficie (km ²)
	Latitude	Longitude	Latitude	Longitude	
Coordonnées					
1	14° 04'. 5 N	16°46'.7W	14 °04'.5 N	16°51'.7W	174
2	14° 13'.0 N	16° 52'.2 W	14°13'.0 N	16°57'.2W	

Matériel

Dans le cadre de cette étude, différents matériels ont été utilisés. Pour la mesure des paramètres physico-chimiques, le matériel utilisé est composé:

- une sonde multi-paramètres, YSI pour effectuer les mesures de la teneur en oxygène dissous et la température;
- un réfractomètre (de précision à 1 unité de salinité) pour la mesure de la salinité,
- un sondeur à main pour mesurer la profondeur des différentes zones ;
- un GPS Garmin pour prendre les coordonnées géographiques;
- un disque de Secchi à diamètre 10-15 cm pour mesurer la transparence;

Pour le suivi bioécologique un certain nombre de matériel a été également utilisé :

- un ichtyomètre pour les mensurations (longueur totale) ;
- une balance commerciale et une balance numérique pour peser respectivement les poissons et les gonades ;
- une fiche de pointage ;
- un guide d'entretien ;
- des bassines et des paniers pour contenir les poissons ;
- un appareil photo pour la prise de vues ;
- un filet (une senne tournante longueur 250m , hauteur de chute 24m et de maille 14mm de diamètre) pour capturer les poissons ;
- une pirogue motorisée comme moyen d'embarcation pour la navigation

Méthode

Méthodologie d'échantillonnage pour la collecte des données à l'intérieur et à l'extérieur de l'AMP pour la pêche expérimentale de la saison froide

Un plan d'échantillonnage aléatoire a été adopté pour la pêche expérimentale. Ainsi, au niveau de l'AMP de Joal-Fadiouth, sur les 40 carrés de 1 mile marin de côté 06 ont été tirés au hasard et sans remise. A l'intérieur de chacun de ces carrés, un coup de pêche est effectué sur une surface bien déterminée d'environ 0,5ha. Cette surface correspond au point de la station de pêche. En plus de ces 06 stations de pêche, 10 autres ont été rajoutées dont 03 dans la lagune de l'AMP contre 07 dans les zones non protégées à l'exploitation halieutique. Enfin, l'intérieur de l'AMP, s'est retrouvé avec 09 stations contre 07 dans les zones non protégées à l'exploitation halieutique (Figure 2). La distance entre chaque station située à l'extérieur et les limites de l'AMP est au minimum d'un kilomètre. Les différentes stations ont été fixées au cours de la campagne de pêche expérimentale.

Ce zonage écologique a été effectué avec la collaboration effective des communautés locales, des agents de la Direction de Pêche Maritime (DPM), de la Direction de Protection et de la Surveillance des Pêches (DPSP), de

l'AMP et du Centre de Recherche Océanographique Dakar-Thiaroye (CRODT).

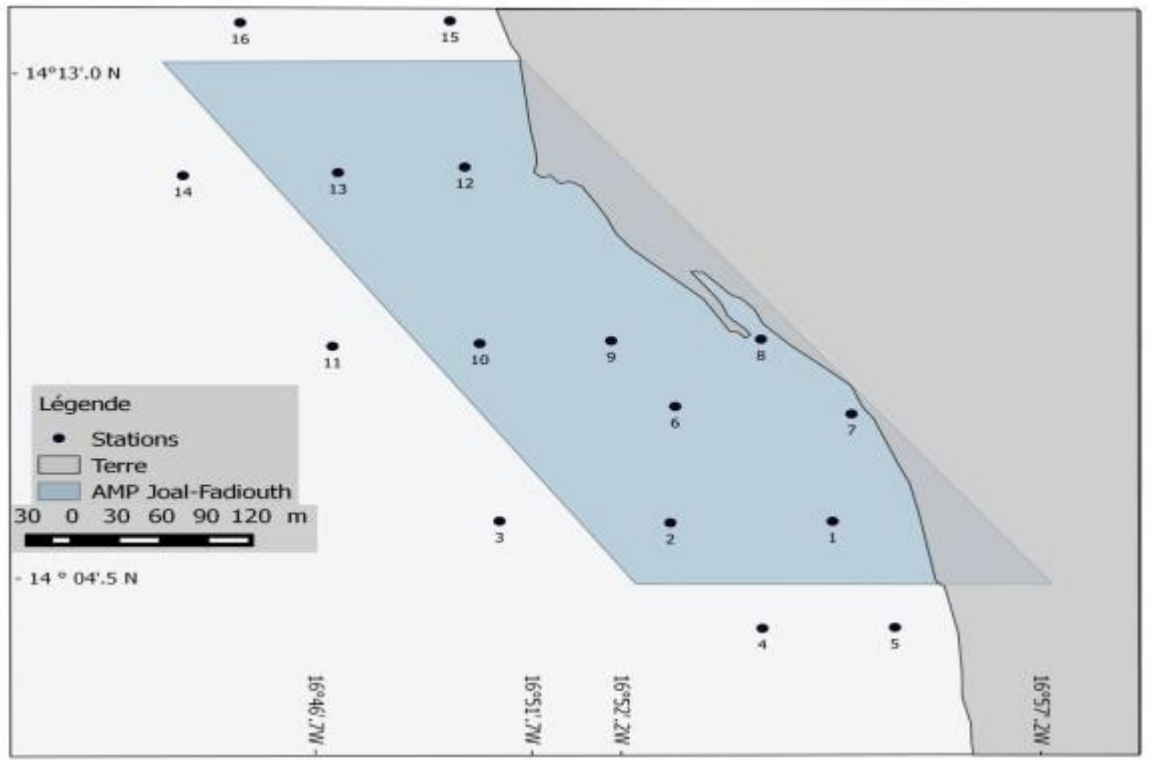


Figure 2 : Localisation des stations échantillonnées dans cette étude.

La senne tournante coulissante a été utilisée lors de la pêche expérimentale. Cette méthode permet d'une part une bonne reproductibilité de l'échantillonnage dans des milieux très variés et d'autre part, une récolte du matériel biologique en bon état (Simier *et al.*, 2004). L'engin a été utilisé sans recherche de banc de poisson, et avec, à chaque fois, la même équipe de pêcheurs et le même mode opératoire. La senne tournante coulissante permet de considérer un coup de pêche comme une unité d'effort stable, autorisant ainsi la comparaison directe entre les coups de pêche. D'une longueur totale de 250 m, d'une hauteur de chute de 24 m et des mailles de 14 mm, la senne tournante coulissante balaie une surface estimée à 0,5 ha par coup de pêche d'environ 25 minutes.

Les poissons récoltés sont triés par espèce, puis par individu de l'ensemble ou d'une fraction importante (30 individus au maximum) sont pesés (poids total frais, au gramme près) et mesurés au millimètre près. Ainsi, la longueur totale (Lt) est mesurée avec un ichtyomètre du point le plus en avant de la tête, bouche fermée, jusqu'à l'extrémité de la queue bien rabattue. Les poissons pesés sont éviscérés pour déterminer le sexe et le stade de

maturité sexuel. A l'exploitation des données, les espèces sont enfin groupées par catégorie écologique et par catégorie trophique respectivement selon la classification établie par *Albaret.*, (1999) et à partir des données de Fishbase et de la littérature.

Tableau 2. Guilde des catégories écologiques et trophiques

Code	Description
Catégories écologiques	
Es	Estuarienne strict
Em	Estuarienne marine
ME	Marine estuarienne
Ma	Marine accessoire
Mo	Marine occasionnel
Ms	Marine strict
Catégories trophiques	
he-de	Herbivore détritivore ou brouteur
he-ph	Herbivore à prédominance phytoplanctonophage ou microphytophage
p1-zo	Prédateur de premier niveau, zooplanctonophage dominante
p1-bt	Prédateur de premier niveau à prédominance benthophage (mollusques, coquillages, vers)
p1-mc	Prédateur de premier niveau macrophage ou généraliste (crustacés, insectes)
p2-ge	Prédateur de deuxième niveau généraliste (poissons, crevettes, crabes)
p2-pi	Prédateur de deuxième niveau à prédominance piscivore

Source : Albaret (1999)

Paramètres physico-chimiques

Pour apprécier les caractéristiques environnementales des sites, les paramètres suivants sont recueillis dans chaque station d'échantillonnage. Il s'agit de la température (°C), la concentration de l'oxygène dissous (%), la transparence (m) et la salinité en unité part per thousand (ppt) qui est la quantité en grammes de sels dissous dans un kg d'eau de mer. La température, l'oxygène dissous ainsi que la salinité, leurs mesures ont été prises à la surface de l'eau et à un niveau un peu plus profond.

Traitement et analyse des données

La saisie et le traitement des données ont été réalisés à partir des logiciels Excel, XLSTAT et PAST.

Analyse des données

Cette étude s'est portée au descripteur statistique (la richesse spécifique) et aux indicateurs synthétiques à savoir : les indices de diversité de Shannon-Weaver et d'équitabilité de Pielou. Enfin, l'analyse factorielle des correspondances (AFC) est utilisée pour décrire les peuplements de poissons et leur distribution entre les deux zones de l'étude (AMP et ZNPEH).

En plus, l'AFC a permis de définir les groupes d'espèces caractérisant chaque milieu.

Indice de diversité de Shannon-Weaver (Sh)

L'indice de diversité de Shannon-Weaver (H') permet de décrire la structure d'une communauté, sa composition en espèces. Elle varie généralement entre 0 (une seule espèce, ou bien une espèce dominant très largement toutes les autres) et 4,5 (diversité très forte). Un indice supérieur à 4,5 mène souvent à une perte de la stabilité de l'écosystème (Gobat et al. 2010). L'indice de diversité de Shannon (Sh) est faible lorsque les individus rencontrés appartiennent tous à une même espèce ou bien quand chaque espèce est représentée par un seul individu ; donc Sh est plus sensible aux espèces rares. Cependant, Sh est optimum quand les individus trouvés sont répartis sur plusieurs espèces, ce qui correspond à un peuplement stable, non soumis à l'action des facteurs abiotiques ou facteurs de pollution (Ndiaye, 2014).

$$H' = - \sum_{i=1}^s p_i \log_2 p_i$$

- H' : c'est l'indice de diversité de Shannon ;
- i : c'est une espèce ;
- p_i : C'est la proportion de l'espèce i par rapport au nombre total d'espèces (S) dans le milieu d'étude (ou richesse spécifique du milieu), qui se calcule de la façon suivante :
p(i) = ni / N ;
- ni : C'est le nombre d'individus pour l'espèce i ;
- N : C'est l'effectif total (les individus de toutes les espèces).

Autrement dit, l'indice de diversité de Shannon varie de 0 (une seule espèce, ou bien une espèce dominant très largement toutes les autres) à ln(S) (toutes les espèces ont la même abondance). Cependant, l'utilisation de l'indice de Shannon présente un inconvénient car les valeurs prises par H' dépendent à la fois de la richesse et de la répartition des effectifs entre les différentes espèces.

Indice d'équitabilité de Pielou

L'indice d'équitabilité de Pielou est le rapport entre la diversité spécifique observée (Sh) et la diversité maximale théorique (Sh_{max}) pouvant être obtenue avec le même nombre d'espèces (Frontier et Pichod-Viale, 1991). L'équitabilité de Pielou dérive de l'indice de diversité spécifique et consiste à comparer la diversité de Sh à sa valeur maximale.

$$J' = H'/H'_{max}$$

J' = indice d'équitabilité,

H'max = **log S** (S = nombre total d'espèces).

L'indice d'équitabilité permet de mesurer la répartition des individus au sein des espèces, indépendamment de la richesse spécifique mais permet également d'exprimer la dominance d'une espèce. Sa valeur varie de 0 (dominance d'une des espèces) à 1 (équi-répartition ou les espèces sont équi-fréquentes, donc leur abondance est identique) (Gray et al. 1990).

Distribution spatiale des espèces dans les sites

Le logiciel XLSTAT est utilisé pour analyser la répartition des espèces dans les deux sites. Cette étude de la répartition des espèces permettra de voir l'arrangement spatial et l'abondance des espèces dans les différents milieux.

Résultats

Etude comparative des paramètres physico-chimiques

Chaque coup de pêche est accompagné d'une description de l'environnement aquatique de la station correspondante : salinité en unité part per thousand (ppt), la température en degrés Celsius (°C), transparence en mètre (m) et l'oxygène dissous en mg/l. En complément, la profondeur à l'emplacement du coup de pêche est mesurée ainsi la nature du fond déterminée. Ces fonds sont : rocheux, gravillonneux, sablo-coquillers, sablo-vaseux-coquillers, sable. La salinité varie avec une moyenne de 35,27 ppt dans l'Aire Marine Protégée, alors que dans les zones non protégées à l'exploitation halieutique, elle est en moyenne de 34,78 ppt. La transparence est très peu variable (2,69m à l'aire marine protégée et 3,59m en zone hors de l'aire marine protégée) et la différence de l'écart type inter sites n'est pas significative (0,3m). La température dans l'aire marine protégée est avec une moyenne de 24,81°C contre 25,14°C dans les zones non protégées à l'exploitation. Cependant, on peut constater une baisse de température dans l'aire marine protégée dans les stations 6, 9 et 12. Compris en moyenne entre 90,65 % dans l'aire marine protégée et 105,87 % dans les zones non protégées à l'exploitation halieutique, le pourcentage de saturation en oxygène dissous a une différence d'écart type de 6,39 % (Tableau 3).

Tableau 3 : Paramètres physico-chimiques des deux sites.

Paramètres	Sites	Nombre observation	Moyenne	Ecart type moyen	Différence de l'écart
Salinité en (ppt)	AMP	09	35,27	0,58	± 1,35
	ZNPEH	07	34,78	1,93	
Transparence (m)	AMP	09	2,69	1,15	± 0,3
	ZNPEH	07	3,59	0,85	
Température (°C)	AMP	09	24,81	0,85	± 1,6
	ZNPEH	07	25,14	2,45	
Oxygène dissous (%)	AMP	09	90,65	16	± 6,39
	ZNPEH	07	105,87	9,61	
Profondeur (m)	AMP	09	3,36	1,54	± 0,3
	ZNPEH	07	5,2	1,84	

La figure 3, montre des variations des paramètres physico-chimiques des stations entre l'aire marine protégée et les zones non protégées à l'exploitation halieutique.

En résumé, il n'y a pas une différence significative des paramètres environnementaux qui puissent favoriser grandement la distribution des espèces dans une seule zone.

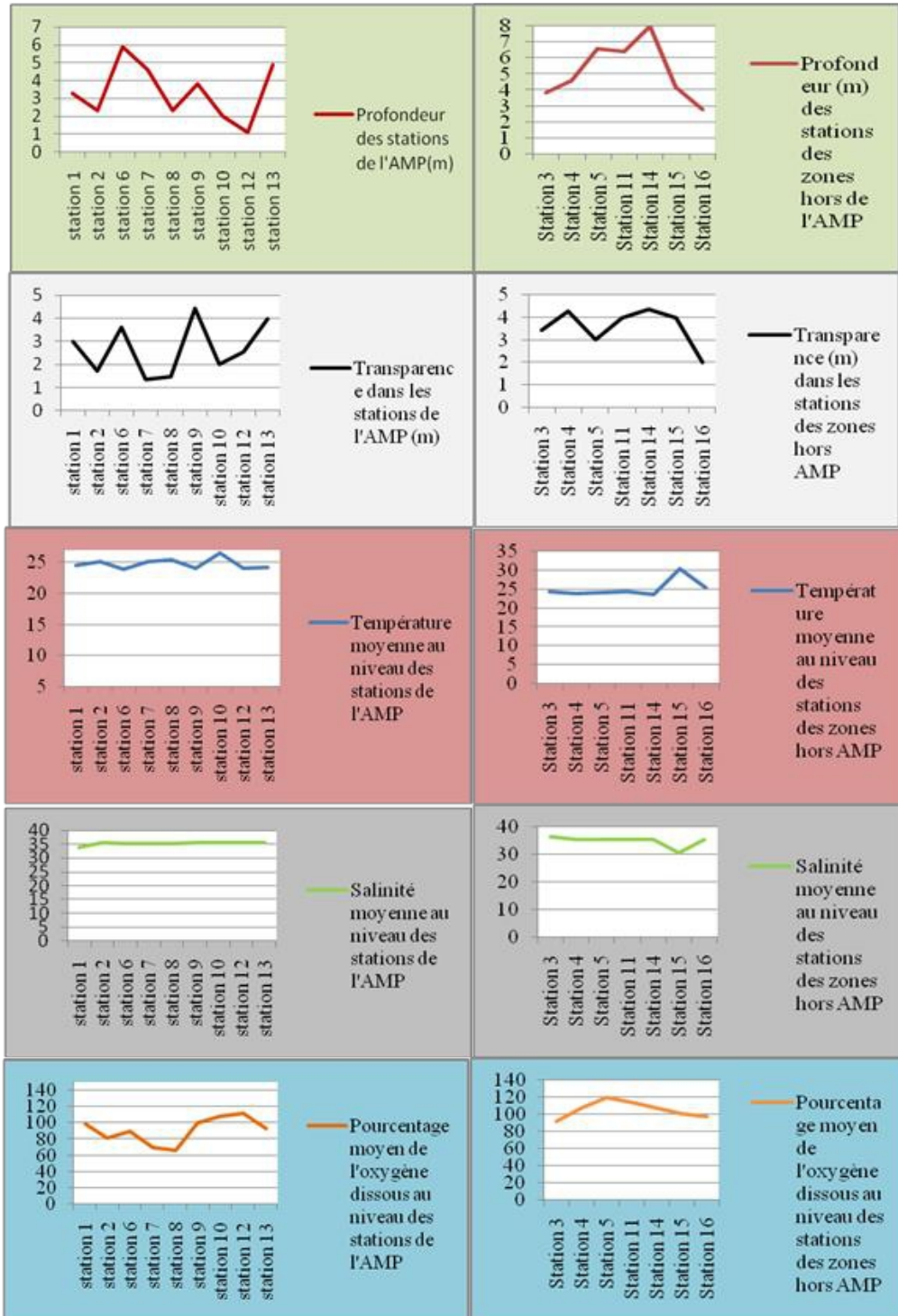
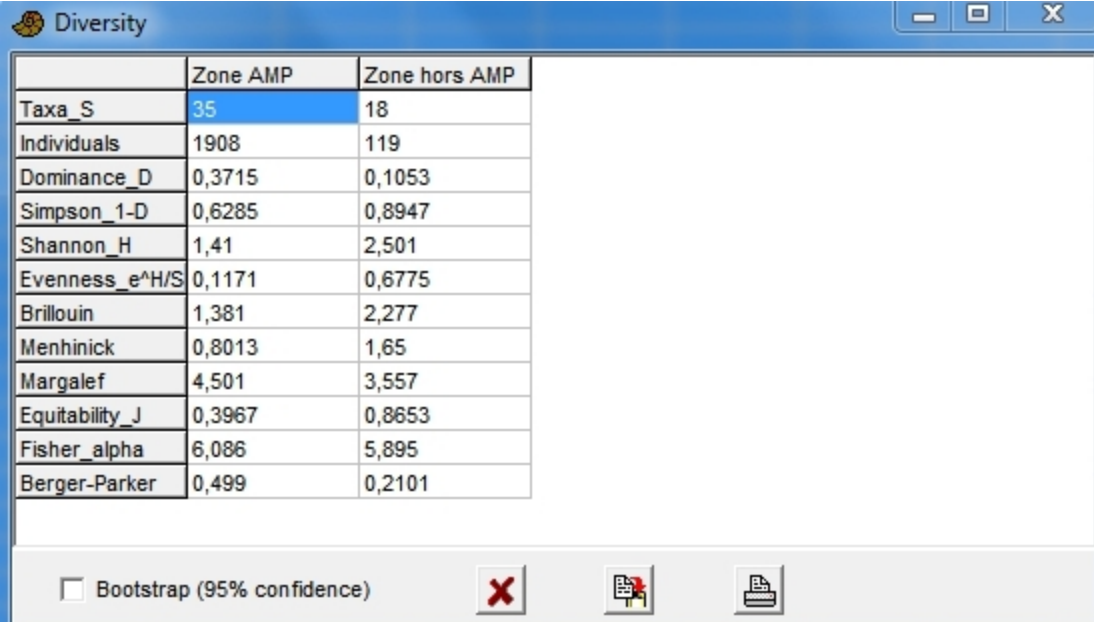


Figure 3 : Variations des paramètres physico-chimiques entre l'AMP et les ZNPEH.

Nous pouvons ainsi déduire que les paramètres environnementaux dans l'aire marine protégée sont similaires aux zones non protégées à l'exploitation halieutique. Par conséquent, les éventuelles différences de peuplements ne s'expliquent pas par la variabilité des paramètres physico-chimiques.

Présentation des indicateurs bioécologiques

Les indicateurs de biodiversité sont des paramètres de mesure indispensable pour suivre la dynamique de la diversité marine, côtière, agricole et sauvage. Ils fournissent ainsi des données nécessaires pour l'élaboration et l'évaluation des politiques de protection de la biodiversité (Tableau 4).



	Zone AMP	Zone hors AMP
Taxa_S	35	18
Individuals	1908	119
Dominance_D	0,3715	0,1053
Simpson_1-D	0,6285	0,8947
Shannon_H	1,41	2,501
Evenness_e^H/S	0,1171	0,6775
Brillouin	1,381	2,277
Menhinick	0,8013	1,65
Margalef	4,501	3,557
Equitability_J	0,3967	0,8653
Fisher_alpha	6,086	5,895
Berger-Parker	0,499	0,2101




Bootstrap (95% confidence)   

Tableau 4 : les indices de diversité des deux sites

Comparaison de richesse spécifique

Durant la période de la saison froide 2015 et pour l'ensemble des deux sites d'études, une campagne de pêche expérimentale a été réalisée avec 16 relevés hydrologiques et 16 coups de pêche. Regroupées en 24 familles, les 38 espèces de poissons dont 35 à l'aire marine protégée et 18 dans les zones non protégées à l'exploitation halieutique ont un effectif de 2027 individus. Parmi les 24 familles les mieux représentées dans l'aire marine protégée en nombre d'espèces dans l'AMP sont :

- ❖ Sparidae et les Haemulidae avec 04 espèces chacune soit 11,43 % respectivement ;

- ❖ Carangidae et les Tetraodontidae font chacune 3 espèces soit 8,57 % ;
- ❖ Cichlidae, Gerreidae, Mugilidae, Serranidae font chacune 02 espèces soit 5,71 %.

Les autres familles (16) font chacune 01 espèce soit 2,85 % (Figure 4).

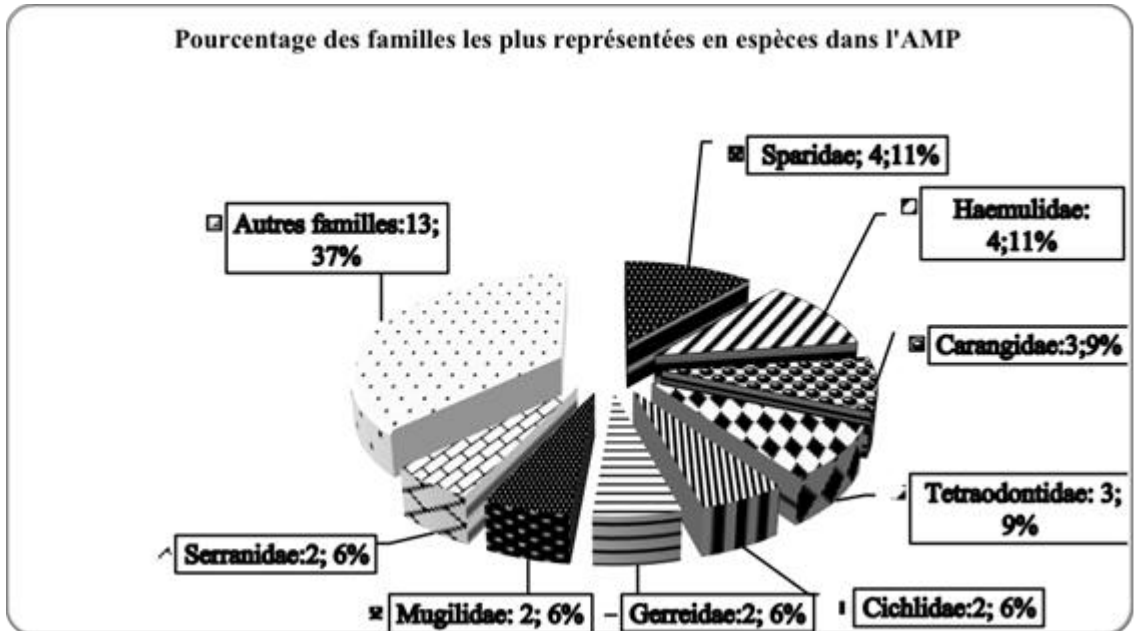


Figure 4 : Pourcentage des familles les plus représentées dans l'AMP

Par contre dans les zones non protégées à l'exploitation halieutique, les familles les mieux représentées parmi les 18 en nombre d'espèces sont :

Gerreidae, Sparidae, Tetraodontidae chacune 02 espèces soit 11, 11%. Le reste des 12 autres familles font chacune 01 espèce soit 5,56% de l'effectif total (Figure 5).

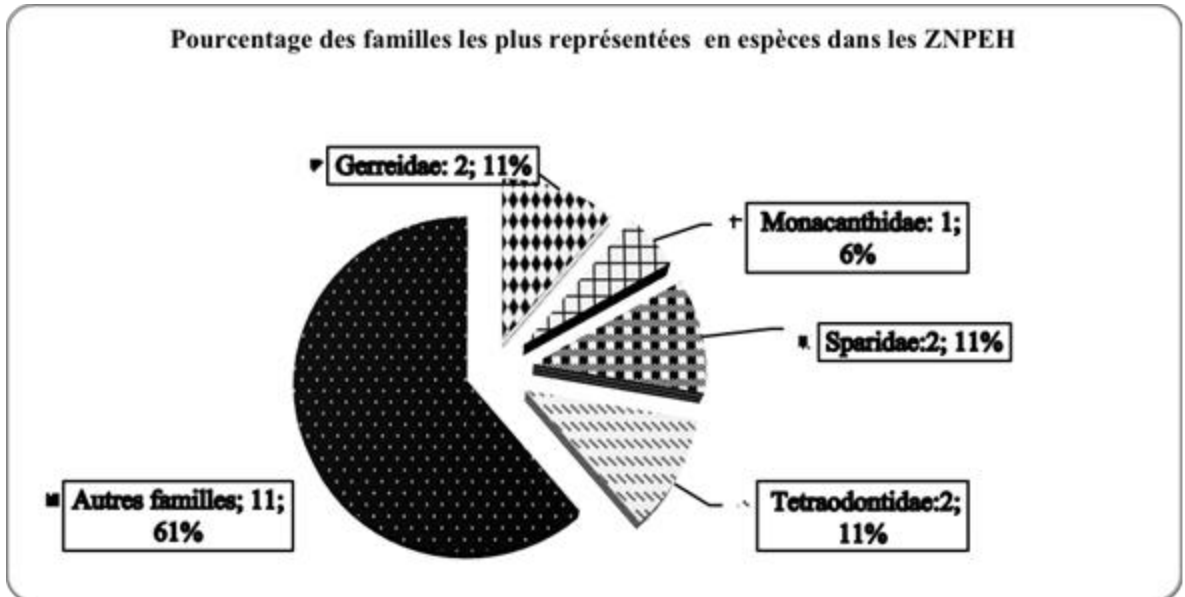


Figure 5 : Pourcentage des familles les plus représentées dans les ZNPEH

En effet, en comparant les deux sites, nous constatons que dans l'aire marine protégée les familles Sparidae et Haemulidae sont les plus représentées en nombre d'espèces (04) soit 10,53 %. Cependant, dans les zones non protégées à l'exploitation halieutique, ce sont les familles Gerreidae, Monacanthidae, Tetraodontidae qui sont les mieux représentées avec le même nombre d'espèces (02) soit 10,53 % respectivement.

La richesse spécifique totale des deux sites de l'étude est composée de 38 espèces dont 35 dans l'aire marine protégée contre 18 dans les zones non protégées à l'exploitation halieutique. Toutefois, 15 espèces soit 39,47 % de l'effectif total (38 espèces) sont communes aux deux zones. Cependant, les espèces les plus représentées en termes d'individus à l'AMP sont :

- *Eucinostomus melanopterus* 952 individus soit 50% de l'effectif total ;
- *Liza dumerilii* 660 individus soit 34,59%.

Les autres espèces sont moins représentées (Figure 6).

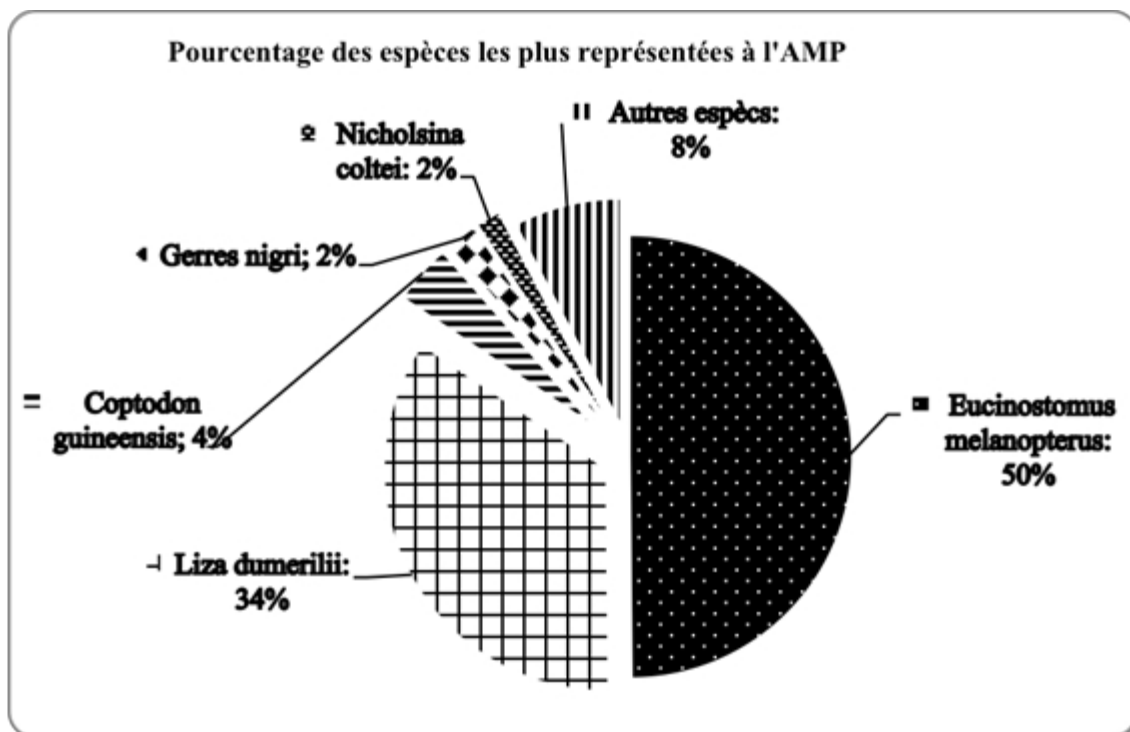


Figure 6: Pourcentage des espèces les plus représentées dans l'AMP

Ces espèces sont caractéristiques des estuaires, des lagunes et des eaux saumâtres ce qui correspond à la zone AMP.

Par contre dans les zones non protégées à l'exploitation halieutique, les 05 espèces (Figure 7) les plus représentées sont :

- *Nicholsina collettei* avec 25 individus soit 21 % ;
- *Pseudupenaeus prayensis* avec 15 individus soit 13 % ;
- *Stephanolepis hispidus* avec 15 individus soit 13 % ;
- *Hemiramphus brasiliensis* avec 11 individus soit 9,24 % ;
- *Sardinella maderensis* avec 09 individus soit 7,56 %.

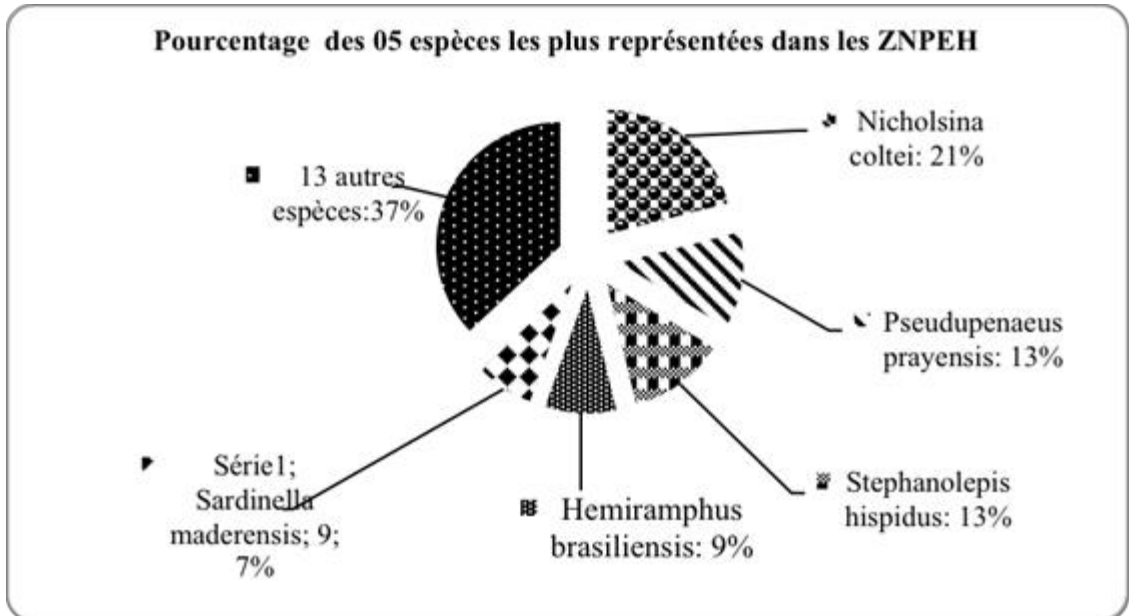


Figure 7: Pourcentage des espèces les plus représentées dans les ZNPEH

Collecte de données primaires sur le terrain

Les interviews semi-structurées de quelques acteurs locaux (le comité de gestion de l'AMP et le groupement des jeunes pêcheurs) en vue d'apprécier la diversité spécifique de la faune ichthyologique ont donné les résultats suivants :

- 37 espèces regroupées en 26 familles dans l'AMP ;
- 17 espèces regroupées dans 14 familles dans les ZNPEH.

La quasi-totalité des acteurs ont soutenu reconnaître l'importance de l'AMP qui pour eux constitue une zone de fraie et de nourricerie pour améliorer les ZNPEH. Ils sont tous conscient des textes et lois régissant les différentes zones. Cependant, pour l'AMP, les pêcheurs relèvent des difficultés liées à la reconnaissance des limites de l'AMP et de ses sous zones où il n'y a plus de balise (zone à pêche responsable et la zone totalement interdite à la pêche). L'éloignement entre les balises de délimitation de l'AMP constitue un réel problème pour les pêcheurs.

En résumé, les résultats de ces entretiens apparaissent comme suit :

Etude comparative des indicateurs synthétiques

L'analyse avec le logiciel Past a permis d'obtenir un tableau avec différents indices cependant nous nous focaliserons aux indicateurs synthétiques en l'occurrence l'indice de Shannon-Weaver et Pielou.

Indices de diversité de Shannon-Weaver comparés (Sh)

L'indice de diversité de Shannon-Weaver (Sh) nous permet de décrire la dynamique des peuplements ichtyologiques dans les deux sites (AMP et ZNPEH).

Ainsi, l'analyse de cet indicateur biologique avec le logiciel Past a permis d'avoir respectivement les valeurs 1,41 et 2,50 pour la faune ichtyologique de l'AMP de Joal-Fadiouth et celle de la zone non protégée contiguë. Une représentation qui témoigne d'une plus grande diversité du peuplement de poisson au niveau des deux zones. Du point de vue d'importance de la biodiversité, le plus grand nombre d'espèces de poissons rencontrées dans l'AMP est presque le double de la richesse spécifique de la zone non protégée à l'exploitation halieutique. En plus, les individus trouvés dans l'AMP sont répartis sur plusieurs espèces ce qui correspond à un peuplement stable, non soumis à l'action des facteurs abiotiques ou facteurs de pollution et ceci est confirmé par les résultats de *Ndiaye*, (2014).

Indices d'équitabilité de Pielou comparés

L'indice d'équitabilité de Pielou connaît des variations entre l'AMP (0,3967) et les zones non protégées à l'exploitation halieutique (0,8653). Ces résultats montrent qu'il y a une forte dominance de certaines espèces dans l'AMP comparée aux zones non protégées à l'exploitation halieutique où l'indice tend vers 1 (équirépartition ou les espèces sont équi-fréquentes, donc leur abondance est identique). Et, en se référant au tableau 5 et 6 (nombre d'individus à l'AMP et dans la zone hors AMP), nous remarquons bien à l'AMP, cette forte représentativité des espèces *E. melanopterus* (49,90%), *L. dumerilii* (34,59 %) alors que dans les ZNPEH ce sont les espèces *N. coltei* (21% de l'effectif total), *P. prayensis* et *S. hispidus* (12%) qui sont les plus abondantes. Cette différence entre les indices d'équitabilité de Pielou dans l'AMP et dans les zones non protégées à l'exploitation halieutique, s'explique par une plus grande abondance de stock d'espèces dans la réserve protégée.

Etude comparative de la nature des peuplements entre les deux sites

Au niveau de l'AMP et dans les zones non protégées à l'exploitation halieutique, les différentes catégories écologiques sont identifiées en fonction de l'affinité marine ou continentale des espèces. Enfin, les catégories trophiques sont également identifiées suivant le régime alimentaire des espèces.

Catégories écologiques dans l'AMP

Le peuplement observé dans l'AMP est composé de 24 familles avec 35 espèces appartenant à 05 des 08 catégories écologiques définies par *Albaret* (1999), à savoir les espèces Marines occasionnelles (**Mo**) avec 10 espèces soit

28,57%, les Marines d'origine estuarienne (**Me**) également avec 10 espèces soit 28,57%, les Estuariennes d'origine marine (**Em**) sont 06 espèces soit 17,14%, les marines accessoires (**Ma**) avec 05 espèces soit 14,29% et les Estuariennes strictes (**Es**) avec 04 espèces soit 11,43% (Tableau 5).

Tableau 5 : Catégories écologiques à l'AMP

Nombre d'espèces	Catégories écologiques	Pourcentage (%)
10	Mo	28,57
10	Me	28,57
6	Em	17,14
5	Ma	14,29
4	Es	11,43

Le peuplement de base de l'AMP est constitué par les espèces Mo et Me qui représentent chacun 29%, soit 58% des catégories écologiques

Catégories écologiques dans les ZNPEH

Dans les zones non protégées à l'exploitation halieutique, le peuplement observé est composé de 15 familles avec 18 espèces appartenant à 5 catégories écologiques, à savoir les espèces Marines occasionnelles (**Mo**) avec 08 espèces soit 44,44% , les Marines d'origine estuarienne (**Me**) avec 02 espèces soit 11,11% , les estuariennes d'origine marine (**Em**) avec 03 espèces soit 16,67% , les marines accessoires (**Ma**) avec 04 espèces soit 22,22 et les Estuariennes strictes (**Es**) avec 01 espèces soit 5,56% (Tableau 6).

Tableau 6 : Les catégories écologiques au niveau des ZNPEH

Nombre d'espèces	Catégories écologiques	Pourcentage (%)
8	Mo	44,44
2	Me	11,11
3	Em	16,67
4	Ma	22,22
1	Es	5,56

Comme dans l'AMP, les espèces Mo sont les plus représentées, avec 44,4% et aussi les espèces Es sont les moins représentées (5,5%).

Analyse comparée des catégories écologiques des deux sites

En termes de caractéristiques écologiques, le peuplement de poissons de l'AMP et de la zone hors AMP est dominé par les espèces Mo et Me avec respectivement 28,57% et 44,44% ensuite 28,57% et 11,11%.

Catégories trophiques au niveau de l'AMP

En fonction de leur régime alimentaire, les espèces sont groupées en catégories trophiques comme l'indique le tableau 7.

Tableau 7 : Pourcentage des catégories trophiques à l'AMP.

Nombre d'espèces	Catégories trophiques	Pourcentage (%)
1	p1-zo	2,86
4	p2-pi	11,43
4	he-de	11,43
8	p2-ge	22,86
4	p1-mc	11,43
13	p1-bt	37,14
1	he-ph	2,86

Avec le tableau 8, nous constatons que les p1-bt sont les plus présents avec 37% suivi par les p2-ge avec 23%. Au niveau de la zone non protégée hors AMP, c'est aussi pratiquement le même cas de figure qui se présente. Comme le montrent le tableau 8 et la figure 6, 37,14% des espèces appartiennent à la catégorie des prédateurs de premier niveau à prédominance benthophage, mollusques (p1-bt), vers et 23 % représente la catégorie trophique des prédateurs de deuxième niveau à prédominance piscivore p2-ge).

Tableau 8: Pourcentage des catégories trophiques dans les ZNPEH

Nombre d'espèces	Catégories trophiques	Pourcentage (%)
1	p1-zo	5,56
3	p2-pi	16,67
1	he-de	5,56
3	p2-ge	16,67
4	p1-mc	22,22
6	p1-bt	33,33

Nous constatons que les p1-bt et les p1-mc sont les plus représentatives avec respectivement 33% et 22% (Tableau 8).

Analyse comparée des catégories trophiques des deux sites.

Nous constatons que dans les deux milieux, les espèces de la catégorie trophique p1-bt sont les plus représentatives avec 37,14% à l'AMP et 33,33% dans les ZNPEH

Le logiciel XLSTAT a permis de faire quelques études comme l'Analyse Factoriel des Correspondances et le test de Khi deux.

Analyse factorielle des correspondances

L'analyse de la répartition des espèces dans un plan à deux axes F1-F2 permet de constater que les peuplements des deux différentes zones sont répartis inégalement, mais avec une forte concentration dans l'AMP. Ainsi, nous pouvons constater que 23 espèces (*Eucinostomus melanopterus*, *Liza dumerilii*, *Coptodon guineensis* etc.) soit 60,52% de l'effectif total sont plus

présentes dans l'AMP que dans les zones non protégées à l'exploitation halieutique où on peut voir 06 espèces (*Scorpaena stephanica*, *Trachinocephalus myops*, *Sardinella maderensis* etc.) soit 15,78%. On peut également constater 09 espèces (*Nicholsina coltei*, *Ephippion guttifer*, *Pseudupenaues prayensis* etc.) réparties de manière assez similaire entre l'AMP et les zones non protégées à l'exploitation halieutique (Figure 8).

Au regard de la configuration de la répartition des espèces au niveau des deux zones, on constate que plus de la moitié des espèces rencontrées ont une affinité beaucoup plus forte dans l'AMP que dans les zones non protégées à l'exploitation halieutique.

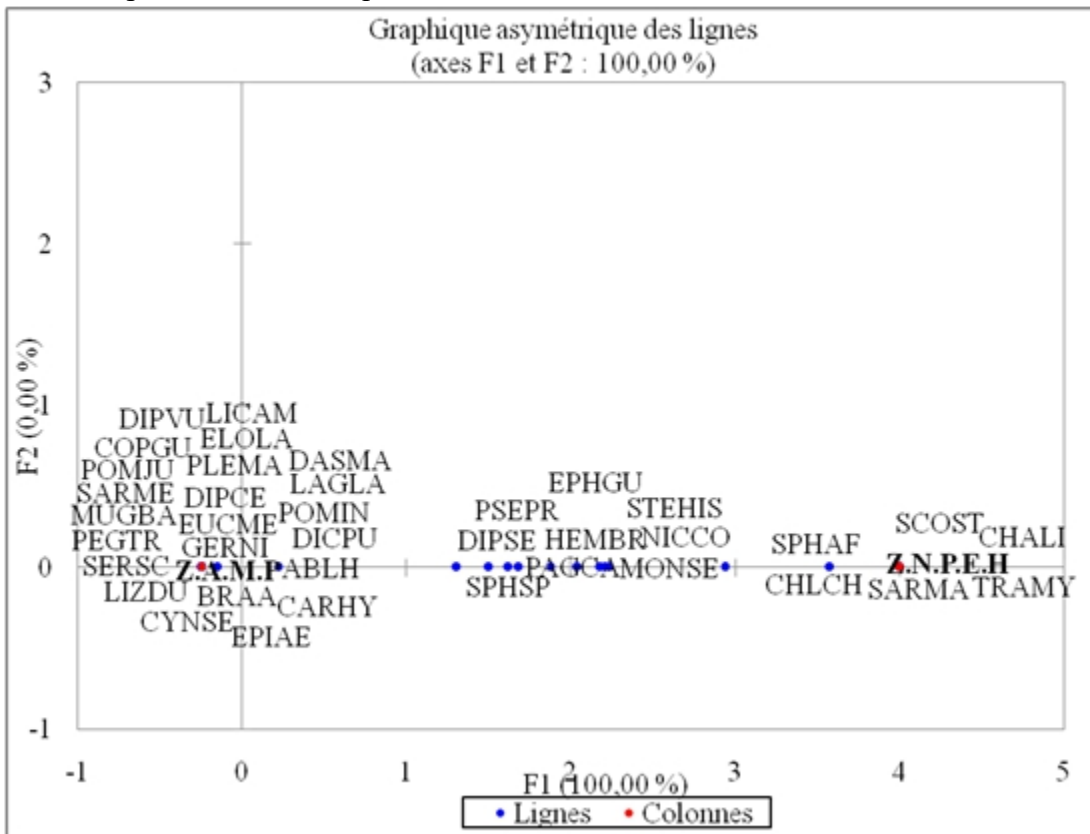


Figure 8 : Distribution des espèces dans l'AMP et dans les ZNPEH

Le test de Khi-deux

Le test de Khi-deux est utilisé pour tester l'hypothèse nulle d'absence de relation entre deux variables catégorielles. On peut également dire que ce test vérifie l'hypothèse d'indépendance de ces variables.

Ainsi avec le test de Khi-deux d'indépendance entre les lignes et les colonnes montre que :

Nous avons les hypothèses :

H₀ : les lignes et les colonnes sont indépendantes alors les individus des deux zones sont différents.

H_a : Il existe un lien entre les lignes et les colonnes du tableau c'est-à-dire les individus des deux zones sont identiques et que toute différence observée est due à une variation aléatoire.

Etant donné que la p-value calculée est inférieure au niveau de signification $\alpha=0,05$, on doit rejeter l'hypothèse nulle H₀, et retenir l'hypothèse alternative H_a.

Le risque de rejeter l'hypothèse nulle H₀ alors qu'elle est vraie est inférieur à 0,01% (Tableau 9).

En résumé, nous pouvons déduire que les 02 variables (individus AMP et ZNPEH) sont identiques car il n'existe pas une différence significative car le seuil de risque 5% est supérieur au p-value qui est égale à 0,0001

Tableau 9: Test de Khi-deux d'indépendance entre les zones

Khi ² (Valeur observée)	1017,490
Khi ² (Valeur critique)	52,192
DDL	37
p-value	< 0,0001
Alpha	0,05

Discussions

L'objectif de cette étude est d'évaluer l'efficacité de la gestion de l'AMP par une approche biologique (diversité spécifique de peuplement ichtyologique) comparée avec les zones non protégées à l'exploitation halieutique durant la saison hydro-climatique froide 2015.

Ainsi, avant toute comparaison de ces peuplements, il est nécessaire, dans un premier temps, de vérifier que les conditions hydro-climatiques subies par ces peuplements sont de même ordre pour éliminer un éventuel effet de certaines variables de l'environnement.

Ensuite nous avons abordé la composition et la nature du peuplement ;

Enfin la comparaison des indicateurs synthétiques (Shannon et Pielou) des deux milieux est faite pour déterminer la répartition spatiale des espèces dans les deux zones.

Paramètres physico-chimiques

Les résultats des paramètres environnementaux : température (24,81°C dans l'AMP et 25,14°C dans les ZNPEH), oxygène dissous (90, 65% dans l'AMP et 105,87 % dans les ZNPEH) et la salinité (comprise entre 35,27 ppt dans l'AMP et 34, 78 ppt dans les ZNPEH) sont comparables à ceux trouvés par Mbengue (2016) lors de l'état de référence de l'AMP de Joal-Fadiouth.

De même, *Thiam et al.*, (2012) ont aussi obtenu les mêmes résultats au niveau des zones potentielles pour l'implantation de récifs artificiels à Ngaparou (Petite Côte du Sénégal).

D'après *Diouf*, (1996), les gammes de températures (24°C – 31°C), d'oxygène (65% – 121%) et de salinité (29 Practical Salinity Unit – 36 PSU) obtenues sont optimales pour la survie de diverses espèces de poissons vivant dans les zones marines et estuariennes d'Afrique de l'Ouest. Egalement, d'après *Morris*, (2006), la structure spatiale du peuplement peut être influencée par des paramètres tels que la température, la salinité ou l'oxygène. Or, l'analyse des données environnementales dans l'AMP et dans les ZNPEH montre une différence non significative.

Nous pouvons ainsi déduire que les paramètres environnementaux dans l'aire marine protégée sont similaires aux zones non protégées à l'exploitation halieutique. Les éventuelles différences de peuplements ne s'expliquent pas par la variabilité des paramètres physico-chimiques.

Ainsi, l'AMP et les ZNPEH peuvent être considérés comme des milieux homogènes du point de vue environnement. Cependant seuls la saisonnalité, les phénomènes de changements climatiques et les actions anthropiques pourraient influencer la baisse de la biodiversité ichthyologique des deux sites.

Nature et composition des peuplements des milieux

Les espèces inventoriées dans l'AMP et dans les ZNPEH pendant la période froide 2015 ont une forte affinité marine (Mo, ME, Ma, Em, Es). Cependant l'absence des espèces à affinité continentale peut s'expliquer par l'utilisation des sennes de plage qui sont des engins très destructeurs des habitats des poissons côtiers, les nurseries et les aires de recrutement (*Hounsounou et Zacharie*, 2014). La présence des espèces qui se reproduisent essentiellement en milieu estuarien (Es) est relativement faible. En effet, en saison sèche, l'évaporation et la diminution des apports d'eau douce induisent une augmentation de la salinité dans les zones plus internes des milieux estuariens et lagunaires laissant la possibilité aux catégories à affinité marine de pénétrer plus en amont, dans les secteurs intermédiaires (*Chabanne*, 2007). Ainsi, le peuplement de l'AMP est majoritairement dominé par les Mo, Me et Ma. Ces résultats révèlent que le peuplement de l'AMP de Joal-Fadiouth est très marin, mais avec la présence d'espèces pouvant se développer aussi bien en zone estuarienne qu'en zone marine (Em et ME). Les Mo et Me sont généralement plus abondantes dans des eaux poly-mixoeuhaline (de 18 à 40) (*Chabanne*, 2007).

Cependant ces données sur la diversité du peuplement de poissons sont à nuancer car tout dépend de la sélection des engins à utiliser pour la pêche expérimentale.

Et en comparant ces résultats avec ceux de la saison froide de 2014, on constate une différence nette : 48 espèces en 2014 (*Diedhiou*, 2015) contre 35 espèces en 2015. Cela s'explique par l'utilisation en 2014 de 03 types d'engins.

Cependant cette richesse spécifique (35 espèces) dans l'AMP pendant la saison froide 2015 est un peu semblable à celui de l'inventaire des ressources halieutiques réalisé en 2006 par WWF WAMER. Cet inventaire en 2006 a fait état de 31 espèces de poissons avec une senne de plage (Plan d'aménagement et de gestion 2014-2018 de l'AMP de Joal-Fadiouth).

En effet, d'après *Lobry.*, (2004), la probabilité de capturer une espèce supplémentaire augmente avec la surface explorée et le nombre de prélèvements effectués.

Indicateurs bioécologiques

Richesse spécifique

La richesse spécifique totale de l'AMP de Joal-Fadiouth (35 espèces) est relativement élevée par rapport à Cayar avec 26 espèces (*Ndiaye*, 2014). La diversité des habitats en mer et la présence de la mangrove expliqueraient la présence de plusieurs espèces dans l'AMP et aux alentours (*Diallo*, 2008). Cependant, elle reste faible dans les ZNPEH. Cette situation pourrait s'expliquer par l'exploitation accrue de la ressource.

Indice de diversité de Shannon-weaver

La comparaison des indices de diversité Shannon entre l'AMP et les ZNPEH montre une différence significative. L'indice de diversité de Shannon varie entre 1,41 à l'AMP et 2,501 dans la ZNPEH. Cette différence s'explique par l'existence de mesures de gestion en vigueur dans l'AMP, ce qui n'est pas le cas dans les zones non protégées hors AMP. De telles mesures de gestion ont favorisé la présence de la quasi-totalité des effectifs qui sont représentés par *E. melanopterus* (49,9% de l'effectif total) et sur *L. dumerilii* (34,59 % de l'effectif total) dans l'AMP. La quasi-totalité des effectifs est concentrée sur *E. melanopterus* (49,9% de l'effectif total) et sur *L. dumerilii* (34,59 % de l'effectif total) dans l'AMP. Cependant dans les ZNPEH la quasi-totalité des effectifs est concentrée sur *N. coltei* (21% de l'effectif total) et *P. prayensis et S. hispidus* (12%). Ainsi, le calcul de ces deux indices de Shannon ont permis de mettre en évidence les différences de structure des communautés qui s'explique soit par l'impact de l'exploitation, soit par les facteurs écologiques.

Indice d'équitabilité de Pielou

La comparaison des deux indices d'équitabilité de Pielou montre des variations entre l'AMP (0,3967) et les zones non protégées à l'exploitation

halieutique (0,8653). Cette variation s'explique par la dominance de l'espèce *E. melanopterus* qui représente 49,9%.

Collecte de données primaires sur le terrain

Les entretiens avec quelques acteurs à savoir le groupement des jeunes pêcheurs et le comité de gestion de l'AMP ont permis de ressortir :

37 espèces regroupées en 26 familles dans l'AMP ;

et 17 espèces regroupées dans 14 familles dans les ZNPEH.

Ces résultats sont similaires à ceux des inventaires qui ont montré 35 espèces avec 24 familles dans l'AMP et 18 espèces regroupées dans 15 familles en zones non protégées à l'exploitation halieutique.

La quasi-totalité des acteurs locaux sont conscients du rôle de l'AMP dans la préservation des ressources marines et côtières. Cependant certains pêcheurs trouvent des difficultés à reconnaître les limites de l'AMP et de ses sous zones. Une baisse de la biodiversité marine est également constatée dans l'AMP et dans les zones non protégées à l'exploitation halieutique. Cela se justifie par les mauvaises pratiques de pêche et l'exploitation frauduleuse dans l'AMP. Pour les zones non protégées à l'exploitation halieutique, il faut ajouter également l'augmentation du nombre de pêcheur qui a pour conséquence la surpêche de la ressource ichthyologique. L'insuffisance de personnel dans l'AMP et au service de pêche mais également des moyens matériels et financiers constituent un réel problème pour la surveillance.

Répartition spatiale des espèces

L'AFC montre un peuplement où presque la totalité des espèces (23) soit 60,52% sont caractéristiques de l'intérieur de l'AMP. L'analyse comparée entre les deux zones a mis en évidence un nombre plus élevé d'espèces dans la zone protégée. La zone côtière de l'AMP de Joal-Fadiouth avec la forte diversité des habitats (mangroves, fond sableux, fond vaseux, estuaire) peut expliquer le développement important d'espèces. De même, la connectivité des deux zones et la mobilité des espèces favorisent le déplacement de certaines espèces. Ce qui fait qu'on trouve 09 espèces intermédiaires soit 23,68% et des espèces communes (15) soit 39,47% entre les deux milieux.

Les deux espèces (*E. melanopterus* et *L. dumerilii*) se présentent comme les plus caractéristiques de la zone de l'AMP. Les espèces les plus communes dans les deux milieux sont *Stephanolepis hispidus*, *Hemiramphus brasiliensis*, *Nicholsina collettei* etc.

Concernant les niveaux trophiques de l'AMP, ils sont majoritairement dominés par les prédateurs de premier niveau (benthophage et généralistes) et les prédateurs de deuxième niveau (piscivores et généralistes). Cette situation est similaire à celle de l'AMP de Bamboung qui a montré également une forte dominance des prédateurs de premier et second niveaux (*Sadio et al.*, 2015).

Une situation qui peut s'expliquer par le fait que la plupart des juveniles des zooplanctonivores se rencontrent seulement dans les eaux peu profondes (moins de 9 m), où ils trouvent un abri vis-à-vis des prédateurs. Ainsi on peut dire que l'AMP est peut-être une zone de nourricerie pour plusieurs espèces.

Effet de réserve de l'Aire Marine Protégée

Comparée aux ZNPEH, il ressort que l'ichtyofaune de l'AMP est plus diversifiée et elle est caractérisée par une richesse spécifique plus élevée. Même si, la diversité biologique dépendrait pour partie du niveau de l'exploitation des ressources, les résultats s'expliqueraient surtout par les conditions de vie pour les organismes à proximité des côtes (*Rivierre, 2007*). Les résultats entre les deux zones comparées montrent une augmentation significative en termes de diversité biologique et de richesse spécifique dans l'AMP.

L'augmentation de l'abondance des espèces dans l'AMP est un résultat très positif comparé aux ZNPEH. Ainsi, cette augmentation de l'abondance d'espèces peut s'expliquer par les mesures de gestion en vigueur au niveau de l'AMP qui sont favorables au développement de la diversité de faune ichtyologique. Par conséquent, toutes les espèces de faune ichtyologique recensées dans les zones de pêche non protégées se retrouvent dans l'AMP excepté 3 espèces (*Chaetodipterus lippei, Scorpaena stephanica, Trachinocephalus myops*).

Conclusion

L'étude a montré que la diversité ichtyologique est plus importante dans l'AMP de Joal-Fadiouth comparée aux pêcheries des zones non protégées à l'exploitation halieutique. La quasi-totalité des espèces de faune ichtyologique recensées dans les pêcheries des zones non protégées à l'exploitation halieutique se retrouvent dans l'AMP. Par conséquent, la stabilité du peuplement de poisson de l'AMP est liée aux mesures de gestions en vigueur au niveau qui sont favorables au développement de la diversité de faune ichtyologique. Les deux zones sont marquées par une forte dominance de prédateurs de premier niveau benthophage et de deuxième niveau généraliste qui occasionnent un phénomène de prédation accrue. L'étude comparative de la répartition spatiale des peuplements de poissons des deux sites d'étude a montré des modifications et des différences attribuables à l'effet réserve. Ce qui veut dire que les espèces ont plus une affinité à l'AMP qui par son statut de protection offre plus de bonnes conditions de vie. Du point de vue écologique, il y a une différence sur la composition des peuplements de poissons entre les deux sites. Aux vues des résultats, l'AMP apparaît comme étant une réserve écologique dans cet écosystème marin et estuarien de la commune de Joal-Fadiouth. L'AMP de Joal-Fadiouth semble avoir un effet

positif sur le peuplement en termes d'abondance mais est soumis également à une pêche frauduleuse.

References:

1. *Albaret, J. J.* (1999). Les peuplements des estuaires et des lagunes. In : Les Poissons Des Eaux Continentales Africaines : Diversité, Biologie, Écologie, Utilisation Par L'Homme (Eds. *Lévêque C, Paugy D*).IRD, Paris, 325-249.
2. ANSD (Agence Nationale de la Statistique et de la Démographie) (2011). Situation économique et sociale du Sénégal en 2010. 01p.
3. *Ba, F.* (2017): Etude comparative de la diversité spécifique du peuplement ichthyofaunique, dans le réseau d'aires Marines Protégées entre 2015-2016 : CAS DE L'AMP DE CAYAR /Région de Thiès/ Sénégal. 5-6p
4. *Ba, C.* (2000). Pêche. Atlas du Sénégal. Editions J.A. publ., Paris : 40-41
5. *Chabanne, D.* (2007). Les Catégories bioécologiques des espèces de poissons des estuaires et lagunes de l'Afrique de l'Ouest. Mémoire de master, Université des Sciences et Techniques de Languedoc, 1-11p.
6. *Diedhiou, D. K.* (2015). Diversité des poissons de l'Aire Marine Protégée de Joal-Fadiouth. 12, 15 et 36p
7. *Diouf, P.S.* (1996). Les peuplements en poissons des milieux estuariens de l'Afrique de l'Ouest : l'exemple de l'estuaire hyperhalin du Sine-Saloum. Thèse Doct. Sci., Univ. Montpellier II, France : 267 pp
8. *Diallo, M.F.* (2008). Situation de référence de la gouvernance des aires marines protégée de Joal-Fadiouth, Cacheu, Santa lucia, Branco et Rayo. Dakar : REPAO
9. *Frontier, S. & Pichod-Viale.* (1991). Ecosystème : Structure, Fonctionnement, Evolution. Collection d'écologie. Masson, Paris, 392p.
10. *Gray, J.S., McIntyre, A.D. & Štirn, J.* (1992). Manuel des méthodes de recherche sur l'environnement aquatique. Onzième partie. Evaluation biologique de la pollution marine, eu égard en particulier au benthos. FAO Document technique sur les pêches, N° 324, 53.
11. *Gobat, J-M., Aragno, M. &Matthey, W.* (<https://www.epflpress.org/auteur/1380/willy-matthey2010>). Le sol vivant : bases de pédologie, biologie des sols. Presses Polytechniques et Universitaires Romandes, Lausanne, 569p.
12. *Hansen, H.S.* (2010). Modelling the future coastal zone urban development as implied by the IPCC SRES and assessing the impact from sea level rise. Landscape Urban Plan. 98 p.

13. *Hounsounou, L. & Zacharie, S.* (2014). Pêche à la senne de plage au Bénin et durabilité des ressources halieutiques.
14. *Lobry, J.* (2004). Quel référentiel de fonctionnement pour les écosystèmes estuariens? Le cas des cortèges de poissons fréquentant l'estuaire de la Gironde. Thèse de doctorat, Université de Bordeaux I, Bordeaux.
15. *Mbengue, B.* (2016). Efficacité bioécologique des aires marines protégées : le cas de l'AMP de Joal-Fadiouth au Sénégal. Mémoire master, Université Nazi Boni, Burkina Faso, 56p.
16. *Morris, D.W.* (2006). Ecology: moving to the ideal free home. *Nature*, 443(7112), 645-646. doi:10.1038/443645a
17. *Ndiaye, M.* (2014). Biodiversité et structures bioécologiques de la faune ichtyologique de l'aire marine protégée de Cayar (Sénégal). 51 p.
18. *Pauly, D. & Froese, R.* (2012). Commentaires sur l'état de la pêche et de l'aquaculture de la FAO, ou "SOFIA 2010". 36 p.
19. *Roy, C.* (1991). Les upwellings : le cadre physique des pêcheries côtières ouest-africaines. Pêcheries ouest-africaines. Cury P., Roy C. eds. ORSTOM publ, Paris : 38-66
20. Sarr S.M., Ndiaye M., Faye E. & Diedhiou D.K. (2018). Richesse spécifique et abondance de la population ichtyologique de l'Aire Marine Protégée de l'Aire Marine Protégée de Joal- Fadiouth au Sénégal. International Journal of Innovation and Applied Studies ISSN 2028-9324 Vol. 24 No. 4 Nov. 2018, pp. 1664-1678. <http://www.ijias.issr-journals.org/>
21. Sarr S.M., Thiaw M. & Mbengue B.A. (2018). Utilisation de paramètres bioécologiques pour analyser la biodiversité ichtyologique de l'Aire Marine Protégée de Joal-Fadiouth au Sénégal et sa périphérie non protégée à la pêche. European Scientific Journal November 2018 edition Vol.14, No.33 : 349-368, ISSN: 1857 – 7881 (Print) e - ISSN 1857- 7431. Doi: 10.19044/esj.2018.v14n33p349 URL:<http://dx.doi.org/10.19044/esj.2018.v14n33p349>
22. *Sadio O., Simier, M., Ecoutin, J-M, Raffray, J., Laë, R. & Tito de Morais, L.* (2015). Effect of a marine protected area on tropical estuarine fish assemblages: Comparison between protected and unprotected sites in Senegal. *Ocean et Coastal Management* 116 257-269.
23. *Simier, M., Blanc L., Aliaume, C., Diouf P.S. & Albaret J-J.* (2004). Spatial and temporal structure of fish assemblages in an "inverse estuary", the Sine Saloum system (Senegal). *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 59(1), 69-86. En ligne <http://www.dx.doi.org/10.1016/j.ecss.2003.08.002>

24. *Thiam, N., Fall, M., Diadhiou, H.D., Diallo, A., Ndour, C., Sylla, M., Dème, L. & Ndour, I.* (2012). Réalisation des états de référence des zones de pêche protégées et suivi des récifs artificiels dans la zone du projet gestion durable des ressources halieutiques, Rapport final, Dakar : WWF-WAMPO.



Efficacité d'une prise unique de Praziquantel pour le traitement de la bilharziose urinaire en zones endémiques chez les enfants d'âge scolaire au Mali

Alpha Seydou Yaro, Maitre de Conférences, PhD

Michel Emanuel Coulibaly, Master

Faculté des Sciences et Techniques (FST), Université des Sciences, des Techniques et des Technologies de Bamako (USTTB), Mali ; International Centre for Excellence in Research (ICER-Mali) Point G ; Faculté de Médecine et d'Odontostomatologie (FMOS)
USTTB, Bamako, Mali

Yaya Coulibaly, Maitre-Assistant, PhD

International Centre for Excellence in Research (ICER-Mali) Point G Faculté de Médecine et d'Odontostomatologie (FMOS) ; USTTB, Bamako, Mali

Bernard Sodio, Professeur Titulaire, PhD

Faculté des Sciences et Techniques (FST), Université des Sciences, des Techniques et des Technologies de Bamako (USTTB), Mali

Sekou F. Traoré, Professeur Titulaire, PhD

International Centre for Excellence in Research (ICER-Mali) Point G Faculté de Médecine et d'Odontostomatologie (FMOS) ; USTTB, Bamako, Mali

[Doi:10.19044/esj.2021.v17n17p162](https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n17p162)

Submitted: 12 January 2021

Accepted: 27 April 2021

Published: 31 May 2021

Copyright 2021 Author(s)

Under Creative Commons BY-NC-ND

4.0 OPEN ACCESS

Cite As:

Yaro A.S., Coulibaly M.E., Coulibaly Y., Sodio B. & Traoré S.F. (2021). *Efficacité d'une prise unique de Praziquantel pour le traitement de la bilharziose urinaire en zones endémiques chez les enfants d'âge scolaire au Mali*. European Scientific Journal, ESJ, 17(17), 162. <https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n17p162>

Résumé

Au Mali, la schistosomiase est un problème de santé publique comme dans tous les 42 pays africains sur 76 concernés dans le monde, avec 230 millions de personnes infectées sur 800 millions de personnes exposées et plus de 800 000 décès annuels. L'objectif de cette étude était de tester l'efficacité d'une dose unique de Plaziquantel pour traiter les enfants d'âge scolaire de 11 villages maliens situés en zones endémiques de la schistosomiase urinaire.

Après assentiment ou consentement, l'enregistrement des volontaires âgés de cinq ans ou plus a été fait. Après dépistage systématique de l'ensemble des volontaires pour savoir la prévalence de l'infection avant traitement, une dose unique de Praziquantel a été donnée aux sujets infectés. Un mois après la prise du médicament, un second dépistage a été fait chez les mêmes volontaires afin de mesurer l'effet du traitement. La technique de filtration de l'urine pour la détection de l'excrétion des œufs de schistosomiase a été utilisée comme méthode de diagnostic. Sur 549 volontaires testés à l'enregistrement (397 féminins et 152 masculins), 9,1% (51/549) étaient infectés par *S. haematobium*. Un mois après le traitement à la dose unique de Praziquantel, un taux de réduction significatif de 3,5% ($P= 0,03$) a été constaté. Cette étude a montré que le Praziquantel reste toujours efficace pour le traitement de la schistosomiase urinaire. Le maintien de ce produit comme molécule distribuée pour le traitement de masse du programme national de lutte contre la schistosomiase est justifié.

Mots clés : Schistosomiase urinaire, charge ovulaire, traitement efficace, Praziquantel, Mali

Efficacy of Praziquantel Single Dose Treatment of Urinary Schistosomiasis Among School Age Children from Endemics Area in Mali

Alpha Seydou Yaro, Maitre de Conférences, PhD

Michel Emanuel Coulibaly, Master

Faculté des Sciences et Techniques (FST), Université des Sciences, des Techniques et des Technologies de Bamako (USTTB), Mali ; International Centre for Excellence in Research (ICER-Mali) Point G ; Faculté de Médecine et d'Odontostomatologie (FMOS)
USTTB, Bamako, Mali

Yaya Coulibaly, Maitre-Assistant, PhD

International Centre for Excellence in Research (ICER-Mali) Point G Faculté de Médecine et d'Odontostomatologie (FMOS) ; USTTB, Bamako, Mali

Bernard Sodio, Professeur Titulaire, PhD

Faculté des Sciences et Techniques (FST), Université des Sciences, des Techniques et des Technologies de Bamako (USTTB), Mali

Sekou F. Traoré, Professeur Titulaire, PhD

International Centre for Excellence in Research (ICER-Mali) Point G Faculté de Médecine et d'Odontostomatologie (FMOS) ; USTTB, Bamako, Mali

Abstract

In Mali, schistosomiasis is a public health problem as in all 42 African countries out of 76 affected worldwide, with 230 million people infected in 800 million people exposed and more than 800 000 annual deaths. The objective of this study was to test the efficiency of a single dose of Praziquantel to treat school-age children in 11 Malian villages located in endemic areas of urinary schistosomiasis. After consent, the enrolment of volunteers greater than 5 years old was done. After systematic screening of all volunteers for the prevalence of infection before treatment, a single dose of Praziquantel was given to infected individuals. One month after drug administration, a second screening was done among the same volunteers to measure the treatment effect. The technique of schistosomiasis eggs detection by urine filtration was used as a diagnostic method. From the screening including 549 volunteers (397 females and 152 males), 9.1% (51/549) were positives to *S. haematobium* infection. One month after treatment with a single dose of Praziquantel, a significant rate reduction (3.5%, $P=0.03$) was observed. This study showed that Praziquantel is still effective for the treatment of urinary schistosomiasis. The choice of this drug by the national schistosomiasis control program for community mass treatment was justified.

Keywords: Urinary schistosomiasis, eggs load, effective treatment, Praziquantel, Mali

Introduction

La schistosomiase est une maladie parasitaire eau dépendante très répandue dans le monde, surtout en Afrique sub-saharienne (OMS, 2016). Jusqu'en 2011, la Bilharziose sévissait encore dans 76 pays situés en Afrique, en Amérique du sud, au Moyen Orient et au Sud du continent Asiatique (WHO, 2011). Deuxième endémie après le paludisme dans les régions tropicales et subtropicales (Engels et al., 2002 ; WHO, 2011), la schistosomiase ou bilharziose constitue un véritable problème de santé publique dans les pays endémiques dont 42 pays en Afrique (Traore et al., 2007 ; Clements et al., 2008 ; OMS, 2010). En effet certaines études ont montré que, près de 800 millions de personnes y sont exposées dans le monde (Aubry, 2016). Sur 230 millions de personnes infectées subissant le traitement annuel, 80 à 90% vivent en Afrique avec 800 000 décès par an (Aubry, 2016), dont 280 000 cas de décès dus aux complications (Chippaux, 2000 ; Chitsulo et al, 2004 ; WHO, 2011).

Au Sud du Sahara, elle est la cause d'une hématurie et d'atteinte grave des parois chez des millions de personnes. La zone de prévalence se situe dans les régions tropicales et subtropicales des communautés vivant le long des cours d'eau. Beaucoup d'études ont confirmé que la répartition des schistosomiasis était fortement liée à l'environnement physique. Par exemple, les aménagements hydro agricoles créent un contexte favorable au développement de cette maladie (Molyneux et al, 2005 ; Steinman et al, 2006 ; Garcia et al., 2013 ; Yapi et al, 2017). La coïnfection entre *S. haematobium*, *S. mansoni* bien entre *S. haematobium* et *S. gueneensis* (Moné et al, 2012) a été déjà documentée dans certains pays d'Afrique subsaharienne.

Au Mali, la schistosomiase a fait l'objet de beaucoup d'études sur l'épidémiologie (Tandina et al, 2016), la variabilité génétique, le degré de l'intensité de l'infection et enfin sur la morbidité ; surtout dans les zones endémiques. La Schistosomiase est endémique dans de nombreuses régions du pays (Traore et al, 2007 ; Clementset al, 2008). Mais les niveaux de transmission sont très variables d'une région à une autre et d'un village à un autre dans la même zone bioclimatique (Traore et al, 2007). Présentement, le Mali a un taux de prévalence global de 30% avec une différence entre les différentes zones endémiques. Les zones hyper endémiques qui sont les terres irriguées de l'Office du Niger à Ségou, le plateau Dogon avec des petits barrages, le bassin du fleuve Sénégal ont une prévalence supérieure à 50% (Steinman, 2006). Les zones soudaniennes et nord soudaniennes sont moins touchées avec une prévalence de 10% (Traore et al, 2007). Actuellement dans

la région de Ségou des études ont donné une prévalence de 79,8% pour *S. haematobium* et 13,2% pour *S. mansoni* (Stecher et al, 2017).

La chimiothérapie a été la stratégie de choix de l'OMS à travers les programmes nationaux de lutte contre la schistosomiase pour la prévention et la réduction de la morbidité. Ce programme existe au Mali depuis 1982 ; il est axé principalement sur le traitement de masse au Praziquantel dans la zone de l'Office du Niger et à Bandiagara. Actuellement le traitement de masse avec le Praziquantel au sein de la population à risque (les enfants d'âge préscolaire et scolaire, les pêcheurs, agriculteurs, les femmes etc.) demeure l'approche principale ayant le meilleur rapport coût /efficacité, la plus faisable et la plus durable. Malgré ces traitements annuels ou biannuels, il a été rapporté que la réinfection survient dans les zones endémiques en moins de 12 mois chez plusieurs enfants traités (N'Goran et al, 2001). C'est dans cette dynamique que cette étude a été entreprise afin de vérifier si la molécule utilisée pour les différents traitements demeure toujours efficace. Pour cela, nous avons mesuré l'effet d'une dose unique de traitement par le Praziquantel. Ces résultats pourront éclairer le programme national de lutte contre cette infection à revoir sa stratégie d'intervention en cas d'inefficacité constatée.

Matériels et Méthodes

Présentation des sites d'études

Cette étude s'est déroulée dans le district sanitaire de Kolokani situé à 105km de Bamako (**Figure 1**, Source Unité GIS/RS du MRTC FMOS-USTTB Mali 2016). La zone a une superficie de 14380 km² avec une population totale estimée à peu près à 287380 habitants. Un total de 11 villages des aires de santé de Tioribougou (13.382799 N ; -7.993163 W) et de Nonkon (13.222941 N ; -7.860675 W) ont fait l'objet d'investigation (**Figure 1**).

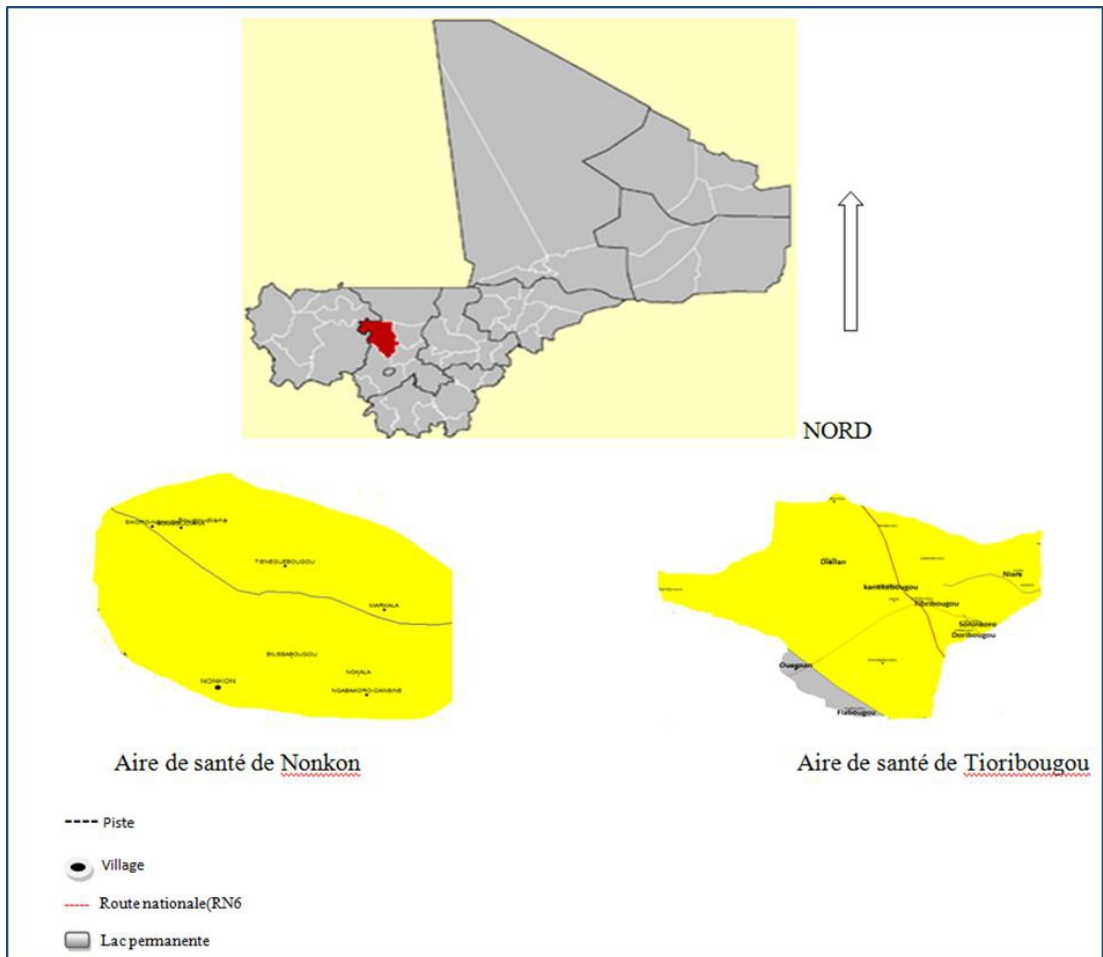


Figure 1 : Sites d'études, carte du Mali et les aires de sante de Nokon et de Tioribougougrandis, Source Unité GIS/RS du MRTC FMOS-USTTB Mali

C'était une étude transversale à deux passages de prospection. Le premier passage de l'étude s'est déroulé en juillet 2015, phase avant distribution de masse de médicaments (DMM) et le deuxième passage en septembre 2015 (Phase après distribution de masse). Les critères d'inclusion étaient : être volontaire, être âgé de cinq ans ou plus, être résidant des aires de santé de Tioribougou et de Nonkon.

Matériels utilisés

Les matériels utilisés étaient entre autres :

- Pot d'urine : Pour la collecte des échantillons d'urine
- Seringue 10 cc : Pour prendre les 10cc d'urine et les filtrer
- Membrane nucléo pore : Pour filtrer et retenir les œufs de *S. haematobium*

- Tables : Pour servir de surface de travail pour les techniciens
- -Marqueurs : Pour marquer les numéros d'identification des volontaires sur les matériels de travail comme les pots, les lames.
- Pincettes : Pour manipuler les membranes nucléo-pores
- -Ninhydrine 3 ou 5% : Pour colorer les œufs de *S. haematobium*.
- -Microscope binoculaire : Pour observer les œufs sur les membranes nucléopores déposées sur les lames porte-objet.
- Source d'électricité : Pour alimenter les microscopes.
- -Plateau : Pour contenir les lames préparées pour la lecture.
- -Bassine : Pour laver les pots d'urines.
- -Porte filtre : Pour porter les membranes nucléopores pendant la filtration.

Organisation des équipes de travail

Le travail était reparti entre deux postes :

- le poste d'enregistrement des volontaires où est attribué un numéro unique d'identification pour chaque volontaire éligible. Le volontaire est photographié avec son numéro d'identification lisiblement exhibé. Ensuite il reçoit un bocal (pot en plastique) pour le recueil de son urine.
- le poste de diagnostic où l'urine est réceptionnée et examinée par des agents qualifiés.

Les urines étaient prélevées de préférence au milieu de la miction après quelques exercices physiques simples entre 10 heures et 14 heures. Pour la détection des œufs de *S. haematobium*, 10 ml d'urine par volontaire ont été filtrés immédiatement après la collecte sur une membrane nucléopore; ensuite ces filtres qui avaient retenus les œufs de *S. haematobium* étaient colorés à la Ninhydrine puis séchés et conservés pour être lus au microscope.

L'ensemble du travail est fait dans un centre privé localisé dans le village de *Tienéguébougou*. Ce centre est construit et équipé par les partenaires américains du Centre International pour l'Excellence en Recherche au Mali (ICER-Mali).

Mode Opératoire

- Inscrire le numéro du volontaire sur la membrane nucléo-pore,
- Placer la membrane dans un porte-filtre, bien adapté de manière à éviter que l'urine ne s'écoule au moment de la filtration,
- prélever 10 ml d'urine à l'aide d'une seringue adaptable au porte-filtre,
- pousser le piston pour chasser l'urine à travers le filtre tout en maintenant la seringue verticale,
- enlever la seringue du porte-filtre, tirer une nouvelle fois le piston, puis chasser le reste des urines du filtre,

- ouvrir le porte-filtre et déposer à l'aide d'une pince le filtre sur une lame porte-objet.
- -déposer une goutte de Ninhydrine sur le filtre,
- -laisser sécher le filtre,
- monter le filtre sous microscope puis chercher et compter le nombre d'œufs de *S. haematobium*, pour déterminer la charge ovulaire.

Selon le barème de l'OMS (OMS, 2013), le nombre d'œufs par 10ml d'urine et l'intensité de l'infection sont définis comme suit :

*forts excréteurs : ≥ 50 œufs /10ml ; *faibles excréteurs : < 50 œufs/10ml

Ainsi les forts excréteurs sont les volontaires ayant plus de 50 œufs de *S. haematobium* dans un volume de 10 ml d'urine et les faibles excréteurs sont ceux ayant moins de 50 œufs dans le même volume d'urine (OMS, 2013).

Saisie et analyse des données

Les données ont été saisies dans le logiciel Excel, puis analysées par Epi info 7 et SPSS 16.0, les données sont présentées sous forme de tableaux ou de figures. Les tests de Chi² et de Fisher exact ont été utilisés pour comparer les proportions. Pour les tests statistiques, les valeurs de $P < 0,05$ ont été considérées comme statistiquement significatives.

Considérations éthiques

Avant le démarrage de l'étude, des rencontres d'explication et de sensibilisation du protocole ont été tenues. D'abord nous avons eu le consentement global de la communauté. Cela a été confirmé par un consentement individuel pour les volontaires majeurs et l'assentiment des parents pour les mineurs de 5 à 17 ans. Les volontaires étaient libres de se retirer de l'étude à tout moment et le traitement était gratuit pour tous.

Résultats

Données démographiques

Les investigations ont été faites dans 11 villages. Sur un total de 549 sujets enregistrés, 397 individus étaient de sexe féminin et 152 de sexe masculin (**Tableau I**). Le village de Tiénéguébougou a enregistré le plus grand nombre de sujets (91). Le tableau (**Tableau I**) indique aussi la répartition des sujets volontaires selon le sexe et la localité d'appartenance. Les sujets féminins étaient plus représentés 72,3% (397/549) comparés aux sujets masculins (152/549) soit 27,7%. Cette supériorité numérique des sujets féminins par rapport aux masculins est constatée dans tous les villages.

Tableau I : Répartition par sexe et par village des sujets volontaires ayant rempli les critères d'inclusion de l'étude.

Village	Féminin	Masculin	Total par village
Tiénéguebougou	60	31	91
Ouégnan	47	29	76
Flabougou	45	8	53
Niara	45	8	53
Sikoro	42	11	53
Kanekébougou	31	18	49
Soninkoro	28	12	40
Dialan	34	3	37
Bougoudiana	24	13	37
Doribougou	23	10	33
Galamado	18	9	27
Total par sexe	397	152	549

Données Parasitologiques et cliniques

****Prévalence de la schistosomiase urinaire dans la population d'étude avant le traitement***

Avant le traitement de masse avec le Praziquantel, la prévalence moyenne dans les 11 villages de l'étude était de 9,3%, les prévalences les plus élevées ont été enregistrées à Flabougou, Kanekébougou, Tiénéguébougou et Ouegnan avec respectivement 24,5%, 16,3%, 14,3% et 13,2% (**Figure 2**).

Après traitement avec une dose unique de Praziquantel, la prévalence moyenne a chuté de 9,3 à 5,8% soit une réduction de 3,5 au sein de la population d'étude globale. Cette diminution a pratiquement été constatée à l'échelle de chaque village, mais beaucoup plus accentuée dans les villages de Flabougou, Tiénéguébougou, Kanekébougou et Ouegnan, où les prévalences constatées après traitement étaient respectivement 17%, 12,1% , 8,2% à et 3,9% (**Figure 2**).

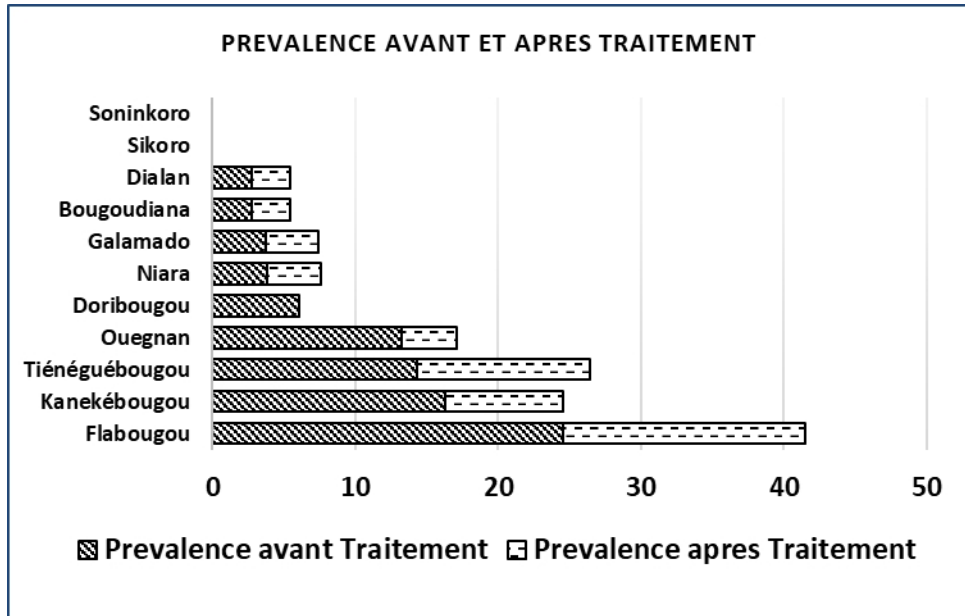


Figure 2 : Prévalence de la schistosomiase urinaire avant et après traitement de masse avec dose unique de Praziquantel dans les différents villages d'étude.

Avant le traitement, l'ensemble des forts excréteurs venaient de cinq villages alors qu'après traitement, les forts excréteurs n'ont été rencontrés que dans trois villages : Kanekébougou, Flabougou et Tiénéguébougou avec des prévalences respectives de 4,1% ; 3,8% et 3,3% (**Figure 3-A**).

Par contre, à l'exception de trois villages avant traitement et 3 trois villages après traitement, les faibles excréteurs ont été rencontrés dans tous les autres villages (**Figure 3-B**), mais les plus fortes prévalences ont été rencontrées dans les villages de Flabougou, Tiénéguébougou et Kanekébougou avec une prévalence respective de 17%, 11% et 8,2% avant traitement. Et après traitement, ces prévalences ont chuté à 3,8% ; 13,2% ; 8,8% et 4,1% respectivement pour Flabougou, Tiénéguébougou et Kanekébougou (**Figure 3-B**).

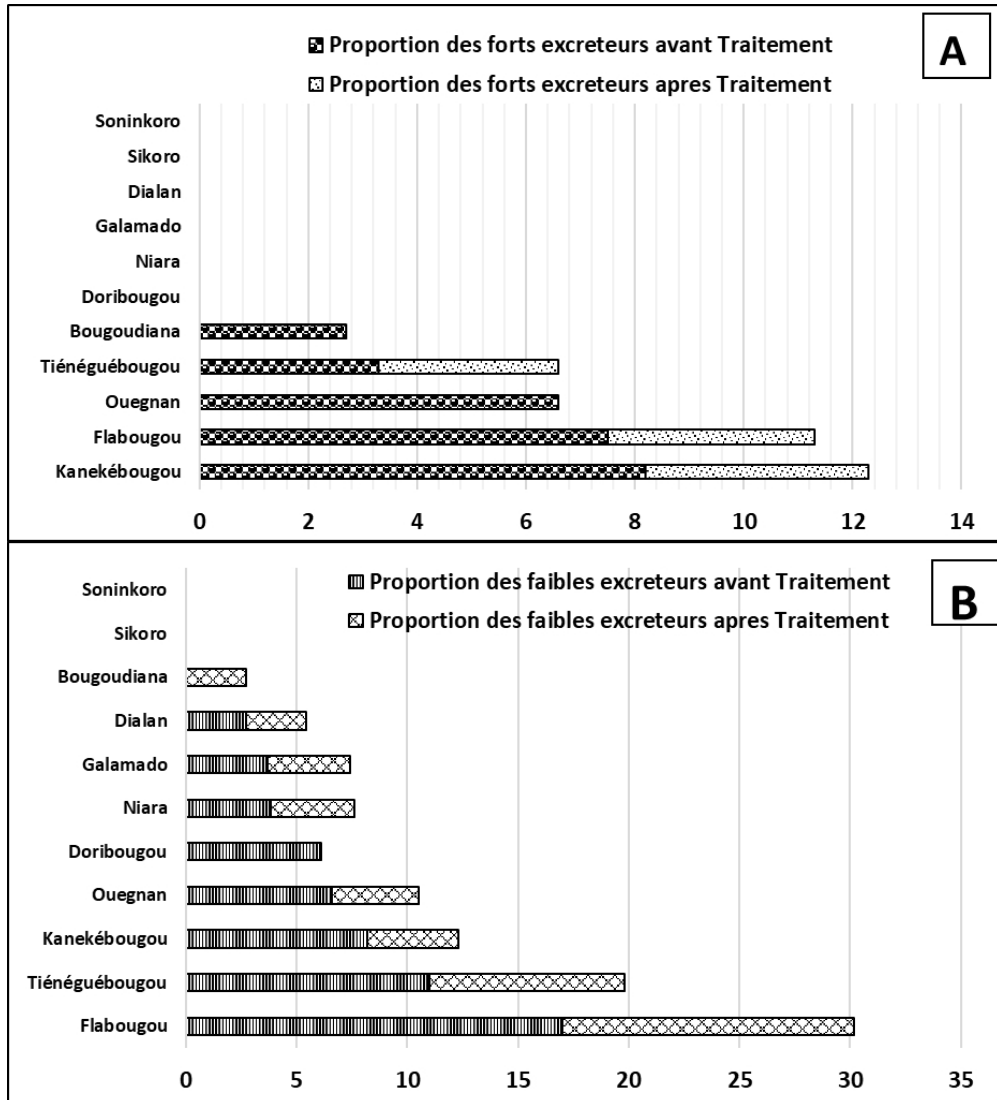


Figure 3 : Intensité de l’infection due à *S. haematobium* avant et après traitement de masse des volontaires avec une dose unique de Praziquantel à l’échelle de chaque village chez les forts excreteurs (A), et chez les faibles excreteurs (B).

Avant Traitement, sur 53 sujets infectés par *S. haematobium* dans la population d’études globale, 34 individus étaient des faibles excreteurs et 17 individus étaient des forts excreteurs (**Figure 4-A et B**). Un mois après traitement de masse avec la dose unique de Praziquantel dans les différents villages d’étude, le nombre de faibles excreteurs a chuté de 34 à 25 avec une réduction significative de 6,19% (34/549) à 4,6% (25/549), ($p=0.02$) (fig. 11). (**Figure 4-B**). Par contre, le nombre de forts excreteurs a chuté de 17 à 7

individus avec une réduction statistiquement non significative ($p=0,06$) (**Figure4-A**).

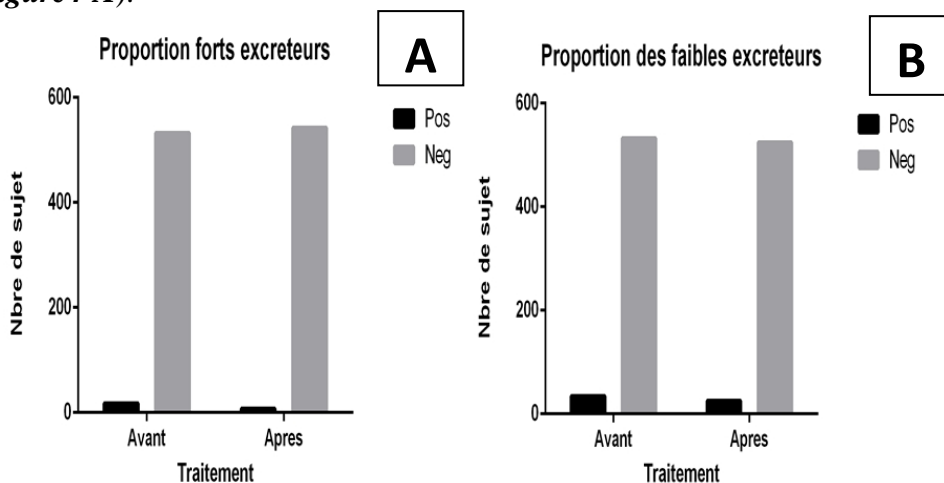


Figure 4 : Mesure de l'intensité moyenne de l'infection due à *S. haematobium* avant et après traitement de masse des volontaires avec une dose unique de Praziquantel et à l'échelle globale au niveau des forts excréteurs (**A**) et des faibles excréteurs (**B**)

Discussions

Beaucoup d'organismes animaux (Karamoko et al, 2016 ; Youssef et al, 2016) aussi bien que humains (Aziz et al, 2016 ; Hummar et al, 2017) sont colonisés par les parasites. La présente étude fait allusion à l'effet d'un médicament sur les parasites de la bilharziose au sein d'une population vivant en zone endémique. Le Praziquantel a été utilisé comme médicament de traitement de masse.

Sur un total de 549 volontaires dont 397 féminins et 152 masculins, le taux d'infection moyen pour la bilharziose à *S. haematobium* était de 9,3 % (51/549) dans la population d'étude globale. La forte participation des sujets de sexe féminin par rapport aux masculins avait déjà été signalée par Ly et al, 2019.

Suite à un traitement de masse à dose unique de Praziquantel, avec un taux de couverture de 66,67% (366/549), nous avons mesuré l'effet de l'intervention un mois après. Une baisse statistiquement significative du taux d'infection de 9,3% (51/549) à 5,8% (32/549) a été constatée à l'issue d'un mois ($P=0,039$). Ces résultats sont similaires à ceux de Sacko et al, 2005 qui ont trouvé des prévalences respectives de 11,3% ; 24% ; 8,8% et 11,6% respectivement à Kermis, Mouline, Bafoulabe et Koundia. Ces résultats corroborent également ceux de Bagagan et al, 2016 qui ont aussi trouvé une prévalence de 8,1% en 2016 au Burkina Faso. Le rapport annuel du programme national de lutte contre la schistosomiase et les géohelminthiases en 2015 a rapporté des prévalences similaires de 10% à Dialakoroba dans la

région de Koulikoro au Mali. Par contre, Ly et al, 2019 ont trouvé une prévalence globale plus élevée de 56,7% d'infection par *S. haematobium* dans trois villages situés le long du fleuve Niger au Mali. Mais une prévalence plus élevée a été rencontrée au Mali par d'autres auteurs comme Kouriba qui avait abouti à une infection de 100% chez les enfants de 4 à 7 ans à Bandiagara au cours d'une étude sur l'immunité anti bilharzienne en 2004; Traoré (2006) avait trouvé 73,90% d'infection de schistosomes chez des enfants de Dialakoroba au cours d'une étude de coinfection Schistosomiase-Paludisme chez des sujets de 4 à 14 ans. La différence entre les taux de prévalence de la présente étude comparée à celles de Kouriba et al, 2004, Traoré et al, 2006 et Ly et al, 2019 est que les différentes études ont été faites dans des zones à risques inégaux; car les autres ont travaillé dans les zones ayant les plus forts taux de prévalence au Mali à cause des facteurs d'exposition dont ils disposent. Avec une prévalence initiale globale de 9,3% avant traitement, une réduction significative due à l'effet du traitement de masse a abaissé la prévalence moyenne globale à 5,8%. Au-delà des données globales, cette tendance a été visible même à l'échelle des villages, aussi bien chez les forts excréteurs que chez les faibles excréteurs. Au Niger, Garba et al en 2000 avaient eu aussi une réduction plus forte, allant de 98% à 32% avec une population d'étude composée de 318 élèves âgés de 6 à 16 ans. Cela pourrait être dû au fait que dans certaines zones la sensibilisation est plus facile et la réinfection est lente. L'intensité de l'infection a été réduite après une seule séance de traitement avec le Praziquantel. La moyenne géométrique calculée chez les forts excréteurs avec 10ml d'urine avant le traitement au Praziquantel était de 7,93 œufs et après le traitement cette moyenne a été réduite à 5,35 œufs. Le traitement de masse avec le Praziquantel a considérablement diminué allant de 100% à 41,2% (17/17 à 7/17) chez les forts excréteurs. Ces résultats sont différents de ceux de Garba et al, 2000 qui ont eu, en six semaines après le traitement de masse avec le Praziquantel, une proportion des forts excréteurs réduite de 43,1% à 0% au Niger. Une identification par les moyens de biologie moléculaire (PCR) pourrait donner un résultat plus important comme reporté par Nanoukonet al (2017)

Par rapport aux sujets faibles excréteurs, une réduction de 6,19% (34/549) avant traitement à 4,6% (24/549) après traitement a été obtenue. Ces résultats sont contraires à ceux obtenus par Fatoumata (2011) qui avait plutôt obtenu une augmentation allant de 33,8% à 43,5% après traitement dans la région de Ségou chez les faibles excréteurs. Cela peut être dû au fait qu'à Ségou, le site d'étude était localisé au bord du fleuve Niger où les facteurs de réinfections rapides sont nombreux. Selon le barème de classification de l'OMS (2013) notre zone d'étude est classée parmi les communautés à risque modéré. Parmi les causes connues de l'infection schistosomienne, la non disponibilité d'eau potable est un facteur de risque important, car à défaut

d'eau potables c'est les eaux de rivières ou de mares insalubres qui sont utilisées par la communauté.

Conclusion

La prévalence de la schistosomiase urinaire a significativement diminué de 9,3% à 5,8% après une seule dose de traitement de masse avec le Praziquantel. Les analyses statistiques ont montré une réduction significative du taux de prévalence moyenne globale entre la situation avant traitement et la situation post traitement. Une réduction de taux de prévalence a été aussi constatée chez les faibles excréteurs et les forts excréteurs aussi bien à l'échelle des villages qu'à l'échelle de la population globale de l'étude.

Cette étude a montré que le Praziquantel reste encore efficace pour le traitement des populations souffrant de la bilharziose urinaire dans les zones endémiques au Mali.

References:

1. Aldhoun JA, Littlewood DTJ. Orientobilharzia Dutt & Srivastava, (1955) *Trematoda: Schistosomatidae*, a junior synonym of *Schistosoma Weinland, 1858.*, Systematic Parasitology. Vol. 82 ; 2012. p. 81-8.
2. Arene F, Ukpeibo ET, Nwanze EA. (1989). Studies on schistosomiasis in the Niger Delta: *Schistosoma intercalatum* in the urban city of Port Harcourt, Nigeria. Public Health.;103(4):295-301.
3. Aziz, E. A., Alaoui, Z., Khadija, E. K., Driss, B., Yassine, A., Mohamed, H. (2016). *Profil Epidémiologique de la Leishmaniose cutanée dans la région du Gharb- Maroc de 2006 à 2014.* European Scientific Journal January 2016 edition vol.12, No.3 ISSN: 1857 – 7881 (Print) e - ISSN 1857- 7431. doi: 10.19044/esj.2016.v12n3p243.
4. Becquet R, Saout J. (1969). Intestinal bilharziasis caused by *Schistosoma intercalatum* in Upper Volta . Bull Soc Pathol Exot Filiales. Jan-Feb;62(1):146-51.
5. Betterton C, Fryer SE, Wright CA. (1983). *Bulinus senegalensis* (Mollusca Planorbidae) in northern Nigeria_ Ann Trop Med Parasitol. 1983 Apr;77(2):143-9. DOI:10.1080/00034983.1983.11811689
6. Combes C. (1990). Where do human schistosomes come from? An evolutionary approach. Trends Ecol Evol.;5(10):334-7.
7. Corachan M, Escosa R, Mas J, Ruiz L, Campo E. (2016) Clinical presentation of *schistosoma intercalatum* infestation. Lancet. 16 mai 1987 ;329(8542):1139-40. Disponible sur: <http://www.thelancet.com/article/S0140673687916904/>
8. Dabo A, Diop S, Doumbo O.(2017). Distribution des mollusques hôtes intermédiaires des schistosomiasis humaines à l'office du Niger

- (Mali). II: Rôle des différents habitats dans la transmission. Bull la Société Pathol Exot];87(3):164-9. Disponible sur:
<http://cat.inist.fr/?aModele=afficheN&cpsidt=3381373>
9. Dabo A, Sissoko M, Audibert M, Diakité M, Diarra A, Diallo M, et al. (2005). Impact de la chimiothérapie de masse au PZQ sur l'infection due à *Schistosoma haematobium* et *Schistosoma mansoni* à l' Office du Niger , Mali . Impact of mass chemotherapy with praziquantel on *Schistosoma haematobium* and *Schistosoma mansoni* inf.;29-33
 10. Dabo A, Traore HA, Diakite M, Kouriba B, Camara F, Coulibaly CO, et al. (1995) [Echographic morbidity due to *Schistosoma haematobium* in a peripheral district of Bamako in Mali, Missabougou]. Bull Soc Pathol Exot ;88(1):11-4. Disponible sur:
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/7787444>*
 11. Doumenge J.P. Atlas de la répartition mondiale des schistosomiasis/Atlas of the Global Distribution of Schistosomiasis. Presses universitaires de Bordeaux. Livre broché. pages 402 p. ISBN-10 2-86781-060-4 ; ISBN-13 9782867810602
 12. Gryseels B, Nkulikyinka L. (1990). The morbidity of *schistosomiasis mansoni* in the highland focus of Lake Cohoha, Burundi. Trans R Soc Trop Med Hyg.;84(4):542-7.
 13. Guyatt HL, Brooker S, Donnelly C A. (1999). Can prevalence of infection in school-aged children be used as an index for assessing community prevalence? Parasitology;118 (Pt 3:257-68.:
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/10205801>
 14. Haas W, Haberl B, Schmalfuss G, Khayyal MT (1994). *Schistosoma haematobium* cercarial host-finding and host-recognition differs from that of *S. mansoni*. J Parasitol;80(3):345-53.
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/8195934>
 15. Haberl B, Kalbe M, Fuchs H, Ströbel M, Schmalfuss G, Haas W. (1995).*Schistosoma mansoni* and *S. haematobium*: Miracidial host-finding behaviour is stimulated by macromolecules. Int J Parasitol.;25(5):551-60.
 16. Hammour, H., El Kharrim, K., Belghyti, D., (2017). *Prospective Study of Intestinal Parasites in Children Hospitalized in the Pediatric Department at the Hospital in El Eldrissi (Kenitra City - Morocco)*. European Scientific Journal, edition Vol.13, No.18 ISSN: 1857 – 7881 (Print) e - ISSN 1857- 7431. doi: 10.19044/esj.2017.v13n18p520.
 17. He YX, Chen L, Ramaswamy K. (2002). *Schistosoma mansoni*, *S. haematobium*, and *S. japonicum*: Early events associated with penetration and migration of schistosomula through human skin. Exp Parasitol.;102(2):99-108.

18. Jauréguiberry S., Paris L., Caumes E. (2010) Acute schistosomiasis, a diagnostic and therapeutic challenge. *Clinical Microbiology and Infection*. Volume 16, Issue 3, Pages 225-231. <https://doi.org/10.1111/j.1469-0691.2009.03131.x>.
19. Kalbe M, Haberl B, Hertel J, Haas W. (2004). Heredity of specific host-finding behaviour in *Schistosoma mansoni* miracidia. *Parasitology* ;128:635-43. Disponible sur: Go to ISI://WOS:000221987700008
20. Karamoko, M., Amani, N. S., Touré, A., Komoin, O, C., Otchoumou, A., tcho Fantodji, A., Kouassi, K, P., (2016). Prevalence Of African Giant Snails For Parasites In A South-East Region Of Côte d'Ivoire. *European Scientific Journal* July edition vol.12, No.21: ISSN: 1857 – 7881 (Print) e - ISSN 1857- 7431. doi:10.19044/esj.2016.v12n21p186
21. Karanja DMS, Colley DG, Nahlen BL, Ouma JH, Secor WE. (1997). Studies on schistosomiasis in western Kenya: I. Evidence for immune-facilitated excretion of schistosome eggs from patients with *Schistosoma mansoni* and human immunodeficiency virus coinfections. *Am J Trop Med Hyg.*;56(5):515-21.
22. Kjetland EF, Ndhlovu PD, Kurewa EN, Midzi N, Gomo E, Mdlulza T, et al. Prevention of gynecologic contact bleeding and genital sandy patches by childhood anti-schistosomal treatment. *Am J Trop Med Hyg.* 2008;79(1):79-83.
23. Mc Kerrow JH. (1997). Cytokine induction and exploitation in schistosome infections. *Parasitology.*;115 Suppl:S107-12. : <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/9571696>
24. Moné H, Minguez S, Ibikounlé M, Allienne J-F, Massougbodji A, Mouahid G. (2012). Natural Interactions between *S. haematobium* and *S. guineensis* in the Republic of Benin. *Sci World J*;2012:1-8.: <http://www.hindawi.com/journals/tswj/2012/793420/>
25. Nanoukon, C, N, M., Dassou, E, G., Douso, M., Sogbo, F., Sina H., Prevost G., Lamine Moussa, L, B (2017) *Staphylococcus Epidermidis* Producteur d'entérotoxine C impliqué dans une septicémie à foyer urinaire. *European Scientific Journal* August 2017 edition Vol.13, No.24 ISSN: 1857 – 7881 (Print) e - ISSN 1857- 7431 doi:10.19044/esj.2017.v13n24p278 ; <http://dx.doi.org/10.19044/esj.2017.v13n24p278>
26. N'Goran E, Brémond P, Sellin E, Sellin B, Théron A. (1997). Intraspecific diversity of *Schistosoma haematobium* in West Africa: Chronobiology of cercarial emergence. *Acta Trop.*;66(1):35-44.
27. OMS. Impact de la schistosomiase sur la santé publique: morbidité et mortalité *. *Schistosomatidae Poche*, 1907. 1907;55312. 1994;72(1):5-11.

28. OMS (2013). Schistosomiase: Rapport de situation 2001–2011 et plan stratégique 2012–2020. 2013;80.
29. Poche, Aspidogasteridae (1907) Schistosomatidae. Kingdom Animalia. 1907;55312.
30. Poda J-N, Sellin B, Sawadogo L, Sanogo S. (1994). Distribution spatiale des mollusques hôtes intermédiaires potentiels des schistosomes et de leurs biotopes au Burkina Faso. *Occge Info.*;(101):12-9.
31. Salter JP, Lim KC, Hansell E, Hsieh I, McKerrow JH. (2000) Schistosome invasion of human skin and degradation of dermal elastin are mediated by a single serine protease. *J Biol Chem.* 2000;275(49):38667-73.
32. Selling B et Boudin C. (1981). Les schistosomes en Afrique de l' Ouest. *ANNALE de Parasitologie de l'O.R.S.T.O.M.*
33. Stelma FF, Talla I, Polman K, Niang M, Sturrock RF, Deelder AM, et al. (1993). Epidemiology of *Schistosoma mansoni* infection in a recently exposed community in Northern Senegal. *Am J Trop Med Hyg.*;49(6):701-6.
34. Surugue, B. (1993). La lutte contre les maladies tropicales: la schistosomiase. OMS.
35. Tandina F, Doumbo SN, Kone AK, Guindo D, Goita S, Sissoko M, Konate S., Dabo A, Doumbo OK (2016). Épidémiologie des schistosomoses dans le village périurbain de Sotuba, dix années après la mise à échelle du traitement de masse au Mali. *Medecine et Sante Tropicales*, 26: 51-56. DOI:10.1684/mst.2015.0515.
36. Traoré M . (1990) - Répartition des schistosomoses au Mali - Act. Conf. Internat. Schisto. Niger CERMES/OCCGE: 103-135. 1990;1990.
37. Traoré M, Landoure A, Diarra A, Kante B, Sacko M, Coulibaly G, et al. (2007). Geographic distribution and epidemiology of urinary schistosomiasis in Mali: implications for a control program. *Mali Med* ;22(3):22-8.: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/19434989>
38. Traoré M, Maude GH, Bradley DJ. (1998). Schistosomiasis haematobia in Mali: prevalence rate in school-age children as index of endemicity in the community. *Trop Med Int Health.*;3(3):214-21.
39. Vester U, Kardorff R, Traoré M, Traoré HA, Fongoro S, Juchem C, et al. (1997). Urinary tract morbidity due to *Schistosoma haematobium* infection in Mali. *Kidney Int.*;52(2):478-81. Disponible sur: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/9264005>
40. Vray B. (2002). Les apports de la biologie moléculaire à la paléoparasitologie. *Vesalius.*;3(1):45-52.

41. Wang L, Li YL, Fishelson Z, Kusel JR, Ruppel A. (2005). *Schistosoma japonicum* migration through mouse skin compared histologically and immunologically with *S. mansoni*. Parasitol Res.;95(3):218-23.
42. Whitfield PJ, Bartlett A, Khammo N, Brain APR, Brown MB, Marriott C, et al. (2003). Delayed tail loss during the invasion of human skin by schistosome cercariae. Parasitology ;126(Pt 2):135-40: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/12636351>
43. Wolmarans CT, de Kock KN, Strauss HD, Bornman M. (2002) Daily emergence of *Schistosoma mansoni* and *S. haematobium* cercariae from naturally infected snails under field conditions. J Helminthol.;76(3):273-7. : <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/12363382>
44. Youssef, E., Taoufik, H., Driss, L., Brahim, C., Hajar, D., Nizar, S., Sanaa, Y., Khadija, E. K., Driss, B. (2016). *Distribution spatiale de Rhadinorhynchus cadenti parasites intestinal de poisson Trachinotus ovatus de la Cote de Mehdia (Maroc)*.European Scientific Journal April 2015 edition vol.11, No.12 ISSN: 1857 – 7881 (Print) e - ISSN 1857- 7431.
45. Zussman RA, Bauman PM, Petruska JC. The role of ingested hemoglobin in the nutrition of *Schistosoma mansoni*. J Parasitol. 1970;56(1):75-9.

Etude Comparative des Techniques Chirurgicales dans la Chirurgie de la Cataracte au Niger

Abba Kaka H.Y.

Service d'Ophtalmologie Hôpital National de Niamey, Niger

Diori N.A.

Service d'Ophtalmologie Hôpital National Lamorde Niamey, Niger

Roufaye L.

Service d'Ophtalmologie Hôpital National de Niamey, Niger

[Doi:10.19044/esj.2021.v17n17p180](https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n17p180)

Submitted: 12 April 2021

Accepted: 11 May 2021

Published: 31 May 2021

Copyright 2021 Author(s)

Under Creative Commons BY-NC-ND

4.0 OPEN ACCESS

Cite As:

Abba Kaka H.Y., Diori N.A. & Roufaye L. (2021). *Etude Comparative des Techniques Chirurgicales dans la Chirurgie de la Cataracte au Niger*. European Scientific Journal, ESJ, 17(17), 180. <https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n17p180>

Résumé

Objectif: Le but de cette étude est de comparer les techniques chirurgicales dans la chirurgie de la cataracte au Niger. **Patients et méthode:** Il s'agissait d'une étude retrospective sur 12 mois du 1er Janvier au 31 Décembre 2012 portant sur les patients opérés de cataracte pendant les camps de chirurgie foraine dans les 8 regions du Niger. **Résultats:** Au total 1727 yeux cataractés ont été opérés dont 908 (52.58%) par phaco-alternative et 819 (47.42%) par l'extraction extra capsulaire. A J30 post opératoire la Phacoalternative a donné 29% de moyennes et bonnes acuités visuelles comparé à 27% pour l'extra-capsulaire. Les implants standards de 22 dioptries étaient les plus utilisés avec 26.21%. Les implants de puissance entre 21 et 22 dioptries étaient responsables des meilleures acuités visuelles à J60. **Conclusion:** La Phaco-alternative comparée à l'extraction extra-capsulaire donnait de meilleurs résultats post-opératoires dans la chirurgie de la cataracte au Niger.

Mots clés : Chirurgie de la cataracte, technique chirurgicale, Niger

Comparative Study in Cataract Surgical Technics in Niger

Abba Kaka H.Y.

Service d'Ophthalmologie Hôpital National de Niamey, Niger

Diori N.A.

Service d'Ophthalmologie Hôpital National Lamorde Niamey, Niger

Roufaye L.

Service d'Ophthalmologie Hôpital National de Niamey, Niger

Abstract

Aim: This paper focuses on comparing the surgical technics in cataract surgery in Niger. **Patients and Method:** It was a retrospective study which consisted of about 1,727 operated eyes of cataract during advance cataract surgical camps in the 8 regions of Niger. This happened over a period of 12 months from 1st January to 31st December of the year 2012. **Résultats:** A total of 1,727 cataract eyes were operated on during the study period. 908 patients (52.58%) were operated by phaco-alternative and 819 (47.42%) patients were operated by extra capsular extraction. On D30 postoperatively, phaco A gave 29% of good results compared to 27% for the extra-capsular. Standard 22 diopter implants were the most used in 26.21% of cases. Power of implants between 21 and 22 diopters were responsible for the best visual acuity at D60. **Conclusion:** Phaco-alternative technic compared to extra capsular gave better postoperative results in cataract surgery in Niger.

Keywords: Cataract surgery, surgical technic, Niger

Introduction

La cataracte première cause de cécité curable et constitue une des maladies cibles de l'initiative « Vision 2020, le droit à la Vue » qui vise à éliminer les causes de cécité évitable d'ici l'an 2020 (OMS/9 25février 2000). Le Niger fait partie des pays de l'Afrique de l'Ouest qui s'étaient fixés cet objectif.

Le traitement de la cataracte est purement chirurgical. Il consiste à l'ablation du noyau cristallinien opacifié (phacoexérèse) et la correction de l'aphaquie résiduelle. Deux techniques sont pratiquées actuellement au Niger notamment : l'extraction extra capsulaire classique (EECC) et la phaco alternative manuelle sans suture (PKA). D'autres techniques plus récentes notamment la Phacoemulcification(Phaco E) et le Fentolaser sont pratiqués dans les pays développés. L'utilisation de ces dernières techniques sont limités dans nos pays en voie de développement à cause du cout élevé des appareils et du consommable mais aussi à cause de l'apprentissage plus difficile. La

Phacoalternative est une méthode non motorisée et moins onéreuse alternative à la Phaco E. Ces techniques s'accompagnent de la pose d'un implant en chambre antérieure ou postérieure (Nadio, 2017). Une bonne prise en charge de la cataracte nécessiterait une chirurgie de qualité et un suivi post opératoire doué d'efficacité et d'efficience.

Le but de cette étude est ressortir les résultats comparatifs des 2 techniques chirurgicales utilisées en chirurgie de la cataracte au Niger.

Patients et Méthode

Il s'agissait d'une étude rétrospective portant sur les dossiers des patients opérés de la cataracte pendant les camps de chirurgie foraine du 1er Janvier au 31 Décembre de l'année 2012. Etaient inclus dans l'étude tous les dossiers des patients opérés de cataracte ayant des renseignements complets sur l'acuité visuelle, la puissance de l'implant et la technique opératoire. Nous avons étudié les paramètres suivants : la technique chirurgicale, l'acuité visuelle post-opératoire comparativement à la technique opératoire, l'acuité visuelle post-opératoire et la puissance de l'implant. Les patients se sont vus attribuer au hasard la technique d'EECC ou la technique de PKA manuelle. Dans le cas de l'EECC, le noyau de la cataracte a été extrait par une incision cornéo-imbrique de 10 mm, puis le cortex a été aspiré et le cristallin artificiel implanté dans la chambre postérieure. L'incision a été suturée par des points séparés au fil 10/0. Dans le cas de la PKA, un tunnel scléral a été construit en utilisant un kératome et le noyau cristallin luxé dans la chambre antérieure. Le noyau a ensuite été extrait en utilisant une solution viscoélastique. L'aspiration du cortex et l'implantation du cristallin artificiel étaient semblables à la technique d'EECC, mais il n'était pas nécessaire de suturer car la plaie était auto étanche.

Ce caractère faiblement invasif autorise la réalisation d'une chirurgie ambulatoire. Le suivi des patients a été effectué à J1, J30 et à J60 post opératoire.

Les résultats ont été classés en trois groupes : bon, moyen et mauvais selon les directives et recommandations de l'OMS concernant les résultats postopératoires de la chirurgie de la cataracte avec implant intraoculaire comme le montre le tableau ci-dessous

Résultat	AVL	AVSC	AVAC
Bon	10/10-3/10	>80%	>90%
Moyen	<3/10-1/10	<15%	<5%
Mauvais	<1/10	<5%	<5%

(AVL= acuité Visuelle de Loin, AVSC= acuité visuelle sans correction, AVAC= acuité visuelle avec correction)

Aucun des patients n'a bénéficié d'un calcul de la puissance de l'implant et aucun n'a eu une correction optique en post-opératoire.

Résultats

Le Tableau I ressort les deux techniques opératoires utilisés avec précision de l'utilisation d'un implant intra-oculaire ou pas

Tableau I. Répartition des opérés selon la technique chirurgicale et l'implantation

Type chirurgie	Nombre	Pourcentage
EEC/ICA	16	0.93%
EEC/ICP	783	45.33%
EEC/SIMPLE	20	1.16%
PHACOA/ICA	08	0.47%
PHACOA/ICP	898	51.99%
PHACOA/SIMPLE	02	0.12%
Total	1,727	100%

(EEC/ICA= extraction extra capsulaire/implant de chambre antérieure

EEC/ICP= extraction extra capsulaire/ implant de chambre postérieure

PHACO A/ICA= phacoalternative/ implant de chambre antérieure

PHACO A/ICP = phacoalternative/ implant de chambre postérieure)

Au total 908 patients soit 52.58 % ont été opérés par la méthode phaco-alternative avec ou sans implant.

Tableau II. comparaison entre acuité visuelle post opératoire sans correction et technique opératoire à J1, J30 et J60

Jour de control Et	Qualité de l'acuité visuelle			Perdus de vue Nbr/ %
	Mauvaise Nbr/ %	Moyenne Nbr/ %	Bonne Nbr/ %	
J1 EEC / ICP	355/20.55	313 /18.12	106/6.13	9/0.9%
J1 PHACO A / ICP	347/20.09	401/23.21	144/8.33	6 /0.34
J30 EEC / ICP	91/5.26	217/12.50	244/14.12	229/13.25
J30 PHACO A / ICP	60/3.47	216/12.50	285/16.50	337/19.51
J60 EEC / ICP	31/1.79	144/8.33	182/10.53	426/24.66
J60 PHACO A / ICP	19/1.10	128/7.41	185/10.71	566/32.77

A J30 post opératoire la phaco A a donné 29% de moyens et bons résultats comparé à 27% pour l'extra-capsulaire.

Tableau III. Répartition des opérés selon la puissance des implants utilisés en dioptries

Puissance Implant	Fréquence	Pourcentage %
18,5	5	0.3%
19	6	0.4%
19,5	54	3.2%
20	244	14.13%
20,5	202	12.1%
21	389	22.81%
21,5	285	17.1%
22	447	26.21%
22,5	24	1.4%
23	49	2.9%
Total	1,705	100%

Sur les 1,727 patients opérés, 1,705 avaient bénéficiés de la mise en place d'un implant intraoculaire, les implants de 22 dioptries étaient les plus utilisés avec 26.21%.

Tableau IV. comparaison entre l'acuité visuelle post opératoire sans correction et la puissance des implants

Acuité visuelle à J60	Mauvaise	Moyenne	Bonne	Perdus de vue
Puissance de l'implant				
18,5	2	1	1	1
19	0	1	1	4
19,5	1	7	20	26
20	8	51	53	120
20,5	8	34	53	107
21	14	57	71	235
21,5	14	50	76	145
22	6	70	78	281
22,5	2	3	2	17
23	0	4	2	43
Puissance non spécifiée	2	4	10	42

Les implants de puissance entre 21 et 22 dioptries sont responsables des meilleures acuités visuelles à J60.

Discussion

La cataracte est la première cause de cécité curable dans le monde et aussi au Niger où elle constitue 45% des causes identifiées de cécité (OMS/9 25février 2000). Ce taux élevé fait de cette pathologie un véritable problème de santé publique. Le coût onéreux et l'accessibilité difficile à la chirurgie de cataracte font d'avantage obstacle et augmentent le nombre de cas non opérés dans le pays. L'évolution des techniques opératoires de la cataracte ont fait que l'extraction intra-capsulaire a été abandonnée au profit de l'extraction extra capsulaire et plus récemment de la phacoalternative (PhacoA). Ces deux dernières techniques ont fait leur entrée dans la pratique chirurgicale de la cataracte. Dans cette étude que nous présentons 1,727 yeux avaient été opérés de cataracte. Deux techniques chirurgicales ont été pratiquées sur ces patients notamment l'extraction extra capsulaire dans 47.42% des cas et la phaco-alternative sur 52.58% des yeux. Pour corriger l'aphaquie chirurgicale ainsi

créée, un implant est mis en place pour remplacer le cristallin. La position idéale est dans le sac capsulaire en chambre postérieure. L'implant peut aussi être placé en chambre antérieure au cas où le support anatomique (la capsule postérieure) n'est plus en mesure de garder l'implant en place. Dans d'autres cas encore plus désespérants aucun implant n'est mis en place, alors le patient était appelé à avoir une implantation secondaire ou une correction optique post opératoire (verres d'aphaque). Au total 908 yeux soit 52.58 % ont été opérés par la méthode Phaco-alternative avec ou sans implant. Ce chiffre est supérieur à celui rapporté par Diarra SM et al. au Mali qui est de 38% (Diarra, 2020), de même que Guirou N et al. qui ont aussi retrouvé 47.36% de PhacoA (Guirou, 2013). Par contre 51% des patients Sowagnon TYC opérés par PhacoA (Swagnon, 2014) ce chiffre se rapproche du notre. De ce paramètre nous en concluons que la phacoalternative rentre progressivement dans les habitudes des chirurgiens africains. L'étude de Ruit S au Népal a conclu que la phacoA était la meilleure méthode pour éliminer la cataracte dans les pays en développement vu le cout moins onéreux et le temps opératoire court (Ruit, 1999). L'acuité visuelle est un indice d'évaluation de la qualité de la chirurgie de la cataracte. Comment énuméré dans la méthodologie de cette étude elle a été classée en bonne, moyenne et mauvaise selon les recommandations de l'OMS concernant les résultats postopératoires de la chirurgie de la cataracte avec implant intraoculaire. En comparant les deux techniques (Tableau II), l'acuité post opératoire dans la phaco A a donné de meilleurs résultats. Ce concept est accepté par tous les auteurs pré-cités et concorde avec les données de la littérature (Oye, 2006; Schemann, 2006). Le faible taux d'astigmatisme cornéen, la petite incision, le faible taux de complications per et post-opératoires sont entre autres les facteurs en faveur de la PhacoA, mais la présentation tardive dans nos régions limite les bénéfices liés à cette technique. Les implants standards étaient utilisés par manque de biométrie et ceux de 22 dioptries étaient les plus utilisés tout comme dans l'étude de Diarra SM. Pour Guirou N l'implant calculé était indisponible dans seulement 1% des cas, et 95% des patients de Sowagnon TYC n'ont pu bénéficier d'une échobiometrie. Par contre tous les patients de Assoumou PA et al. avaient bénéficié d'une biométrie oculaire en mode contact en pré-opératoire avec calcul de la puissance de l'implant intraoculaire emmétropisant selon la formule SRK/T (Assoumou, 2018). L'étude comparative à J60 entre l'acuité visuelle et la puissance de l'implant a fait ressortir dans notre étude que les implants de puissance 22 dioptries avaient plus de bons résultats, suivis des 21 dioptries. D'une manière générale nos résultats sur l'acuité visuelle restent inférieurs aux normes de l'OMS et à ceux des autres études, le grand nombre d'absents (59.11% à J60) en visite retour tout comme le manque de biométrie et de correction optique post-opératoire chez ces patients semblent être des facteurs incriminants.

Conclusion

La chirurgie de la cataracte reste un déficit dans les pays sous développés ou le taux de cécité imputable à celle-ci dépasse 40%. Cette demande élevée appelle à des techniques accessibles comme la Phacoalternative. L'acuité visuelle étant l'indicateur le plus important dans la réussite de la chirurgie de la cataracte, cette série nous montre des meilleurs résultats chez les patients ayant été opérés par la méthode phaco-alternative. Cette technique étant d'apprentissage moins difficile, ayant un cout moindre et un temps opératoire plus court doit être la technique de référence pour les pays à faible revenus dans leurs perspectives d'atteindre les objectifs de la vision 2020.

Conflits d'intérêts: aucun

Contribution des auteurs: tous les auteurs ont participé au recensement à l'élaboration et à la rédaction de cet article.

Remerciements: Au personnel du service d'Ophtalmologie de l'Hôpital National de Niamey.

References:

1. Assoumou, PA., Mba Aki, T., Dohvoma, A et al.(2018). La Phacoalternative Manuelle sans Suture dans la chirurgie de masse de la cataracte de l'adulte à Libreville, Health Sci. Dis:19 (4)1.
2. Diarra, SM., Guindo, A., Saye, G et al. (2020). Résultats fonctionnels de la chirurgie de la cataracte de l'adulte dans le district sanitaire de la commune VI à Bamako (Mali) : bilan de deux campagnes de chirurgie de masse. Jaccr Africa; 4(1): 314-319.
3. Guirou, N., Napo, A., Dougnon, A et al. (2013). Résultats fonctionnels de la chirurgie de la cataracte de l'adulte; Journal français d'ophtalmologie, 36, 19 - 22.
4. Initiative mondiale pour l'élimination de la cécité évitable Lancement de l'Initiative Vision 2020 en Afrique Francophone. Communiqué de presse OMS/9 25février 2000.
5. Nadio, T., Napo, A., & Balde, R. (2017). Extraction extra capsulaire versus Phacomanielle sans sutures dans le traitement de la cataracte de l'adulte Au Chu-Iota. Mali Medical , Tome Xxxii N°3,p 16 - 19.
6. Oye, JE., Kuper, H., Dineen, B., Befidi-Mengue, R., & Foster, A. (2006). Prevalence and causes of blindness and visual impairment in Muyuka: a rural health district in South West Province, Cameroon. Br J Ophthalmol;90:538—42.
7. Ruit, S., Tabin, GC., Nissman, SA., Paudyal, G., & Gurung, R. (1999). Low-cost high-volume extra capsular cataract extraction

- with posterior chamber intraocular lens implantation in Nepal; *Ophthalmol*; 106(10):1887-92.
8. Sowagnon, TYC., Kouassi, FX., Koné, S et al. (2014) Etude comparative de l'extraction extracapsulaire (EEC) manuelle versus chirurgie de la cataracte à petite incision. manuelle: expérience du centre Ophtalmologique protestant, Méthodiste Bartimée de Dabou, *Revue SOAO N° 02*, 33-37.
 9. Schemann, JF., Inocencio, F., de Lourdes Monteiro, M et al. (2006). Blindness and low vision in Cape Verde Islands: results of a national eye survey. *Ophthalmic Epidemiol*;13:219—26.

Annexes: Iconographie



Photo 1- Patients à J1 post-opératoire (source: programme de Santé Oculaire du Niger)



Photo 2- Patientes à J1 post-opératoire (source: programme de Santé Oculaire du Niger)



Amélioration des conditions d'hygiène et d'assainissement dans la commune de Zè au Bénin

Roch Christian Johnson

Université d'Abomey-Calavi, Centre Interfacultaire de Formation et de
Recherche en Environnement pour le Développement Durable (CIFRED),
Laboratoire d'Hygiène, d'Assainissement, de Toxicologie et de Santé
Environnementale (HECOTES), Cotonou, Bénin

Armelle Sabine Yélignan Hounkpatin

Université d'Abomey-Calavi, Centre Interfacultaire de Formation et de
Recherche en Environnement pour le Développement Durable (CIFRED),
Laboratoire d'Hygiène, d'Assainissement, de Toxicologie et de Santé
Environnementale (HECOTES), Cotonou, Bénin

Université Nationale des Sciences, des Technologies, de l'Ingénierie et des
Mathématiques (UNSTIM), Ecole Normale Supérieure de l'Enseignants
Technique (ENSET), Lokossa, Bénin

Francine Innocentia Johnson

Gratien Boni

Université d'Abomey-Calavi, Centre Interfacultaire de Formation et de
Recherche en Environnement pour le Développement Durable (CIFRED),
Laboratoire d'Hygiène, d'Assainissement, de Toxicologie et de Santé
Environnementale (HECOTES), Cotonou, Bénin

Beatriz Gomez

Gabriel Diez

Fondation Anesvad, Bilbao Espagne,
General Concha, 28 - 1º Entrada calle Egaña. 48010 Bilbao, Spain

[Doi:10.19044/esj.2021.v17n17p189](https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n17p189)

Submitted: 12 October 2020

Accepted: 11 May 2021

Published: 31 May 2021

Copyright 2021 Author(s)

Under Creative Commons BY-NC-ND

4.0 OPEN ACCESS

Cite As:

Johnson R.C., Yélignan Hounkpatin A.S., Johnson F.I., Boni G., Gomez B. & Diez G. (2021).
Amélioration des conditions d'hygiène et d'assainissement dans la commune de Zè au Bénin.
European Scientific Journal, ESJ, 17(17), 189. <https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n17p189>

Résumé

La présente étude vise à évaluer les effets des interventions mises en œuvre de 2017 à 2018 relatives à la promotion de l'hygiène et de l'assainissement dans la commune de Zè. Réalisée en Septembre 2019, l'étude a mobilisé la recherche documentaire, l'observation et l'entretien. La collecte a été effectuée dans les arrondissements bénéficiaires des interventions et de celles non bénéficiaires. Les résultats après interventions montrent que la proportion des personnes ayant de bonnes pratiques d'hygiène et d'assainissement est passée de 31,01% à 73,08%. La proportion des groupements de femmes associés aux activités IEC/WASH est passée de 0% à 87%. Le taux de morbidité liée aux maladies hydro-fécales a régressé de 1,20% à 0,78%. La prévalence des géohelminthiases a diminué de 7,10% à 0,75%. Par ailleurs, l'observation a permis de constater la réduction de la défécation à l'air libre, la réduction de la distance séparant les ménages d'un point d'eau, la diminution de la corvée d'eau pour les femmes et les filles, la réduction de la prévalence des maladies courantes dans les localités bénéficiaires. Malgré les résultats positifs obtenus, il reste des défis à relever pour pérenniser les acquis et passer à l'échelle supérieure notamment l'implication effective des autorités locales dans le suivi des ouvrages d'hygiène et d'assainissement.

Mots clés : Eau, hygiène, assainissement, santé, Zè, Bénin

Improvement of Hygiene and Sanitation Conditions in the Commune of Zè in Benin

Roch Christian Johnson

Université d'Abomey-Calavi, Centre Interfacultaire de Formation et de Recherche en Environnement pour le Développement Durable (CIFRED),
Laboratoire d'Hygiène, d'Assainissement, de Toxicologie et de Santé Environnementale (HECOTES), Cotonou, Bénin

Armelle Sabine Yélignan Hounkpatin

Université d'Abomey-Calavi, Centre Interfacultaire de Formation et de Recherche en Environnement pour le Développement Durable (CIFRED),
Laboratoire d'Hygiène, d'Assainissement, de Toxicologie et de Santé Environnementale (HECOTES), Cotonou, Bénin

Université Nationale des Sciences, des Technologies, de l'Ingénierie et des Mathématiques (UNSTIM), Ecole Normale Supérieure de l'Enseignants Technique (ENSET), Lokossa, Bénin

Francine Innocentia Johnson

Gratien Boni

Université d'Abomey-Calavi, Centre Interfacultaire de Formation et de Recherche en Environnement pour le Développement Durable (CIFRED),
Laboratoire d'Hygiène, d'Assainissement, de Toxicologie et de Santé Environnementale (HECOTES), Cotonou, Bénin

Beatriz Gomez

Gabriel Diez

Fondation Anesvad, Bilbao Espagne,
General Concha, 28 - 1º Entrada calle Egaña. 48010 Bilbao, Spain

Abstract

The study aims to assess the effects of the interventions implemented from 2017 to 2018 relating to the promotion of hygiene and sanitation in the municipality of Zè. Conducted in September 2019, the study involved documentary research, observation and interview. Collection was carried out in the districts benefiting from the interventions and those not benefiting. Post-intervention results show that the proportion of people with good hygiene and sanitation practices increased from 31.01% to 73.08%. The proportion of women's groups involved in IEC / WASH activities increased from 0% to 87%. The morbidity rate linked to hydro-fecal diseases fell from 1.20% to 0.78%. The prevalence of soil-transmitted helminthiasis decreased from 7.10% to 0.75%. In addition, the observation made it possible to note the reduction in open defecation, the reduction in the distance separating households from a water point, the reduction in the drudgery of water for

women and girls, reducing the prevalence of common diseases in beneficiary localities and empowering women in groups through the manufacture and sale of soap.

Keywords: Water, hygiene, sanitation, health, Ze, Benin

Introduction

L'Eau, l'Hygiène et l'Assainissement (EHA) ont d'importantes répercussions tant sur la santé que sur les maladies (OMS, 2015). En effet, lorsque l'alimentation en EHA est insuffisante, la santé en pâtit considérablement. Aucun autre facteur environnemental déterminant n'a des effets aussi profonds, fragilisant et déshumanisants (Bartram et al., 2010).

Malgré les progrès dans le secteur de l'eau, 785 millions de personnes de la population mondiale boivent de l'eau de source non améliorée sans protection contre la contamination par les matières fécales (McGinnis et al., 2017). Parmi ceux-ci, 159 millions de personnes, dont 58% vivaient en Afrique subsaharienne et utilisaient les eaux de surface comme eau de boisson (OMS, 2017). Environ deux milliards de personnes dans le monde n'ont pas de toilettes à la maison ou ne disposent pas de toilettes permettant une gestion hygiénique des excréments (McGinnis et al., 2017). En Afrique subsaharienne, environ 31% des populations sont sans accès à une installation d'assainissement améliorée (OMS, 2017). Cette situation cause chaque année, 1,5 million de décès d'enfants (Awofeso et al., 2013). Les maladies liées à l'insalubrité de l'eau, à l'absence de système d'assainissement et au manque d'hygiène représentent un énorme fardeau pour les pays en développement (McGinnis et al., 2017). Dans ces pays, les écoles en général, et en particulier celles des zones rurales, n'ont généralement pas accès à l'eau potable, à des installations d'assainissement, ni à des dispositifs de lavage des mains. Lorsque ces infrastructures et équipements existent parfois, ils sont souvent insuffisants, tant qualitativement que quantitativement. Les écoles où les conditions d'approvisionnement en EHA sont mauvaises, constituent pour la plupart des environnements à haut risque pour les élèves, le personnel et accroissent la grande vulnérabilité des enfants aux géohelminthiases (Campbell et al., 2014). Aujourd'hui, les Maladies Tropicales Négligées affectent plus d'un milliard de personnes dans le monde et sévissent dans les zones rurales isolées ou les bidonvilles (Ogden et al., 2013).

Au Bénin, la situation des populations en matière d'accès aux systèmes d'assainissement individuel n'est pas reluisante (OMS, 2011). L'enquête démographique et de santé, réalisée en 2017, a montré que 71% des ménages ont accès à une source d'eau améliorée tandis que 87% n'ont pas accès à des installations d'hygiène non améliorées. Par ailleurs, parmi les 80% des personnes disposant d'un endroit pour se laver les mains, (55%) n'avaient pas

de l'eau et du savon (INSAE, 2019). Cette situation fait perdre environ 79 millions de dollars US au Bénin chaque année à cause des décès prématurés et 3,1 millions de dollars US du fait des soins de santé dans le cadre du Programme WASH, en 2011.

La population de Zè, située dans le département de l'Atlantique est de plus en plus confrontée au problème d'hygiène et d'assainissement dû à l'absence de toilettes et de services d'assainissement adaptés (Mara et al., 2010). Les données disponibles montrent que l'accès à l'EHA reste insuffisant de façon générale au sein de cette commune. Par ailleurs, une autre étude transversale (Gomido et al., 2015) réalisée sur les facteurs sociodémographiques et comportementaux associés aux géo-helminthiases en milieu scolaire a révélé une association statistiquement significative des géo-helminthiases à l'absence de lavage des mains. Ainsi, les géo-helminthiases sont trois fois plus fréquentes au sein des écoliers de cet arrondissement (Gomido et al., 2015). C'est dans ce contexte que des interventions de promotion de l'hygiène et de l'assainissement ont été mises en œuvre dans la commune de Zè. La présente étude vise à évaluer les effets des interventions du projet de Promotion de l'Hygiène et de l'Assainissement sur la santé des bénéficiaires dans la commune de Zè. Spécifiquement il s'est agit de décrire les interventions mises en œuvre dans le cadre du projet d'Hygiène et d'Assainissement ; de mesurer les effets des interventions du projet sur les Connaissances, Attitudes et Pratiques des bénéficiaires et enfin d'apprécier les effets de ces interventions sur les maladies hydro-fécales dans la commune de zè.

I. Cadre et méthode d'études

I.1. Cadre d'étude

La commune de Zè est située dans le département de l'Atlantique au Sud du Bénin entre 6°32' et 6°87' de latitude Nord et 2°13' et 2° 26' de longitude Est. Elle s'étend sur une superficie de 653 km² et est limitée au Nord par les communes de Zogbodomey et Toffo, au Sud par les communes d'Abomey-calavi et Tori-bossito, à l'Est par les communes de Adjohoun et Bonou, puis à l'Ouest par la commune de Allada. Cette commune compte soixante-treize (73) villages répartis sur onze (11) arrondissements Adjan, Dawé, Djigbé, Dodji Bata, Hekanmé, Koundokpoé, Sèdjè Dénou, Sèdjè houègoudo, Tangbo, Yokpo, Zè centre. Les arrondissements bénéficiaires du projet sont Sèdjè-Dénou centre, Aguiakpa, Agbohounsou et Gbozoumè et ceux non bénéficiaires que sont Agozounkpa, Domè-séko, Dawè-centre et Djigbé (figure 1).

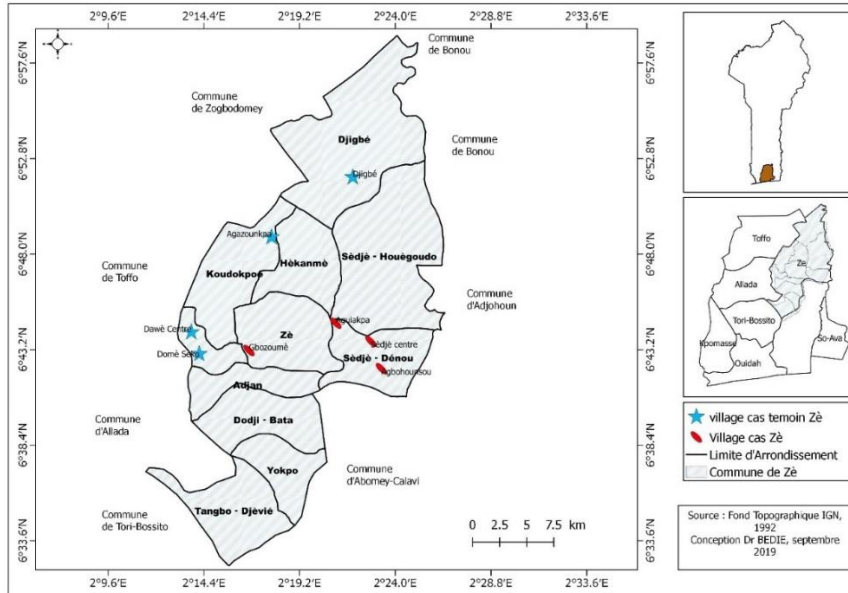


Figure 1: Situation géographique de la commune de Zè les principales sources d'eau de boisson utilisée

I.2 Méthodes d'étude

I.2.1 Type d'étude

Il s'agit d'une étude quasi-expérimentale de type ici et ailleurs portant sur l'évaluation des effets des interventions du projet de promotion de l'hygiène et de l'assainissement à Zè.

I.2.2. Cibles

La population d'étude est représentée par deux grandes cibles. La première est composée : des agents de santé ; des directeurs ou enseignants d'écoles ; des personnes ressources ; autorités politico-administratives ; responsables d'associations ou ONG de collecte des déchets. Cette première catégorie de cible est investiguée par un guide d'entretien. La deuxième catégorie est composée : des ménages (les femmes des groupements) et des écoliers. Cette deuxième catégorie est soumise à un questionnaire.

I.2.3. Critères d'inclusion, critères de non inclusion et Critères d'exclusion

Sont inclus dans l'étude les personnes qui satisfont aux conditions ci-après : résider dans les villages des arrondissements retenus par l'étude ; donner son consentement pour répondre aux questions et/ou pour participer aux entretiens. Ne sont pas incluses dans l'étude : toutes les personnes qui n'ont pas donné leur accord pour participer à cette étude ; toutes les personnes qui étaient juste de passage dans la localité. Sont exclues de l'étude, toutes les personnes venues nouvellement ou qui sont de passage dans le secteur d'étude.

I.2.4. Échantillonnage

Deux groupes cibles sont retenus pour servir d'échantillon. Il s'est agi des sous-groupes « ménages, les écoliers » et des « agents de santé ; enseignants d'écoles et personnes ressources ». Deux types échantillonnage sont mobilisés pour les enquêtes qualitatives et quantitatives.

1.2.4.1. Méthodes d'échantillonnage pour les enquêtes

Il s'agit d'une étude mixte, à la fois qualitative et quantitative qui a été faite dans les quatre (4) arrondissements bénéficiaires du projet HA dont Sédjè-Dénou centre, Aguiakpa, Agbohounsou et Gbozoumè. Quatre (4) autres arrondissements non bénéficiaires ont été sélectionnés dans la même commune suivant les critères d'éloignement et de caractéristiques similaires afin de mesurer les effets du projet sur les localités bénéficiaires. Il s'agit de : Agozounkpa, Domè-séko, Dawè-centre et Djigbé. Pour le choix des acteurs à interroger par une enquête ménage dans ces localités, il a été porté sur le chef de ménage et/ou son épouse. Les ménages « bénéficiaires » ont été sélectionnés de façon aléatoire à partir d'une liste des bénéficiaires de chaque localité. La stratégie du déplacement dans le sens des aiguilles d'une montre a été adoptée. La figure 1 présente la carte des sites des « bénéficiaires » et des « non bénéficiaires » retenus dans le secteur d'étude. Les quatre Ecoles Primaires Publiques: Sédjè-Dénou/A, Sédjè-Dénou/B, Aguiakpa et Agbohounsou ont été retenues. Un choix par commodité des écoliers remplissant les critères d'inclusion a été réalisé. Ainsi la taille totale de l'échantillon des écoliers est de trois cent cinquante-deux (352).

I.2.4.2. Taille de l'échantillon

- **Échantillonnage pour l'enquête quantitative**

Pour la réalisation de l'enquête quantitative, un recensement de tous les ménages des villages concernés par l'étude a été fait. Afin de déterminer la taille de l'échantillon, un échantillonnage aléatoire stratifié a été réalisé. Les strates sont ici représentées par les villages bénéficiaires. L'échantillon a été déterminé à l'aide de la formule de Schwartz. Un total de 322 ménages représente l'échantillon des « bénéficiaires » et selon la méthodologie adoptée (deux ménages non bénéficiaires pour un ménage bénéficiaire), la taille de l'échantillon des « non bénéficiaires » représente le double de celle de l'échantillon des « bénéficiaires », soit 644 ménages. Notifions que les localités ont été choisies en fonction de celles qui présente le plus de besoins en infrastructures EHA. La taille de l'échantillon des « non bénéficiaires » a été doublée pour avoir une fiabilité dans les résultats.

- **Échantillonnage pour l'enquête qualitative**

La méthode d'échantillonnage pour le volet qualitatif est le choix raisonné, cette enquête a employé un échantillon restreint. Dans ce cas, la taille

de l'échantillon n'est pas prédéfinie avant l'enquête. La taille est arrêtée après saturation des informations au niveau des cibles. Ainsi, au terme de la collecte de données, la taille de l'échantillon du volet qualitatif a été arrêtée à 89 personnes.

I.2.5. Variables

Deux types de variables sont impliqués dans cette étude, il s'agit d'une variable dépendante et plusieurs variables indépendantes. Variable dépendante : il s'agit de l'effet du niveau d'hygiène et d'assainissement sur la santé. Variables indépendantes : Il s'agit des facteurs sociodémographiques, comportementaux et environnementaux. Caractéristiques sociodémographiques : sexe, l'âge, catégorie socioprofessionnelle, niveau scolaire, type d'habitat, ethnie. Les facteurs comportementaux liés à l'eau de boisson et les facteurs liés aux Connaissances, Attitudes et Pratiques (CAP).

I.2.6. Technique et outils de collecte des données.

Les techniques et outils de collecte utilisés pour l'étude sont : recherche documentaire, fiche de lecture ; fiche de dépouillement ; fiche de renseignements généraux sur les villages ; les méthodes de sensibilisation. La méthode aléatoire simple a été appliquée pour sélectionner trente ménages dans lesquels les prélèvements d'eau ont été faits dans chaque localité d'intervention. L'analyse microbiologique a été effectuée au laboratoire HECOTES du Centre Inter-facultaire de Formation et de Recherche en Environnement pour le Développement Durable (CIFRED). Pour la collecte des selles, des tubes plastiques munis de couvercles ont été remis aux écoliers la veille du jour des prélèvements et récupérés le lendemain matin. Trois principaux germes ont été recherchés dans ces échantillons selon la technique de Kato Katz (*Ascaris lombricoïdes*, *Trichuris trichiura*, *Ankylostome duodénale*) au laboratoire du centre de santé communal.

I.2.7. Analyse des données

Les logiciels Excel, SPSS 23 et Epi Info 7 ont été utilisés. Excel a permis de réaliser des tableaux, des graphiques et de générer des bases de données pour les analyses statiques avec les autres logiciel (SPSS, Epi). Le logiciel SPSS a permis le traitement des données en vue d'analyses statistiques. Epi. Info a permis de concevoir des questionnaires pour les études épidémiologiques, de saisir les réponses issues de l'enquête et d'appliquer des traitements statistiques sur ces données.

I.2.8. Aspect éthique de l'étude

Une autorisation du déroulement de l'enquête a été obtenue auprès des autorités municipales. Tous les participants ont signé un consentement éclairé écrit. Le traitement des données a été fait dans un esprit de confidentialité.

II. Résultats

Les informations recueillies révèlent que toutes les parties prenantes des zones d'intervention du projet, louent les actions et évoquent fièrement les acquis : infrastructures et équipements ; comportements et pratiques ; promotion de la santé communautaire.

II.1. Acquis en termes d'infrastructures et équipements du projet HA

II.1.1. La disponibilité des infrastructures de base en EHA (tableau 1)

Tableau 1. Répartition des infrastructures et équipements dans les localités bénéficiaires à zè

N° d'ordre	Infrastructures/ équipements	Emplacements	Coordonnées X	Coordonnées Y	Localités
1	Château d'eau	CS Zè centre	421816	743020	Zè centre
2	Forage	EPP Aguiakpa	428072	745045	Aguiakpa
3	WC	EPP Aguiakpa	428104	745070	
4	WC ECOSAN	Sèdjè-Denou	431232	743783	
5	Forage	CS Sèdjè-Denou	431255	743797	Sèdjè-Denou
6	WC ECOSAN	EPP Sèdjè-Denou B	431407	743584	
7	WC ECOSAN	EPP Sèdjè-Denou A	431320	743455	
8	Forage	EPP Sèdjè-Denou	431320	743455	
9	Forage	Marché Sèdjè-Denou	431577	743381	
10	WC ECOSAN	Marché Sèdjè-Denou	431623	743392	Agbohounssou
11	Forage1	Agbohounssou	431799	741474	
12	Forage2	Agbohounssou	432370	740816	
13	Forage 2	Gbozoumè	430025	753461	Gbozounme
14	Forage 1	EPP Gbozounme	429509	753839	
15	WC ECOSAN	Gbozounme	429536	753818	

Source : Travaux de terrain septembre 2019

En termes d'infrastructure, le projet a acquis au profit des Ecoles Primaires Publiques (EPP), des Centres de Santé (CS) et des communautés de la commune de Zè un total de huit (8) forages, un (1) château d'eau, et six (6) latrines ECOSAN. Ainsi, la disponibilité de point d'eau dans les villages bénéficiaires a amélioré l'accessibilité à l'eau potable dans ces localités.

II.1.2. Infrastructures et équipements d'amélioration de l'accès à l'eau, l'hygiène et l'assainissement mis en place par le projet HA

Ces équipements et infrastructures sont transférés à la commune au nom des populations bénéficiaires. Cette situation leur confère une grande

responsabilité dans l'utilisation efficace et la gestion durable de ces outils (voir photos ci-dessous).



Photo 1 : Dispositif de stockage d'eau



Photo 2 : Dispositifs de stockage d'eau



Photo 3: Matériels de lavage des mains
Source : Travaux de terrain, 2019



Photo 4 : Latrines ECOSAN EPP



Photo 5 : Latrines domiciliaires



Photo 6 : Type de poubelle
Source : Travaux de terrain, 2019



Photo 7 : Type de forages du projet HA



Photo 8 : Type de forages du projet HA



Photo 9 : Type de forages du projet HA

Source : Travaux de terrain, 2019

Le but poursuivi est l'accès équitable et durable à l'eau potable, aux infrastructures adéquates d'assainissement de base et l'appropriation des bonnes pratiques d'hygiène par les populations.

II.1.3. Appréciation des résultats liés aux infrastructures par les bénéficiaires

Deux résultats sont identifiables : la disponibilité de l'eau potable et la réduction de la distance entre les ménages et les points d'eau. Le graphique (figure 2) montre l'évolution des tendances.

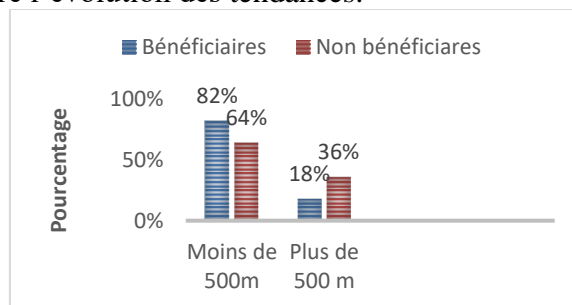


Figure 1: Répartition des ménages en fonction de la distance entre le point d'eau et les habitations

Source : Données de terrain septembre 2019

De l'analyse de la figure 2, il ressort que 64% des habitations des villages « bénéficiaires » sont situés à moins de 500 mètres de leur source d'eau contre 82% au niveau des villages « Non bénéficiaires ». Ainsi, la présence des forages a réduit la distance à parcourir par les femmes à la recherche d'eau potable pour le ménage ; donc moins de fatigue et gain de temps.

II.2. Effet des interventions sur les Connaissances, Aptitudes et Pratiques en EHA

II.2.1 Niveau des résultats en matière de CAP liés à l'EHA

Les méthodes de sensibilisation à savoir les projections de film et d'images sur les bonnes pratiques ont permis aux bénéficiaires d'accroître en tout premier lieu leurs connaissances sur les voies de contaminations de l'eau et celles liées aux maladies. La comparaison des deux sous-groupes d'échantillons sur les voies de contamination de l'eau de boisson, à savoir : « bénéficiaires » et « non bénéficiaires » est révélateur à ce propos.

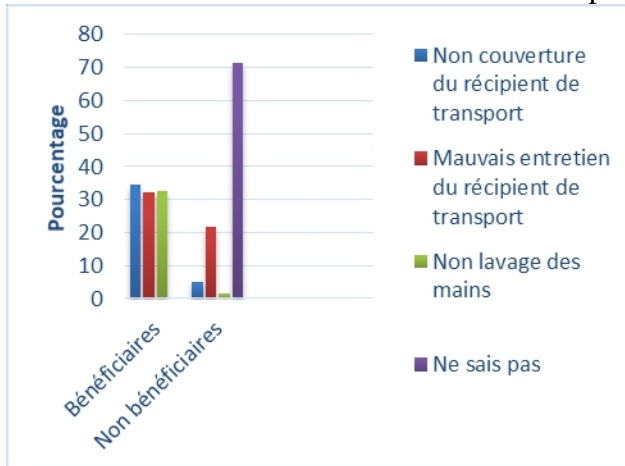


Figure 3: Niveau comparatif de connaissance sur les voies de contamination de l'eau

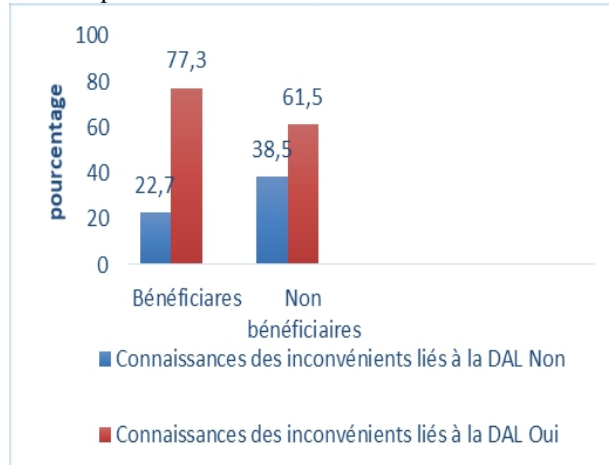


Figure 4: Niveau de connaissance des inconvénients liés à la DAL

L'analyse de la figure 3, révèle dans les localités « bénéficiaires » que les populations ont meilleure connaissance des voies de contamination de l'eau contrairement aux villages « non bénéficiaires » qui n'ont pas assez. Il en est de même pour les connaissances liées à la Défécation à l'Air Libre (DAL). En effet, de l'analyse des données relatives à la connaissance des risques liés la défécation à l'air libre (Figure 4), il ressort que 77,3% des répondants ont connaissance contre 22,7% qui n'ont pas connaissance des inconvénients de la DAL.

II.2.2. Amélioration des CAP liées à l'EHA dans les ménages bénéficiaires

Les figures 5 et 6 illustrent l'amélioration des CAP liées à l'EHA dans les ménages bénéficiaires.

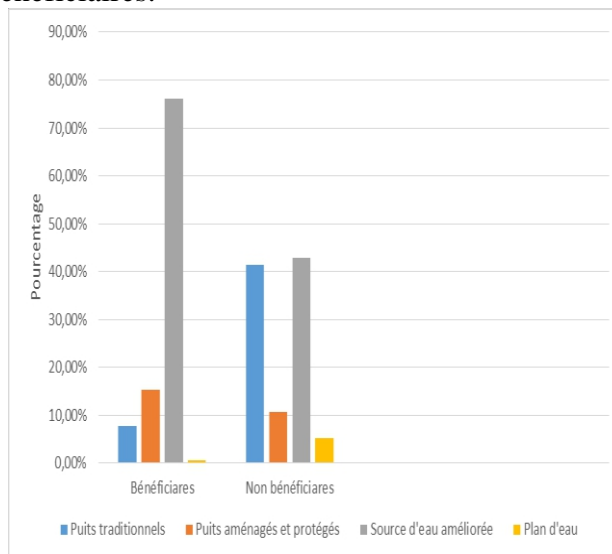


Figure 5: Répartition des ménages suivant les principales sources d'eau de boisson utilisée

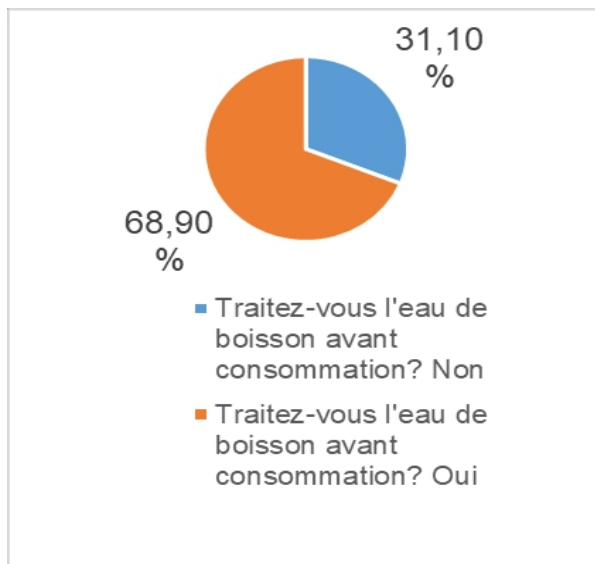


Figure 6: Traitement de l'eau avant consommation au niveau des ménages « bénéficiaires »

A travers des sensibilisations (CHAST/ PHAST) et des formations notamment par rapport à l'entretien des différentes infrastructures dont elles ont été dotées par le biais du projet HA, les populations témoignent avoir reçu des connaissances liées à l'Eau, Hygiène et Assainissement. Ces savoirs et savoir-faire restent des acquis en termes de CAP.

Quatre sources d'eau sont fréquemment utilisées par les ménages. La figure 5 montre que 76,2% des ménages utilisent les sources d'eau améliorées comme principale source d'eau de boisson contre 23,8% qui utilisent des puits traditionnels (7,7%), des puits aménagés (15,4%) et des plans d'eau (0,7%). Ainsi, ces résultats montrent l'importance que revêt la mise en œuvre du projet HA dans ces localités

L'analyse de la figure 6 révèle que dans la commune de Zè, 68,9% des ménages bénéficiaires du projet font le traitement de l'eau de boisson avant consommation contre 31,1% qui ne le font toujours pas. Le traitement de l'eau avant consommation réduit les maladies diarrhéiques. Cette pratique n'est pas utilisée par toutes les unités statistiques.

II.2.3. Adoption de bonnes attitudes par les écoliers

Les figures 7 et 8 indiquent respectivement les tendances dans les bonnes attitudes en matière d'hygiène corporel et les attitudes des écoliers en matière d'assainissement des écoles.

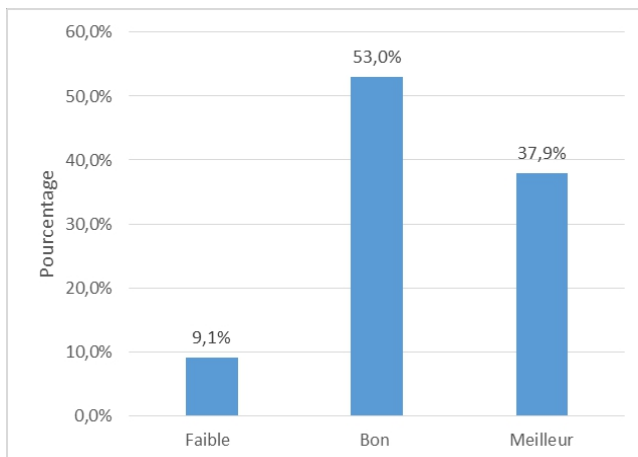


Figure 7: Niveau des attitudes des écoliers en matière d'hygiène corporelle

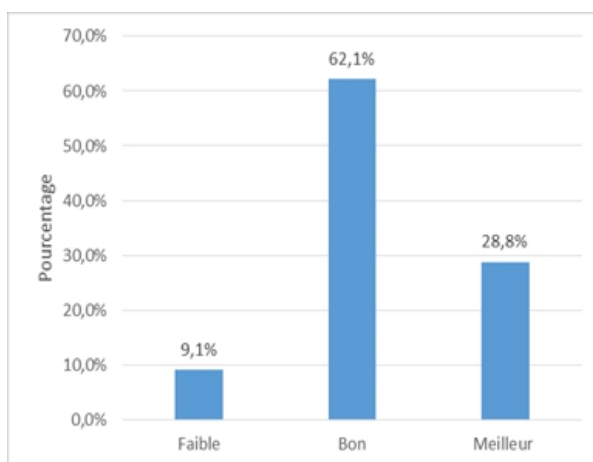


Figure 8: Niveau des attitudes des écoliers en matière d'assainissement des écoles

L'analyse de la figure 7 révèle que 90% des écoliers interviewés ont de bonne manière en matière d'hygiène corporelle. Parmi ces bonnes attitudes, on note le lavage régulier de la tenue d'école, les ongles taillés et le bain quotidien pris par les enfants. La figure 8 montre que 90% des écoliers ont adopté les bonnes pratiques et d'attitudes en matière d'assainissement de leur cadre de vie. Ces mutations en matière d'hygiène corporelle et d'assainissement du cadre de vie constatées au niveau des écoliers à travers l'adoption de meilleurs comportements sont le résultat des activités de sensibilisation de CHAST.

II.3. Effet des interventions et promotion de santé

II.3.1. Niveau d'atteinte des résultats en termes de santé communautaire

Des activités relatives aux analyses de selles et de sang, au déparasitage systématique, à la prise en charge des maladies liées à l'hygiène

et à l'assainissement, à la potabilisation de l'eau de boisson ont permis d'infléchir les courbes des maladies diarrhéiques (figure 9).

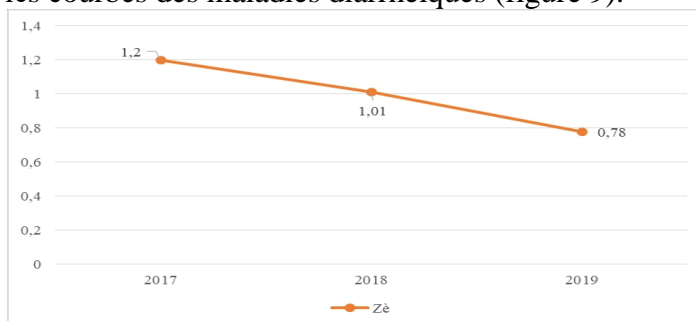


Figure 9: Évolution du Taux de morbidité des maladies hydro-fécales (%) sur la période 2017 à 2019

La figure 9 montre l'évolution du taux de morbidité des maladies hydro-fécales sur la période allant de 2017 à 2019 dans les localités d'intervention. Sur la période, il y a eu une baisse (1,2% à 0,78%) du taux de morbidité des maladies hydro-fécales à Zè. Cette réduction de taux morbidité est rendue possible grâce aux interventions du projet notamment à travers les communications pour un changement de comportement et la mise en pratique des notions acquises par les différentes cibles dans les zones d'intervention. De plus les écoles et les centres de santé ont été dotés des dispositifs de lavage de mains suivi de la formation à leur entretien et aux différents moments critiques auxquels il faut se laver les mains. A cela s'ajoute la formation à la préparation du savon liquide et solide. La disponibilité du savon aide désormais les écoliers, les usagers et le personnel des centres de santé dans la pratique du lavage des mains, de l'hygiène vestimentaire et corporelle.

II.3.2 Réduction des taux de prévalences dans les zones d'intervention

Les figures 10 et 11 illustrent respectivement le déparasitage régulier des ménages et la fréquence de déparasitage des enfants.

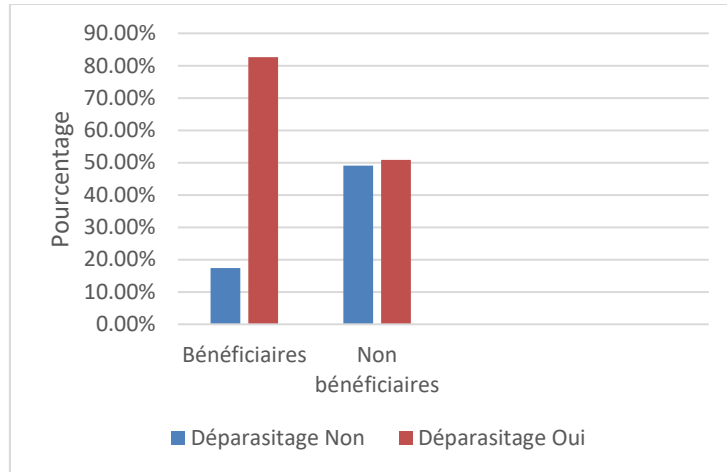


Figure 10: Répartition des ménages par commune selon la pratique du déparasitage

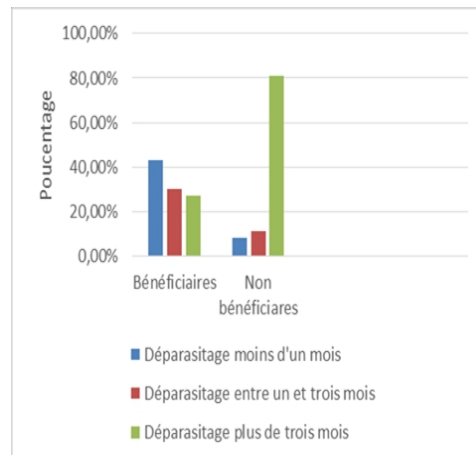


Figure 11: Répartition suivant la fréquence de déparasitage des enfants

La figure 10 montre que 82,6% des bénéficiaires du projet dans la commune de Zè interrogés ont affirmé qu'ils se déparasitent régulièrement contre 17,4% qui ne le font pas. En effet, 50,9% des ménages « non bénéficiaires » interviewés se déparasitent régulièrement contre 49,1% qui ne le font pas.

La figure 11 donne les fréquences de déparasitage des enfants au niveau des bénéficiaires et non bénéficiaires de la commune. Il ressort que, 43,1% déclarent avoir déparasité leur enfant il y a moins d'un mois, 30% l'ont fait il y a un à trois mois et 26,9% se sont déparasités il y a plus de trois mois. Ainsi, en moyenne 37,76% des bénéficiaires du projet ont inscrit le fait de déparasiter leurs enfants dans leur habitude contre 8% au niveau des ménages non bénéficiaires du projet. Aussi, faut-il noter que la proportion des enfants déparasités des ménages « non bénéficiaires », il y a plus de trois mois (81%)

est largement supérieur à la moyenne de ceux qui l'ont été en moins de trois mois (11%) dans les villages « non bénéficiaires ». Il apparaît donc un écart de 29,76% entre les pratiques relatives au déparasitage dans les villages bénéficiaires de l'intervention du projet HA et les villages non bénéficiaires. On comprend alors que les différentes sensibilisations et la mise à disposition de l'albendazole ont porté leurs fruits en inscrivant dans les pratiques habituelles des ménages bénéficiaires, l'importance de déparasiter leurs enfants.

II.3.2.1. Effets de la disponibilité de latrines

La fréquence d'utilisation des latrines par les répondants (figure 12)

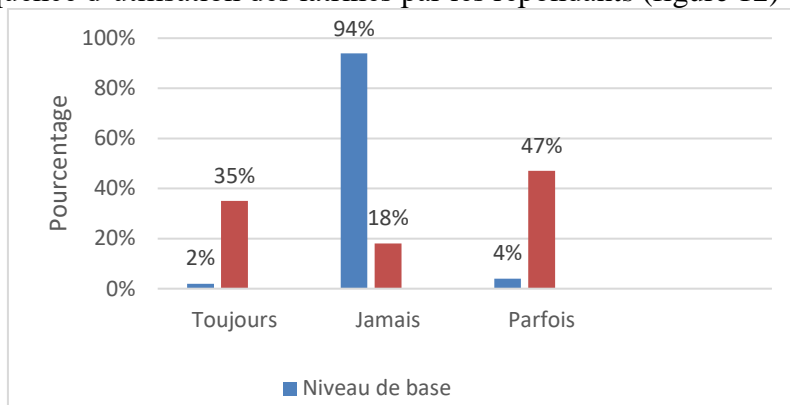


Figure 12: Fréquence d'utilisation des latrines par les répondants

Les résultats de l'étude de base sur l'utilisation des latrines construites pour les populations bénéficiaires montrent que seuls 2% des ménages utilisaient toujours ces latrines. Cependant, les résultats de l'évaluation post intervention montrent que ce taux est passé à 35% dans cette commune. La proportion des ménages qui n'utilisent jamais de latrines est passée de 94% à 18% entre l'étude de base et l'évaluation post intervention. La défécation à l'air libre est réduite grâce à la disponibilité des latrines.

II.3.2.2. Effets dans le cadre de la promotion de la santé communautaire

Le tableau 2 montre l'effet du lavage des mains sur les maladies hydro-fécales au niveau à Zè.

Tableau 2. Tableau croisé entre le lavage des mains à l'eau et au savon et l'infection hydro-fécale à Zè

		Lavage des mains avec l'eau et le savon			
		Jamais	Parfois	Souvent	Toujours
Infection hydro-fécale	Non	4,3%	24,4%	52,4%	18,9%
	Oui	3,3%	67,4%	13,5%	15,8%

Lorsqu'on recherche le lien entre le lavage des mains et la prévalence des maladies hydro-fécales, nous constatons que 67% des enquêtés à Zè, qui évoquent les maladies hydro-fécales sont celles qui ne se lavent pas régulièrement les mains à l'eau et au savon (Tableau 2). Par contre les personnes qui ne constatent plus les maladies hydro-fécales dans leurs ménages disent qu'elles se lavent souvent ou toujours les mains à l'eau et au savon. Il existe donc une forte relation entre la pratique de lavage des mains et la survenance des maladies hydro-fécales.

Tableau 3. Effet des déparasitants sur les maladies hydro-fécales

		Infection hydro-fécale					
		Non		Oui		Total	
		Effectif	N % ligne	Effectif	N % ligne	Effectif	N % ligne
Régularité du déparasitage	Non	41	48,2%	44	51,8%	85	100,0%
	Oui	150	62,0%	92	38,0%	242	100,0%
	Total	191	58,4%	136	41,6%	327	100,0%

Les résultats du tableau 3 montrent l'effet du déparasitage sur les maladies hydro-fécales au niveau des enfants. Dans les localités bénéficiaires, plus de 87% des ménages ont affirmé qu'ils donnent régulièrement des déparasitants aux enfants. Parmi ceux-ci plus de 62% déclarent que leurs enfants ne souffrent plus trop de maladies hydro-fécales. Par contre, parmi les ménages qui ne donnent pas régulièrement des déparasitants aux enfants 52% affirment que leurs enfants souffrent par moment des maladies hydro-fécales. Le déparasitage influence positivement la baisse des infections hydro fécales chez les enfants dans les localités bénéficiaires.

Tableau 4. Absence de l'administration du déparasitant sur la santé des enfants

Régularité du déparasitage		Infection hydro-fécale					
		Non		Oui		Total	
		Effectif	N % ligne	Effectif	N % ligne	Effectif	N % ligne
Non		127	59,6%	86	40,4%	213	100,0%
Oui		101	45,7%	120	54,3%	221	100,0%
Total		228	52,5%	206	47,5%	434	100,0%

Les résultats du tableau 4 révèlent qu'environ 50% des ménages dans les localités « non bénéficiaires » n'administrent pas de déparasitant aux enfants. Parmi ces derniers plus de 54% estiment que leurs enfants continuent de souffrir des maladies hydro-fécales. La réalisation du test de khi-deux permet de voir le lien de dépendance entre les deux variables (prise des déparasitants et prévalence des maladies hydro-fécales). Par ailleurs, la réduction des maladies liées à l'hygiène entraîne systématiquement l'épanouissement des enfants selon les répondants du monde scolaire. Pour les agents de santé, les effets positifs du projet sont entre autres, le soulagement des patients des formations sanitaires et leurs accompagnants ainsi que le

corps médical avec la présence des latrines, une diminution des frais de santé (achat de médicaments pour les maladies diarrhéiques) ainsi que des frais pour l'approvisionnement en eau satisfait.

III. Discussion

Les résultats révèlent la mise en place d'interventions de promotion de l'hygiène et de l'assainissement à Zè. Selon Dos Santos (2006), l'accessibilité en terme de distance aux points d'eau est un paramètre important puisqu'il détermine la quantité d'eau disponible à l'usage domestique et hygiénique. La présente étude indique que 64% des habitations des villages « bénéficiaires » sont situés à moins de 500 mètres de leur source d'eau. Ce taux est plus faible que celui obtenu par Ossenii (2010) qui a montré que 100 % des ménages dans les quartiers périphériques de la ville de Ouagadougou parcourent moins de 500 m pour aller à une borne fontaine. Cette divergence pourrait être due à la taille des échantillons, au nombre de forages et à leur répartition spatiale.

Le volet hygiène a été étudié en prenant en compte la pratique du lavage des mains. Ainsi il ressort des investigations que des latrines familiales dans la commune de Zè sont pourvues de dispositifs de lavage des mains. En effet, la présence de dispositif de lavage des mains près des latrines est un indicateur qui permet d'évaluer le taux de lavage des mains après défécation (Mooijman, 2012). Les mains favorisent la transmission des maladies du péril fécal. WSP en 2012 a conclu que les selles des enfants sont mal gérées en Afrique. Dans les Ecoles Primaires Publiques bénéficiaires, les forages et les dispositifs de lavage de mains sont fonctionnels et utilisés par les écoliers. Ces résultats corroborent ceux de Harvey et Adenya qui ont trouvé que 45% des écoles en Zambie disposent des systèmes de lavage de mains en milieu scolaire (Harvey et Adenya, 2009).

De l'analyse de l'effet des interventions sur les Connaissances, Attitudes et Pratiques (CAP) en Eau, Hygiène et Assainissement (EHA), il ressort que les bénéficiaires ont un niveau statistiquement meilleur à celles des non bénéficiaires en matière de connaissance des sources d'eau améliorées, des voies de contamination de l'eau lors du transport et du stockage, des conséquences liées à la consommation d'une eau non potable, des conséquences liées à la défécation en plein air, des nuisances causées par une mauvaise gestion des ordures, d'utilisation de source d'eau de boisson améliorée, de traitement de l'eau de boisson, d'utilisation des récipients de stockage, de fréquence de nettoyage des récipients de stockage, de durée de conservation de l'eau de boisson et de gestion des ordures ménagères et eaux usées. Ces résultats sont semblables à ceux de l'USAID-Sénégal dans l'évaluation à mi-parcours de la performance du projet Eau et Assainissement. En effet, cette intervention dans son volet sensibilisation a permis d'améliorer la connaissance et l'utilisation des sources d'eau potables par les ménages

bénéficiaires, la connaissance des inconvénients liés à la Défécation à l'air Libre (DAL), la diminution de la DAL, et l'utilisation des méthodes adéquates pour le traitement de l'eau de boisson (USAID, 2013).

Les différentes méthodes de sensibilisations (PHAST et CHAST) mises en œuvre chez les bénéficiaires ont permis d'accroître le niveau de leur CAP contrairement aux non bénéficiaires. Ces résultats confirment les travaux de l'Agence d'aide à la Coopération Technique et au Développement (ACTED) qui dans son rapport d'évaluation des Connaissances, Attitudes et Pratiques (CAP) en Eau, Hygiène et Assainissement dans la commune de Mboki (République Centrafricaine) affirme que les sensibilisations en hygiène et assainissement ont permis aux bénéficiaires d'améliorer leur niveau de connaissance, d'attitude et de pratique (Nicolas, 2012). Dans le même sens, d'après l'OMS, l'initiative PHAST doit aider les communautés à améliorer les comportements en matière d'hygiène, empêcher la propagation des maladies diarrhéiques, encourager la gestion communautaire des installations d'approvisionnement en eau et d'assainissement (OMS, 1998).

Quant à la prévalence des géohelminthiases (0,75%), elle est inférieure à la prévalence de 7,10% obtenue lors de la première étude de prévalence. Cette baisse remarquable de la prévalence obtenue au cours de cette phase comparée à la première pourrait être imputable aux interventions de promotion de l'hygiène et de l'assainissement mises en œuvre. Il s'agit notamment, de la construction de source d'approvisionnement en eau potable munies de dispositifs de lavage de mains et de contribution à l'amélioration de l'hygiène et de l'assainissement en milieu rural au Bénin: Évaluation du projet de promotion de l'hygiène et de l'assainissement dans la commune de zè savons, la construction de latrines, la sensibilisation des écoliers à l'hygiène et à l'assainissement par la méthode CHAST (Children Hygien And Sanitation Training) et le déparasitage des écoliers avec des comprimés d'Albendazole (400mg). Ces résultats sont comparable à ceux de Strunz et al. en 2014, qui ont trouvé que l'usage d'une eau de qualité améliorée est associé à la baisse des infections aux géohelminthes (OR 0.46, IC 0.36–0.60). De même Aung Tun et al. en 2013 à Myanmar confirme suite à une campagne de déparasitage en milieu scolaire qui a fait passer le taux de prévalence de 69,7% (étude de base) à 21% lors de l'évaluation. Aussi, d'après l'OMS, l'accès à une eau salubre et à des systèmes d'assainissement ainsi qu'une meilleure hygiène permet de réduire la morbidité imputable à l'ascaridiase de 29% et celle imputable à l'ankylostomiase de 4% (Guerin et al., 2003). Elqaj et al. ont également conclu que pour une lutte efficace contre les parasitoses, des actions telles que l'éducation sanitaire, l'approvisionnement en eau potable, l'installation du réseau d'assainissement et surtout la sensibilisation des populations doivent être menées (Elqaj et al., 2009).

L'évaluation de l'efficacité de l'intervention se mesure par rapport à l'atteinte des objectifs. Les populations dans les localités affectées ont acquis un savoir et un savoir-faire liés à la gestion et à l'usage de l'eau, l'hygiène et l'assainissement. Le traitement de l'eau de boisson, le stockage et même certaines localités qui ne disposaient pas d'un point d'eau potable ont obtenu un forage. Les populations ont été sensibilisées par rapport aux divers usages de l'eau. Les écoliers et les femmes sont les premiers concernés par les interventions du projet HA, dans les zones d'interventions où ils jouent un rôle prépondérant dans l'approvisionnement en eau de la famille, le maintien des conditions d'hygiène et de salubrité. Prendre en compte cette dimension relève de l'intégration du genre dans la mise en œuvre du projet HA. Cependant, la stratégie WASH vise les populations vulnérables au sens communautaire au sein desquelles il y a plusieurs catégories de groupes vulnérables au sens individuel (personnes indigentes, malades mentaux, handicapés physiques, personnes âgées, etc.). A travers l'analyse des résultats, nous avons constaté que ledit projet semble ne pas avoir orienté de façon spécifique ses actions vers eux. Il n'y a d'ailleurs aucune mention à ce sujet ni à la mise en œuvre, ni à l'exploitation des infrastructures. Au regard de ce qui précède, les dimensions genre et équité ont été faiblement intégrées dans la conception et dans la mise en œuvre des interventions du projet HA.

Conclusion

L'insuffisance d'ouvrages et d'équipements sanitaires appropriés ; la mauvaise évacuation des eaux pluviales et usées ; la mauvaise gestion des différents déchets ; la défécation à l'air libre et les comportements, attitudes et pratiques des populations inadaptées en matière d'hygiène et d'assainissement sont des problèmes auxquels sont confrontés la population de la commune de Zè. La mise en œuvre du projet HA dans à Zè a permis de constater que dans les localités cibles de la commune de Zè, les taux de personnes ayant de bonnes pratiques d'hygiène et d'assainissement est passé de 31,01% à 73,08%. Ces résultats laissent des effets et des impacts certains sur la santé des communautés cibles et leur autonomisation. C'est pourquoi, les taux de morbidité liée aux maladies hydro-fécales sont passés de 1,2‰ à 0,78‰. Dans le cadre de la pérennisation des acquis, le soin est laissé aux associations et groupements de femmes qui se sont engagés grâce au projet HA dans l'amélioration de leurs conditions d'hygiène et d'assainissement.

References:

1. Awofeso N, Kwa B, Peckham S. Water, sanitation, and public health. 2013. Journal of environmental and public health, ID 641749, 2. <http://dx.doi.org/10.1155/2013/641749>.

2. Bartram J, Cairncross S. Hygiene, sanitation, and water: forgotten foundations of health. 2010. PLoS medicine 7(11). <https://doi.org/10.1371/journal.pmed.1000367>.
3. Campbell AH, Marzinelli EM, Vergés A, Coleman MA, Steinberg PD. Towards Restoration of Missing Underwater Forests. 2014. PLoS ONE 9(1).
4. Elqaj M, Belghyti D, Ahami A, Loutfi H, Elkharrim K, Taboz Y. Prévalence des parasitoses intestinales chez les écoliers en milieu rural Kenitra – Maroc. 2009. World Journal of Biological Research, 2: 1-6.
5. Guerin PG, Cordier S, Viau C, Quenel P, Dewailly E. Environnement et santé publique : fondement et pratiques. 2003.1062 p.
6. Harvey PA, Adenya EA. Water, sanitation and hygiene: sustainable development and multisectoral approaches. 2009. An assessment of sanitation and hygiene in primary schools in Zambia.8 p.
7. INSAE (2019). Enquête Démographique et de Santé au Bénin, 2017-2018, Cotonou, Bénin et Rockville, Maryland, USA : INSAE et ICF, 675p.
8. Mara D, Lane J, Scott B, Trouba D. Sanitation and health. 2010. PLoS medicine 7(11). <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2981586/>
9. 201202_Mboki_EHA_ACTED-public.pdf [Internet]. [cité 17 avr 2020]. Disponible sur : https://www.humanitarianresponse.info/sites/www.humanitarianresponse.info/files/201202_Mboki_EHA_ACTED-public.pdf.
10. McGinnis SM, McKeon T, Desai R, Ejelonu A, Laskowski S, Murphy HM. A systematic review: costing and financing of water, sanitation, and hygiene (WASH) in schools. 2017. International journal of environmental research and public health, 14 (4): 442. <https://doi.org/10.3390/ijerph14040442>.
11. Mooijman A. Eau, Assainissement et Hygiène (WASH) dans les écoles : un complément au manuel des écoles amies des enfants. 2012. UNICEF, 58p.
12. Nicolas RM. Evaluation des Connaissances Attitudes et Pratiques en EHA. Commune de Mboki. 2012. ACTED, 24 p.
13. Ogden S, Gallo K, Davis S, Addiss D, Haddad D. WASH et les maladies tropicales négligées (manuel à l'intention des responsables de la mise en œuvre du programme wash, Atlanta, États-Unis). 2013. 58 p.
14. https://www.pseau.org/outils/ouvrages/cww_wash_et_les_maladies_tropicales_negligees_2013.pdf

15. OMS. Manuel pas à pas sur PHAST: une approche participative pour enrayer les maladies diarrhéiques. OMS Genève, 1998. OMS : WHO/EOS/98.3, 135 p.
16. OMS. Liens entre l'eau, l'assainissement, l'hygiène et la santé faits. Genève. 2004 <https://apps.who.int/iris/handle/10665/69490>.
17. OMS. Agir pour réduire l'impact mondial des maladies tropicales négligées : premier rapport de l'OMS sur les maladies tropicales négligées. 2011. ISBN 9789242564099, 172p. <https://apps.who.int/iris/handle/10665/44694>.
18. OMS. Liste mondiale de référence des 100 indicateurs sanitaires de base. Organisation Mondiale de la Santé. 2015. WHO/HIS/HSI/2015.3, 139 p. <https://apps.who.int/iris/handle/10665/204687>. https://www.who.int/water_sanitation_health/publications/drinking-water-quality-gui.
19. OMS. Directives de qualité pour l'eau de boisson. 4e éd. intégrant le premier additif. 2017. ISBN: 978-92-4-254995-9, 564 p.
20. Santos, S., 2006. Accès à l'eau et enjeu socio-sanitaire à Ouagadougou, Espace, population, société2-3 pp 271-285.
21. Strunz EC, Addiss DG, Stocks ME, Ogden S, Utzinger J, Freeman MC. Water, sanitation, hygiene, and soil-transmitted helminth infection: a systematic review and meta-analysis. PLoS medicine, 2014. 11(3). <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3965411>.
22. Tun A, Myat SM, Gabrielli AF, Montesor A. Control of soiltransmitted helminthiasis in Myanmar: results of 7 years of deworming. 2013. Tropical Medicine and International Health, 18 (8): 1017-1020. <https://europepmc.org/article/med/23701018>.
23. USAID-Senegal. Evaluation à mi-parcours de la performance du projet Eau et Assainissement de l'USAID Sénégal. USAID, 2013.179 p.
24. WSP. Impacts économiques d'un mauvais assainissement en Afrique. 2012. 6p. <https://www.pseau.org/outils/biblio/resume.php?d=3640&l=fr>



Evaluation des effets des doses de mycorhizes sur les paramètres de croissance et de la production de trois variétés de Voandzou dans la localité de Dschang, Ouest Cameroun

Wang-Bara Bertrand

Institut de Recherche Agricole pour le Développement (IRAD), Station Polyvalente de Recherche Agricole de Garoua SPRA-Garoua, Cameroun.
Université de Dschang, Faculté d'Agronomie et des Sciences Agricoles,
Dschang, Cameroun

Amedep David

Département des Sciences Biologiques,
Université de Ngaoundéré, Cameroun

Housseini Djida Jacques

Institut de Recherche Agricole pour le Développement (IRAD), Station Polyvalente de Recherche Agricole de Garoua SPRA-Garoua, Cameroun.
Département des Sciences Biologiques,
Université de Ngaoundéré, Cameroun

Mana Gaston Guiwa

Institut de Recherche Agricole pour le Développement (IRAD), Station Polyvalente de Recherche Agricole de Garoua SPRA-Garoua, Cameroun

[Doi:10.19044/esj.2021.v17n17p213](https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n17p213)

Submitted: 12 January 2021
Accepted: 19 February 2021
Published: 31 May 2021

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

Cite As:

Bertrand W-B., David A., Jacques H.D. & Guiwa M.G. (2021). *Evaluation des effets des doses de mycorhizes sur les paramètres de croissance et de la production de trois variétés de Voandzou dans la localité de Dschang, Ouest Cameroun*. European Scientific Journal, ESJ, 17(17), 213. <https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n17p213>

Résumé

Cette étude a pour objectif d'évaluer l'effet des doses d'un bio-fertilisant sur la croissance et la production du Voandzou à l'Ouest Cameroun. Elle a été menée à la Ferme d'Application et de la Recherche (FAR) et au Laboratoire de Phytopathologie et de Zoologie Appliquée de la FASA (Dschang) de Décembre 2017 à Juillet 2018. Pour cette étude trois variétés de Voandzou ont été utilisées, une variété locale de Dschang (VL) et deux autres

variétés du Nord Cameroun (Mendéo V1M et Mendéo V2M). Deux doses de mycorhizes (D1 = 10g et D2 = 20g) ont été inoculées et comparées au témoin (D0 = 0 g) dans un dispositif en split-plot combinant deux facteurs (doses et variétés) avec 3 répétitions. Après avoir évalué le taux de germination des graines des différentes variétés, nous avons évalué les paramètres de croissance, la précocité variétale et la productivité en gousse des différentes variétés. Nos résultats ont montré que les variétés Mendéo 1 et 2 du Nord sont précoces avec une floraison débutant à partir de 40^e JAS et une maturité dès le 122^e JAS. La variété VL est tardive avec une floraison dès le 58^e JAS et une maturité à 160^e JAS. En général, les deux doses de mycorhize inoculées augmentent la croissance des plants de voandzou. Cependant la dose D2 (20g) semble être efficace pour les variétés Mendéo V1M et Mendéo V2M, par rapport à la variété local VL qui préfère la dose D1 (10g). Le nombre de feuilles des trois variétés de Voandzou a été plus prononcé pour les plantes inoculées par rapport à celles non inoculées. La dose D2 (20g) d'inoculum a eu un effet positif sur la densité du feuillage des plantes des variétés V1M et V2M. Par contre, la variété locale (VL) de l'Ouest Cameroun paraît plus favorable aux deux différentes doses (D1 et D2) de mycorhizes. Cette étude a montré que l'inoculation directe des CMA pendant le semis entraîne une augmentation du rendement en gousse de la VL et améliore la production de la variété introduite V1M. L'étude permet de conclure que la variété améliorée V1M et locale VL sont potentiellement aptes dans la zone à dose 20 g.

Mots clés : Inoculation, Voandzou, Doses de mycorhizes, Variétés, Rendement, Ouest Cameroun

Evaluation of Mycorrhiza Doses Effect on Growth Parametric and Production of 3 Varieties of Bambara Groundnuts on the Locality of Dschang, West Cameroon

Wang-Bara Bertrand

Institut de Recherche Agricole pour le Développement (IRAD), Station Polyvalente de Recherche Agricole de Garoua SPRA-Garoua, Cameroun.
Université de Dschang, Faculté d'Agronomie et des Sciences Agricoles, Dschang, Cameroun

Amedep David

Département des Sciences Biologiques,
Université de Ngaoundéré, Cameroun

Housseini Djida Jacques

Institut de Recherche Agricole pour le Développement (IRAD), Station Polyvalente de Recherche Agricole de Garoua SPRA-Garoua, Cameroun.
Département des Sciences Biologiques,
Université de Ngaoundéré, Cameroun

Mana Gaston Guiwa

Institut de Recherche Agricole pour le Développement (IRAD), Station Polyvalente de Recherche Agricole de Garoua SPRA-Garoua, Cameroun

Abstract

Aim of this study is to evaluate the effect of bio-fertilizers on growth and production of Bambara groundnut in West Cameroon. The study was carried in the Experimental and Research Farm and in the Phytopathology Laboratory and Applied Zoology of FAAS. For this study, 3 varieties of Bambara groundnuts have been used, the Local varieties of Dschang (VL) and two varieties of North Cameroon (Mendéo V1M et Mendéo V2M). Two doses of mycorrhiza at 10 and 20 g were compared with the control (0 g) in a split-plot design combining two factors (doses and varieties) with 3 repetitions. After determination of germination rate of seeds for each different variety, we had determined agronomic performances such as the growth of plants, precocity and yield pods. The results were proved that the two varieties of North Cameroon are early varieties with an average flowering of 40 DAS and a maturity of 122 DAS. The local variety VL is a late variety with a flowering of 58 DAS and a maturity of 160 DAS. The two doses of mycorrhiza at 10 (D1) and 20 g (D2) increases plants growth of Bambara groundnuts. However, the doses of mycorrhiza at 20 g appear favorable for the two varieties of North (Mendéo V1M and Mendéo V2M) compared to the variety of West which is favorable at the dose of 10 g. The number of leaves from the three varieties of

Bambara groundnuts had been improved from inoculated plants compared to non inoculated plants. The dose of 20 g has a positive effect on leaves density of varieties V1M and V2M. In contrast, the Local variety of West Cameroon appear favorable both two different doses (D1 and D2) of mycorrhiza. This study had showed that the direct inoculation with Fungi Arbuscular Mycorrhiza increase yield pods of Local variety (VL) of West Cameroon and improve the production of variety V1M of Nord Cameroon. Study permits to conclude that the variety V2M of North and V1L of West Cameroon are able potentially on the study zone at 20 g.

Keywords: Inoculation, Bambara groundnut, Doses of mycorrhiza, Varieties, Yields, West Cameroon

Introduction

De nombreux pays africains ont investi dans la production des cultures de rentes (Café et Cacao) et surtout industrielles au détriment des cultures vivrières dont certaines sont à l'abandon et menacées de disparition comme les plantes alimentaires (Djè *et al.*, 2005). Les légumineuses à graines, bien qu'étant des plantes alimentaires marginales, jouent un rôle important dans l'amélioration des propriétés des sols, en augmentant le rendement des cultures non fixatrices d'azotes en association ou rotation (Bado, 2002). Biologiquement, elles ont la capacité à fixer l'azote atmosphérique et de fertiliser le sol grâce à la présence des nodosités racinaires hébergeant des colonies de Rhizobium, bactéries symbiotiques (Rapport projet C2D, 2013 ; Amadou *et al.*, 2018). Elles sont d'une grande importance pour les populations qui la cultivent sur le plan social, culturel et 75 % de la nourriture de base proviennent des céréales et des légumineuses (Rapport projet C2D, 2013).

Le voandzou (*Vigna subterranea* (L.) Verdcout.), encore appelé pois bambara ou pois de terre, est une légumineuse alimentaire mineure dont la culture est restée dans les limites de l'Afrique sub-saharienne où il est adapté à diverses conditions climatiques et écologiques des zones agro-écologiques (BAMNET, 2000 ; Madou *et al.*, 2018). Il est considéré en Afrique comme la troisième légumineuse la plus importante en termes de production et de consommation après l'arachide (*Arachis hypogaeae* (L.)) et le niébé (*Vigna unguiculata* (L.))(Oparaeke et Bunmi, 2006). En Afrique de l'Ouest, où plus de 70 % de la production mondiale totale est cultivée, il est devenu une partie intégrante des systèmes agricoles. Les graines servent à l'alimentation humaine, seule ou mélangée à d'autres aliments (Nacoulma-Ouédraogo, 1996). Les feuilles, riches en phosphore, servent à l'alimentation du bétail. Les graines et les feuilles sont utilisées dans la médecine traditionnelle (Nacoulma-Ouédraogo, 1996). Le voandzou est une plante hautement calorique (387 kcal.100 g⁻¹), riche en vitamines et en éléments minéraux et très équilibrée en

terme de protéine végétale (Oniwamo *et al.*, 1998 ; Diallo *et al.*, 2015 Minka *et al.*, 2000 ; Madou *et al.*, 2018). Sa culture contribue fortement à la résilience des populations à l'insécurité alimentaire et nutritionnelle (Ouoba *et al.*, 2018). Le voandzou joue un rôle sur l'augmentation de la biodisponibilité du phosphore même dans les sols ferrallitiques par le biais de sa capacité de fixation de l'azote (Andriamananjara, 2011). Le rendement du voandzou est réduit par une trop forte humidité du sol. Toutefois, les rendements moyens se situent entre 350 à 800 kg.ha⁻¹ dans les régions où le sol est pauvre et la pluviométrie faible (Linnemann, 1995).

Au cours des dernières décennies, le phénomène de la dégradation des sols agricoles est devenu un problème mondial significatif (Mekuriaw *et al.*, 2017). Étant une ressource limitée et finie pour laquelle il faut entre 200 à 1000 années pour la formation d'une couche de 2,5 cm d'épaisseur, son exploitation à des fins agricoles est fragilisé par l'augmentation de la population mondiale et le changement climatique (Ciampalini *et al.*, 2011 ; Pimentel *et al.*, 1995 cité par Moges et Taye, 2016). Dans le Hauts Plateaux de l'Ouest, la culture du voandzou jadis très répandue est en déclin sans raison agronomique apparente en dehors des tabous qui la considèrent comme une culture des femmes et aussi dépendante des coutumes. Il reste cependant cultivé de façon marginale dans plusieurs localités et consommé surtout en grains (bouilli ou grillé). Les travaux de recherche que ce soit à travers l'optimisation de l'efficacité du travail cultural et de l'utilisation des bio-fertilisants efficaces, ont montrées que cette denrée peu onéreuse, accessible et sous-exploitée aide cette culture à mieux prélever les éléments nutritifs. Des mesures d'amélioration de la productivité sont envisageables pour booster le rendement des plantes à l'instar de l'utilisation des pesticides, d'engrais chimiques et des variétés améliorées de plantes (Dalgaard *et al.*, 2003). Cette méthode reste toutefois dangereuse pour la santé du consommateur et l'environnement (Bowers *et al.*, 2001). Toutefois, une amélioration de la fertilité des sols par l'utilisation de nouvelles stratégies est nécessaire. C'est dans ce contexte que le présent travail se propose d'étudier l'effet d'un bio-stimulant sur trois variétés de Voandzou en milieu paysan. L'objectif de cette étude est d'évaluer l'effet des doses à base de quatre souches de Champignon Mycorhizien Arbusculaire (CMA) sur la production de 3 variétés de Voandzou en champ. Les variétés introduites étaient celle Mendéo V1M et V2M du Nord et VL celle Locale de Dschang.

I- Matériels et méthodes

I.1. Présentation de la zone d'étude

Les travaux ont été réalisés dans la région de l'Ouest-Cameroun, plus précisément à la Ferme d'Application et de la Recherche (FAR) et au laboratoire de Phytopathologie et de Zoologie Appliquée de la FASA. Cette

région d'une superficie de 13 872 km² est composée de 8 Départements (Manga *et al.*, 2013). Elle a un climat de type tropical soudanien avec 2 grandes saisons: une saison sèche qui va de Octobre-Novembre à Mars-Avril et une saison de pluie qui commence en Mars-Avril jusqu'en Octobre-Novembre. L'essai a été réalisé durant la période allant de décembre 2017 à Mai 2018. Durant cette période sèche, la température était de l'ordre de 21,11° C allant jusqu'au mois de février, tandis que la pluviométrie partant de mi-février à Mai était de 11,6 mm. Elle se situe entre 5°0'6°0' de latitude Nord et entre 10°0'11°0' de longitude Est avec des températures variant entre 15 et 30°C soit une moyenne journalière de 25° C.

I.2 Situation agro-écologique

Le site était couvert d'une courte jachère d'environ cinq mois, dominé par les graminées. Les influences anthropiques diverses ont contribué à la propagation d'espèces végétales diverses. Le paysage comprend les cultures (Maïs, Macabo, Légumes, Bananier plantain, Haricot), les jachères récentes, les étangs piscicoles, les bureaux de la Ferme d'Application et de la Recherche (FAR). Quelques espèces végétales rencontrées dans le site sont entre autres : *Tithonia diversifolia*, *Mimosa pudica*, *Ageratum conyzoides*, *Cyperus esculentus*, *Bidens pilosa*, *Cynodon dactylon*. Les précédents culturaux étaient une monoculture de Maïs (*Zea mays*). Le climat de la région de l'Ouest Cameroun est de type camerounien d'altitude. Il est caractérisé par une saison pluvieuse qui va de mi-mars à mi-novembre et une saison sèche qui va de mi-novembre à mi-mars. La pluviométrie moyenne annuelle varie entre 1800 et 2000 mm (IRAD, 2002).

I.3 Caractéristiques climatiques de la région d'étude

La Figure 1 montre la hauteur des précipitations enregistrée pendant la période de l'essai du Mois de Février à Mai 2018. D'après ce graphe, la hauteur des précipitations a varié en fonction des Mois. On a une fluctuation constante avec une valeur moyenne de 10,62 mm en début de saison pour les Mois de Février et Mars (fin saison sèche). Toutefois du Mois d'avril à Mai, on a une élévation de la hauteur des précipitations moyenne variant de 12,91 mm à 12,26 mm au mois d'Avril et Mai, traduisant le début de la saison pluvieuse. Plus on tend vers la saison effective de pluie, on a une élévation de la quantité d'eau enregistrée.

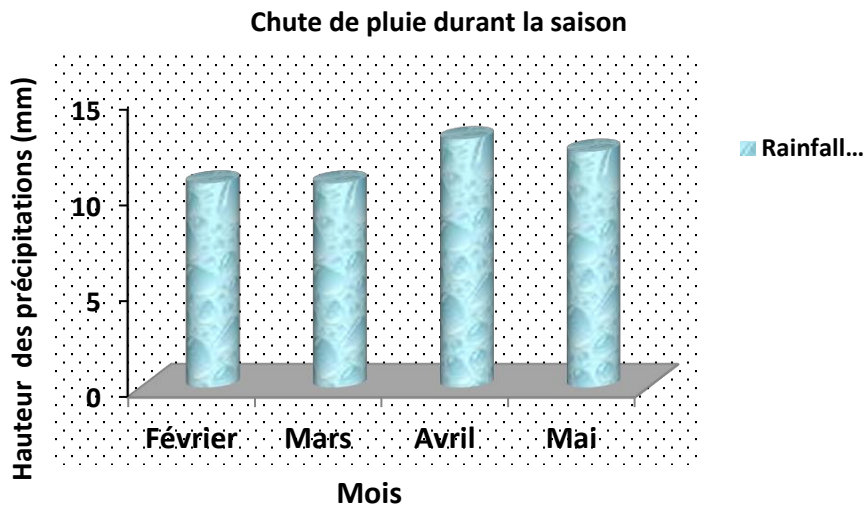


Figure 1 : Chute de pluie pendant la période de l'essai

Les données pluviométriques enregistrées pendant l'essai de Février à Mai 2018 sont illustrés sur le graphe 2. On constate selon le graphe une variation du volume d'eau reçu en fonction du Mois. Elle est constante avec une valeur moyenne de 58,88 ml en début de saison pour les Mois de Février et Mars. Par contre du Mois d'Avril à Mai, on a une augmentation du volume d'eau de pluie variant respectivement de 71,58 à 68 ml selon la quantité d'eau reçue. Ce qui traduisant le début de la saison des pluies. Plus on tend vers la saison effective des pluies, on a une augmentation de la quantité d'eau de pluie.

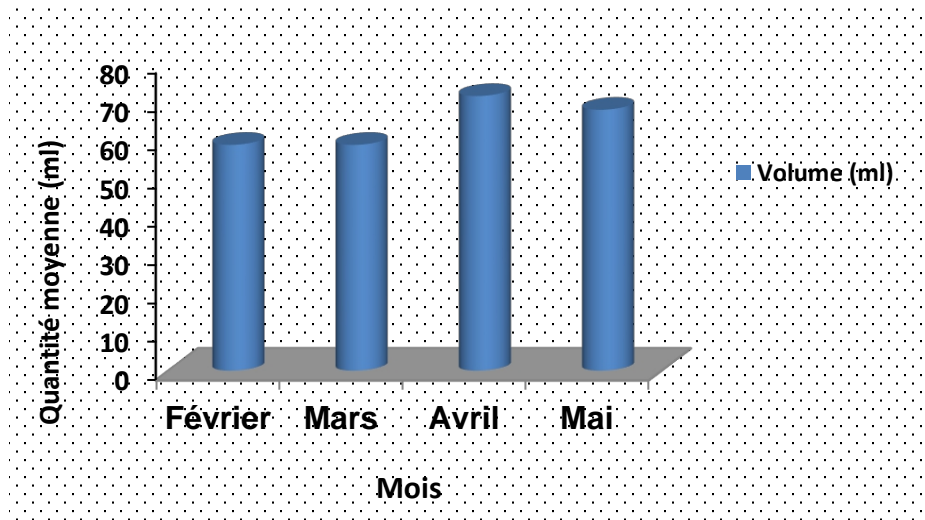


Figure 2 : Volume d'eau durant la période de l'essai

II. Matériels

II.1 Matériels végétal

Dans cet essai, trois morphotypes de voandzou ont été utilisés, deux variétés améliorées du Nord à savoir : les variétés Mendéo blanche crème (V2M) et blanche beige (V1M) en raison de 03 kg chacune fournie par l'IRAD de Garoua en collaboration avec la SODECOTON et une variété locale brune claire de Dschang (VL), communément appelée « Matobô ou Nchoû » obtenue sur les marchés (03 kg). Les semences probablement infestées par l'association de mélange de plusieurs écotypes en stockage ont été séparée uniformément.



Nord (V1M)



Nord (V2M)



Dschang (VL)

Photo 1: Morphotypes de Voandzou utilisés (source, WANG-BARA Bertrand, 2018)

II.2 Matériel biologique

II.2.1 Les Mycorhizes

Le matériel biologique utilisé est celui du Bio-fertilisant Myco provenant du GIC AGRIBIO CAM issus des sols locaux et adapté pour les cultures en pépinières (maraîchage, fruitiers, plantes horticoles), en champ (céréales, légumineuses, fruitiers), les plantes médicinales, les plantes agroforestières et pâturages. Ce bio-fertilisant est constitué de 04 souches des champignons mycorhiziens à savoir : *Rhizophagus irregularis* (50 %), *Scutellospora gregaria* (10 %), *Gigaspora margarita* (20 %), *Glomus hoi* (20 %).



Photo 2 : Mycorhizes contenant les quatre souches de CMA (source, WANG-BARA Bertrand, 2018)

III. Méthodes

III.1 Dispositif expérimental et suivi de l'essai

Le dispositif expérimental utilisé est un split-plot à 3 répétitions. L'essai portait sur deux facteurs à savoir : le facteur mycorhize et le facteur variété.

- **Facteur en parcelle principal** : les doses de mycorhize comprenant 03 modalités (d0 = témoin non inoculé, d1 = reçu 10 g de mycorhizes et d2 = reçu 20 g de mycorhizes).
- **Facteur en parcelle secondaire** : les variétés comprenant 03 modalités notamment la variété VL (Locale de Dschang), la variété V1 (Mendéo du Nord) et la variété V2 (Mendéo).

Chaque bloc comportait 3 sous-blocs subdivisés en 3 unités expérimentales (UE) chacun. Ce dispositif expérimental avait 27 UE au total d'où 9 UE par bloc. La superficie totale du dispositif expérimental était de 230 m². Les UE étaient séparées les unes des autres de 0,5 m. Les blocs qu'en à eux étaient séparé d'un mètre. Les unités expérimentales (UE) comportaient chacune 6 plantes sur la largeur et 8 plantes sur sa longueur à une densité de 25 cm x 35 cm d'où 48 plants par UE de 6 m² de superficie. Cette densité nous permet d'avoir à moyenne 133.333 plants/ha. La planche 1 ci-dessous présente le dispositif expérimental de l'essai.

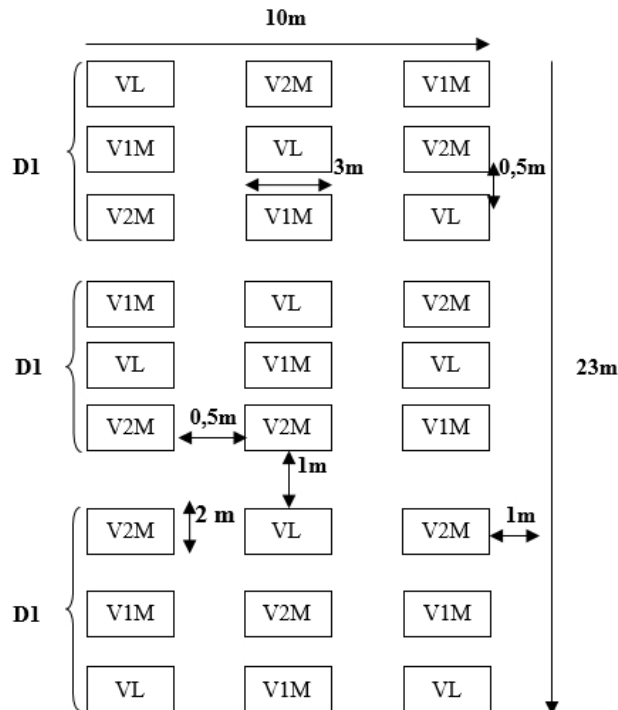


Planche 1 : Dispositif expérimental

III.2 Conduite de l'essai

III.2.1 Choix du site expérimental

Le précédent cultural du site était une culture de Maïs réputée pour une bonne rotation de culture avec les légumineuses. L'essai a débuté par le désherbage, le labour de 15 à 20 cm de profondeur, la confection des UE et un arrosage constant de chaque unité expérimentale pendant une semaine ont été effectués.

III.2.2 Semis par inoculation

Le semis par inoculation a été réalisé en contre saison. Les graines ont été semées le 27 décembre 2017 sur un sol labouré et remué en raison de deux graines par poquet à une profondeur de 02 à 03 cm. La méthode d'inoculation appliquée est celle recommandée par les fabricants (GIC AGRO-BIOCAM). Selon cette méthode, elle s'effectue lors du semis direct des morphotypes consistant à appliquer les différentes doses d'inoculum mycorhizien (0 g, 10 g et 20 g) en dessous de la graine dans chaque poquet de semis du site expérimental. Les témoins non mycorhizés ont été premièrement semés pour éviter l'effet de contamination des bio-fertilisants.

III.2.3 Apport d'eau et entretien

Après la mise en place de l'essai, des travaux d'entretien ont été réalisés directement en débutant par l'arrosage des unités expérimentales, pour favoriser la germination des semences. Par la suite, la fréquence d'arrosage a été définie en raison de 5 jours par semaine, soit 4 arrosoirs par unité expérimentale, car le rendement du voandzou est réduit par une trop forte humidité du sol et cette plante est tolérante au stress hydrique. Trois désherbages ont été réalisés en vue de limiter la concurrence avec les mauvaises herbes. Le premier a eu lieu 15 jours après le semis, le second à 30 jours et le troisième à 45 jours après semis. Pour ce qui est de l'apport d'eau durant la phase de croissance des plantes pendant la saison sèche, il consiste à faire un supplément d'eau par arrosage des unités en matinée et en soirée. Pour assurer le bon développement de la culture en place, un apport moyen de 44 L d'eau journalier était effectué chaque jour sur toutes les unités expérimentales jusqu'à la phase de la floraison des plantes. Concernant le reste du cycle de développement de la plante (maturation des gousses), l'apport en eau a été assuré par la reprise de la saison de pluie.



Picture 3 : Confection et arrosage (A), semis par inoculation (B) et entretien des plants (C)

III.2.4 Récolte

La récolte a été effectuée après que les différents cultivars aient atteint leur maturité. Elle a été effectuée lorsqu'environ 70 % des plantes d'une unité élémentaire présentaient des gousses ayant atteint le stade mature (gousses remplies et chaque graine ayant sa couleur spécifique du morphotype). La récolte s'est déroulée entre 120^e et 121^e JAS pour les deux variétés Mendéo du Nord. Par contre pour la variété Locale de Dschang, la récolte s'est déroulée à partir du 160^e JAS.

III.3 Evaluation des paramètres

Au cours de cette phase végétative cinq variables ont été pris en compte : le taux de germination (au laboratoire), la hauteur des plantes (cm), le nombre de feuilles (trifoliolées), la précocité variétale et le rendement en gousse des variétés.

III.3.1 Taux de germination

Par la méthode de papier Buvard décrite par ISTA, 2005 elle a consisté pour :

- Le taux de germination, à faire un trempage de 198 graines de chaque variétés dans une solution d'hypochlorite de sodium diluée à 2 % pendant 5 min pour une désinfection de surface. Après trois rinçages dans de l'eau distillée stérilisée, ces graines ont été placées sur trois couches de papier Buvard. Puis, celles-ci ont été ensemencées de façon équidistante dans les boîtes de Pétri tapissées de 3 couches à raison de 06 graines par boîte. Une fois soumis à l'incubateur avec une température variant de 20 à 22° C, les graines germées ont été dénombrées après 9 jours pour l'évaluation de la germination selon la formule:

$$\% \text{ de germination} = \frac{\text{Nombre de graines germées}}{\text{Nombre total des graines}} \times 100$$

III.3.2 Hauteur des plantes

La mesure de la hauteur des plantes a été prise à l'aide d'une règle graduée le 45^e, 52^e, 59^e et 66^e JAS sur un échantillon de 10 plants sélectionnés au hasard par unité élémentaire. Les mesures ont été faites sur les plantes se trouvant sur les billons intermédiaires et la hauteur est considérée comme la distance entre le collet et le bourgeon terminal de la plus grande plante.

III.3.3 Nombres de feuilles

Il a été déterminé par comptage direct des feuilles trifoliolées des différentes variétés sur les 10 plants sélectionnés comme échantillon en fonction des doses pour chaque bloc à partir le 45^e, 52^e, 59^e et 66^e JAS pendant la phase végétative de la plante jusqu'à croissance standard des variétés.

III.3.4 Précocité variétale

L'évaluation de la précocité s'est basée sur le nombre de jours à la floraison et à la maturation des variétés. Le nombre de jour à la floraison a été pris pendant la période de floraison et celui de la maturité lorsque les plantes d'une unité élémentaire présentaient des gousses atteintes au stade mature pendant cette période. Il a été déterminé par comptage du nombre de jours écoulé de la mise en terre à la date où environ 50 % de chaque unité expérimentale ont atteint la floraison et 70 % des plants présentant des gousses à maturité.

III.3.5 Rendement en gousse des variétés

A maturité, le nombre de gousse par plants, le nombre total des gousses et le rendement en gousse par variétés en fonction des doses de mycorhizes ont été évalués. Sur un échantillon de 10 plants choisis pour chaque variété, le nombre de gousse, la longueur des gousses en fonction des doses ont été déterminées.

III.4 Analyse des données

Les données collectées sur les paramètres étudiés ont été ordonnées et classées dans le tableur Excel de Microsoft. 2016. Ces données ont été transférées sur le logiciel SPSS. 21, pour analyse de la variance (ANOVA) et les moyennes ont été séparées à l'aide de Test de Tukey au seuil de probabilité 5 %.

IV. Résultats

IV.1 Taux de germination des trois variétés de Voandzou au laboratoire

Le Tableau 1 ci-dessous présente le taux de germination des semences des différentes variétés de voandzou après 9 jours d'observation. Il ressort de ce tableau que la variété Mendéo du Nord (V1M) présente un taux de

germination (95,45 %) plus élevé que la variété locale (VL) de Dschang (89,89 %) et la variété Mendéo 2 (V2M) du Nord (85,85 %).

Tableau 1 : Taux de germination des différentes variétés Voandzou.

Variétés	Graine étudiée	% germination	Graine germée.boite ⁻¹
VL	198	89,89	5,39 ± 0,86a
V1M	198	95,45	5,73 ± 0,51a
V2M	198	85,85	5,15 ± 0,94a

NB : VL = variété Locale Dschang, V1M = variété 1 Mendéo du Nord, V2M = variété 2 Mendéo du Nord

IV.2 Hauteur des plantes

La croissance en hauteur des plantes des trois variétés de Voandzou en fonction des différents traitements est présentée dans le Tableau 2. Il ressort de ce Tableau que la variation de la hauteur des plantes sous l'effet des différentes doses de mycorhize a augmentée pour les trois variétés, comparé aux plantes témoins. La dose D2 (20g) de mycorhize semble être plus favorable sur la croissance en hauteur des plantes pour les deux variétés du Nord Cameroun (V1M, V2M) et la variété Locale de Dschang (VL) durant le stade phénologique de la plante, par rapport la dose D1 (10g). Néanmoins cette dose (D1) s'avère plus efficace sur la hauteur des plantes à partir du 52^{ème} jour après semis sur les trois variétés (Tableau 2). Toutefois pendant le stade phénologique, la hauteur est plus importante avec l'application de la dose D1 de mycorhize pour la variété locale de Dschang (VL).

Tableau 2 : Hauteurs des plants selon les doses et variétés.

Hauteur des plants (cm)					
Variété	Dose	45 ^e JAS	52 ^e JAS	59 ^e JAS	66 ^e JAS
V1M	D0	14,73 ± 1,82b	14,08 ± 2,21c	17,91 ± 2,75c	19,08 ± 2,63bc
	D1	14,07 ± 1,88b	15,66 ± 1,75b	19,31 ± 2,19c	20,32 ± 4,56bc
	D2	16,44 ± 1,43a	16,34 ± 2,37ab	22,03 ± 3,72b	22,40 ± 2,68b
V2M	D0	13,86 ± 2,43c	14,39 ± 1,86bc	16,58 ± 3,98c	17,33 ± 3,93c
	D1	14,79 ± 1,39b	15,32 ± 1,99b	17,92 ± 2,10c	18,00 ± 4,04c
	D2	15,79 ± 1,48ab	15,49 ± 1,5b	18,71 ± 2,27c	18,23 ± 5,46c
VL	D0	15,45 ± 2,58ab	16,99 ± 2,69a	23,4 ± 3,31ab	26,11 ± 3,34a
	D1	15,13 ± 1,89ab	17,95 ± 2,42a	24,57 ± 2,85a	27,68 ± 2,92a
	D2	16,14 ± 2,66a	17,49 ± 2,56a	24,29 ± 3,50ab	26,68 ± 3,30a

NB: Les valeurs suivies de la même lettre dans la même colonne ne sont pas significativement différentes au seuil de 5 % selon le Test de Tukey ($P \leq 0.05$). Les valeurs sont la moyenne et ± Ecart-type. D0 = dose 0g, D1 = dose 10g, D2 = dose 20g, VL = variété Locale Dschang, V1M = variété 1 Mendéo du Nord, V2M = variété 2 Mendéo du Nord

IV.3 Nombre de feuilles

Le nombre de feuilles des plantes des trois variétés de Voandzou en fonction des différents traitements est présenté dans le Tableau 3 ci-dessous. D'après ce Tableau, le nombre de feuilles des plantes pour les trois variétés a

augmenté sous l'effet des deux doses de mycorhize comparé aux plantes témoins. Pour ce qui est des variétés du Nord Cameroun, seule la variété V1M paraît plus favorable à la dose D1 (10g) et la dose D2 (20g) à partir du 52^e au jour après semis. Par contre le nombre des feuilles la variété locale (VL) de l'Ouest est élevé à partir du 45^{ème} jusqu'au 66^{ème} jour après semis. La dose D2 d'inoculum par apport à la dose D1 a eu un effet plus positif sur la densité du feuillage des plantes des deux variétés du Nord Cameroun (V1M et V2M).

Tableau 3 : Nombres de feuilles des plants selon les doses et variétés.

		Nombre de feuilles			
Variété	Dose	45 ^e JAS	52 ^e JAS	59 ^e JAS	66 ^e JAS
V1M	D0	11,06 ± 2,98a	17,67 ± 4,91ab	27,40 ± 8,09b	32,86 ± 10,32ab
	D1	12,66 ± 2,27a	17,80 ± 4,94ab	31,10 ± 9,37ab	34,50 ± 11,43ab
	D2	11,73 ± 2,37a	21,33 ± 4,58a	35,66 ± 6,32a	39,60 ± 7,60a
V2M	D0	13,10 ± 3,17a	18,56 ± 4,19ab	29,90 ± 10,58b	36,30 ± 10,66ab
	D1	12,06 ± 3,62a	16,00 ± 4,54b	28,16 ± 10,35b	33,56 ± 12,34ab
	D2	10,96 ± 2,69a	16,63 ± 4,87b	33,56 ± 10,73a	40,40 ± 11,56a
VL	D0	8,50 ± 2,16b	13,30 ± 4,54c	23,26 ± 7,88c	31,80 ± 8,89b
	D1	10,96 ± 3,36a	15,90 ± 4,72b	27,90 ± 7,71bc	40,10 ± 11,06a
	D2	8,60 ± 2,26b	15,06 ± 4,74b	26,66 ± 9,04b	34,16 ± 9,74ab

NB : Les valeurs suivies de la même lettre dans la même colonne ne sont pas significativement différentes au seuil de 5 % selon le Test de Tukey ($P \leq 0.05$). Les valeurs sont la moyenne et \pm Ecart-type. **D0** = dose 0g, **D1** = dose 10g, **D2** = dose 20g, **VL** = variété Locale Dschang, **V1M** = variété 1 Mendéo du Nord, **V2M** = variété 2 Mendéo du Nord

IV.4 Précocité variétale

La Figure 3 nous montre la précocité variétale des différentes variétés de voandzou enregistrée du semis à la floraison des plants. On constate que le nombre de jours de la floraison et de la maturation varie selon l'espèce variétale (Figure 3). Ceci nous permet de déduire que, les deux variétés introduites (améliorées) du Nord Cameroun V1M et V2M sont des variétés précoces avec un nombre de jours de floraison de 40 JAS et un cycle de maturation de 122 JAS (Figure 3). Par contre la variété VL de l'Ouest Cameroun est considérée comme étant une variété tardive avec un nombre de jours de floraison de 58 JAS et un cycle de maturation de 160 JAS (Figure 3).

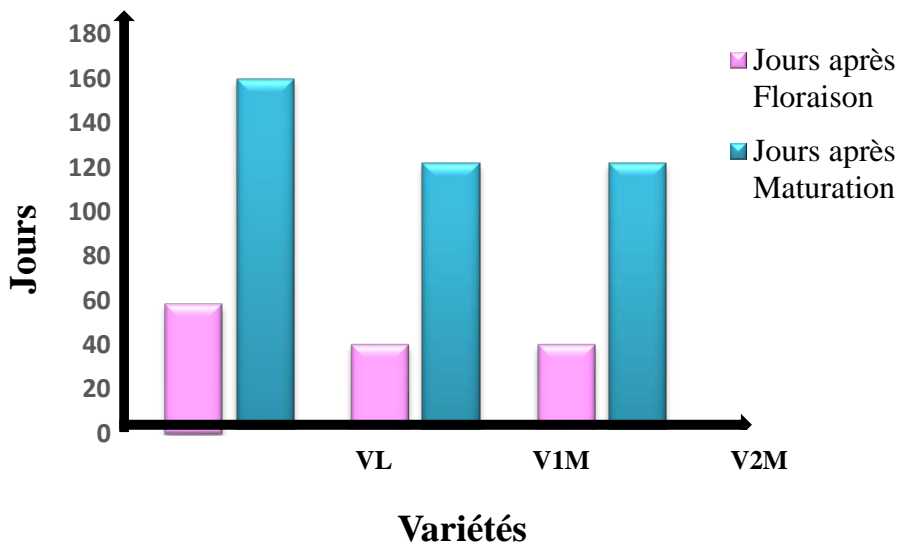


Figure 3 : Précocité des variétés

IV.5 Rendements en gousses des variétés

IV.5.1 Effets des doses sur la longueur des gousses

Les effets des différentes doses inoculées de mycorhize sur la longueur des gousses des différentes variétés de Voandzou sont présentés dans le Tableau 4 ci-dessous. On y observe de manière générale comparé aux témoins, que l'inoculation avec les doses D1 (10g) et D2 (20) a augmenté la longueur des gousses des différentes plantes de voandzou à l'exception des plantes de la variété V1M chez qui, l'inoculation avec les doses D1 et D2 n'a entraîné aucun changement positif sur la longueur des gousses. La longueur des gousses des plantes inoculées chez la variété V2M du Nord Cameroun est significativement supérieure ($P \leq 0.05$) à celle des plantes témoins. Par contre la dose D2 a plus favorisée la longueur des gousses de la variété locale (VL) de l'Ouest Cameroun (Tableau 4).

Tableau 4 : Longueur des gousses des variétés selon les traitements.

Longueur des gousses (cm). 10 plants ⁻¹			
Dose	VL	V1M	V2M
D0	3,34 ± 0,25a	2,80 ± 0,42b	2,68 ± 0,5b
D1	3,92 ± 0,23a	2,67 ± 0,43b	3,06 ± 0,21a
D2	4,14 ± 0,22a	2,77 ± 0,46b	3,17 ± 0,24a

NB : Les valeurs suivies de la même lettre dans la même colonne ne sont pas significativement différentes au seuil de 5 % selon le Test de Tukey ($P \leq 0.05$). Les valeurs sont la moyenne et ± Ecart-type. **D0** = dose 0g, **D1** = dose 10g, **D2** = dose 20g, **VL** = variété Locale Dschang, **V1M** = variété 1 Mendéo du Nord, **V2M** = variété 2 Mendéo du Nord

IV.5.2 Effets des doses sur le nombre de gousses

Comparé aux plantes témoins, les différentes doses de mycorhize inoculées ont influencées de manière significative la production des gousses chez les plantes des trois variétés de Voandzou (Tableau 5). Avec la dose D1 (10g) ou D2 (20g), Le nombre de gousse dénombré par plante est significativement supérieur chez les plantes inoculées comparé à celles non inoculées, sauf chez la variété V1M du Nord Cameroun où l'analyse de variance montre un effet significatif ($P \leq 0.05$) uniquement avec la dose D1 (Tableau 5).

Tableau 5 : Nombre de gousses par plante selon les doses et variétés.

Dose	Nombre de gousses.10 plants ¹		
	VL	V1M	V2M
D0	13 ± 2,84c	13 ± 5,41c	9 ± 4,18d
D1	22 ± 3,05a	15 ± 5,89b	12 ± 2,94c
D2	22 ± 2,63a	14 ± 4,8c	11 ± 1,97c

NB : Les valeurs suivies de la même lettre dans la même colonne ne sont pas significativement différentes au seuil de 5 % selon le Test de Tukey ($P \leq 0.05$). Les valeurs sont la moyenne et ± Ecart-type. **D0** = dose 0g, **D1** = dose 10g, **D2** = dose 20g, **VL** = variété Locale Dschang, **V1M** = variété 1 Mendéo du Nord, **V2M** = variété 2 Mendéo du Nord

IV.5.3 Effets des doses sur le nombre total des gousses

Le nombre total de gousse des plantes selon les traitements pour les trois variétés est présenté dans le Tableau 6. D'après ce tableau la variété VL de Dschang présente un nombre total de gousse significativement élevé compare aux plants témoin. Les plantes de la variété V1M du Nord Cameroun inoculées ont un nombre total de gousse plus élevé que chez les plantes non inoculées uniquement avec la dose D2 (20g) de mycorhize. Par contre, les plantes inoculées de la variété V2M du Nord Cameroun présentent un nombre total de gousse réduit par rapport aux témoins avec les doses D1 (10g) et D2 (20g) de mycorhize (Tableau 6).

Tableau 6 : Nombre total de gousses selon les doses et variétés.

Dose	Nombre total des gousses		
	VL	V1M	V2M
D0	465,33 ± 65,65b	315,33 ± 68,09c	141,33 ± 27,46d
D1	622,67 ± 75,59a	252 ± 85,03cd	123,67 ± 51,43d
D2	723 ± 25,63a	345,67 ± 81,30bc	115,33 ± 61,01d

NB : Les valeurs suivies de la même lettre dans la même colonne ne sont pas significativement différentes au seuil de 5 % selon le Test de Tukey ($P \leq 0.05$). Les valeurs sont la moyenne et ± Ecart-type. **D0** = dose 0g, **D1** = dose 10g, **D2** = dose 20g, **VL** = variété Locale Dschang, **V1M** = variété 1 Mendéo du Nord, **V2M** = variété 2 Mendéo du Nord

IV.5.4 Effets des doses sur le rendement des gousses

Le Tableau 7 révèle le rendement moyen des gousses des trois variétés de Voandzou selon les traitements. Avec les doses D1 (10g) et D2 (20g), le rendement moyen des gousses est significativement plus grand chez les plantes inoculées de la variété VL de Dschang comparée aux plantes non inoculées (Tableau 7). Chez la variété V1M du Nord Cameroun, le rendement des gousses est significativement inférieur chez les plantes inoculées avec la dose D1 de mycorhize par rapport au contrôle. Chez cette variété, le rendement le plus élevé a été enregistré avec la dose D2 (Tableau 7). Chez la variété V2M du Nord Cameroun par contre, aucune efficacité de la dose D1 et D2 sur le rendement des gousses n'a été relevée. Le rendement des gousses obtenues avec les deux doses pour cette variété sont significativement inférieur au rendement fourni par plants les témoins (Tableau 7). La comparaison des effets des deux doses de mycorhize, sur le rendement moyen des gousses n'est significative que chez la variété V1M du Nord Cameroun chez qui la dose D2 s'est avérée plus efficace (Tableau 7).

Tableau 7 : Rendement des gousses selon les doses et variétés.

Dose	Rendement kg.ha ⁻¹		
	VL	V1M	V2M
D0	1302 ± 39,66b	1270,33 ± 315,87b	622,33 ± 232,67d
D1	1630,66 ± 81,39a	994,67 ± 330,74c	437 ± 181,51e
D2	1682,66 ± 22a	1599,67 ± 381,6a	537 ± 284,19e

NB : Les valeurs suivies de la même lettre dans la même colonne ne sont pas significativement différentes au seuil de 5 % selon le Test de Tukey ($P \leq 0.05$). Les valeurs sont la moyenne et \pm Ecart-type. **D0** = dose 0g, **D1** = dose 10g, **D2** = dose 20g, **VL** = variété Locale Dschang, **V1M** = variété 1 Mendéo du Nord, **V2M** = variété 2 Mendéo du Nord

V. Discussions

Dans le but d'évaluer les potentialités agronomiques des trois variétés, le pourcentage de germination a été estimé à 9 jours après semis comme recommande les travaux de Djé *et al.* (2005). Au cours de cette étude, nous avons observé un taux important de levée chez les trois variétés étudiées. Toutefois, aucune différence significative n'a été constatée entre les taux de germination des 3 variétés étudiées. Ces résultats peuvent s'expliquer non seulement par les meilleures conditions climatiques et environnementales favorisant la germination des semences des différentes variétés étudiées, mais aussi par l'aptitude à germer des graines des différentes variétés.

Dans les régions tropicales semi arides, il a été démontré que la symbiose mycorhizienne joue un rôle important dans le développement des plantes (Estaun *et al.*, 1997). Dans le but de mesurer l'effet des doses de mycorhizes sur la croissance végétative des variétés de voandzou, les données sur la hauteur des plants à 45°, 52°, 59° et 66° JAS ont été collectées. Il ressort de nos résultats que, l'inoculation des CMA a induit une amélioration de la

croissance en hauteur chez toutes les variétés du 45^e JAS jusqu'à la fin du cycle végétatif. D'après l'étude de Ogou et al. (2018) sur le Soja, l'infection mycorhizienne semble être effective à partir du 45^e JAS traduisant ainsi une différence de croissance en hauteur des plants mycorhizés et ceux non mycorhizés. Bien que statistiquement similaire, il existe une différence de 2 à 4 % pour les variétés qui ont potentiellement réagi aux doses de mycorhizes sur la hauteur des plants inoculés et non inoculés chacun du 52^e au 66^e JAS. Ceci serait dû au fait qu'en cette phase de développement, l'on a un accroissement racinaire qui, en association symbiotique avec *Glomus hoi* créent un réseau de filaments dans le sol, permettant ainsi l'absorption de l'eau et des nutriments (Phosphore, Zinc, Cuivre, Molybdène) favorisant de ce fait la croissance de la plante d'une part, et d'autre part l'amplification des effets physiologiques complexes qui vont agir sur la hauteur des plants. Au cours de leurs travaux, Rajasekaran et Nagarajan (2005) ont également montré que l'apport d'inoculum de CMA en plein champ améliore la croissance de plusieurs espèces de Fabaceae et de Fourragères.

L'impact que pourrait avoir des traitements mycorhiziens sur le nombre de feuilles a aussi été déterminé. Les travaux de Laminou et al. (2009) ont montré que l'inoculation avec les mycorhizes ont un effet positif sur la biomasse totale des plants. Contrairement aux deux variétés Mendéo (V1M et V2M) du Nord Cameroun, seuls les résultats obtenus chez la variété VL de l'Ouest Cameroun nous permettent de dire de manière claire que, l'inoculation de mycorhizes pourrait induire l'augmentation de la densité du feuillage.

L'effet des doses de mycorhize sur la productivité en gousses a été évalué. Pour cela nous avons évalué la longueur et le nombre des gousses par plants, nous avons également évalué le nombre total et le rendement des gousses (Kg.ha⁻¹). D'après nos résultats, l'inoculation des plants de Voandzou a permis d'augmenter de façon significative la longueur des gousses chez toutes les variétés. Selon Touil (2017), l'inoculation des plants par les souches de CMA via le phénomène d'endosymbiose influence sur la longueur et la largeur des gousses. Ces résultats sur l'inoculation arachidière aux différentes souches de CMA parmi lesquelles *Glomus mosseae* ont montrés un effet hautement positifs non seulement sur la longueur des gousses, mais aussi, ont agit nettement sur la largeur des gousses des plants. Cependant, la dose D2 (20g) est celle qui a eu le plus d'efficacité sur la longueur des gousses principalement chez les variétés locale de l'Ouest Cameroun (VL) et celle introduite V2M du Nord Cameroun. Cette différence pourrait s'expliquer par la bonne adhésion lors de l'inoculation en champ permettant une bonne formation des hyphes au niveau du système racinaire, qui mobilisent l'eau et solubilisent le Phosphore (Smith & Read, 2008).

Nos résultats ont montré que, le nombre moyen de gousse a significativement augmenté chez les plants inoculés par rapport aux plants non

inoculés. Avec la dose 10g le nombre de gousse par plant est élevé chez toutes les variétés testées comparativement aux témoins respectifs des mêmes variétés. Avec la dose 20g, le nombre de gousse par plant est plus important uniquement chez la variété locale (VL) de l'Ouest Cameroun, comparé aux témoins. Par la même occasion nous avons observé une augmentation du nombre total des gousses des plants inoculés par rapport à ceux non inoculés. Avec les deux doses, le nombre total de gousse a été élevée chez la variété locale de l'Ouest comparé au témoin de la même variété. Nos résultats sont en adéquation avec ceux obtenu par Ogou et al. (2018). De plus Touil (2017) à travers ses travaux sur l'arachide a pu montrer que, l'interaction de plusieurs souches de CMA peut provoquer une augmentation significative du nombre de gousses et du poids des gousses par rapport aux plantes non inoculés. Toutefois le faible nombre de gousses enregistré chez certaines plantes peut avoir été occasionné par l'attaque non seulement par des rongeurs pendant la période de maturation des gousses, mais aussi par les nématodes en champ malgré la forte aptitude des mycorhizes à réduire le taux de multiplication des nématodes par le développement des arbuscules dans les tissus racinaires (Hauggaard-Nielson, 2005).

Avec l'utilisation des mycorhizes, et malgré les conditions pluviométriques insuffisantes aux exigences de Voandzou pendant la mise en place de notre essai (en contre saison), l'on enregistre une assez bonne productivité en gousse. Ce qui traduit la capacité qu'a les mycorhizes à aider les plantes à lutter contre la sécheresse (Smith & Read, 2008). Comparer aux témoins, l'efficacité des mycorhizes sur le rendement en gousse n'a été révélée que chez les plantes de la variété locale VL de l'Ouest Cameroun avec les doses D1 et D2, et chez la variété introduite V1M du Nord Cameroun uniquement avec la dose D2. Ces résultats vont dans le même sens que ceux des travaux menés par Aboubacar et al. (2013) sur le Niébé et a montré que l'inoculation aux différentes souches améliore de manière significative le rendement en gousses du plant inoculé par rapport aux plants témoins. Les résultats obtenus avec les deux doses chez la variété VL de l'Ouest Cameroun pourrait s'expliquer par le fait que celle-ci est dans sa zone agro-écologique comparé aux variétés introduites du Nord Cameroun. Ce qui traduit l'expression de la potentialité de cette variété à l'inoculation aux différentes souches de mycorhize.

Conclusion

La présente étude, bien que déroulée en contre saison a montré que l'inoculation mycorhizienne en champ, s'est révélée plus ou moins efficace, dans la mesure où les résultats obtenus chez les plantes inoculées de la variété introduite V1M du Nord Cameroun et celles de la variété local VL de Dschang sont statistiquement différentes à ceux des plantes non inoculées des mêmes

variétés. La variété introduite V1M du Nord Cameroun s'est avérée apte à s'implanter et s'adapter dans la zone d'étude. Son utilisation par les producteurs locaux pourrait donc être écologiquement rentable. La dose de mycorhize la plus souhaitable est la dose D2 (20g), permettant l'obtention d'un bon rendement. De plus, un travail de caractérisation des morphotypes disponible dans la région de l'Ouest Cameroun contribuerait à une meilleure valorisation de ces ressources.

Remerciements

Nous remercions l'Institut de Recherche Agricole pour le Développement (IRAD) de Garoua pour la production des semences améliorées. Nous remercions également la Faculté d'Agronomie et des Sciences Agricoles (FASA) pour avoir autorisé la mise : en place d'essai en champ à la Ferme d'Application et de la Recherche (FAR) ; les éventuelles manipulations au Laboratoire de Phytopathologie et de Zoologie Appliquée de la FASA.

References:

1. Aboubacar K, Ousmane M. Z, Amadou I. H, Issaka S, Zoubeirou M. A. (2013). Effet de la co-inoculation du rhizobium et de mycorhizes sur les performances agronomiques du niébé (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) au Niger. *Journal of Applied Biosciences* 72:5846-5854pp. ISSN 1997-5902.
2. Amadou H. I., Agali A., Sani D. O., Souleymane B. K. (2018). Variabilité Morphologique Et Agronomique Des Morphotypes De Voandzou (*Vigna Subterranea* (L.) Cultivés Dans La Zone Sahélienne Du Niger. Vol.14, No.36 ISSN: 1857-7881 (Print) e - ISSN 1857-7431.
3. Andriamananjara A. (2011). Système de culture à rotation voandzou-riz pluvial sur les hautes terres de Madagascar. Rôle du voandzou (*Vigna subterranea*) sur la biodisponibilité de P dans les ferralsols. Résumé Thèse de Doctorat, Ecole Supérieure des Sciences Agronomiques, Université d'Antananarivo, Madagascar.1-321pp.
4. Bado B. V. (2002). Thèse sur: Rôle des légumineuses sur la fertilité des sols ferrugineux tropicaux des zones guinéenne et soudanienne du Burkina faso.183pp.
5. BAMNET/IPGRI/IITA. (2000). Descripteur du pois bambara (*Vigna subterranea*). Institut international des ressources phylogénétiques, Rome, Italie; Institut International d'Agriculture Tropicale, Ibadan, Nigeria; Réseau International de pois bambara, Allemagne. 48pp.
6. Bowers J. H., Sanogo S., Tondje P. R., Hebban P. K., Lumsden R. D. (2001). Developing strategies for biological control of black pod, monilia pod rot, and witches'broom on Cacao. In : Proceedings of the

- 1st west and central Africa training workshop on biocontrol of plant diseases, with special reference to cacao black pod diseases. 25-29 june, 2001. Douala (Cameroun).10-16pp.
7. Ciampalini, R., Billi, P., Ferrari, G., Borselli, L., Follain S. (2011). Soil erosion induced by land use changes as determined by plough marks and field evidence in the Aksum area (Ethiopia). *Agriculture, Ecosystems and Environment* 146 (2012) 197-208pp.
 8. Dalgaard T., Hutchings, N. J., Porter, J. R. (2003). Agroecology, scaling and interdisciplinarity. *Agricultural, Ecosystems, Environment*, 100: 39-51pp. Dinkelaker, B., Rtimheld, V.
 9. Dalgaard, T., Hutchings, N. J., Porter, J. R. (2003). Agroecology, scaling and interdisciplinarity. *Agricultural, Ecosystems, Environment*, 100: 39-51pp. Dinkelaker, B., Rtimheld, V.
 10. Diallo K. S., Koné K. Y., Soro D., Assidjo N. E., Yao K. B., Gnakri D. (2015). Caractérisation biochimique et fonctionnelle des graines de sept cultivars de voandzou [*vigna subterranea* (L.) verdc. fabaceae] cultivés en côte d'ivoire. edition vol.11, No.27 ISSN: 1857 – 7881 (Print) e - ISSN 1857- 7431.
 11. Djè Y., Bonny B. S., Bi I. A. Z. (2005). Observations préliminaires de la variabilité entre quelques morphotypes de voandzou (*Vigna subterranea* L. Verdc., Fabaceae) de Côte d'Ivoire. *Biotechnologie, Agronomie, Société et Environnement*, 9: 1-16pp.
 12. Estaún V., Save R., Biel C. (1997). AM inoculation as a biological tool to improve plant revegetation of a disturbed soil with *Rosmarinus officinalis* under semi-arid conditions. *Applied Soil Ecology*, 6, 223-229. Gange A. C et Ayres R. L (1999). On the relation between arbuscular mycorrhizal colonisation and plant benefit. *Oikos*, 87, 615-621pp.
 13. Hauggaard-Nielson, 2005. Intercropping of Wheat and Pea as Influenced by Nitrogen Fertilization. *Nutrient Cycling in Agroecosystems.*, 73 (2): 201:201–21273. Doi: 10.1007/s10705-005-2475-9.
 14. IRAD. (2002). Rapport d'activités. Données pluviométriques de l'année 2002.
 15. ISTA. (2005). International Rules for Seed Testing. Edition 2005. International Seed Testing Association, Bassersdorf, Suisse.
 16. Laminou M. O., Ibrahim, D., Campanella B., Paul R. (2009). Effets de l'inoculation mycorrhizienne du substrat sur la croissance et la résistance au stress hydrique de cinq espèces fixatrices de dunes : *Acacia raddiana* Savi ; *Acacia nilotica* (L.) Willd. Ex Del. var. *adansonii* ; *Acacia senegal* (L.) Willd ; *Prosopis chilensis* Stunz. et *Bauhinia rufescens* Lam. *Geo-Eco-Trop.*, 33, n.s.: 115-124pp.

17. Linnemann A. R., Westphal E., Wessel M. (1995). Photoperiod regulation of development and growth in Bambara groundnut (*Vigna subterranea*). *Field Crops Research*, 40: 39-47pp.
18. Madou C., Watching D., Vatsou J., Ardjoune F., Ndjouenkeu R., Goudoum A., Ngassoum M. B., Ngamo T. S. L. (2018). Pratiques Paysannes De Production Durable Des Graines De Voandzou [*Vigna Subterranea* (L.) Verdc.] Pour La Sécurité Alimentaire Dans Le Cameroun Septentrional. Vol.14, No.18 ISSN: 1857 – 7881 (Print) e - ISSN 1857- 7431.
19. Manga M. A., Akoa A., Abolo D., Mbang A. A., Bedimo J. A. M., Nomo L. E. B., Akume N. D. (2013). Structure et composition floristiques des agro-forêts à base de caféiers arabica (*Coffea arabica* L.) dans les hauts plateaux de l'Ouest du Cameroun. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 7 (4): 1474-1489pp.
20. Mekuriaw A., Heinimann A., Zeleke G., Hurni H. (2017). Factors influencing the adoption of physical soil and water conservation practices in the Ethiopian highlands. *International Soil and Water Conservation Research* 6 (2018) 23-30pp.
21. Minka S. R., Bruneteau M. (2000). Partial chemical composition of Bambara pea (*Vigna subterranea* L. Verdc). *Food Chemistry*, 68: 273-276pp.
22. Moges, D. M., Taye, A. A. (2017). Determinants of farmers' perception to invest in soil and water conservation technologies in the North-Western Highlands of Ethiopia. *International Soil and Water Conservation Research* 5 (2017) 56-61pp.
23. Nacoulma-Ouédraogo O. (1996). Plantes médicinales et pratiques traditionnelles au Burkina-Faso : cas du plateau central. Thèse de Doctorat ès Sciences Naturelles, Université de Ouagadougou, Burkina-Faso.
24. Ogou A., Tchabi A., Tounou A. K., Agboka K., Sokame B. M. (2018). Effet de quatre souches de champignons Mychoriziens arbusculaires sur *Meloidogyne spp.*, principal nématode parasitaire du soja (*Glycine max* (L.)) au Togo. *Journal of Applied Biosciences* 127: 12758-12769 ISSN 1997-5902.
25. Onimawo I. A., Momoh A. H., Usman A. (1998). Proximate composition and functional properties of four cultivars of Bambara groundnut (*Voandzeia subterranea*). *Plant Foods for Human Nutrition* 53, 153-158pp.
26. Oparaeke A. M. and Bunmi J. O. (2006). Bioactivity of two podered spices (*Piper Guineense*) (Dunal) A. Richard) as home masses insecticides against *Callosobruchus subinnotatus* (pic) on stored

- Bambara groundnut. In: Agricultura tropical and subtropical, 39(2): 132-133pp.
27. Ouoba A., Nadembega S., Konaté M. N., Hervé Nandkangré., Ouédraogo M., Sawadogo M. (2018). Variabilité de la coloration du tégument des grains de voandzou cultivées au Burkina Faso et les noms locaux associés. Vol.14, No.33 ISSN: 1857 – 7881 (Print) e - ISSN 1857- 7431.
 28. Rajasekaran S., Nagarajan S. M. 2005. Effect of dual inoculation (AM fungi and Rhizobium) on chlorophyll content of *Vigna unguiculata* (L). Walp. var. Pusa 151. Mycorrhiza News. 17: 10-11pp.
 29. Rapport Projet C2D/ PROGRAMME D'APPUI A LA RECHERCHE AGRONOMIQUE. (2013). Contribution de la recherche à l'amélioration de la production et la consommation des légumineuses alimentaires au Cameroun. 57pp.
 30. Smith S. E and Read D. J. (2008). Mycorrhizal symbiosis. Third Edition, London, UK, Academic press; 787pp.
 31. Touil W. (2017). Effets comparés des champignons mycorrhiziens arbusculaires et des Rhizobia isolés d'un sol algérien avec ceux du commerce, sur le rendement de l'arachide *Arachis hypogaea* (L.). 1-169pp. Thèse de doctorat de l'université de badji mokhtar-annaba. Discipline ou spécialité : Biosciences Végétales.

Effect of an Aqueous Extract of *Alchornea Cordifolia* (Euphorbiaceae) Leaves on Sperm Parameters and Reproductive Function of Male Wistar Rats

Kone Allassane

Laboratory of Biology and Health, UFR Biosciences,
Félix Houphouët-Boigny University, Abidjan, Côte d'Ivoire

Gnahoué Goueh

Biochemical Microbiological Laboratory of SVT,
Higher Teacher School of Côte d'Ivoire

Diabate Daouda

Kouakou Koffi

Laboratory of Biology and Health, UFR Biosciences,
Félix Houphouët-Boigny University, Abidjan, Côte d'Ivoire

[Doi:10.19044/esj.2021.v17n17p236](https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n17p236)

Submitted: 12 January 2021

Accepted: 19 March 2021

Published: 31 May 2021

Copyright 2021 Author(s)

Under Creative Commons BY-NC-ND

4.0 OPEN ACCESS

Cite As:

Allassane K., Goueh G., Daouda D. & Koffi K. (2021). *Effect of an Aqueous Extract of Alchornea Cordifolia (Euphorbiaceae) Leaves on Sperm Parameters and Reproductive Function of Male Wistar Rats*. European Scientific Journal, ESJ, 17(17), 236.

<https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n17p236>

Abstract

Alchornea cordifolia (euphorbiaceae) is a tree whose leaves are used in traditional medicine to cure several health problems. Little information, however, exist on the effects of this herb on the male reproductive system. In order to assess the effect of *Alchornea cordifolia* on reproductive male parameters and testosterone production, twenty-four male wistar rats divided into four groups of six rats were used. The aqualus extract of *Alchornea cordifolia* was administered at a dose of 100 mg/kg of bw, 200 mg/kg of bw, and 400 mg/kg of bw per day, orally for 60 days. A significant increase in androgen-dependent organs, testosterone quantity, mobility, and sperm concentration was observed at doses of 200 mg/kg of bw and 400 mg/kg of bw. Only the unwinger sperm count significantly increased at the 100 mg/kg of bw dose. These results revealed that the aqualius extract of the leaves of

Alchornea cordifolia has the potential to improve sperm quality and have positive effects on the reproductive system.

Keywords: *Alchornea cordifolia*, spermatozoa, testosterone, androgenic, reproduction

Introduction

Reproduction is vital in the existence of all living things. The good functioning of the reproductive system ensures the perpetuation of the species and the demographic balance of the community. Thus, any related disfunction or disturbance results in damage at several levels, which begins from the couple to the social body (Tamboura, 2006). One of the reproductive anomalies is infertility, which is the inability to conceive naturally after a year of frequent unprotected mating (Schlosser *et al.*, 2007). From a responsibility perspective, in most cases, the female is systematically blamed (Akassa *et al.*, 2019). However, Lejeune (1999) has shown that a man and a woman equally share the responsibility for infertility. This contributed to the impetus for research on male reproduction which had long remained in its infancy and noticeably behind the study undertaken in females (Edouard Akono-Nantia *et al.*, 2007). Thus, many therapeutic advances have been made in recent years, particularly with the use of pharmaceutical specialities. Unfortunately, these drugs are expensive, and the use of herbal remedies remains necessary for a poor population.

Alchornea cordifolia is among the plants of traditional medicine which have strong therapeutic potentials, and it is primarily used for the treatment of various ailments such as respiratory, gastrointestinal, and genitourinary problem (Adewunmin *et al.*, 2001). *Alchornea cordifolia* leaves remain effective in the treatment of male fertility problems. Studies conducted by Ajibade and Olayemi (2015) and Ngaha-Njila *et al.* (2019) have shown that the methanolic extract of *Alchornea cordifolia* leaves improves male fertility and sperm quality, respectively. Nevertheless, few studies have been done with the aqueous extract. Therefore, the present study was initiated to evaluate the pharmacological effect of aqueous extract of *Alchornea cordifolia* on sperm parameters and on testosterone production in male wistar rats.

Material and Methods

Material

Plant Material

The fresh leaves of *Alchornea cordifolia* were harvested in October in the Agneby-Tiassa region (Côte d'Ivoire) precisely in Azaguié. A sample of this plant has been identified at the National Floristic Center (CNF) of Félix

Houphouet-Boigny University (Côte d'Ivoire). *Alchornea cordifolia* is registered under CNF herbarium number 322; 1248.

Animal Material

Male rats (*Rattus norvegicus*, Muridae) of the Wistar strain, aged 12-14 weeks, weighing between 150-180 g, from the animal house of the Normal Superior School, were used in the study of the fertility of the aqueous extract of *Alchornea cordifolia*.

Methods

Preparation of the Extract

The harvested leaves of *Alchornea Cordifolia* were dried in direct sunlight at room temperature. Thereafter, the dried leaves were grounded using an IKA A10 Labortechnik (Germany) brand mill to obtain a powder. Fifty (50) grams of the obtained powder was extracted by grinding. This was done three times in 1 L of distilled water in a mixer (Blender) for three minutes each. The homogenate obtained was drained three times on a square cloth. Subsequently, it was filtered successively four times through cotton wool and once using wattman paper (3 mm). The resulting filtrate was lyophilized to obtain the aqueous total extract of *Alchornea cordifolia* leaves.

Study of the Pharmacological Effects of *Alchornea Cordifolia* on Reproduction of Male Rats

The experiment was carried out on 24 rats. The animals were divided into 4 groups of 6 rats. Lot 1 received 1ml of distilled water. Lots 2, 3, and 4 received 1 mL of 100 mg/kg of bw, 200 mg/kg of bw, and 400 mg/kg of bw of total aqueous extract of *Alchornea cordifolia* for 60 days. Twenty-four (24) hours after the administration of the last dose, the animals were anesthetized with ether and then the sperm were collected. They were subsequently sacrificed by decapitation method, and the blood was collected in dry tubes for testosterone assay. Rats were dissected to remove and weigh the testes, elevator muscle, right epididymis, seminal vesicles, Cowper's gland, adrenal gland, glans, and prostate from each animal. The right testes and the right adrenal gland of the rats were preserved in 10% formalin for histopathological analysis.

Sperm Collection

The sperm collection was done according to the method described by Ngoula *et al.* (2007). The left caudal epididymis is removed by opening the scrotum. Thereafter, it is dilacerated in 10 ml of 9% NaCl before being incubated in a water bath at 36° C so that the spermatozoa will diffuse in the solution.

Spermatozoa Mobility

The mobility of the spermatozoa was assessed by direct examination of the previous solution. Thus, a fine drop of this solution was placed between slide and coverslip (previously maintained at 36 °R C.). The assessment was made under a light microscope (Olympus CX31RBSF, Philippine) at 100 × magnification. Mobile and still sperm were counted on 5 random fields and the percentage of motile forms was determined from the formula:

$$\% \text{ of motile spermatozoa} = \frac{\text{motile sperm count}}{\text{total number of sperm}} \times 100$$

Spermatozoa Density in the Epididymis

The spermatozoa density in the sperm was determined using the cell of Malassez of Kouam *et al.* (2016). A drop of the water bath was taken and placed on the Malassez cell, which was then covered with a coverslip. The sperm count was carried out under a light microscope (Olympus CX31RBSF, Philippine) at magnification 400. The number of spermatozoa per mm³ was estimated by the following formula:

$$N = \frac{X \times fd \times 10^{-6}}{4}$$

X = Number of spermatozoid counted in 4 grids of 20 small squares of the Malassez cell;

fd = Dilution factor (20);

N = Number of spermatozoid per mm³

Relative Weight of Organs Removed

The relative weight of the organs removed is obtained according to the following formula:

$$Pr(g) = \frac{Po(g)}{Pc(g)} \times 100(g)$$

With Pr: Relative weight, Pc: Body weight; Po: Body weight

Plasma Testosterone Assay

The amount of testosterone in the rat serum was analyzed using a testosterone kit (Syntron Bioresearch, Inc., Carlsbad, CA, USA). This comprised of a solid phase enzyme immunoenzimatic using the competitive binding principle.

Histopathological Examination

For histopathological examination, the right testis and the right adrenal gland of each animal were subjected to a series of dehydration in ethanol baths and embedding in paraffin. 5 μ m sections were made with a microtome. This was stained with Hematoxylin and Eosin (H&E) and observed under an optical microscope (Olympus CKX41, Germany).

Results

Effect of Aqueous Extract of *Alchornea Cordifolia* on the Body Weight of Rats

After 60 days of treatment, a slight increase in animal body weight was seen in rats treated with *Alchornea cordifolia* compared to control animals (Figure 1). However, this difference was not significant.

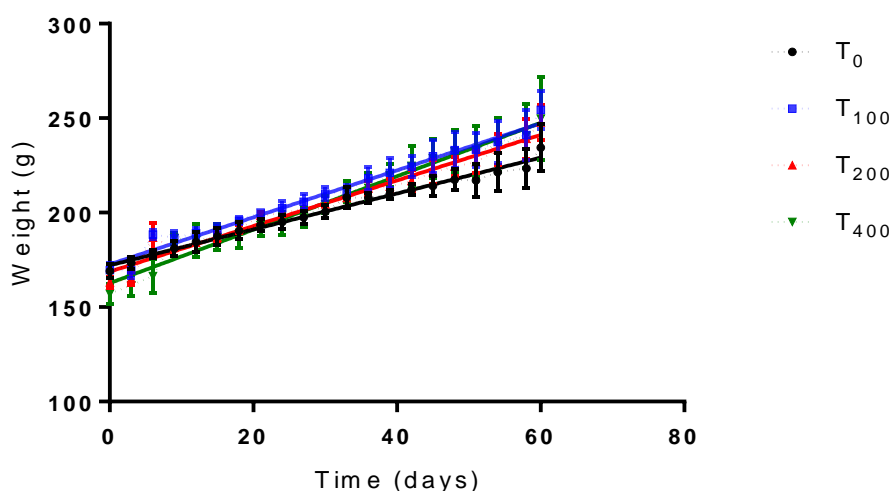


Figure 1. Evolution of the body weight of rats

T₀: distilled water; T₁₀₀: 100 mg/kg of bw from ETAAC; T₂₀₀: 200 mg/kg of bw from ETAAC; T₄₀₀: 400 mg/kg of bw from ETAAC.

Effect of ETAAC on the Weight of Male Reproductive Organs and Adrenal Gland

After 60 days of treatment, a significant increase was observed in the testes at a dose of 400 mg/kg of bw. Epididymis, seminal vesicle, prostate, and adrenal gland also increased at doses of 200 mg/kg of bw and 400 mg/kg of bw. As for Cowper's gland, glans gland, and elevator muscle, no significant difference was observed between the lots treated with ETAAC compared to the control lot. The results are reported in Table I.

Table I. Relative weights of reproductive organs and adrenal gland

Testes	Epididymis	Seminal Vesicle	Prostate	Cowper's Gland	Gland	elevator muscle	Adrenal Gland
T ₀	1,05±0,03	0,18±0,002	0,46±0,01	0,21±0,01	0,024±0,01	0,075±0,01	0,0174±0,001
T ₁₀₀	1,08±0,02	0,19±0,003	0,49±0,01	0,22±0,02	0,022±0,01	0,089±0,02	0,0183±0,001
T ₂₀₀	1,11±0,03	0,20±0,003*	0,53±0,01*	0,25±0,02*	0,024±0,01	0,087±0,03	0,0188±0,001*
T ₄₀₀	1,13±0,02*	0,21±0,007**	0,54±0,02*	0,25±0,01*	0,025±0,01	0,088±0,01	0,0193±0,001**

T₀: distilled water; T₁₀₀: 100 mg/kg of bw; T₂₀₀: 200 mg/kg of bw; T₄₀₀: 400 mg/kg of bw.

*: significant difference at P <0.05; **: significant difference at P <0.01

Effect of ETAAC on Testosterone Levels

After 60 days of treatment, a significant increase was observed in the level of serum testosterone at doses of 200 mg/kg of bw and 400 mg/kg of bw with a percentage of 34,15% and 39,14% respectively. This observation was seen in the treated rats compared to witnesses (Figure 2).

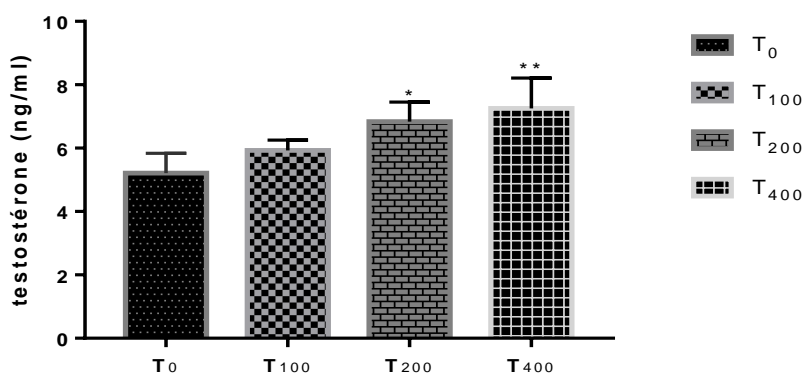


Figure 2. Effect of aqueous extract of *Alchornea cordifolia* on testosterone levels

T₀: distilled water; T₁₀₀: 100 mg/kg of bw; T₂₀₀: 200 mg/kg of bw; T₄₀₀: 400 mg/kg of bw.

Effect of ETAAC on Sperm Parameters

Sperm density significantly increased after treatment of rats with aqueous extract of *Alchornea cordifolia* at doses of 200 mg/kg of bw and 400 mg/kg of bw (Figure 3). The mobile sperm count also significantly increased in rats treated with ETAAC (Figure 4). Sperm morphology was not affected regardless of the dose of extract administered. Almost all sperm were normal in both control and treated rats.

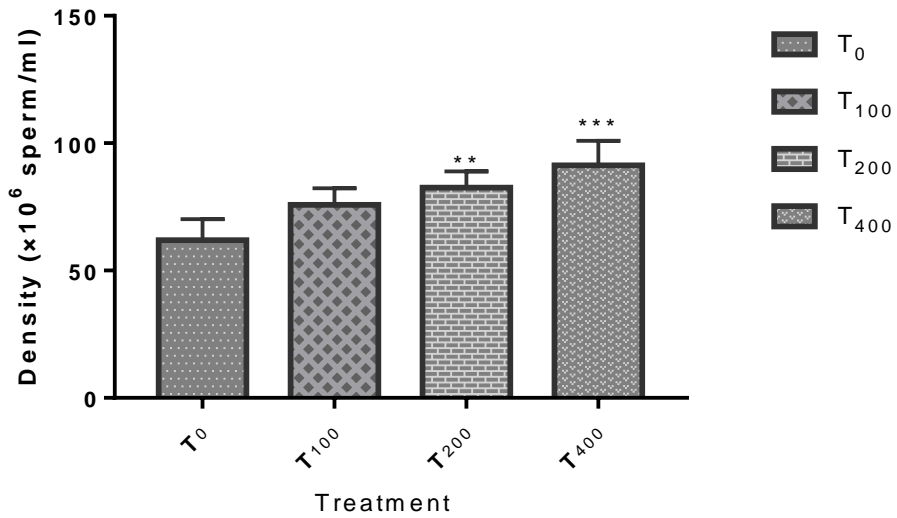


Figure 3. Effect of aqueous extract of *Alchornea cordifolia* on sperm density

T₀: distilled water; T₁₀₀: 100 mg/kg of bw; T₂₀₀: 200 mg/kg of bw; T₄₀₀: 400 mg/kg of bw.

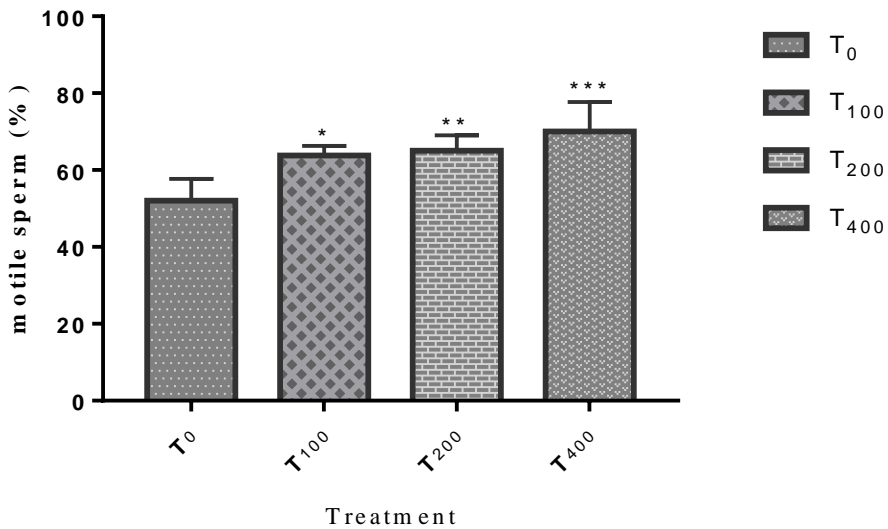


Figure 4. Effect of aqueous extract of *Alchornea cordifolia* on motile sperm count

T₀: distilled water; T₁₀₀: 100 mg/kg of bw; T₂₀₀: 200 mg/kg of bw; T₄₀₀: 400 mg/kg of bw.

Effect of Aqueous Extract of *Alchornea Cordifolia* on the Histological Structure of the Testis

Observation of histological sections of the testes of the rats showed an increase in the volume of the seminiferous tubules in the rats treated with the aqueous extract of *Alchornea cordifolia*. There was also concentration of sperm in the lumen of the seminiferous tubules.

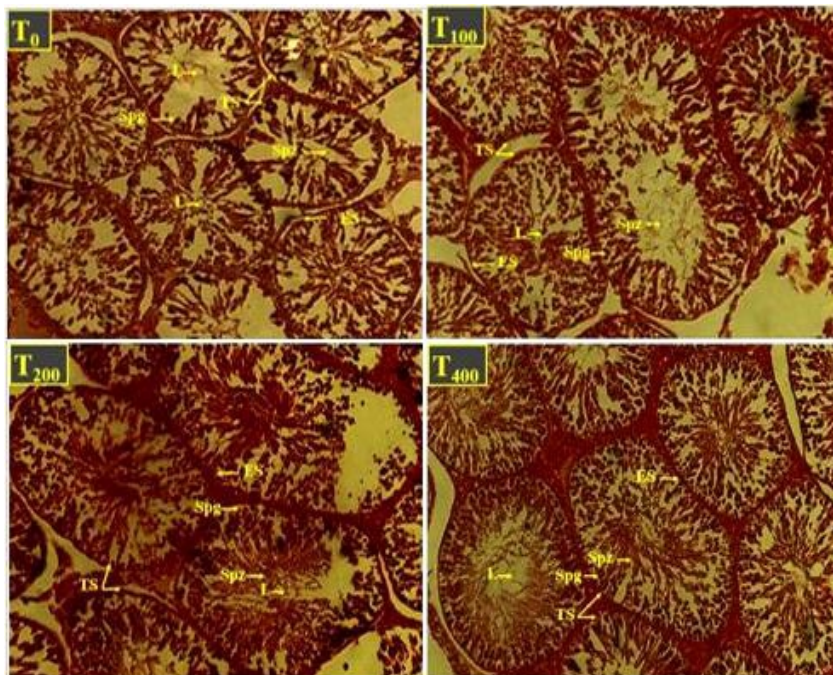


Figure 5. Cross section of testis of control rats and rats treated with different doses of ETAAC

L: Lumen; TS: Wall of the seminiferous tube; Spg: Spermatogonia; Spz: Spermatozoa; ES: Seminal epithelium; T₀: distilled water; T₁₀₀: 100 mg/kg of bw; T₂₀₀: 200 mg/kg of bw; T₄₀₀: 400 mg/kg of bw; Magnification: × 100
Stain: Hematoxylin eosin

Discussion

The general objective of the present study was to assess the pharmacological effect of ETAAC on sperm parameters and testosterone production in male rats. After 60 days of treatment, a slight increase in body weight of the treated rats was observed. This could be attributed to the normal growth of the animals during the period. However, the lack of significant difference shows that the aqueous extract of *Alchornea cordifolia* is believed to have no influence on weight growth. These results are identical to those of Ansah *et al.* (2011). The significant increase in the weight of certain androgen-

dependent organs, namely the epididymis, the seminal vesicle and the prostate at the doses of 200 mg/kg of bw to 400 mg/kg of bw and the testes at the dose of 400 mg/kg of bw, demonstrates the androgenic effect of ETAAC. This is because the weight, size, and secretory function of the testes, epididymis, seminal vesicles, and prostate are tightly regulated by androgens (Agarwal *et al.*, 1986). Regarding the epididymis, in addition to the secretions of fluids induced by androgens, the accumulation of sperm in this organ could be the cause of its increase in weight. This result is different from that of Ngaha-Njila *et al.* (2019) who did not observe a significant difference after 28 days of treatment with a methanolic extract of *Alchornea cordifolia*. The dose-dependent growth of the testes observed is due to steroidogenesis, which is the production of steroid hormones, mainly testosterone, provided by Leydig cells (Stocco, 2002). This testicular increase could be considered as a biological indicator of the effectiveness of the plant in stimulating hormone production (Thakur & Dixit, 2007). Besides steroidogenesis, the increase in testes could be attributed to stimulation of spermatogenesis, which is the process by which spermatogonia proliferate and turn into mobile sperm (Clermont, 1972). This result differs from that of Ansah *et al.* (2009) who obtained no significant difference after 14 days of treatment on mice. Nonetheless, the result is close to that of Ajibade and Olayemi (2015) who, after 30 days of treatment with a methanolic extract of *Alchornea cordifolia*, observed a significant increase in testes at a dose of 400 mg/kg of bw. The increase in the weight of the seminal vesicles and the prostate observed in this study is due to an intense stimulation of the secretion of the respective seminal and prostatic fluids. This abundance of fluid could be at the origin of the weight growth of these organs (Zougrou, 2017). In rats, any increase in serum testosterone is associated with an increase in the secretory activity of the seminal vesicles and an increase in their weight (Marzouk, 2017). The significant increase in the adrenal gland in rats treated at doses of 200 mg/kg of bw and 400 mg/kg of bw was impacted by the production of serum testosterone which increased significantly in this study. It is one of the essential hormones of male physiology. It is also responsible for the development of testicular function, which is the stimulation and maintenance of spermatogenesis (Weinbauer & Nieschlag, 1998). It is produced by the testes and secondarily by the adrenal glands (Bélanger, 1992). This significant increase in serum testosterone levels of 34,15% and 39,14% observed after 60 days of treatment respectively at doses of 200 mg/kg of bw to 400 mg/kg of bw, when compared to the controls, indicate that the extract of *Alchornea cordifolia* behaves as a testosterone agonist by binding to its receptors to mimic its biological activity. These results are also in the same direction as those of Ngaha-Njila *et al.* (2019) and Ajibade and Olayemi (2015). The increase in serum hormone levels after administration of the aqueous extract of *Alchornea cordifolia* could also justify the effects observed

on spermatic function. Therefore, the results obtained indicate that the aqueous extract of *Alchornea cordifolia* at doses of 200 mg/kg of bw and 400 mg/kg of bw causes a significant increase in the concentration in the epididymis and the rate of sperm mobility. In addition, the morphology of the sperm was not affected regardless of the dose of extract administered. Sperm are considered to be mobile cells that provide sensitive parameters to assess the impact of plant extracts on cell function (Gray *et al.*, 2016). Parameters such as sperm count, mobility, and sperm morphology are recognized as the fertility index in males (Woode *et al.*, 2011; Smith *et al.*, 1977). Thus, the extract from *Alchornea cordifolia*, which significantly increases the mobility of sperm, may have positive effects on male fertility. Improving the quality and quantity of spermatozoa is dependent on the quality of spermatogenesis and its transit to the caudal epididymis (Zougrou, 2017). Therefore, the increase in the sperm count in the caudal epididymis observed during this study could be explained by the ability of the extract to interfere with the spermatogenetic process in the seminiferous tubules and with the epididymal function. It may also interfere with the activity of testosterone on hypothalamic releasing factors and the anterior pituitary secretion of gonadotropins. These interferences may result in the improved spermatogenesis observed in rats treated with ETAAC. Hence, these results corroborate with those of Ajibade and Olayemi (2015). Also, some authors have reported that motility was considered to be an important factor in fertilization success and any negative impact of mobility would result in adverse effects on fertilization capacity (Dinithi *et al.*, 2015). In this study, a significant increase in sperm mobility in the treated batches shows the effectiveness of the extract on male fertility.

The morphometric and histological study carried out on the structure of the testis of the treated subjects revealed an increase in the volume of the seminiferous tubes as well as an abundance of sperm in their lumen. These results confirm the high sperm concentration observed in the caudal epididymis of the treated rats. They may also be linked to the increased serum testosterone levels induced by the extract.

Conclusion

In conclusion, the results show that the aqueous extract of *Alchornea cordifolia* could be used as a remedy for male fertility problems. This is justified by the ability to develop androgen-dependent organs, stimulate the production of testosterone, and increase the quality of sperm. This study also revealed the potential of the leaf extract of *Alchornea cordifolia*, which acted positively on the male reproductive system. The improvement in semen quality and observed reproductive performance justify its use in traditional medicine in the treatment of male infertility.

References:

1. Adewunmin, C.O., Agbedahunsi, J.M., Adebajo, C.A., Aladesanmi, A.J., Murphy, N. & Wando, J. (2001). Criblage des plantes médicinales nigériennes pour les propriétés trypanocidales. *J Ethnopharmacol* ; 77(1): 19-24.
2. Agarwal, S.S., Chauhan, S. & Mathur, R. (1986). Antifertility effects of embelin in male rats. *Andrologia*; 2125-131.
3. Ajibade, T.O. & Olayemi, F.O. (2015). Reproductive and toxic effects of methanol extract of *Alchornea cordifolia* leaf in male rats. *Andrologia*; 47(9): 1034–1040.
4. Akassa, H., Nkounkou, G.S.M., Badzi, C.N., Ossibi, A.W.E., H.H. T. & Abena, A. (2019).- Effets de l'extrait aqueux des écorces de tronc de *pausinystalia yohimbe* sur la qualité de la semence et les performances de reproduction chez le rat mâle wistar *Int. J. of Multidisciplinary and Current research*; 7(1): 732-740.
5. Ansah, C., Duwiejua, M., Oppong, E., & Woode, E. (2009). Toxicity study on *Alchornea cordifolia* leaf extract in mice. *Journal of science and technology*; 29(1): 8-16.
6. Ansah, C., Oppong, E., & Woode, E. (2011).- Subacute oral toxicity assessment of *Alchornea cordifolia* (Schumacher and Thonn) Mull Arg (Euphorbiaceae) extract in rats. *Tropical journal of pharmaceutical research*; 10(5): 587-594.
7. Bélanger, B. (1992). Adrenal steroidogenesis in the guinea pig: effects of androgens. *Steroids*; 57(2): 76-81.
8. Clermont, Y. (1972). The cycle of the seminiferous epithelium in man. *Americ. Journ. of Anat.*; 11235.
9. Dinithi, L., Peiris, C., Dhanushka, M.A.T., & Jayathilake, T.A.H.D.G. (2015). Evaluation of aqueous leaf extract of *Cardiospermum halicacabum* (L.) on fertility of male rats. *BioMed Research International*; 11–6.
10. Edouard Akono-Nantia, Paul F. Moundipa, Nathalie Sara E. Beboy, Thomas K. Monsees, & Carreau S. (2007). Etude de l'effet androgénique de l'extrait au méthanol de *Basella alba* L. (Basellaceae) sur la fonction de reproduction du rat mâle. *Andrologie*; 17(2): 129-133.
11. Gray, S.L., Lackey, B.R., & Boone, W.R. (2016). Effects of Panax ginseng, zearalenol, and estradiol on sperm function. *Journal of Ginseng Research*; 40, 251–259.
12. Lejeune, H. (1999). Panorama de l'infertilité masculine. *Andro.*; 99-27.
13. Marzouk, K. (2017). Les kystes de la vésicule séminale. 134.

14. Ngaha-Njila, M.I., Lembè, D.M., Koloko, B.L., Meng, G.Y., Ebrahimi, M., Awad, E.A., Baiee, F.H., Kenmogne, H., Hambe, M., & Mandenguè, S.H. (2019). Sperm parameters quality and reproductive effects of methanolic extract of *Alchornea cordifolia* leaves on senescent male rats. *Andrologia*; 110.
15. Ngoula, F., Watcho, P., Dongmo, M.C., Kenfack, A., Kamtchouing, P., & Chamboué, J. (2007). The Study of the Radiation Protection of Aged Garlic Extract to the Radiation Effects in Male Rat's Sperm *African Health Sces*; 3, 1680-1685.
16. Schlosser, J., Nakib, I., Carré-Pigeon, F., & Staerman, F. (2007). Infertilité masculine : définition et physiopathologie. *Encycl Med Chir*; 186.
17. Smith, K.D., Rodriguez-Rigau, I.J., & Steinberger, E. (1977). Relation between indices of semen analysis and pregnancy rate in infertile couples. *Fertil. Steril.*; 28(12): 1314-1319.
18. Stocco, D.M. (2002). Clinical disorders associated with abnormal cholesterol transport: mutations in the steroidogenic acute regulatory protein *Molecular Cells Endocrinology*; 19, 119-25.
19. Tamboura, H.H. (2006). Activité biologique des extraits aqueux de *Holarrhena floribunda* (G.Don) Durand & Schinz (Apocynaceae) : Etude des effets de type hormone mâle chez le rat Thèse de doctorat: 186.
20. Thakur, M. & Dixit, V.K. (2007). Aphrodisiac activity of *Dactylorhiza hatagirea* (D.Don) Soo in Male Albino Rats. *Evid. Based complement Med.*; 4(1): 29-31.
21. Weinbauer, G.F. & Nieschlag, E. (1998.). Andrology, Male Reproductive Health and Dysfunction. *Biomedicine & Pharmacotherapy*; 52(10): 11-59.
22. Woode, E., Alhassan, A., & Abaidoo, C.S. (2011). Effect of ethanolic fruit extract of *Xylopiya aethiopica* on reproductive function of male rats. *Int. J. Pharm. Biomed. Res.*; 2(3): 161–165.
23. Zougrou, N.E. (2017). Evaluation des effets toxicologiques et pharmacologiques d'un extrait aqueux de *cnestis ferruginea* vahl ex dc. (connaraceae) sur le systeme reproducteur des rats male et femelle. Thèse de Doctorat: 267.



ESJ Natural/Life/Medical Sciences

Etude comparative des performances des plateformes de compostage de Siteu et de Ngui à Dschang (Cameroun)

Ngahane Emilienne Laure, PhD

Université de Dschang, Faculté d'Agronomie et des Sciences Agricoles,
Filière des Métiers du Bois, de l'Eau et de l'Environnement
(UDs/FASA/FMBEE)

Sagne Moubé Joël, PhD

Université de Dschang, Faculté des Lettres et des Sciences Humaines,
Département de Géographie (UDs/FLSH/DG)

Nana Paulin, PhD

Université de Dschang, Faculté d'Agronomie et des Sciences Agricoles,
Filière des Métiers du Bois, de l'Eau et de l'Environnement
(UDs/FASA/FMBEE)

[Doi:10.19044/esj.2021.v17n17p248](https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n17p248)

Submitted: 12 April 2021

Accepted: 11 May 2021

Published: 31 May 2021

Copyright 2021 Author(s)

Under Creative Commons BY-NC-ND

4.0 OPEN ACCESS

Cite As:

Laure N.E., Joël S.M. & Paulin N. (2021). *Etude comparative des performances des plateformes de compostage de Siteu et de Ngui à Dschang (Cameroun)*. European Scientific Journal, ESJ, 17(17), 248. <https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n17p248>

Résumé

A Dschang, le compostage artisanal est le mode de traitement de la fraction fermentescible majoritaire dans les déchets locaux. Qualifié d'activité à haute intensité de main d'œuvre (HIMO), il permet de créer trois emplois directs par tonne/jour de déchets traités. Les deux plateformes fonctionnelles de nos jours à Dschang occupent une quarantaine de personnes et permettent de traiter en moyenne 3 000 tonnes de déchets chaque année. Afin d'entrevoir leur autonomie, les équipes ont été évaluées par la méthode du bilan main d'œuvre. Cette méthode est pratique et permet d'exprimer la productivité des agents afin d'évaluer le coût de production et d'identifier les leviers d'optimisation. En ce sens, l'augmentation des quantités de déchets traités par agent afin de diminuer le coût de production et l'amélioration de la qualité de compost produit afin de faciliter son utilisation ont été identifiées comme les leviers internes. Cependant, s'il est aisément admis que la qualité obtenue est

surtout conditionnée par la nature des déchets initiaux ; la quantité obtenue l'est tout aussi. En effet, l'étape de tri ainsi que l'étape d'affinage (criblage), nécessaires pour l'obtention d'un compost de qualité, représentent aussi les étapes les plus chronophages et qui déterminent objectivement leur productivité. A Dschang, ces deux étapes représentent en moyenne 84% (66% pour le tri et 18% pour le criblage) du temps de travail. Les performances de compostage mesurées diffèrent de 22% en faveur de Ngui où la productivité se situe à 10,41 $t_{traitées}/\text{homme.mois}$ tandis qu'elle se situe à 8,53 $t_{traitées}/\text{homme.mois}$ à Siteu. Les facteurs majeurs justifiant ces variations sont la qualité des déchets entrants (à 46,2%) et l'aménagement des sites (à 34,3%). Aussi, quelques retours négatifs, liés à la présence d'indésirables, ont été enregistrés auprès des utilisateurs du compost produit à Siteu. Donc, du fait de la meilleure qualité des déchets entrants et de la concentration des activités sur un espace limité à Ngui par rapport à Siteu, la consolidation des emplois créés et la pérennisation de l'activité de compostage seraient assurées sur le site de Ngui car il a été établi que ces dernières passeraient, entre autres, par l'atteinte d'une productivité minimale de 10 $t_{traitées}/\text{homme.mois}$. Ceci renforce l'argument de développer le compostage de proximité (au plus près de la production des déchets) et questionne sur la construction de grands sites.

Mots clés : Caractéristiques des déchets, échelle d'activité, productivité, compostage, Dschang

Comparative study of the performance of Siteu and Ngui composting platforms in Dschang (Cameroon)

Ngahane Emilienne Laure, PhD

Université de Dschang, Faculté d'Agronomie et des Sciences Agricoles,
Filière des Métiers du Bois, de l'Eau et de l'Environnement
(UDs/FASA/FMBEE)

Sagne Moubé Joël, PhD

Université de Dschang, Faculté des Lettres et des Sciences Humaines,
Département de Géographie (UDs/FLSH/DG)

Nana Paulin, PhD

Université de Dschang, Faculté d'Agronomie et des Sciences Agricoles,
Filière des Métiers du Bois, de l'Eau et de l'Environnement
(UDs/FASA/FMBEE)

Abstract

Artisanal composting is the method of treating the waste's fermentable fraction in Dschang. Qualified as a high intensity workforce, it provides three

direct jobs per ton of daily treated waste. Around 40 people work in the two nowadays operational platforms and treat an average of 3,000 ton of waste each year. To foresee their autonomy, the guarantee of the sustainability of activities and consolidation of these jobs, the teams were assessed using the workforce assessment method. It's a practical method for expressing the productivity of workers to express the cost of production and identify optimization levers. In this vein, the increase in the quantities of waste treated per agent in order to reduce the production cost and the improvement of the quality of the compost produced in order to facilitate its use have been identified as the internal levers. However, if it is readily accepted that the quality of compost is mainly conditioned by the nature of the initial waste; so is the quantity of compost obtained. In fact, the sorting stage as well as the screening stage, necessary to obtain good quality compost, also represent the most time-consuming stages and which objectively determine the worker's productivity. In Dschang, these two stages represent 84% (66% for sorting and 18% for screening). Ngui's team with a monthly productivity of 10.41 ton of waste treated/person performs 22% more than Siteu's team with a monthly productivity of 8.53 ton of waste treated/person. The major factors justifying these variations are the quality of incoming waste (at 46.2%) and site development (at 34.3%). Some negative feedback due to the presence of unwanted items were also recorded among users of the compost produced in Siteu. Therefore, due to the better quality of incoming waste and the concentration of activities on a limited space on the Ngui platform compared to that of Siteu, the consolidation of the jobs created and the sustainability of the composting activity would be ensured at Ngui. It was established that continuation of activities would require, among other things, the achievement of a minimum monthly productivity of 10 ton of waste treated/person. This strengthens the argument for developing local composting (as close as possible to waste production) and raises questions about the construction of large sites.

Keywords: Waste's characteristics, activity scale, productivity, artisanal composting, Dschang

Introduction

Le développement du compostage à Dschang ainsi que la création d'une entité opérationnelle qui porterait cette activité ont justifié l'impérativité de la connaissance précise du coût de production (constitué essentiellement du coût de main d'œuvre (Garnier et al., 2014)) et la nécessité de définir les actions stratégiques d'optimisation de l'ensemble des ressources disponibles afin d'assurer son autonomisation. En effet, l'autonomisation des structures partenaires et la valorisation de l'expérience acquise est l'un des trois sous-objectifs spécifiques du Programme Africompost (Guillaume et al., 2014)

auquel sont inscrites les plateformes de compostage de Dschang. L'analyse coûts-bénéfices de la filière a révélé en 2019 que :

- Traiter une tonne de déchets par compostage à Dschang coûte en moyenne 12 136 FCFA (18,5 €) dont 8 631 FCFA (13,1 €) pour la production alors que les recettes de la vente du compost produit ne représentent que 4 800 FCFA (7,3 €). Ces coûts bien qu'inférieurs à ceux prospectés à Bouaké en présentent la même structure : 24,8 € pour le traitement d'une tonne de déchets dont 19,9 € pour la production alors que la vente du compost obtenu ne rapporte que 12,2 €. (Ngahane et al., 2018).
- Les facteurs internes sur lesquels il faut s'appuyer pour diminuer ce coût sont l'augmentation de la productivité à 10 tonnes de déchets traités par agent et par mois au minimum et l'augmentation des tonnages traités à 5000 tonnes par an. Ceci correspond bien à ce qu'en 2014, Guillaume et al. avaient appelé l'accentuation de la responsabilisation des opérateurs locaux de compostage.

Les tableaux de bord techniques et financiers montrent que le site de Ngui est plus productif que celui de Siteu tant en quantité de déchets traités par agent qu'en qualité du compost produit et vendu. Les bilans main d'œuvre ont été réalisés afin de mesurer et d'analyser la productivité des équipes par étape et sous-étape et d'entrevoir objectivement les actions futures.

1. Matériel et méthodes

1.1. Présentation des plateformes de compostage

Le compostage à Dschang se déroule au sein de deux plateformes dont les emplacements ont été stratégiquement pensés selon les possibilités techniques et les disponibilités foncières locales.

A Ngui, la plateforme d'une capacité de traitement de 2 000 t/an s'étend sur 1 848 m² dont 820 m² sous hangar. Elle absorbe les déchets frais directement pré-collectés dans les ménages de la zone et alentours afin d'assainir rapidement le quartier et limiter les quantités de déchets à transférer à la décharge finale. Aujourd'hui, le site fonctionne à sa capacité maximale et on y compte 29 agents composteurs et un chef de site.



Figure 1. Tri grossier au sol sur la plateforme de Ngui (Source : Ngahane, 2020)

A Siteu, la plateforme d'une capacité de traitement de 9 000 t/an s'étend sur environ 8 000 m² dont 2 000 m² sous hangar. Elle détourne une part des déchets collectés le long des grandes artères du centre-ville et au niveau des points de regroupement de la zone urbaine de Dschang. Il est à préciser qu'à Dschang, la production des déchets solides urbains est estimée à 25 000 tonnes pour 2020. Aujourd'hui, l'équipe constituée de 19 agents composteurs et d'un chef de site traite environ 1 500 tonnes de déchets par an.



Figure 2. Vue d'ensemble de la plateforme de Siteu (Source : Garnier, 2018)

1.2. Méthode de caractérisation des déchets entrants

La caractérisation des déchets traités au sein des plateformes de compostage se fait tous les mois selon le protocole mis en place en 2012 par Gevalor dans le cadre du Programme Africompost. Ce protocole, en accord avec les normes AFNOR X30-408 Déchets ménagers et assimilés –

Caractérisation d'un échantillon de déchets ménagers, a été validé par le Gold Standard pour le monitoring des émissions de carbone évitées et grâce auxquelles les plateformes bénéficient de la finance carbone depuis 2019. La méthode est directe et basée sur le tri manuel et la répartition des déchets en sept (7) catégories (Bois et sous-produits ; Papiers – cartons ; Nourriture, déchets de nourriture et autres putrescibles ; Textiles ; Déchets verts ; Inertes et Fines). La table de caractérisation comprend deux (2) coupures granulométriques permettant une catégorisation selon que le diamètre des déchets soit i) supérieur à 100 mm, ii) entre 12 et 100 mm et iii) inférieur à 12 mm (fines). Les données obtenues permettent ensuite une classification grossière distinguant les compostables (Nourriture, déchets de nourriture et autres putrescibles ; Déchets verts ; 30% des papiers-cartons ; 80% des fines) des autres déchets. Aussi, l'aspect visuel et l'état général des déchets traités ont été considérés dans le sens où ils influencent la vitesse et la qualité du tri.

1.3. Mesure des performances

Les performances productives des équipes de Siteu et de Ngui à Dschang ont été mesurées en juillet 2018 et septembre 2020, respectivement.

Le bilan main d'œuvre se résume à la mesure de la productivité (P) qui est définie comme le rapport entre une production et les ressources mises en œuvre pour l'obtenir. Dans le cas du compostage, la productivité représente le nombre d'agents et le temps qu'ils ont mis pour traiter des tonnes de déchets ou pour produire des tonnes de compost. Elle est exprimée soit en tonnes de déchets traités par un homme en un mois ($t_{\text{Traitées}}/\text{homme.mois}$), soit en hommes par mois pour traiter une tonne de déchets ($\text{homme.mois}/t_{\text{Traitée}}$). Une valeur de productivité regroupe trois types de données : une quantité de temps (t), une quantité d'hommes (homme), une quantité d'activité (A).

Les bilans main d'œuvre à Dschang ont été réalisés en suivant le guide méthodologique élaboré par la plateforme Re-Sources et en l'adaptant aux spécificités locales. Les différentes étapes suivies sont :

- Le recensement des données initiales et les travaux préliminaires

Une fiche élaborée à cet effet a été remplie avant le début des investigations sur le terrain. Des informations préliminaires sur l'activité de compostage sur les sites y ont été renseignées, les données générales ont été fournies (rapport financier, tableau de bord technique, résultats du dernier bilan matière, résultats des caractérisations, etc.), le procédé de compostage a été schématisé pour en ressortir toutes les activités (étapes et sous-étapes).

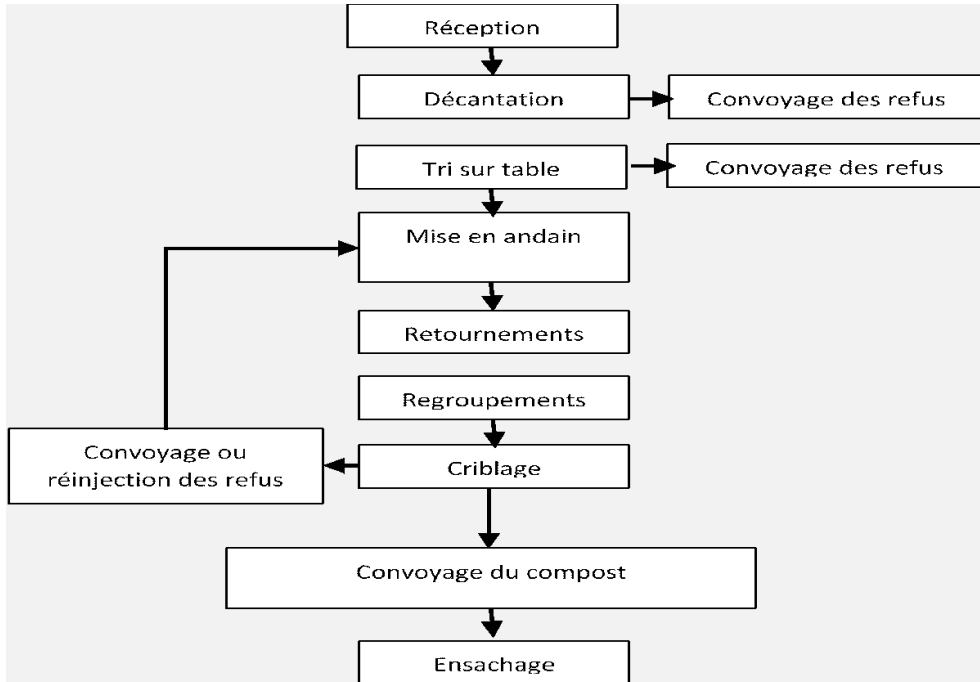


Figure 5. Représentation simplifiée du procédé de compostage à Dschang

Tableau 1. Étapes et sous-étapes du compostage à Dschang

Étapes	Sous-étapes
TRI	Pré-tri ou Décantation
	Tri sur table
	Convoyage des refus
	Convoyage de la FFOM (Fraction Fermentescible des Ordures Ménagères) et mise en andain
RETOURNEMENTS	Retournement 1
	Retournement 2
	Retournement 3
	Retournement 4
	Retournement 5
	Retournement 6
REGROUPEMENTS	Regroupements
CRIBLAGE	Alimentation du plan incliné
	Convoyage du compost
	Convoyage des refus
MISE EN SAC	Remplissage des sacs
	Pesée et emmagasinage des sacs
	Couture des sacs
ENTRETIEN	Entretien

- Les observations et mesures de terrain

Les journées d’observation ont été découpées en 3 parties égales de 2h15’ et la mobilisation des agents entre les différentes activités n’est représentative que d’une partie de la journée : 7h30-9h45, 9h45-12h00, 13h00-15h15.

L’observation des activités s’est déroulée selon les calendriers des tableaux 2 et 3.

Tableau 2. Calendrier des observations à Siteu

Activités	03/07/18	04/07/18	05/07/18	06/07/18	09/07/18	10/07/18	11/07/18	12/07/18	13/07/18
Tri									
Retournements									
Regroupements									
Criblage									
Ensachage									
Entretien									

Tableau 3. Calendrier des observations à Ngui

Activités	21/09/20	22/09/20	23/09/20	24/09/20	25/09/20	28/09/20
Tri						
Retournements						
Regroupements						
Criblage						
Ensachage						
Entretien						

- La compilation des résultats

Un fichier Excel conçu à cet effet et comportant plusieurs onglets (présentation, données préalables, données du BMOE, résultats, lexique) a permis la compilation, le traitement automatique et la visualisation des résultats après le renseignement des différentes cellules par les données issues des observations et mesures de terrain.

1.4. Méthode de comparaison des performances

Pour chaque étape et sous-étape (activité, A_i), les performances (productivités, P) obtenues ont été comparées entre elles par la différence (ΔP_{A_i}) observée entre les deux sites (Ngui et Siteu).

$$\Delta P_{A_i} = | P_{A_i(Ngui)} - P_{A_i(Siteu)} |$$

Par la suite, la part explicative de chaque activité (\dot{P}_{A_i}) sur la différence de productivité globale observée a été calculée en multipliant cette différence (ΔP_{A_i}) par la moyenne du temps de travail occupé ($\bar{x}t_{A_i}$) sur les deux sites par ladite activité.

$$\dot{P}_{A_i} = \Delta P_{A_i} * \bar{x}t_{A_i}$$

$$\text{Où, } \bar{x}t_{A_i} = \frac{1}{2} (t_{A_i(Ngui)} + t_{A_i(Siteu)})$$

Une analyse comparative plus détaillée des sous-étapes a permis de les classer en trois (3) groupes (G_1 , G_2 et G_3) en rapport avec leurs facteurs majeurs explicatifs des différences observées (caractéristiques des déchets entrants, aménagement du site et performances individuelles spécifiques). Enfin, la part explicative de chaque groupe (\dot{P}_{Gi}) sur la différence globale observée a été calculée en sommant les parts explicatives des activités influencées par ce facteur.

$$\dot{P}_{Gi} = \sum \dot{P}_{AGi}$$

Tableau 4. Facteurs majeurs explicatifs des différences de performances observées

SOUS-ETAPES	Groupe 1 : Caractéristiques de déchets	Groupe 2 : Aménagement du site	Groupe 3 : Performances individuelles spécifiques
I Pré-tri	X		
II Alimentation tri		X	
III Tri sur table	X		
IV Convoyage des refus		X	
V Convoyage de la FFOM		X	
VI RETOURNEMENTS	X		
VII REGROUPEMENTS	X	X	
VIII Convoyage du compost		X	
IX Alimentation du plan incliné	X		
X Convoyage des refus		X	
XI Remplissage des sacs	X		
XII Couture des sacs			X
XIII Pesée et emmagasinage sacs		X	
XIV ENTRETIEN	X	X	
XV ENCADREMENT	X	X	

Les travaux ont été bien préparés, leur réalisation s'est déroulée dans de bonnes conditions et les résultats obtenus ont été partagés, discutés, validés et aujourd'hui diffusés.

2. Résultats et discussion

2.1. Caractéristiques générales des déchets traités

Les caractéristiques des déchets traités dans les sites présentent des spécificités, lesquelles auraient une influence notable sur la qualité du compost et la productivité des agents. Ceci interpelle sur la définition d'objectifs communs de traitement par agent sur les deux plateformes. En effet, les déchets traités à Ngui proviennent de la pré-collecte domiciliaire tandis que ceux traités à Siteu sont issus de la collecte urbaine.



Figure 3a et 3b. Pré-collecte des déchets et approvisionnement de la plateforme de Ngui
 (Source : Garnier, 2015 et Ngahane, 2020)



Figure 4a et 4b. Collecte des déchets et approvisionnement de la plateforme de Siteu
 (Source : Garnier, 2015)

2.1.1. Composition des déchets traités

Les déchets traités sur la plateforme de compostage de Ngui exclusifs aux activités ménagères contiennent un peu plus de matière organique et moins de textiles, papiers/cartons que ceux traités à Siteu où l'apport d'activités administratives, artisanales et commerciales est visible (Figure 6).

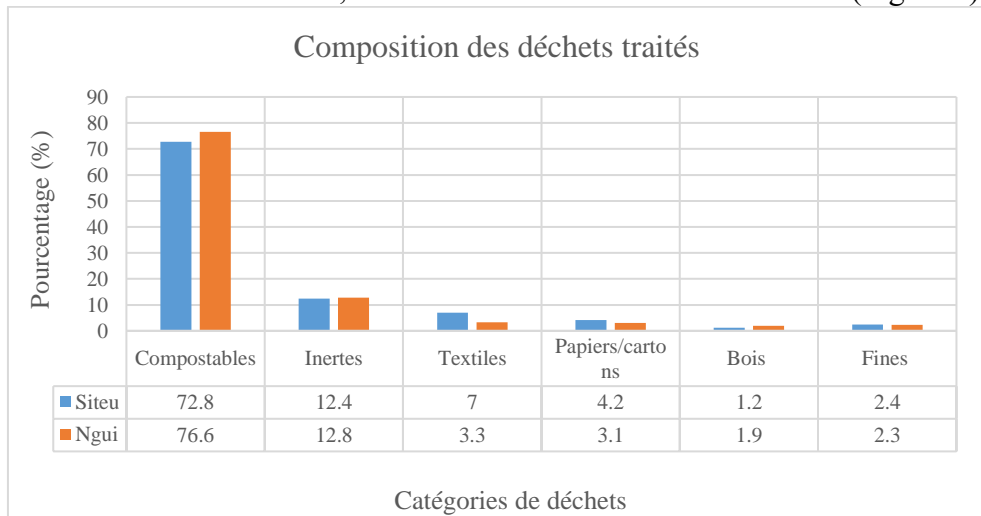


Figure 6. Composition des déchets traités sur les plateformes

2.1.2. Etat général des déchets entrants

A Nguï, les ordures ménagères sont acheminées régulièrement à l'aide des tricycles affectés à la pré-collecte. Elles sont fraîches car produites au rythme des activités ménagères, conservées dans des contenants au sein des concessions et souvent à l'abri des intempéries et sur de courtes durées (2 jours en moyenne). Leur tassement est assez léger durant le parcours et leurs fines sont essentiellement organiques (restes alimentaires et terre végétale).

A Siteu, les déchets solides arrivent dans deux camions à compaction et deux camions bennes affectés à la collecte. Ceux-ci sont de fait compactés, de dégradation entamée et parfois très avancée, souvent souillés dans les dépotoirs ; leurs fines sont légèrement minérales (sables, poussières et boues).

Ceci pour dire que les déchets entrants à Nguï via la pré-collecte domiciliaire sont facilement manipulables et reconnaissables à l'œil, donc plus facilement traitables que ceux entrant à Siteu via la collecte urbaine.

2.2. Performances des équipes de production

2.2.1. Récapitulatif des observations

Les tableaux 5 et 6 donnent le récapitulatif des observations en équivalence :

Tableau 5. Tableau des observations en équivalence à Siteu

Activités	Temps d'observation (ég Jours)	Production	Agents mobilisés (ég personnes)
Tri	7	59 tonnes de déchets triées	94
Retournements	4/3	20 retournements effectués	7
Regroupements	1	10 regroupements effectués	4
Criblage	4/3	10 t criblées (5 t de compost obtenu)	5
Ensachage	2/3	5 t de compost ensachées	6
Entretien	1	Tout le site nettoyé	1

Tableau 6. Tableau des observations en équivalence à Nguï

Activités	Temps d'observation (ég Jours)	Production	Agents mobilisés (ég personnes)
Tri	4,3	55,5 tonnes de déchets triées	81
Retournements	2,72	30 retournements effectués	10
Regroupements	1	10 regroupements effectués	4
Criblage	4/3	10 t criblées (4,5 t de compost obtenu)	4
Ensachage	1/3	4,5 t de compost ensachées	6
Entretien	2	Tout le site nettoyé	1

2.2.2. Productivité globale des agents

A Siteu, la productivité totale observée durant la période est de 388 kg de déchets traités par homme et par jour, soit, 8,53 t_{traitées}/homme.mois pour juillet 2018 avec 22 jours ouvrés. Le tri, le criblage et la mise en sac sont les

étapes les plus chronophages avec 62%, 19% et 10% comme proportions respectives.

A Ngui, la productivité totale observée durant la période est de 473 kg de déchets traités par homme et par jour, soit, 10,41 t_{traitées}/homme.mois pour septembre 2020 avec 22 jours ouvrés. Le tri, le criblage et la mise en sac sont aussi les étapes les plus chronophages avec 69%, 16% et 6% comme proportions respectives.

La productivité des agents à Ngui est supérieure de 22% à celle des agents à Siteu ; la mise en sac, le criblage et les retournements expliquent grandement (à 61,5%) cette différence avec 28%, 17,5% et 16% comme proportions explicatives respectives.

Les performances observées par étape et la proportion qu'occupe chacune des grandes étapes dans cette productivité sont présentées dans les tableaux 7, 8 et figure 7.

Tableau 7. Productivité des agents composteurs par grande étape

	Productivité (P) en tonnes traitées/homme.j		Productivité (P) en homme.j/tonnes traitées	
	Siteu	Ngui	Siteu	Ngui
PRODUCTIVITE TOTALE	0,388	0,473	2,58	2,11
Tri	0,6	0,7	1,59	1,46
Retournements	29,0	44,8	0,03	0,02
Regroupements	25,4	37,3	0,04	0,03
Criblage	2,1	3,1	0,48	0,33
Mise en sac (ensachage)	4,0	7,5	0,25	0,13
Entretien	31,8	40,4	0,03	0,02
Encadrement	6,6	8,4	0,15	0,12

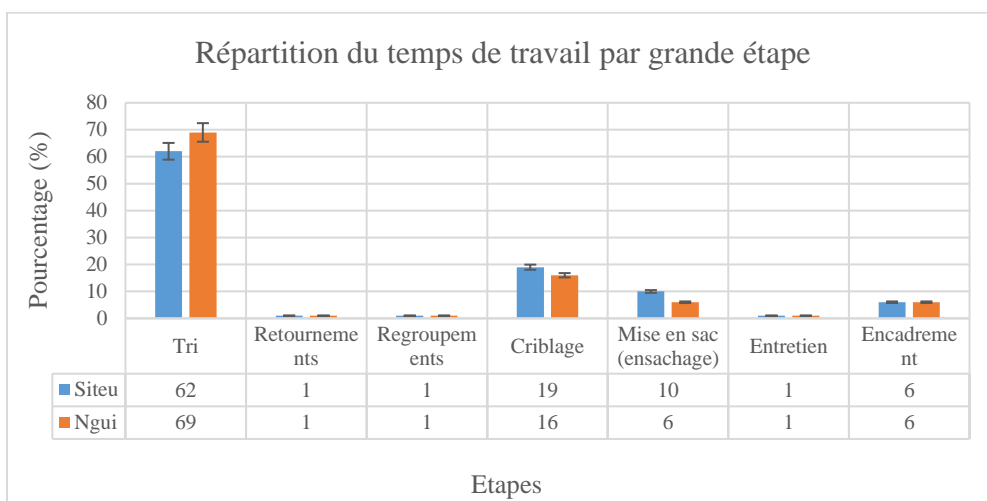


Figure 7. Répartition du temps passé par grande étape

Tableau 8. Part explicative des grandes étapes sur la différence de productivité observée

	Productivité (P) en tonnes traitées/h.j			Proportion (%)	
	Siteu	Ngui	ΔP	\bar{x}_t	\dot{P}
PRODUCTIVITE TOTALE	0,388	0,473	0,085	100	100
Tri	0,6	0,7	0,1	66	6,5
Retournements	29	44,8	15,8	1	15,8
Regroupements	25,4	37,3	11,9	1	11,9
Criblage	2,1	3,1	1	18	17,5
Mise en sac	4	7,5	3,5	8	28
Entretien	31,8	40,4	8,6	1	9
Encadrement	6,6	8,4	1,8	6	11

A Dschang, le compostage est pourvoyeur d'emplois ; à Ngui (2,11) comme à Siteu (2,58), il est bel et bien dans le sillage des 3 emplois directs créés par tonne de déchets traités par jour comme évoqué par le CEFREPADE en 2012. Les étapes de tri et de criblage occupent majoritairement les équipes (84% du temps ici) avec 66 % du temps en moyenne pour la seule étape de tri ; c'est la même tendance sur les autres plateformes de compostage du programme Africompost (Lomé, Mahajanga et Bouaké).

Toutefois, les performances globales sont meilleures pour l'équipe de Ngui comparativement à celle de Siteu. La quantité de compost obtenu est liée à la productivité des agents et tout comme sa qualité, est surtout conditionnée par la nature des produits initiaux donc, par les caractéristiques des déchets entrants. En effet, les critiques sur la qualité médiocre du compost avaient déjà failli condamner le tri-compostage en liant cette mauvaise performance à la nature des déchets ménagers entrants (Aboulam, 2005).

D'autres facteurs entrent en jeu dans la différence des performances ; il s'agit de la taille du site (éloignement des ateliers de travail les uns des autres lié au niveau d'exploitation) et des performances individuelles spécifiques.

2.2.3. Productivité des agents par sous-étape

Un zoom sur les performances observées dans les sous-étapes révèle que :

- A Siteu comme à Ngui, le tri sur tables, le pré-tri (tri grossier au sol), l'alimentation du plan incliné lors du criblage et l'alimentation des tables de tri sont les plus chronophages (63%) avec 30%, 14%, 10% et 9% comme proportions moyennes respectives.
- Les facteurs relatifs aux caractéristiques des déchets expliquent à 46,2% la différence de performance observée entre les deux plateformes en termes de productivité totale des agents alors que ceux relatifs au niveau d'exploitation des sites l'expliquent à 34,3%.

Les performances observées par sous-étape et la proportion qu'occupe chacune des sous-étapes dans cette productivité sont présentées dans les tableaux 9, 10 et figure 8.

Tableau 9. Productivité des agents composteurs par sous-étape

		Productivité (P) en tonnes traitées/homme.j		Productivité (P) en homme.j / tonnes traitées	
		Siteu	Ngui	Siteu	Ngui
PRODUCTIVITE TOTALE		0,388	0,473	2,58	2,11
TRI	I Pré-tri	3,6	2,9	0,28	0,34
	II Alimentation tri	4,5	4,2	0,22	0,24
	III Tri	1,3	1,7	0,80	0,59
	IV Convoyage des refus de tri	5,5	6,2	0,18	0,16
	V Acheminement FFOM et formation des andains	8,4	8,3	0,12	0,12
VI RETOURNEMENTS		29,0	44,8	0,03	0,02
VII REGROUPEMENTS		25,4	37,3	0,04	0,03
CRIBLAGE	VIII Acheminement du compost	8,3	12,2	0,12	0,08
	IX Alimentation du plan incliné	4,1	6,1	0,24	0,16
	X Acheminement des refus	8,3	12,2	0,12	0,08
MISE EN SAC	XI Mise en sac du compost	10,1	17,2	0,10	0,06
	XII Couture des sacs	50,7	86,2	0,02	0,01
	XIII Pesée-Emmagasinage de sacs	7,6	15,6	0,13	0,06
XIV ENTRETIEN		31,8	40,4	0,03	0,02
XV ENCADREMENT		6,6	8,4	0,15	0,12

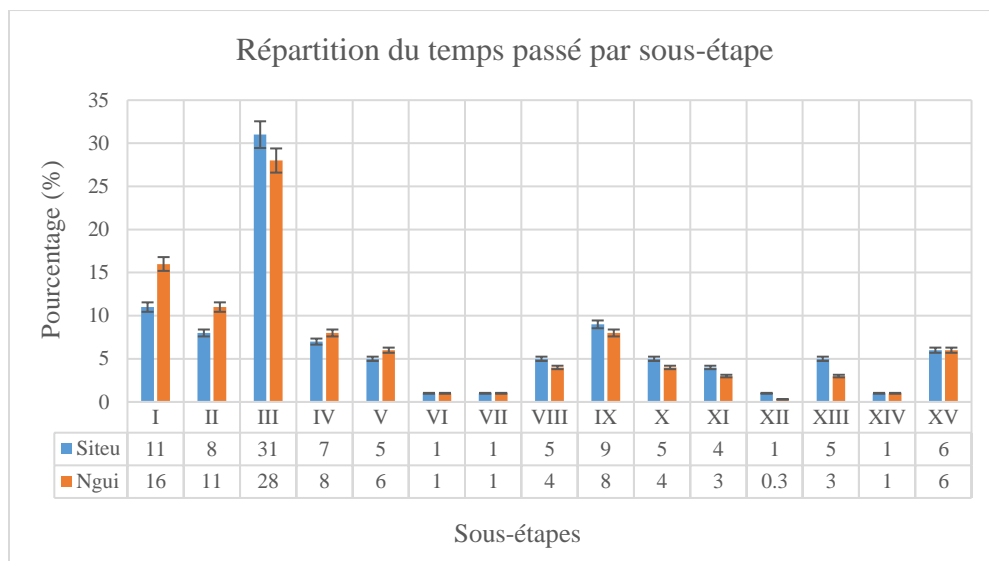


Figure 8. Répartition du temps passé par sous-étape

Tableau 10. Part explicative des sous- étapes sur la différence de productivité observée

	Productivité (P) en tonnes traitées/homme.j			Proportion (%)	
	Siteu	Ngui	ΔP	\bar{x}_t	\bar{P}
PRODUCTIVITE TOTALE	0,388	0,473	0,085	100	100
Pré-tri	3,6	2,9	0,7	14	2,1
Alimentation tri	4,5	4,2	0,3	10	0,9
Tri sur tables	1,3	1,7	0,4	30	1,2
Convoyage refus	5,5	6,2	0,7	8	2,1
Acheminement FFOM	8,4	8,3	0,1	6	0,3
RETOURNEMENTS	29	44,8	15,8	1	15,8
REGROUPEMENTS	25,4	37,3	11,9	1	11,9
Alimentation plan incliné	8,3	12,2	3,9	5	7
Convoyage compost	4,1	6,1	2	9	3,6
Convoyage refus	8,3	12,2	3,9	5	7
Remplissage des sacs	10,1	17,2	7,1	4	3,9
Couture des sacs	50,7	86,2	35,5	1	19,6
Pesée et emmagasinage	7,6	15,6	8	4	4,4
ENTRETIEN	31,8	40,4	8,6	1	9
ENCADREMENT	6,6	8,4	1,8	6	11

A Siteu, l'état plus compacté des déchets entrants a influencé négativement les performances des agents dans les sous-étapes que sont le pré-tri, les retournements et regroupements, l'alimentation du plan incliné lors du criblage et le remplissage des sacs qui nécessitent dès lors plus d'efforts et de temps pour la décompaction, l'aération des andains, l'émottage de la matière organique durant le compostage et le criblage. L'état de dégradation avancée

des déchets arrivant à Siteu a quant à lui influencé négativement les performances dans les sous-étapes de pré-tri et de tri sur tables par la difficulté qu'ont les agents à reconnaître et à séparer la fraction fermentescible des autres fractions (indésirables). La grande emprise foncière du site alors dimensionné pour traiter 9000 tonnes de déchets par an mais ne fonctionnant qu'à 20% a été défavorable du fait de l'éloignement des ateliers de travail les uns des autres augmentant ainsi les distances à parcourir.

A Ngui, le fonctionnement du site à sa capacité maximale (concentration des activités sur un espace restreint et proximité des ateliers les uns des autres) a influencé positivement les performances des agents par le raccourcissement des distances à parcourir dans les sous-étapes qui impliquent le transport et le déplacement de la matière que sont l'alimentation des tables de tri, les regroupements avec déplacement du tas, le convoyage des refus (de tri et de criblage) et du compost, l'emmagasinage des sacs de compost. Aussi, l'alignement des ateliers suivant la configuration du site (dans le sens la pente) facilite les déplacements car il est plus aisé de descendre avec une brouette chargée et de monter avec une brouette vide que l'inverse. Ceci vient soutenir l'option de créer, à la place d'une seule unité centralisée, un certain nombre de petites unités dans différents points de la zone de production des déchets (CEFREPADE, 2012).

Tableau 11. Part des facteurs explicatifs de la différence de performances observée

SOUS-ETAPES	P_{G1} : Caractéristiques de déchets	P_{G2} : Aménagement du site	P_{G3} : Performances individuelles spécifiques
Pré-tri	2,1		
Alimentation table de tri		0,9	
Tri sur table	1,2		
Convoyage des refus		2,1	
Convoyage de la FFOM		0,3	
RETOURNEMENTS	16		
REGROUPEMENTS	6	6	
Alimentation du plan incliné	7		
Convoyage du compost		3,6	
Convoyage des refus		7	
Remplissage des sacs	3,9		
Couture des sacs			19,6
Pesée et emmagasinage sacs		4,4	
ENTRETIEN	4,5	4,5	
ENCADREMENT	5,5	5,5	
TOTAL	46,2	34,3	19,6

Par ailleurs, les performances individuelles spécifiques à la sous-étape de « couture des sacs », expliquant à 19,6% la différence globale observée,

serait dû au fait qu'à Siteu, l'utilisation de la surfileuse était toute récente (2018) tandis qu'à Ngui, elle est maîtrisée par un agent qui l'utilise depuis 2016. Notons aussi que cette sous-étape a été mesurée une seule fois sur chaque site, il n'était donc pas possible de calculer une moyenne par site pour une comparaison objective, toutes choses qui remettent en cause sa pertinence dans cet exercice et en constituent une limite.

Il est à signaler qu'à Siteu, les performances enregistrées durant les travaux étaient meilleures que celles habituellement observées du fait de la meilleure organisation et de l'assiduité qu'imposaient la nature et l'ampleur de tels travaux. Les performances enregistrées à Ngui durant les travaux quant à elles étaient moindres du fait de la moins bonne qualité des déchets traités qu'habituellement (61% de FFOM réellement compostés alors que la caractérisation annonçait 76% de FFOM) et de l'embourbement du site suite aux aménagements nouvellement effectués. Ceci vient conforter l'idée locale selon laquelle la viabilité du compostage à Ngui serait assurée si la pré-collecte suivait.

Conclusion

A Dschang, bien que l'activité de compostage soit encore rythmée par celle de l'approvisionnement des sites en déchets, la plateforme de Ngui est plus performante que celle de Siteu. Les résultats obtenus au terme de cette analyse comparative des performances mesurées au sein des deux plateformes en donnent les facteurs explicatifs majeurs. La productivité sur la plateforme de compostage de Siteu est en deçà de la productivité attendue (10 $t_{\text{traitées}}/\text{homme.mois}$) pour entrevoir sereinement la pérennisation du compostage sur ce site et la consolidation des emplois créés. Ceci renforce l'argumentaire du compostage de proximité (au plus près de la production des déchets) et questionne sur la construction de grands sites (changement d'échelle et performance en fonction de la taille des sites). Dans l'immédiat, cela interpelle sur la définition des objectifs communs de traitement aux deux sites et de qualité de compost produit. Etant donné que la pré-collecte ne saurait à l'heure actuelle alimenter la plateforme de Siteu en déchets du fait de la légèreté des tricycles, du fort relief et de l'éloignement de Siteu, il serait judicieux de penser et d'analyser dès à présent des scénarii pour la viabilité de l'activité à Siteu : collecte sélective des déchets propices au compostage (marchés, hôtels, restaurants et ménages effectuant le tri à la source) ; production du criblé de décharge directement sur la décharge contigüe à la plateforme exclusivement ou en plus du compostage ; etc.

Remerciements

Cet article est lié au projet Africompost-Dschang dont nous remercions toute personne physique ou morale ayant accompagné de près ou de loin,

directement ou indirectement la mise en œuvre. Spécifiquement, nous remercions l'opérateur local de compostage à Dschang (ERA-CAMEROUN), ses partenaires techniques (Gevalor, Gret, l'Agence municipale de gestion des déchets de Dschang, l'Université de Dschang, l'Etablissement Providence), ses partenaires opérationnels (associations de pré-collecte Tockem, Cepdel et Adecotec) et ses partenaires financiers (l'Union Européenne, l'Agence Française de Développement, le Fonds Français pour l'Environnement Mondial, le SYCTOM de Paris). Nous n'oublions pas de saluer les apports des membres de la Faculté d'Agronomie et des Sciences Agricoles de l'université de Dschang.

References:

1. Aboulam S. (2005). *Recherche d'une méthode d'analyse du fonctionnement des usines de tri-compostage des déchets ménagers. Fiabilité des bilans matière*. Thèse de doctorat. INP-ENSAT. 123 p.
2. Biau C. I., Hedible S. C., Landeou R. C. & Boko M. (2019). *Impact des Décharges Sauvages des Déchets Solides sur les Sols à Cotonou*. European Scientific Journal, ESJ, 15(30), pp 94-104. Retrieved from <https://eujournal.org/index.php/esj/article/view/12526>, 23/04/2021
3. CEFREPADE (2012). *Compostage des déchets ménagers dans les pays en développement - Modalités de mise en place et de suivi d'installations décentralisées pérennes*. 57p.
4. Etsè A., Sanonka T., Kokou S., Magnoudéwa B. B., Kokou D., Koffi K. A., Gado T. & Gnon, B. (2014). *Etude de la disponibilité du phosphore assimilable des composts des déchets urbains dans deux sols différents*. European Scientific Journal, ESJ, 10(6), pp 156-167. Retrieved from <https://doi.org/10.19044/esj.2014.v10n6p>, 23/04/2021
5. Garnier J. & Njinhoh B. (2015). *Diagnostic de la filière DSM de la commune de Dschang*. Rapport, 65 p.
6. Garnier J., Marciniak R. & Delarue J. (2014). *Analyse coûts-bénéfices de l'intégration du compostage dans la filière de gestion des déchets de Lomé*. Rapport de synthèse, 15 p.
7. Guillaume M., Mercier J-R., Njietcheu M., Rakotonirina A. & Tsitsikalis A. (2014). *Evaluation à mi-parcours du Programme Africompost*. Rapport de synthèse, Gevalor, ETC Terra et Fondation GoodPlanet, 17 p.
8. Ngahane E. L., Garnier J., Bromblet H. & Vanié C. (2018). *Axes stratégiques pour la pérennisation d'unités de compostage en Afrique : Cas de Bouaké en Côte d'Ivoire*. Déchets Sciences et Techniques, n°76, pp 43-51.

9. Ngahane E. L. & Garnier J. (2018). *Synthèse de l'analyse coûts-bénéfices du compostage à Dschang*. Document Africompost, 8p.
10. Ngnikam E., Vermande P. & Rousseaux P., (1993). *Traitement des déchets urbains. Une unité de compostage des ordures ménagères dans un quartier à habitat spontané à Yaoundé – Cameroun*. Cahiers Agriculture, n°2, pp 264-269.
11. Tahraoui Douma (2013). *Valorisation par compostage des résidus solides urbains de la commune de Chlef, Algérie*. Thèse de doctorat. Université de Limoges, Ecole Doctorale Sciences et Techniques, Groupement de Recherche Eau Sol Environnement, 244p.
12. Tape A. S. B., Coulibaly A., Anoh P. K. & Aloko J. N. (2019). *Production des Déchets et Santé des Travailleurs: Cas de la Mine d'or de Tongon (Côte d'Ivoire)*. European Scientific Journal, ESJ, 15(32), pp 104-118. Retrieved from <https://doi.org/10.19044/esj.2019.v15n32p104>, 23/04/2021
13. Tauvel Maud. *Le traitement bio-mécanique des déchets : Avantages, inconvénients, coûts et jeux d'acteurs*. Série Synthèse N°06–S01, ENGREF Centre de Montpellier, 31p.
14. Toundou O., Tozo K., Amouzouvi K. A. A., Kolani L., Tchangbedji G., Kili K. & Gnon B. (2014). *Effets de la biomasse et du compost de Cassia Occidentalis L. sur la croissance en hauteur, le rendement du maïs (Zea Mays L.) et la teneur en NPK d'un sol dégradé en station expérimentale*. European Scientific Journal, ESJ, 10(3), pp 294-308. Retrieved from <https://doi.org/10.19044/esj.2014.v10n3p%294-308>, 23/04/2021



Effets des pratiques agroécologiques sur l'efficacité du système productif des producteurs maraîchers au sud du Bénin

Claude Ahouangninou, Docteur

Ecole d'Horticulture et d'Aménagement des Espaces Verts (EHAEV)
Université Nationale d'Agriculture (UNA), Bénin
Centre de Valorisation des Déchets en Energies Renouvelables et en
Agriculture (ValDERA), Université d'Abomey-Calavi (UAC), Bénin
Institut de Statistiques, Biostatistiques et Sciences Actuarielles
Université Catholique de Louvain (UCLouvain), Belgique

Moussa Wari Aboubakar, Docteur

Centre de Valorisation des Déchets en Energies Renouvelables et en
Agriculture (ValDERA), Université d'Abomey-Calavi (UAC), Bénin

Jules Adé, Docteur

Ecole d'Horticulture et d'Aménagement des Espaces Verts (EHAEV)
Université Nationale d'Agriculture (UNA), Bénin

Keline Meniodem Deliota, Msc

Institut de Statistiques, Biostatistiques et Sciences Actuarielles
Université Catholique de Louvain (UCLouvain), Belgique

Placide Clédjo, Professeur

Centre de Valorisation des Déchets en Energies Renouvelables et en
Agriculture (ValDERA), Université d'Abomey-Calavi (UAC), Bénin

Marie-Paule Kestemont, Professeure

Institut de Statistiques, Biostatistiques et Sciences Actuarielles,
Université Catholique de Louvain (UCLouvain), Belgique

[Doi:10.19044/esj.2021.v17n17p267](https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n17p267)

Submitted: 08 March 2021

Accepted: 06 May 2021

Published: 31 May 2021

Copyright 2021 Author(s)

Under Creative Commons BY-NC-ND

4.0 OPEN ACCESS

Cite As:

Ahouangninou C., Aboubakar M.W., Adé J., Deliota K.M., Clédjo P. & Kestemont M-P. (2021). *Effets des pratiques agroécologiques sur l'efficacité du système productif des producteurs maraîchers au sud du Bénin*. European Scientific Journal, ESJ, 17(17), 267. <https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n17p267>

Résumé

La production maraîchère au Bénin est associée à l'usage des intrants chimiques pour améliorer les rendements. Mais face aux risques environnementaux qui pèsent sur le milieu de production, il est nécessaire de produire plus écologique. L'objectif de cette étude est d'évaluer l'effet des pratiques agroécologiques sur l'efficacité du système productif des maraîchers. A cet effet, une base de données du Centre VaLDERA renseignant sur les pratiques agricoles, comptes et résultats d'exploitation de 197 producteurs des villes de Cotonou, Sèmè-kpodji et Ouidah en 2014 a été analysée. Une analyse en composante principale (ACP) a permis d'identifier des méta-variables : niveau d'utilisation d'engrais, pratiques agroécologiques et caractéristiques sociodémographiques. Ensuite une régression linéaire multiple log-log a permis d'identifier les variables : quantité de fientes, quantité de NPK utilisées, comme les principaux déterminants de l'efficacité des producteurs. Les variables diversité écologique, association culturale, rotation sont faiblement corrélées à l'efficacité. Il urge de former les producteurs sur les types de rotation qui puissent améliorer leur niveau de productivité et la qualité de leur production, mais aussi de les sensibiliser à l'usage des engrais organiques pour assurer la durabilité de la production.

Mots clés : Déterminants, efficacité, pratiques agroécologiques, maraîchers, Bénin

Effects of Agroecological Practices on the Efficiency of the Production System of Vegetable Growers in Southern Benin

Claude Ahouangninou, Docteur

Ecole d'Horticulture et d'Aménagement des Espaces Verts (EHAEV)
Université Nationale d'Agriculture (UNA), Bénin

Centre de Valorisation des Déchets en Energies Renouvelables et en
Agriculture (ValDERA), Université d'Abomey-Calavi (UAC), Bénin

Institut de Statistiques, Biostatistiques et Sciences Actuarielles
Université Catholique de Louvain (UCLouvain), Belgique

Moussa Wari Aboubakar, Docteur

Centre de Valorisation des Déchets en Energies Renouvelables et en
Agriculture (ValDERA), Université d'Abomey-Calavi (UAC), Bénin

Jules Adé, Docteur

Ecole d'Horticulture et d'Aménagement des Espaces Verts (EHAEV)
Université Nationale d'Agriculture (UNA), Bénin

Keline Meniodem Deliota, Msc

Institut de Statistiques, Biostatistiques et Sciences Actuarielles
Université Catholique de Louvain (UCLouvain), Belgique

Placide Clédjo, Professeur

Centre de Valorisation des Déchets en Energies Renouvelables et en
Agriculture (ValDERA), Université d'Abomey-Calavi (UAC), Bénin

Marie-Paule Kestemont, Professeure

Institut de Statistiques, Biostatistiques et Sciences Actuarielles,
Université Catholique de Louvain (UCLouvain), Belgique

Abstract

Vegetable production in Benin is associated with the use of chemical inputs to improve yields. However, given the environmental risks that weigh on the environment, it is necessary to produce in a more ecological way. The objective of this study is to evaluate the effect of agroecological practices on the efficiency of the market gardeners' production system. To this end, a database from the ValDERA Centre providing information on the agricultural practices, accounts and operating results of 197 producers in the cities of Cotonou, Sèmè-kpodji and Ouidah in 2014 was analysed. A principal component analysis (PCA) identified meta-variables: level of fertiliser use, agroecological practices and socio-demographic characteristics. Then a multiple log-log linear regression identified variables: amount of manure, amount of NPK used, as the main determinants of producer efficiency. The variables ecological diversity, crop association and rotation are weakly correlated with efficiency. There is an urgent need to train producers on the

types of rotation that can improve their level of productivity and the quality of their production, but also to make them aware of the use of organic fertilisers to ensure the sustainability of production.

Keywords: Determinants, efficiency, agro-ecological practices, market gardeners, Benin

Introduction

La production agricole occupe une place importante dans l'économie du Bénin. Elle a contribué à près de 30,48 % au Produit Intérieur Brut (PIB) du Bénin sur la période 2005-2008 (PSRSA, 2009; INSAE, 2014). De 2011 à 2014, la contribution moyenne du PIB est de 32,7% (PSDSA, 2017). La production agricole au Bénin englobe la production végétale, animale et la pêche. La production végétale est la branche la plus importante. Elle a contribué à près de 75% du PIB agricole sur la période 2011-2014 (PSDSA, 2017). Elle met à disposition des céréales, des tubercules, les légumes et fruits pour la population. La production des légumes et fruits s'est surtout développée dans les villes où la disponibilité en terre se raréfie. Dans ce contexte, les producteurs de fruits et légumes du sud du Bénin intensifient leur système de production en combinant de différentes façons les intrants pour avoir un bon rendement (Ahouangninou *et al.*, 2020. Certains ignorent le volet protection de l'environnement dans la production en utilisant plus d'engrais minéraux (NPK et Urée). L'usage excessive d'engrais minéraux peut entraîner des problèmes de contamination de l'environnement (pollution par les nitrates et nitrites). Dovonou *et al.* (2017) ont trouvé des teneurs en nitrates, nitrites et phosphates dépassant les normes admises dans les eaux de consommation au Bénin. Certains effets des pratiques agricoles sur la pollution des eaux de surfaces ont été documentés. Il s'agit de la contamination des eaux de surface par les pesticides, les nitrates et les phosphates (Lawani *et al.*, 2017). Des producteurs maraîchers font une association d'engrais minéraux et organiques. Cette dernière pratique s'insère dans les pratiques agroécologiques, levier de la durabilité de la production. La plupart des maraîchers utilise des engrais organiques en association des engrais chimiques (Ahouangninou, 2013). Mais les proportions utilisées peuvent diverger selon les producteurs et les lieux de production. Les producteurs de fruits et légumes font également des associations culturales et de la rotation culturale, mais les associations et rotation effectuées peuvent ne pas avoir une cohérence agronomique dans certains cas.

L'objectif de cette étude est d'évaluer l'effet des pratiques agroécologiques sur l'efficacité du système productif des maraîchers au moyen de la modélisation.

Méthodologie d'étude

Collecte des données

Les données utilisées sont des données transversales collectées par le Centre de Valorisation des déchets en énergies renouvelables et en agriculture (Centre ValDERA) de l'Université d'Abomey-Calavi(UAC) au Sud du Bénin en 2014 sur les sites maraîchers de Cotonou, Sèmè-Kpodji et Ouidah. Les données comportent 197 observations, 11 variables quantitatives et 5 variables qualitatives. La variable efficacité est un score sur une échelle de 0 à 25 (Ahouangninou, 2013; Ahouangninou *et al.*, 2016). Ces scores ont été multipliés par 4 pour avoir un score compris entre 0 et 100. Pour obtenir les scores d'efficacité, un ratio du (produits-intrants)/produits (Vilain *et al.*, 2008) a été calculé pour chaque exploitation et les scores ont été attribués suivant une grille d'échelle car le ratio peut être supérieur à 1 (Ahouangninou, 2013; Ahouangninou *et al.*, 2016). Les scores au niveau de assolement, de diversité écologique, de rotation et succession ont été attribués suivant l'échelle de dimension agroécologique de durabilité (Ahouangninou, 2013 ; Ahouangninou *et al.*, 2016).

Analyses statistiques

Une Analyse en Composantes Principales (ACP) a été réalisée avec le logiciel R4.1 pour identifier les méta-variables corrélées à des dimensions. Ensuite des régressions linéaires ont été réalisées avec SAS Studio pour identifier les variables influençant l'efficacité des producteurs et sélectionner le meilleur modèle permettant de prédire l'efficacité dans la production. Le modèle de base utilisé est le suivant :

$$\begin{aligned} \text{Efficacité} = & \beta_0 + \beta_1 \text{Age} + \beta_2 \text{AnExper} + \beta_3 \text{Assolement} + \beta_4 \text{ConsomNPK_Kg} \\ & + \beta_5 \text{Consomuree_Kg} + \beta_6 \text{Consomfiente_Kg} + \beta_7 \text{Divecologique} + \\ & \beta_8 \text{Nbre_enfant} + \beta_9 \text{Rotation_succession} + \beta_{10} \text{Site1} + \beta_{11} \text{Site2} + \\ & \beta_{12} \text{Niveauinstruction1} + \beta_{13} \text{Niveauinstruction2} + \beta_{14} \text{Niveauinstruction3} + \\ & \beta_{15} \text{Sexe1} + \beta_{16} \text{Activprin1} + \beta_{17} \text{Situationmatrimoniale1} + \varepsilon \end{aligned}$$

Dix observations ont été choisies de façon aléatoire pour servir d'échantillon test. Les 187 observations restantes ont servi d'échantillon d'apprentissage pour estimer les modèles.

Résultats et Discussion

Caractéristiques socioéconomiques des enquêtés et exploration des liens entre variables

Le tableau 1 présente les statistiques descriptives sur les variables quantitatives avec l'échantillon d'apprentissage. L'âge moyen des producteurs est de 36,64 ans. L'âge minimum est 17 ans et le plus âgé a 75 ans. Le nombre

d'années d'expérience dans la production varie de 1 à 50 ans avec une moyenne de 14,49 ans.

La moyenne de l'efficacité des exploitations est de 38,22 unités de point sur cent. La superficie moyenne de terre emblavée est de 1361,27 m² avec une grande variabilité (écart-type de 2119,50). Pour accroître leur productivité, les producteurs utilisent des engrais chimiques (urée et NPK) et organiques (fientes de volailles). Les quantités moyennes de NPK, urée, fientes utilisées sont respectivement de 228,07 Kg, 232,36 Kg, de 6253,52 Kg. Les scores moyens de diversité écologique, assolement, rotation et succession culturale sont respectivement de 11,45 ; 5,59 ; 4,35. Ceci dénote d'une biodiversité et d'un niveau de rotation relativement faibles. On observe également une faible variabilité de ces scores autour de leurs moyennes (Tableau 1).

Tableau 1. Statistiques descriptives des variables quantitatives

Variable	Moyenne	Ecart-type	Maximum	Minimum
Age	36.64	12.47	75.00	17.00
An_Exper	14.49	10.26	50.00	1.00
Div_écologique	11.45	2.95	24.00	6.00
Assolement	5.59	1.38	10.00	2.00
Rotation_succession	4.35	0.93	6.00	1.00
Efficience	38.22	23.23	99.00	9.00
Superficie	1361.27	2119.50	20000.00	64.00
Consom_NPK_Kg	228.07	587.14	5350.00	1.00
Consom_uree_Kg	232.36	411.10	3344.00	1.00
Consom_fiente_Kg	6253.52	14769.64	133750.00	50.00
Nbre_enfant	2.52	2.13	11.00	0.00

Concernant les variables qualitatives, on observe une grande proportion d'hommes pratiquant la production maraîchère (87,17%) contre 12,83% de femmes (Tableau 2). La grande majorité a la production maraîchère comme activité principale (86,63%) et plus de la moitié ont leurs exploitations dans la ville de Cotonou. Environ 1/5 soit 19,25% d'entre eux sont non instruits. Deux-cinquième soit 43,85% ont atteint le niveau primaire, 33,33% ont atteint le niveau d'enseignement secondaire. Seuls 3,74% ont atteint le niveau supérieur. Pour l'accès à l'eau pour arroser les plants, 35,83% d'entre eux utilisent les eaux de bas-fonds, 36,9% utilisent les eaux de forage et le reste des eaux de puits.

Tableau 2. Statistiques descriptives des variables qualitatives

Variabiles	Modalités	Fréquences	Proportions
Sexe	Féminin	24	12.83
	Masculin	163	87.17
Situation matrimoniale	Célibataire	36	19.25
	Marie	151	80.75
Activité principale	Non	25	13.37
	Oui	162	86.63
Site	Cotonou	103	55.08
	Ouidah	38	20.32
	Sèmè-Kpodji	46	24.60
Accès à l'eau	Basfonds	67	35.83
	Forage	69	36.90
	Puits	51	27.27
Niveau d'instruction	Non instruit	36	19.25
	Primaire	82	43.85
	Secondaire	62	33.16
	Supérieur	7	3.74

La figure 1 montre que 39,66% de l'inertie totale est expliquée par la dimension 1 de l'ACP et le premier plan factoriel explique 58,07% de l'information contenue dans le jeu de données.

Les variables efficacité, consommation en urée, consommation en NPK et consommation en fientes sont corrélées au premier plan factoriel. Les variables : âge, année d'expérience quant à elles sont liées à la dimension 2 de l'ACP.

Les liens entre efficacité et consommation en urée, NPK et fientes sont évidentes. L'utilisation des engrais dans la production est supposée augmenter la productivité. La productivité est un instrument de l'efficacité. Ce sont des concepts voisins, mais la productivité n'est pas l'égal de l'efficacité (Sharpe,1995). Les engrais contiennent les éléments nutritifs dont a besoin la plante pour croître. Les engrais minéraux tels que NPK sont essentiels pour la fructification, l'urée pour la croissance de la plante. Quant aux engrais organiques (fientes), leur utilisation permet d'amender le sol et maintenir l'activité biologique dans le sol. Ils permettent de lutter contre la minéralisation excessive. Mais, un bon rendement ne signifie pas qu'une unité de production fait mieux. Pour un même niveau de productivité, si l'unité de production utilise moins de ressources que ses concurrents, elle est plus

efficente (Ahouangninou *et al.*, 2020). Ainsi l'efficente mesure le ratio revenus/dépenses.

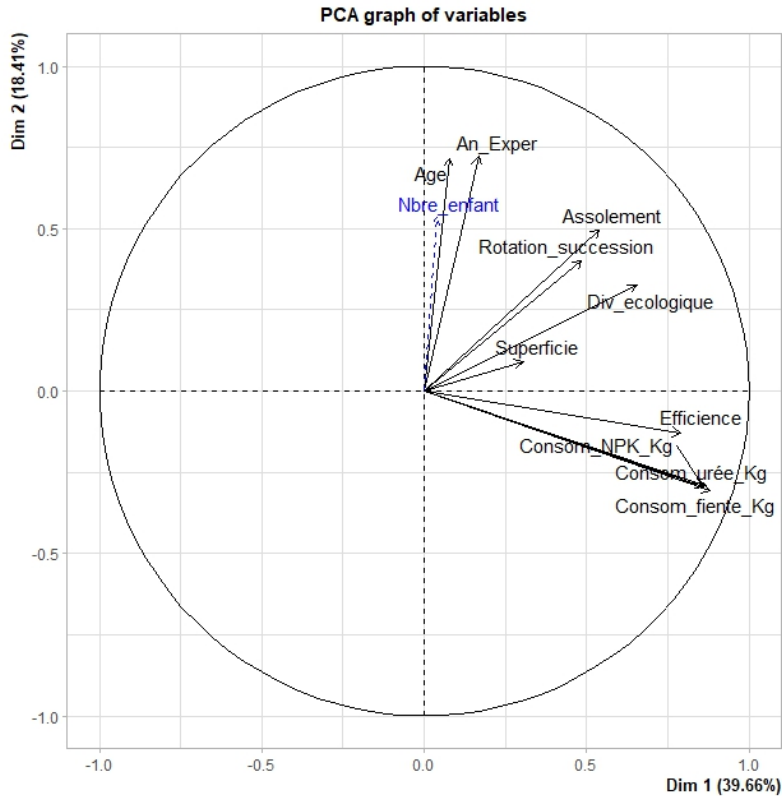


Figure 1 : Analyse en Composantes Principales

Spécification du modèle

Estimation du Modèle de base déterminant l'efficente

Le modèle estimé est globalement significatif au seuil de 5% ($p < 0,001$) (Tableau 3). De l'ensemble des coefficients estimés, au moins un est non nul au seuil de 5%. 59,11% de la variabilité de l'efficente est expliquée par l'ensemble des variables incluses avec cette spécification linéaire. Les coefficients des variables de consommation en NPK, urée, fiente et Site2 sont significativement différents de zéro.

Tableau 3. Résultats d'estimation du modèle de base

Résultats estimés des paramètres							
Variable	DDL	Valeur estimée des paramètres	Erreur type	Valeur du test t	Pr > t 	Tolérance	Inflation de variance
Intercept	1	5.27631	9.28600	0.57	0.5707	.	0
Age	1	-0.04316	0.15936	-0.27	0.7869	0.33053	3.02546
An_Exper	1	0.25500	0.16272	1.57	0.1189	0.46790	2.13723
Assolement	1	1.12400	1.21399	0.93	0.3558	0.46388	2.15575
Consom_NPK_Kg	1	-0.01816	0.00601	-3.02	0.0029	0.10473	9.54860
Consom_uree_Kg	1	0.01836	0.00631	2.91	0.0041	0.19382	5.15934
Consom_fiente_Kg	1	0.00113	0.00024308	4.63	<.0001	0.10126	9.87570
Div_ecologique	1	-0.12865	0.60597	-0.21	0.8321	0.40904	2.44475
Nbre_enfant	1	-0.81599	0.82489	-0.99	0.3240	0.42442	2.35616
Rotation_succession	1	2.71533	1.51825	1.79	0.0755	0.64850	1.54202
Site1	1	3.02968	3.48373	0.87	0.3857	0.43235	2.31293
Site2	1	11.52504	4.50002	2.56	0.0113	0.34565	2.89310
Niveau_instruction1	1	2.90841	3.56995	0.81	0.4164	0.41373	2.41705
Niveau_instruction2	1	3.53252	3.89576	0.91	0.3658	0.38597	2.59086

Niveau_instruction3	1	6.19018	7.10541	0.87	0.3849	0.71366	1.40122
Sexe1	1	-2.80454	3.95585	-0.71	0.4793	0.74159	1.34846
Activ_prin1	1	4.81788	3.63345	1.33	0.1866	0.84908	1.17775
Situation_matrimoniale 1	1	0.23202	3.69405	0.06	0.9500	0.61201	1.63396
R²		0,5911					
R²-adj		0,550					
F-value		14,37					
p-value		<0.000					

Test de Ramsey

Dans le modèle du Reset test de Ramsey, les valeurs prédites du modèle de base ont été récupérées et une régression de la variable réponse Efficience sur l'ensemble des variables explicatives et les valeurs prédites à la puissance k, avec k allant de 2 à 3 a été réalisée.

L'estimation du modèle montre que le modèle est globalement significatif au seuil de 5% ($p < 0,001$). Ce modèle explique à 85,94% la variabilité de l'efficience. Dans ce modèle, l'intérêt est porté sur les coefficients de Efficience prédite au carré et au cube. Ces coefficients sont significatifs, ce qui amène à rejeter le modèle de base. Dans la suite un modèle de type log-log sera estimé.

Estimation de modèle fonctionnel

Le **modèle 2** suivant a été estimé:

$$IEffic = \beta_0 + \beta_1 \text{Age} + \beta_2 \text{AnExper} + \beta_3 \text{Asselement} + \beta_4 \text{INPK} + \beta_5 \text{luree} + \beta_6 \text{lfiente} + \beta_7 \text{Divecologique} + \beta_8 \text{Nbre_enfant} + \beta_9 \text{Rotation_succession} + \beta_{10} \text{Site1} + \beta_{11} \text{Site2} + \beta_{12} \text{Niveauinstruction1} + \beta_{13} \text{Niveauinstruction2} + \beta_{14} \text{Niveauinstruction3} + \beta_{15} \text{Sexe1} + \beta_{16} \text{Activprin1} + \beta_{17} \text{Situationmatrimoniale1} + \varepsilon$$

L'estimation du modèle 2 montre qu'il explique 90,58% de la variabilité du logarithme de l'efficacité (Tableau 4). De plus le modèle est globalement significatif ($p < 0,0001$). Les facteurs d'inflation de la variance (VIF) sont tous en dessous de 10, ce qui indique une absence de forte colinéarité entre variables explicatives.

Tableau 4. Résultats d'estimation du modèle 2 de type log-log

Résultats estimés des paramètres							
Variable	DDL	Valeur estimée des paramètres	Erreur type	Valeur du test t	Pr > t	Tolérance	Inflation de variance
Intercept	1	0.39484	0.12174	3.24	0.0014	.	0
Age	1	-0.00089236	0.00175	-0.51	0.6109	0.32749	3.05354
An_Exper	1	0.00099617	0.00179	0.56	0.5790	0.46135	2.16755
Assolement	1	0.00417	0.01330	0.31	0.7540	0.46217	2.16370
LnPk	1	0.02454	0.01340	1.83	0.0688	0.28757	3.47743
Lfiente	1	0.38759	0.01624	23.86	<.0001	0.39388	2.53882
Luree	1	0.00238	0.01879	0.13	0.8992	0.29678	3.36944
Div_écologique	1	0.00178	0.00659	0.27	0.7876	0.41425	2.41400
Nbre_enfant	1	-0.00783	0.00902	-0.87	0.3866	0.42481	2.35398
Rotation_succession	1	-0.00238	0.01683	-0.14	0.8878	0.63083	1.58522
Site1	1	0.05478	0.03821	1.43	0.1536	0.42978	2.32678
Site2	1	-0.01046	0.05247	-0.20	0.8422	0.30408	3.28862
Niveau_instruction1	1	-0.01357	0.03862	-0.35	0.7257	0.42277	2.36536
Niveau_instruction2	1	-0.05609	0.04307	-1.30	0.1946	0.37766	2.64786
Niveau_instruction3	1	0.00241	0.07676	0.03	0.9749	0.73126	1.36750
Sexe1	1	0.02946	0.04357	0.68	0.5000	0.73099	1.36801
Activ_prin1	1	-0.03239	0.04070	-0.80	0.4273	0.80920	1.23579
Situation_matrimoniale 1	1	-0.00650	0.04025	-0.16	0.8718	0.61640	1.62232
R ²		0,9058					
R ² -adj		0,8963					

F-value		95,61					
p-value		<0.000					

Plusieurs coefficients ne sont pas significatifs. En éliminant les coefficients dont la probabilité du test de student est supérieur à $p=0,3$ et après vérification des critères de Mallows, on obtient le **modèle 3** suivant: $IEffic = \beta_0 + \beta_1INPK + \beta_2lfiente + \beta_3Site1 + \beta_4Niveauinstruction2 + \varepsilon$

De l'ensemble des méthodes de sélection ascendante, descendante et pas-à-pas, les variables communes retenues sont celles de la méthode descendante avec les variables INPK, lfiente et Site1. Ce sont celles qui sont retenues dans le modèle final. Ces variables sont incluses dans les sous-ensembles de variables retenus par les critères de Mallows (Tableau 5).

Modèle final: $IEffic = \beta_0 + \beta_1INPK + \beta_2lfiente + \beta_3Site1 + \varepsilon$

Tableau 5. Sélection avec Critères de Mallows, R² et R²-adj du modèle 3

Nombre dans le modèle	C(p)	R carré	R carré ajusté	Variables du modèle
3	4.4928	0.9021	0.9005	INPK lfiente Site1
4	5.0000	0.9029	0.9007	INPK lfiente Site1 Niveau_instruction2
2	7.6259	0.8993	0.8982	INPK lfiente
3	8.8786	0.8997	0.8981	INPK lfiente Niveau_instruction2
2	9.3799	0.8984	0.8973	lfiente Site1
3	10.2193	0.8990	0.8974	lfiente Site1 Niveau_instruction2
1	12.0828	0.8959	0.8953	Lfiente
2	13.5333	0.8962	0.8950	lfiente Niveau_instruction2
2	867.0435	0.4406	0.4345	INPK Niveau_instruction2
3	869.0261	0.4406	0.4315	INPK Site1 Niveau_instruction2
1	874.8964	0.4354	0.4323	Lnpk
2	876.7643	0.4354	0.4293	INPK Site1
2	1670.326	0.0119	0.0012	Site1 Niveau_instruction2
1	1675.308	0.0082	0.0028	Site1
1	1680.226	0.0055	0.0002	Niveau_instruction2

Le modèle final estimé avec la méthode MCO est globalement significatif et explique à 90,21% la variabilité de l'efficacité. Les indices de conditionnement et les Facteurs d'inflation de variance sont inférieures à 10, ce qui traduit une absence de multicolinéarité.

Les tests de Kolmogorov-Smirnov et test de Shapiro-Wilk confirment que les résidus suivent une loi normale (Tableau 6). Le QQ-plot et l'allure de l'histogramme des résidus confirment bien la normalité des résidus du modèle (Figures 2). Mais les tests de White (Tableau 7) et de Breusch-Pagan (Tableau 8) concluent à un hétéroscédasticité des erreurs avec le modèle final estimé par Moindre Carrés Ordinaires (MCO).

Tableau 6. Test de Normalité des résidus

Tests de normalité				
Test	Statistique		p-value	
Shapiro-Wilk	W	0.994044	Pr < W	0.6572
Kolmogorov-Smirnov	D	0.0516	Pr > D	>0.1500
Cramer-von Mises	W-Sq	0.047907	Pr > W-Sq	>0.2500
Anderson-Darling	A-Sq	0.295301	Pr > A-Sq	>0.2500

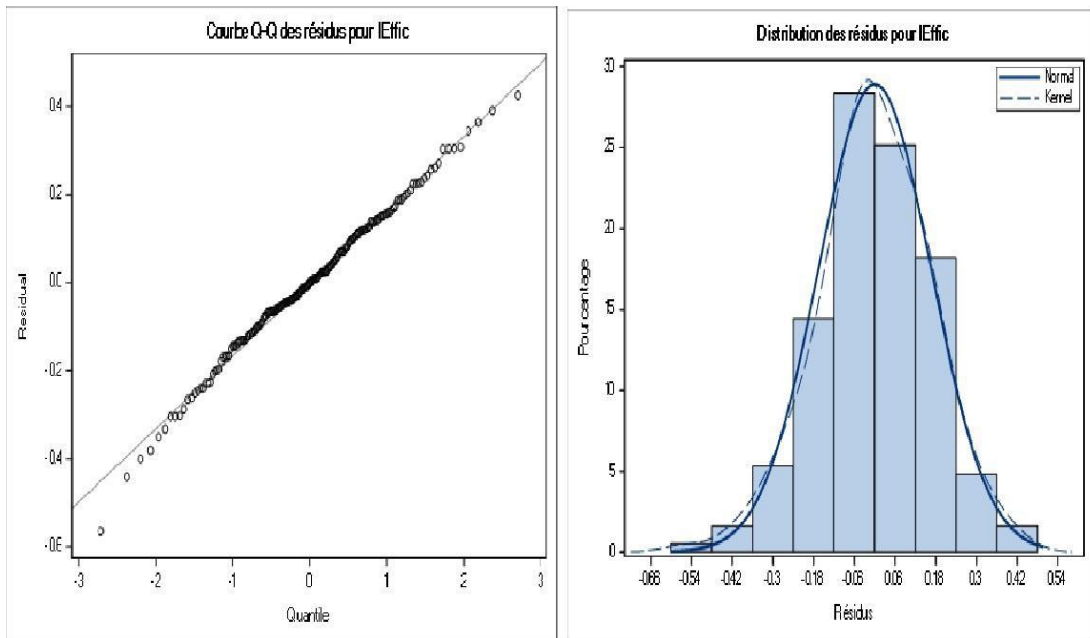


Figure 2. QQ-plot et Histogramme des résidus

Tableau 7. Résultats de l'estimation du Test de White

Résultats estimés des paramètres					
Variable	DDL	Valeur estimée des paramètres	Erreur type	Valeur du test t	Pr > t
Intercept	1	0.19641	0.09468	2.07	0.0395
Lnpk	1	-0.02201	0.01165	-1.89	0.0605
Lfiente	1	-0.04320	0.02440	-1.77	0.0784
Site1	1	0.12000	0.03954	3.03	0.0028
Ifiente2	1	0.00262	0.00163	1.61	0.1103
INPK2	1	0.00008819	0.00092651	0.10	0.9243
LNPKlfiente	1	0.00282	0.00150	1.88	0.0612
INPKSITE1	1	0.00553	0.00414	1.34	0.1834
IfienteSITE1	1	-0.01868	0.00611	-3.06	0.0026
R²		0.2748			
R²-adj		0.2422			
F-value		8.43			
p-value		<.0001			

Tableau 8. Résultats de l'estimation de Test de Breusch-Pagan

Résultats estimés des paramètres					
Variable	DDL	Valeur estimée des paramètres	Erreur type	Valeur du test t	Pr > t
Intercept	1	-0.03639	0.02063	-1.76	0.0795
Lnpk	1	0.00503	0.00219	2.29	0.0230
Lfiente	1	0.00611	0.00312	1.96	0.0520
Site1	1	-0.00598	0.00588	-1.02	0.3103
R²		0.1349			
R²-adj		0.1208			
F-value		9.52			
p-value		<.0001			

Le modèle estimé par la méthode Robuste fournit les meilleures estimations car prend en compte l'hétéroscédasticité des erreurs dans l'estimation des paramètres (Figure 3).

Résultats estimés des paramètres					
Variable	DDL	Valeur estimée des paramètres	Erreur type	Valeur du test t	Pr > t
Intercept	1	0.35025	0.08718	4.02	<.0001
INPK	1	0.02430	0.00927	2.62	0.0095
lfiente	1	0.38971	0.01320	29.53	<.0001
Site1	1	0.05620	0.02484	2.26	0.0248

Résultats estimés des paramètres							
Paramètre	DDL	Estimation	Erreur type	Intervalle de confiance à 95%		Khi-2	Pr > khi-2
Intercept	1	0.2258	0.0857	0.0578	0.3939	6.94	0.0085
INPK	1	0.0272	0.0091	0.0094	0.0451	8.93	0.0028
lfiente	1	0.4059	0.0130	0.3804	0.4313	977.64	<.0001
Site1	1	0.0478	0.0244	-0.0001	0.0957	3.83	0.0503
Scale	1	0.1540					

Figure 3. Résultats d'estimation du modèle final par MCO (Tableau de haut) et Robuste (Tableau du bas)

Significativité et Interprétation

Le modèle final estimé par MCO est globalement significatif au seuil de 1% (Figure 3). L'ensemble des régresseurs ont leurs coefficients qui sont significativement différents de zéro au seuil de 5%. Un pourcent (1%) d'augmentation de quantité consommée d'engrais NPK augmente l'efficacité dans la production de 0,024% alors que l'augmentation de 1% d'utilisation d'engrais organique fiente augmente de 0,39% l'efficacité du système productif, ceteris paribus. Les producteurs de Cotonou ont une efficacité de 5,62% supérieure à celles des deux autres sites, toutes les autres variables étant maintenues fixes. Mais du fait de l'hétéroscédasticité des erreurs avec cette méthode, la méthode robuste est préférée.

Avec la méthode robuste, une augmentation de 1% de quantité d'engrais NPK entraîne un accroissement de 0,027% de l'efficacité dans la production toutes les autres variables étant maintenues fixes, alors que 1% d'augmentation de fiente entraîne une augmentation de 0,406% de l'efficacité (Figure 3). Les producteurs de Cotonou ont une efficacité de 4,78% supérieure à celles des autres producteurs toute chose étant par ailleurs égale. L'utilisation d'engrais chimique NPK influence aussi l'efficacité des producteurs. Une augmentation de 1% d'utilisation de NPK entraîne 0,027% d'augmentation de l'efficacité du système tout étant par ailleurs égal. Mais, un usage excessif de NPK peut avoir un effet négatif sur la productivité, car il

peut devenir toxique pour la plante. D'autre part, cet excès peut entraîner des pollutions de l'environnement (Dovonou *et al.*, 2017 ; Lawani *et al.*, 2017 ; Mondé *et al.*, 2020). Pour une durabilité des systèmes de production maraîchers, le recours aux intrants chimiques doit être limité en mettant plus d'accent sur l'usage des engrais organiques (Ahouangninou *et al.*, 2016 ; Ouédraogo *et al.*, 2020). L'usage d'engrais organiques dans le système de production donne des rendements meilleurs à l'agriculture conventionnelle (Sardana *et al.*, 2013 ; Bruelle *et al.*, 2014). Gosh et Devi (2018) trouvent que l'incorporation du compost dans la fertilisation accroît les rendements du riz de 13,61%. Les engrais organiques sont riches en nutriments pour la plante (Singh *et al.*, 2019). Les fientes de volaille (poulet) contiennent d'importantes quantités d'azote totale, de carbone total, de potassium, de calcium. Singh *et al.* (2018) ont conclu que le compostage améliore les qualités nutritives des fientes de volailles en augmentant les teneurs en carbone totale, potassium, sodium, calcium, magnésium ainsi qu'en énergie totale contenue. De plus l'amendement organique a d'effets positifs sur les propriétés du sol (Mieldazys *et al.*, 2019). Cogger (2005) rapporte que l'usage du compost permet la restauration des sols dégradés. La présence de matières organiques va favoriser le développement de vers de terre et d'autres organismes bénéfiques pour la croissance de la plante. Al-Bataina *et al.* (2016) trouvent un effet significatif de l'âge du compost sur la libération des nutriments. Utiliser du compost non mûr peut être préjudiciable pour la plante car le compost non mûr va plus libérer d'azote qui peut être toxique pour les jeunes plants et compromettre les objectifs de performance du producteur.

Prévisions du modèle

A travers les diagnostics du modèle, le modèle final est adéquat et peut servir à faire des prévisions. Des intervalles de confiance (IC₉₅) de valeurs prédites pour de nouvelles observations ont été faites pour la méthode MCO et la méthode Robuste. Les estimations des deux méthodes sont proches, mais l'erreur standard et l'intervalle de confiance pour la méthode robuste sont un peu plus larges. Le tableau 9 montre les prévisions du logarithme de l'efficacité (IEffic) pour les 10 observations éliminées au départ (échantillon test) respectivement par MCO et la méthode Robuste. Une observation du tableau révèle que les deux méthodes donnent des prévisions proches.

L'intervalle de confiance moyen de prédiction par la méthode Robuste est [3,1944; 3,8055]. La méthode Robuste peut faire des estimations de l'efficacité entre [1,616; 5,564] (Tableau 10). Cet intervalle de confiance (IC₉₅) couvre bien les valeurs réelles de l'efficacité pour les 10 observations exclues au départ.

Tableau 9. Prévisions par MCO et Robuste pour les 10 obs exclues au départ

Obs.	IEffic	Ypred (Robuste)	Ypred (MCO)
1	2.70805	2.89645	2.91798
2	2.48491	2.77919	2.80719
3	3.80666	3.82704	3.79823
4	3.95124	3.97277	3.93940
5	3.33220	3.40352	3.39505
6	3.21888	3.09229	3.09822
7	3.33220	3.19122	3.19154
8	3.33220	3.22370	3.22274
9	4.00733	3.77048	3.74770
10	3.46574	3.41741	3.40746

Tableau 10. Intervalles de Confiance de Prévisions par méthode Robuste

Variable	Moyenne	Minimum	Maximum
IEffic (logarithme efficacité)	3.4923814	2.1972246	4.5951199
Ypred (prediction)	3.4999339	1.9390594	5.2505192
ICLow95	3.1943993	1.6165577	4.9370018
ICUpp95	3.8054685	2.2615610	5.5640366

Conclusion

Afin d'identifier les variables déterminant l'efficacité dans la production des maraîchers et de fournir un modèle permettant de le prédire, une analyse en composantes principales (ACP) et une régression de type log-log ont été utilisées. Les résultats montrent que le niveau d'utilisation d'engrais et l'efficacité sont corrélées à la première dimension de l'ACP. Le modèle de régression linéaire multiple log-log retenu a permis d'identifier les variables : quantité de fientes, quantité de NPK utilisées et le site de production, comme les principaux déterminants de l'efficacité des producteurs. Le modèle final estimé avec le modèle robuste explique à 90,21% de la variabilité de l'efficacité et respecte les hypothèses de normalité des résidus, hypothèse de résidus de moyenne nulle, et absence de multicolinéarité. La variable rotation et succession culturale est également corrélée à l'efficacité. Il urge de sensibiliser les producteurs sur l'usage des engrais organiques dans l'amendement des sols, mais aussi à l'utilisation de bonnes pratiques de rotation culturale pour garantir l'efficacité et assurer la durabilité de la production.

References:

1. Ahouangninou C. (2013). Durabilité de la production maraîchère au sud-Bénin : un essai de l'approche écosystémique. Thèse de Doctorat

- Unique en Gestion de l'Environnement, EDP, FLASH, Université d'Abomey-Calavi, Bénin, 2013, 358 p.
2. Ahouangninou C., Cledjo P., Martin T., Assogba-Komlan F., Kpenavoun S., Nouatin G., Boko W., Soumanou M., Houssou C., Biaou G., Ahanchede A., Boko M., & Fayomi B (2016). Evaluation de la durabilité de la production maraîchère au sud du Bénin. *Afrique Science*, 12 (1) : 119-134.
 3. Ahouangninou C., Boko S.Y.W., Arouna A, Logbo J, Fayomi B, & Martin T. (2020). Performance environnementale et économique dans la production de la grande morelle (*Solanum macrocarpon*) au sud du Bénin : une évaluation des efficacités technique, allocative et économique. *Agronomie Africaine*, 32(2) : 135-149
 4. Al-Bataina B.B., Young T.M., & Ranieri E. (2016). Effects of compost age on the release of nutrients. *Int. Soil Water Conserv Res* 4(3):230–236
 5. Bruelle G., Naudin K., Scopel E., Domas R., Rabeharisoa L., & Tittone P.A. (2014). Short- to mid- term impact of conservation agriculture on yield variability of upland rice: Evidence from farmer's fields in Madagascar. *Experimental Agriculture*, 51(1) : 66-84
 6. Cogger C. (2005). Bénéfices potentiels du compost pour la restauration des sols perturbés par le développement urbain. *Science et utilisation du compost* 13 (4) 243-251
 7. Dovonou F.E., Alassane A., Adjahossou V.N., Agbodo B., Djibril R., & Mama D. (2017). Impacts de l'assainissement autonome sur la qualité des eaux de puits dans la commune de Sèmè-kpodji (Sud-Bénin). *Int. J. Biol. Chem. Sci*, 11(6): 3086-3099
 8. Ghosh M., & Devi A. (2019). Assessment of crop growth, soil properties and crop yield in an upland acidic soil with inorganic fertilizer blended with organic amendments in summer rice cropping seasons. *International Journal of Recycling of Organic Waste in Agriculture* 8 (Suppl 1):S1–S9
 9. INSAE (2014). Statistiques économiques : Production agricole, République du Bénin, (2014)
 10. Lawani RAN., Kelomè N.C., Agassounon Djikpo Tchibozo M., Hounkpè J.B., Adjagodo A. (2017). Effets des pratiques agricoles sur la pollution des eaux de surface en République du Bénin, *Larhyss Journal*, 30 :173-190
 11. Mioldazys R., Jotautienė E., Jasinskas A., Pekarskas J., Zinkeviciene R. (2019). Investigation of physical-mechanical properties and impact on soil of granulated manure compost fertilizers. *Journal of Environmental Engineering and Landscape Management*, 27 (3): 153–162

12. Mondé Fifatin M-A., Ahouangninou C., Ayena A.A, Massede S., Tente B. (2020). Analyse de la gestion des intrants chimiques dans la commune de Tori-Bossito au Bénin. *International Journal of Progressive Sciences and Technologies*, 22(2) : 60-71
13. Ouédraogo F., Ahouangninou C., Kestemont M-P., & Kaboré Konkobo M. (2020). Evaluation de la durabilité des exploitations maraîchères du Burkina Faso suivant une approche éco-sociosystémique (cas de la province du Houet). *Tropicultura*, 38(2, 1520) : 2295-8010
14. PSDSA (2017). Plan Stratégique de Développement du Secteur Agricole au Bénin, République du Bénin
15. PSRSA (2009). Plan Stratégique de Relance du Secteur Agricole au Bénin, 173 p.
16. Sardana H., Bhat M.N, & Sehgal M. (2013). Evaluation and validation of non-chemical IPM and inm technology for bell pepper (*Capsicum annum* var. *Frutescens* L.) through farmers' participatory approach. *International Journal of Entomology*, 75(2) : 127-131
17. Sharpe A. (1995). International perspectives on productivity and efficiency, *Review of income and Wealth*, 1995, 41(2): 221-237.
18. Singh G., Shamsuddin M.R, Aqsha A., & Lim S.W. (2018). Characterization of Chicken Manure from Manjung Region. *IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering* 458 (2018) 012084 doi:10.1088/1757-899X/458/1/012084
19. Vilain L., Boisset K., Girardin P., Guillaumin A., Mouchet C, Viaux P., & Zahm P. (2008). La méthode IDEA, Guide d'utilisation, Troisième édition Educagri, Dijon, France, 159 p.

Pétrographie et géochimie des granitoïdes d'Issia (Centre-Ouest de la Côte d'Ivoire)

Brou Koffi Joseph

Kouamelan Alain Nicaise

Géologie, Ressources Minérales et Energétiques,
Université Félix Houphouët Boigny d'Abidjan-Cocody,
Faculté des Sciences de la Terre et des Ressources Minières, Côte d'Ivoire

Kouassi Brice Roland

Département de Géosciences, UFR Sciences Biologiques,
Université Peleforon Gon Coulibaly de Korhogo, Côte d'Ivoire

Coulibaly Yacouba

Géologie, Ressources Minérales et Energétiques,
Université Félix Houphouët Boigny d'Abidjan-Cocody,
Faculté des Sciences de la Terre et des Ressources Minières, Côte d'Ivoire

[Doi:10.19044/esj.2021.v17n17p287](https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n17p287)

Submitted: 26 February 2021

Accepted: 05 April 2021

Published: 31 May 2021

Copyright 2021 Author(s)

Under Creative Commons BY-NC-ND

4.0 OPEN ACCESS

Cite As:

Joseph B.K., Nicaise K.A., Roland K.B. & Yacouba C. (2021). *Pétrographie et géochimie des granitoïdes d'Issia (Centre-Ouest de la Côte d'Ivoire)*. European Scientific Journal, ESJ, 17(17), 287. <https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n17p287>

Résumé

Les granitoïdes de la partie Sud du batholite de Ferkessédougou s'étendent ou couvrent la région d'Issia où ils sont représentés par une série de roches allant des granites à deux micas à biotite dominante aux granites à deux micas à muscovite dominante. Cette étude rapporte de nouveaux résultats pétrographiques et géochimiques des granites de la région d'Issia. Sur le plan pétrographique, ils se répartissent en trois séries granitiques à savoir les granites G1, G2 et G3. Les granites G1 sont caractérisés par une abondance de la biotite par rapport à la muscovite et ont subi une migmatisation. Les granites G2 sont marqués par une abondance de minéraux de feldspaths potassiques présents sous forme de porphyres. Les granites G3 quant à eux se distinguent par une dominance de la muscovite, suivie de la tourmaline et sont pourvus de filons de pegmatites d'épaisseurs centimétriques à métriques. Sur le plan de la

chimie, les granites G1 sont faiblement peralumineux ($1 < A/CNK < 1,16$), les granites G2 sont moyennement peralumineux ($1,14 < A/CNK < 1,18$) et les G3 fortement peralumineux ($A/CNK > 1,19$). Les caractères pétrographiques et géochimiques rattachent les granites G1 au type I et les granites G2 et G3 au type S.

Mots clés : Granitoïdes, Issia, Pétrographie, Minéralogie

Petrography and Geochemistry of Granitoids Issia Region, Centre-West, Côte d'Ivoire

Brou Koffi Joseph

Kouamelan Alain Nicaise

Géologie, Ressources Minérales et Energétiques,
Université Félix Houphouët Boigny d'Abidjan-Cocody,
Faculté des Sciences de la Terre et des Ressources Minières, Côte d'Ivoire

Kouassi Brice Roland

Département de Géosciences, UFR Sciences Biologiques,
Université Peleforon Gon Coulibaly de Korhogo, Côte d'Ivoire

Coulibaly Yacouba

Géologie, Ressources Minérales et Energétiques,
Université Félix Houphouët Boigny d'Abidjan-Cocody,
Faculté des Sciences de la Terre et des Ressources Minières, Côte d'Ivoire

Abstract

The granitoids of the southern part of the Ferkessédougou batholith located in the Issia region are represented by a series of rocks ranging from two-mica granites predominantly biotite to two-mica granites predominantly muscovite. This study reports new petrographic and geochemical results from granites in the Issia area. Petrographically, they are distributed in three (3) granitic series, namely the G1, G2 and G3 granites. G1 granites are biotite-bearing and have undergone a migmatization. The G2 granites are marked by K-feldspar minerals as porphyries G3 granites are distinguishable by the abundance of muscovite and tourmaline and are associated with pegmatite veins of centimeter to metric thickness. Chemically, G1 granites are weakly peraluminous ($1 < A / CNK < 1.16$), G2 granites are moderately peraluminous ($1.14 < A / CNK < 1.18$) and G3 granites are strongly peraluminous ($A / CNK > 1.19$). These petrographic and geochemical characteristics link the G1 granites to type I granites whereas G2 and G3 granites show similarities to type S.

Keywords: Granitoids, Issia, Petrography, Geochemistry

Introduction

Devant la grande diversité des granites, plusieurs classifications fondées sur différents critères ont été proposées. Ces critères sont soit d'ordre géotectonique (Read, 1957 ; Loiselle & Wones, 1979), soit d'ordre pétrographique et géochimique. Chappell & White (1974) distinguent des granites I (d'origine ignée) et des granites S (d'origine sédimentaire). Didier & Lameyre (1969) proposent une classification qui tient compte de la nature des enclaves rencontrées dans les granites. Didier et al. (1982) définissent alors des granites C ou crustaux (incluant les leucogranites) et des granites M (Mixed ou Mantle). Lameyre (1966) désigne les leucogranites comme étant toutes roches granitiques hololeucocrates à feldspath potassique et albite ou oligoclase acide et contenant moins de 5 % de minéraux sombres.

Les derniers stades de l'évolution magmatique birimienne dans la partie sud du domaine Baoulé-Mossi dont appartient la zone d'étude sont caractérisés par la mise en place de granites à biotite-muscovite (Bt-Ms) de compositions plus péralumineuses et de syénite entre 2095-2075 Ma (Doumbia et al., 1998; Ouattara, 1998; Hirdes & Davis, 2002; Vidal et al., 2009; Petersson et al., 2016). En Côte d'Ivoire, plusieurs travaux signalent la présence d'intrusifs granitiques tardifs, péralumineux et de type S (Allou et al., 2004 ; Doumbia et al., 1997 ; Ouattara, 1998 ; Yobou, 1993). Les travaux d'Allou et al. (2004) et Allou (2005) situent les granites de la partie sud du batholite de Ferkessédougou localisés dans la région d'Issia (Fig. 1a) dans le groupe des granites péralumineux. La grande diversité des granitoïdes décrits dans la partie Centre et Nord du batholite de Ferkessédougou par les auteurs tels que Yobou (1993), Doumbia et al. (1997) et Ouattara (1998) soulève des interrogations sur la classification des granitoïdes de la région d'Issia proposée par Allou et al. (2004) et Allou (2005). L'objectif de cette étude est la caractérisation pétrographique et géochimique détaillée des granitoïdes de la partie Sud de ce batholite afin de mieux les caractériser.

Cadre géologique

En Côte-d'Ivoire, sur la base de critères pétrographiques, géochimiques et géochronologiques, Lemoine (1988), Yobou (1993) et Doumbia (1997) distinguent principalement (1) les granites à affinité calco-alcaline qui montrent un caractère de type TTG archéens et sont datés autour de 2123 Ma et (2) les granites tardifs métalumineux à péralumineux datés à environ 2097 Ma. Ce sont de larges batholites de leucogranites (type Ferkessédougou par exemple) accompagnés de petits massifs subcirculaires de trondhjémites, granites à pyroxène et granites alcalins (syénites et monzosyénites). Les travaux de Feybesse et al. (1989) en Guinée montrent

également que les granites alcalins se mettent en place à la fin du Paléoproterozoïque. Les données géochronologiques sur l'ensemble du craton ouest-africain de Hottin & Ouédraogo (1975), Caen-Vachette (1986), Tempier (1987), Lemoine (1988), Boher et al. (1992), Kouamelan (1996), Doumbia (1997) indiquent que la mise en place des granitoïdes birimiens est étalée au cours du Paléoproterozoïque.

Les leucogranites d'Issia constituent la partie sud du batholite de Ferkessédougou (Fig. 1a) et font partie des granites syntectoniques à muscovite dominante. Ces granites à deux micas ont un allongement parallèle aux directions tectoniques et à la schistosité des métasédiments encaissants (Arnould, 1961). Le caractère syntectonique est marqué par une linéation et/ou une foliation soulignée par les micas. Selon Ouattara (1998), le batholite de Ferkessédougou s'est mis en place à la suite de l'ouverture de bassins en transtension et jusqu'à la fermeture de ces derniers en transpression grâce à un grand nombre de fractures délimitant de petits blocs fonctionnant à la manière de cauldron-subsidence. De cette façon l'intrusion du batholite se produit alors sous la forme de nombreux petits plutons contigus. Ce granite verrait son origine dans la fusion de matériel crustal incorporant du matériel sédimentaire avec un complément thermique lié au fonctionnement des décrochements. Cependant, la différence importante avec le secteur de SASCA qui a contribué à envisager ce modèle est que le matériel du granite de Ferké est juvénile (Yobou, 1993; Doumbia, 1997) alors que le domaine SASCA incorpore du matériel archéen.

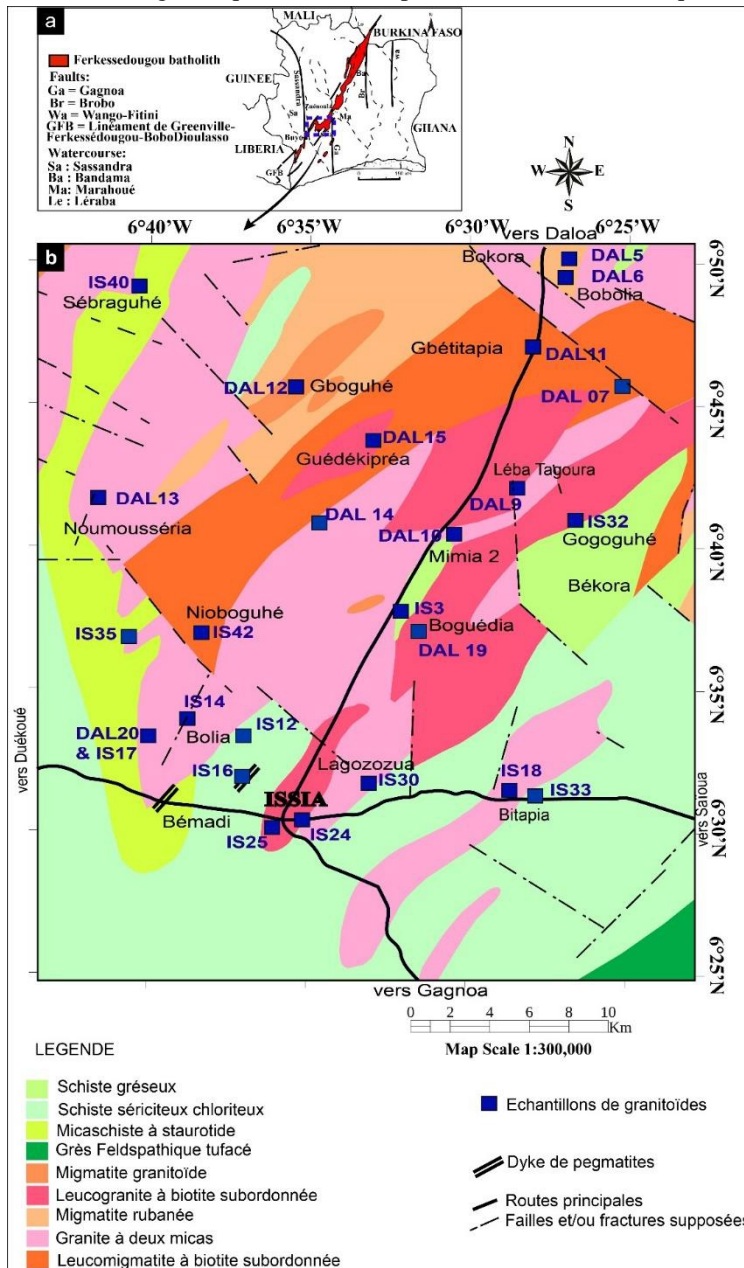
Méthodes analytiques

Dix-huit (18) échantillons de roches (Fig. 1b) ont été sélectionnés lors des différentes campagnes de terrain du projet T2GEM (Technologies Géophysiques et Géochimiques pour l'Exploration Minière) débuté en Mars 2016. Les lames minces de ses roches ont été réalisées et étudiées dans un premier temps au Laboratoire de Géologie du socle et de Métallogénie (LGSM) en Côte d'Ivoire et dans un second temps ont été polies et étudiées au Laboratoire de Géosciences Environnement Toulouse (GET) en France. Cette étude pétrographique s'est faite grâce au microscope métallographique de type Olympus BX60 équipé de 4 objectifs de grossissement, $\times 5$, $\times 20$, $\times 50$, $\times 100$ muni d'un dispositif de capture d'image relié à un ordinateur. Les poudres obtenues des échantillons ont été analysées à Bureau Veritas Commodities Canada Ltd pour les éléments majeurs et en traces. Les éléments majeurs (SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 total, MnO , MgO , CaO , Na_2O , K_2O , TiO_2 , P_2O_5 et Cr_2O_3) utilisés ont été déterminés par la spectroscopie de fluorescence aux rayons X (XRF).

La composition modale des roches qui permet au géologue de proposer une classification de ces dernières (Jung & Brousse, 1959 ; Streckeisen, 1973)

a été possible grâce à l'utilisation des techniques telles que : (1) l'analyse chimique, qui est une méthode indirecte puisqu'à partir des pourcentages d'oxydes des éléments majeurs on recalcule la norme en s'appuyant sur les formules chimiques des minéraux (Cross et al. 1902 ; Lacroix, 1933 ; Bayly, 1976) et (2) le compteur de points où on détermine les uns après les autres les minéraux défilant sous l'objectif du microscope (Jung & brousse, 1959).

Fig. 1. Situation du batholite de Ferkessedougou dans la Côte d'Ivoire (a) et répartition de ses faciès granitiques (modifier après Ahimon 1990) ainsi que



Résultats

Pétrographie et minéralogie

Les caractères pétrographiques des différents faciès granitiques de la région d'Issia sont résumés dans le tableau 1. Les variations importantes de textures et de compositions pétrographiques qui apparaissent entre les différentes unités permettent de distinguer trois grandes séries granitiques :

Granites G1

Les granites G1 représentés par les massifs de Bobolia (DAL05, Fig. 2a), Léba Tagoura (DAL09, Fig. 2a), Gbétitapéa (DAL11), Boguhé I (DAL12), Noumousséria (DAL13) et Guédékipréa (DAL15, Fig. 2c) sont des granites à deux micas marqués par la dominance de la biotite. Les minéraux principaux se composent de quartz, de feldspath potassique (microcline), de plagioclase xénomorphe à subautomorphe, de biotite, de muscovite et de rares tourmalines. Les minéraux accessoires sont le zircon, la chlorite, l'apatite, la monazite, la titanite, l'épidote, l'ilménite, la titanomagnétite et du rutile. Dans le massif de Bobolia (DAL05), on trouve des enclaves de granodiorite (DAL06) surmicacées. L'enclave granodioritique a pour composition principale la biotite, le quartz, amphibole (hornblende), plagioclase, pyroxène et en accessoire les minéraux tels que le zircon, l'épidote, la titanite et la monazite.

Granites G2

Les granites G2 représentés par les massifs de Sébraguhé (IS40), de Mimia (DAL10) et du leucogranite de Bitapia (IS18) présentent une minéralogie comparativement plus importante que les granites G1. Le massif de Bitapia diffère des deux autres par la couleur argentée de leur muscovite et la présence importante de tourmaline mais également de la croissance de la muscovite sur la biotite (pseudomorphose de la biotite par la muscovite). Le massif de Mimia quant à lui est marqué par la présence de mégacristsaux de feldspath potassique (microcline, Fig. 2d-e-f) orientés dans le sens d'allongement du massif et des structures tectoniques de la région (NNE-SSW) et une dominance de la biotite sur la muscovite. C'est également le cas du granite de Sébraguhé qui contient en plus une enclave mafique. Ces granites G2 contiennent comme minéraux majeurs le quartz, le feldspath potassique généralement subautomorphe, le plagioclase subautomorphe, la muscovite et des quantités variables de biotite. Les minéraux accessoires sont le zircon, l'apatite, l'allanite, la monazite, la chlorite, l'ilménite, le rutile.

Granites G3

Les massifs granitiques G3 (IS03, IS14, IS24, IS25, IS30, IS32, IS42 et DAL20) se présentent sous forme de dômes granitiques (Fig. 2g) ou de

dalles. Ils sont localisés pour la plupart au centre-ville d'Issia. Certains se trouvent à quelques kilomètres du centre-ville et les autres à proximité des placers à métaux rares. Il s'agit de leucogranites présentant des mégacristaux de feldspaths potassiques présents sur l'ensemble des surfaces des massifs mais également des mégacristaux de muscovite, de quartz et de tourmaline (Fig. 2h-i). Ces mégacristaux de feldspath potassique sont des microclines. Ils sont présents dans une matrice grenue à feldspath potassique – plagioclase de forme subautomorphe à automorphe, à bandes de croissance-muscovite en proportion supérieure à la biotite qu'on observe généralement comme des restites dans les clivages de la muscovite, de la microcline apparaissant sous forme de cristaux xénomorphes et du quartz. Ils contiennent par ailleurs comme minéraux accessoires du zircon, de l'apatite, de la monazite, de la chlorite, de l'oxyde de Nb-Ta, du rutile, du grenat et de l'ilménite riche en Nb et Ta. Ils contiennent des quantités variables de tourmalines automorphes surtout dans les faciès granitiques situés dans le centre-ville d'Issia et à proximité des placers de colombotantalite dont le granite type Issia (IS24, IS25) est le meilleur représentant. Dans ces granites, la teneur en tourmaline atteint 3 à 5 % de la roche. Il s'agit donc de granite à deux micas ((muscovite *s.l.* \geq biotite *s.l.*). Ces granites sont en majorités pourvus de filons de pegmatites de taille variable (centimétrique à métrique) à muscovite, quartz, feldspath, tourmaline et accessoirement de biotite, grenat, béryl et apatite. Dans ces granites, on trouve des enclaves surmicacées et des granites équi-granulaires à grain fin à moyen de même composition.

Tableau 1 : Caractères pétrographiques des principaux faciès granitiques de la région d'Issia

	Granites G1	Granites G2	Granites G3
Biotite	(10 à 15 %), automorphe, brun rouge, ± chloritisée	(8 à 12 %), automorphe, rouge et riche en inclusion de Zr, chloritisée	(5 à 10 %), xénomorphe, rouge vif, + chloritisation poussée et/ou remplacée par la muscovite
Muscovite	(5 à 10 %), en remplacement de la biotite, teinte brun-orangée à violacée	(8 à 15 %), teinte orange-violacée, contient des restites de biotite	(10 à 20 %), 2 générations : Ms I et Ms II, teinte brun-jaunâtre, brun-orangée à brun-violacée, contient des restites de biotite
Plagioclase	(15 à 30 %), xénomorphe à automorphe, parfois séricitisé	(20 à 35 %), automorphe, moyenne à grande taille	(25 à 40 %), automorphe, très souvent séricitisé, associé aux microcristaux de quartz dans la matrice
Feldspath-K	(15 à 20 %), il s'agit du microcline	(15 à 30 %), xénomorphe, perthitique, en grandes plages très souvent sales	(15 à 25 %), xénomorphe, perthitique
Quartz	(20 à 30 %), xénomorphe, souvent interstitiel	(20 à 27 %), xénomorphe	(20 à 30 %), xénomorphe, extinction roulante, en grandes plages continues, parfois interstitiel
Tourmaline	o	sauf IS18 contient de la tourmaline	xxx (très abondant, ≈ 5 % dans la roche)
Amphibole	o	o	o
Zircon	xxx	xxx	xx
Apatite	xx	xxx	xxx
Ilménite	xx	x	xx
Monazite	o	x	x
Chlorite	x	x	xx
Rutile	xx	x	x
Titanite	x	o	o
Magnétite	x	o	o
Colombite-Tantalite	o	o	x (associé à l'altération de la biotite)
Pegmatite	o	o	xxx (de taille centimétrique à métrique)

(o : absent, x : rare, xx : présent, xxx: abondant)

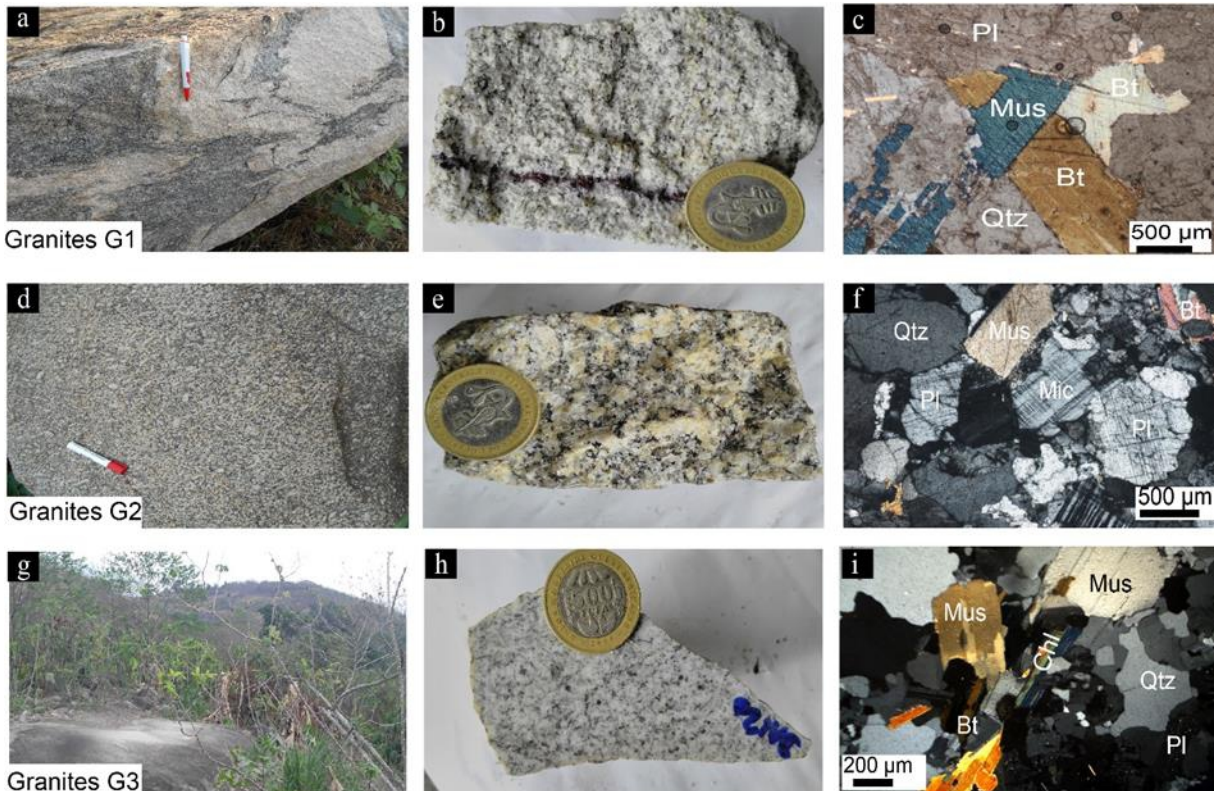


Fig. 2 : Aspects macroscopiques et microscopiques des granites de la région d'Issia. (a-b) Respectivement affleurement de granite migmatitique (DAL5) et échantillon de granite à deux micas à dominance biotite (DAL9) ; (c) Microphotographie du granite DAL15 ; (d-e) Macrophotographies montrant les porphyres de feldspaths potassiques du granite DAL10 ; (f) Microphotographie du granite DAL10 ; (g-h) Respectivement affleurement et échantillon de granite à deux micas à dominance muscovite ; (i) Microphotographie d'un granite à deux micas à dominance muscovite (DAL20). Abréviations : Bt : biotite, Chl : chlorite, Mic : microcline, Mus : muscovite, Pl : plagioclase, Qtz : quartz.

Géochimie

L'objectif in fine de la géochimie était de caractériser les processus pétrogénétiques. Pour ce faire, des précautions ont été prises afin d'éviter l'influence des effets géochimiques des altérations à travers l'utilisation de l'indice de Nesbitt et Young (1984).

Les principaux caractères géochimiques sont reportés dans les tableaux 2 et 3. Toute étude géochimique visant à reconstituer des processus pétrogénétiques requiert au préalable, une évaluation des effets géochimiques des altérations. Cette précaution est indispensable pour éliminer de la discussion pétrogénétique certains échantillons d'apparence fraîche sur le terrain mais néanmoins altérés. Ainsi, le degré d'altération des roches étudiées est évalué à partir de l'indice chimique d'altération (CIA) de Nesbitt & Young (1984) basé sur les proportions molaires suivantes : $CIA = [Al_2O_3 / (Al_2O_3 +$

$CaO^* + Na_2O + K_2O$] * 100 (CaO^* correspond à la concentration en CaO incorporé dans la fraction silicatée de la roche). Ainsi donc, les roches ayant des valeurs de CIA > 92, sont fortement altérées à cause de la transformation des feldspaths en minéraux argileux (Potter et al., 2005). Les roches dont les valeurs de CIA sont comprises entre 60 et 80 présentent une altération atmosphérique et CIA < 60 montre qu'il n'y a pas ou peu d'altération (Fedó et al., 1995). L'intensité d'altération peut également être évaluée en reportant les données dans le diagramme ternaire A-CN-K de Nesbitt & Young (1982, 1984) avec $A=Al_2O_3$, $CN=CaO^*+Na_2O$ et $K=K_2O$ (Fig. 3). Ce système permet ainsi d'évaluer la composition des roches d'origine et examiner leur tendance en matière d'altération. L'ensemble des granitoïdes étudiés présentent des valeurs de CIA en général inférieures à 60 à l'exception de IS32 qui a une valeur de CIA égale à 63, ce qui voudrait dire que ce granite a subi une faible altération atmosphérique. Ainsi ploté dans le diagramme A-CN-K, nos échantillons montrent qu'il s'agit de granodiorite et de granite quasiment pas altérés, sauf DAL06 qui correspondrait à un basalte.

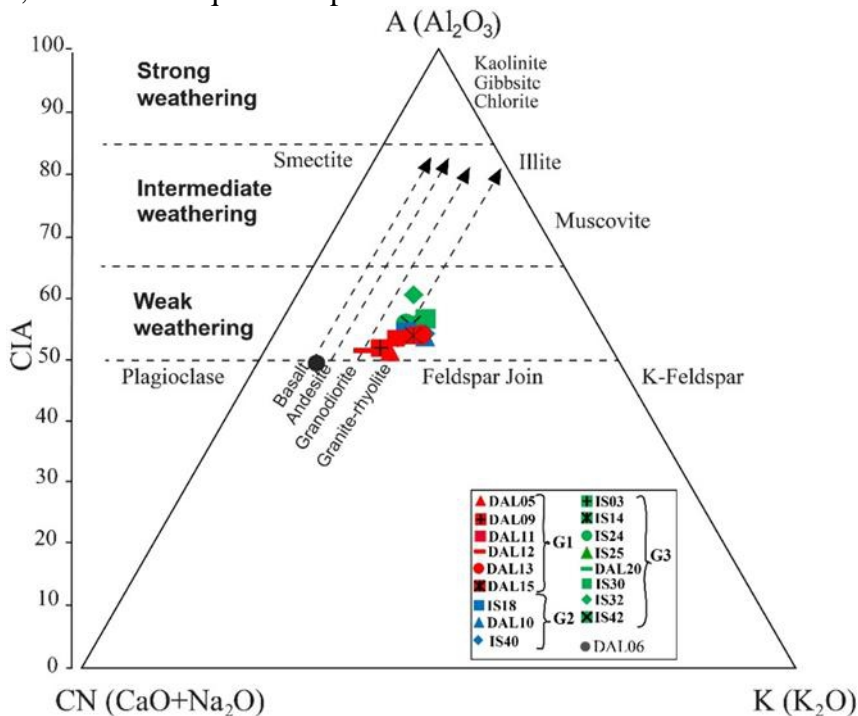


Fig. 3. Diagrammes A-CN-K et CIA de Fedó et al., (1995) appliqués aux granitoïdes de la région d'Issia

Les analyses chimiques des granitoïdes de la région d'Issia (tableaux 2 et 3) montrent une importante variation, entre les faciès granitiques G1 généralement localisés au nord de la zone d'étude, de G2 situés dans la zone intermédiaire et G3 localisés en bordure des placers alluvionnaires, avec

toutefois une continuité de composition. Les granites G1 sont nettement plus siliceux ($\text{SiO}_2 = 71,6$ à $74,8\%$), moins alumineux ($\text{Al}_2\text{O}_5 = 13,7$ à $14,9\%$), moins potassiques ($\text{K}_2\text{O} = 4,63$ à $5,13\%$) et moins ferromagnésiens ($\text{FeOt} + \text{MgO} = 1,21$ à $2,35\%$). Les granites G2 apparaissent moins siliceux que les granites G1 ($\text{SiO}_2 = 71,2$ à $71,9\%$) ; mais plus alumineux ($\text{Al}_2\text{O}_5 = 14,8$ à $15,1\%$) ; plus potassiques ($\text{K}_2\text{O} = 4,67$ à $5,51\%$) et moyennement ferromagnésiens ($\text{FeOt} + \text{MgO} = 2,11$ à $2,34\%$). Les granites G3 avec $\text{SiO}_2 = 71,5$ à $73,3\%$; $\text{Al}_2\text{O}_5 = 14,4$ à $15,4\%$; $\text{K}_2\text{O} = 3,67$ à $4,88\%$; ($\text{FeOt} + \text{MgO} = 1,89$ à $2,62\%$) sont en moyenne moins siliceux que les G1 mais plus que les G2, plus alumineux que les G1 mais moins que les G2, moins potassiques que les G1 et G2 mais plus ferromagnésiens que ces derniers. Ces granitoïdes présentent dans l'ensemble une grande richesse en alumine par rapport aux calciums et alcalins : le rapport molaire $[\text{Al}_2\text{O}_5 / (\text{CaO} + \text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O})]$ ou encore (A/ CNK) est supérieur à l'unité (A/CNK = $1,04$ à $1,51$; Fig. 4a). Ces granitoïdes sont donc chimiquement de type peralumineux, selon la classification de Clarke (1981) à l'exception de la granodiorite DAL06 (en enclave dans DAL05) qui montre un caractère métalumineux (A/ CNK = $0,97$). Cependant, les granites G1 affichent une faible peraluminosité (A/ CNK = $1,04$ à $1,16$) par rapport aux G2 (A/ CNK = $1,16$ à $1,18$) et G3 (A/ CNK = $1,19$ à $1,51$). Cette nature fortement alumineuse des granites G3 se traduit sur le plan pétrographique par l'expression de la muscovite et la tourmaline.

Ces échantillons ainsi reportés dans le diagramme de Chappell (1999) qui a la capacité de discriminer les granites de type I et S sur la base des rapports P_2O_5 en fonction de SiO_2 (Fig. 4b), se répartissent en deux groupes. Nous avons les granites de type I caractérisés par les granites G1 et les granites de type S représentés par les séries granitiques G3 et G2. Ce diagramme permet ainsi d'observer une nette divergence entre les massifs granitiques situés en général dans la partie sud de la zone d'étude (G3 + G2), en bordure des métasédiments et ceux situés dans la partie nord où aucun placer de columbotantalite n'a encore été trouvé jusqu'à ce jour. Les granites G2 et G3 montrent des concentrations en P_2O_5 plus élevées ($\text{P}_2\text{O}_5 > 0,2\%$) et des teneurs en SiO_2 faibles par rapport aux granites G1 ($\text{P}_2\text{O}_5 = 0,07$ à $0,16\%$).

Projetés dans le diagramme Q ($\text{Si}/3 - (\text{K} + \text{Na} + 2\text{Ca}/3)$ vs P ($\text{K} - (\text{Na} + \text{Ca})$) de Debon & Le Fort (1983, Fig. 5), ces granitoïdes montrent un passage continu depuis les faciès granodioritiques jusqu'aux faciès granitiques en passant par les faciès adamellites (monzogranites). On passe ainsi des granitoïdes à dominance biotitique à des granites avec une dominance de la muscovite sur la biotite et qui correspondent aux termes les plus différenciés des granitoïdes de la région.

La projection des différents granitoïdes de la région d'Issia dans les diagrammes de type Harker (Fig. 6) montre une répartition linéaire selon une droite de corrélation négative entre SiO_2 et la majorité des autres éléments

(Al₂O₅, Fe₂O₃, MgO, K₂O et TiO₂), sauf pour CaO et Na₂O où cette corrélation est plutôt faiblement positive. Cependant, nous pouvons constater que ces deux (2) éléments (CaO et Na₂O) forment une corrélation négative avec SiO₂ au niveau des granites G3. Ces bonnes tendances évolutives observées sont compatibles avec le fractionnement de minéraux ferromagnésiens (biotite, tourmaline, ilménite essentiellement) pour les oxydes tels Fe₂O₃, MgO, MnO et TiO₂ au cours de la différenciation, mais peuvent aussi correspondre à des phénomènes d'altération pour les oxydes alcalins

Tableau 2 : Composition chimique des granitoïdes de la région d'Issia

Echantillon	LLD	Granites G1					Granodiorite	Granites G2			
		DAL5	DAL9	DAL11	DAL12	DAL13		DAL15	DAL6	IS18	DAL10
wt%											
SiO ₂	0.01	74.8	72.7	73.9	73	73.5	71.6	64	71.9	71.2	71.3
Al ₂ O ₃	0.01	13.7	14.9	14.8	14.6	14.6	14.8	14.6	15.1	15	14.8
Fe ₂ O ₃	0.01	1.38	1.64	1.06	1.75	1.47	2.07	5.24	1.8	1.82	1.98
CaO	0.01	0.81	1.19	0.68	1.26	0.59	0.71	4.47	0.7	0.59	0.73
MgO	0.01	0.13	0.37	0.15	0.39	0.21	0.28	4.61	0.36	0.29	0.36
Na ₂ O	0.01	4.26	4.42	4.27	4.71	3.62	3.74	2.79	3.91	3.7	3.39
K ₂ O	0.01	4.33	4.22	4.44	3.63	5.13	4.97	2.22	4.67	5.51	5.33
MnO	0.01	0.02	0.02	0.03	0.03	0.02	0.03	0.09	0.03	0.02	0.03
TiO ₂	0.01	0.06	0.19	0.08	0.22	0.12	0.15	0.48	0.23	0.19	0.21
P ₂ O ₅	0.01	0.11	0.08	0.1	0.07	0.1	0.16	0.4	0.4	0.36	0.34
LOI	0.01	-0.1	0.13	0.33	0.02	0.31	0.63	0.59	0.59	0.66	0.55
Total		99.5	99.86	99.84	99.68	99.67	99.14	99.49	99.69	99.34	99.02
A/CNK		1.04	1.06	1.13	1.05	1.16	1.15	0.97	1.18	1.14	1.17
FeOT+MgO		1.51	2.01	1.21	2.14	1.68	2.35	9.85	2.16	2.11	2.34
CIA		51	52	54	51	54	54	51	56	55	56

Tableau 3 : (Suite tableau 1)

Echantillon	LLD	Granites G3							
		IS3	IS14	IS24	IS25	DAL20	IS30	IS32	IS42
wt%									
SiO ₂	0.01	72	72.6	72.1	72.9	71.9	71.5	73.3	72.5
Al ₂ O ₃	0.01	15.4	14.4	15.1	14.5	15	14.8	14.7	14.8
Fe ₂ O ₃	0.01	1.6	1.94	1.97	1.68	1.72	2.34	1.95	2.06
CaO	0.01	0.66	0.71	0.61	0.61	0.63	0.42	0.51	0.51
MgO	0.01	0.31	0.34	0.33	0.21	0.34	0.28	0.3	0.26
Na ₂ O	0.01	4.01	3.45	3.79	3.54	3.78	3.36	2.95	3.76
K ₂ O	0.01	4.76	4.76	4.37	4.88	4.81	4.81	3.67	4.53
MnO	0.01	0.02	0.02	0.02	0.03	0.02	0.04	0.02	0.03
TiO ₂	0.01	0.16	0.15	0.14	0.07	0.17	0.12	0.15	0.11
P ₂ O ₅	0.01	0.3	0.4	0.42	0.51	0.41	0.33	0.45	0.21
LOI	0.01	0.61	0.58	0.86	0.5	0.7	0.86	1.17	0.72
SUM		99.83	99.35	99.71	99.43	99.48	98.86	99.17	99.49
A/CNK		1.19	1.19	1.25	1.19	1.19	1.29	1.51	1.23
FeOT+MgO		1.91	2.28	2.3	1.89	2.06	2.62	2.25	2.32
CIA		56	56	58	57	56	58	63	56

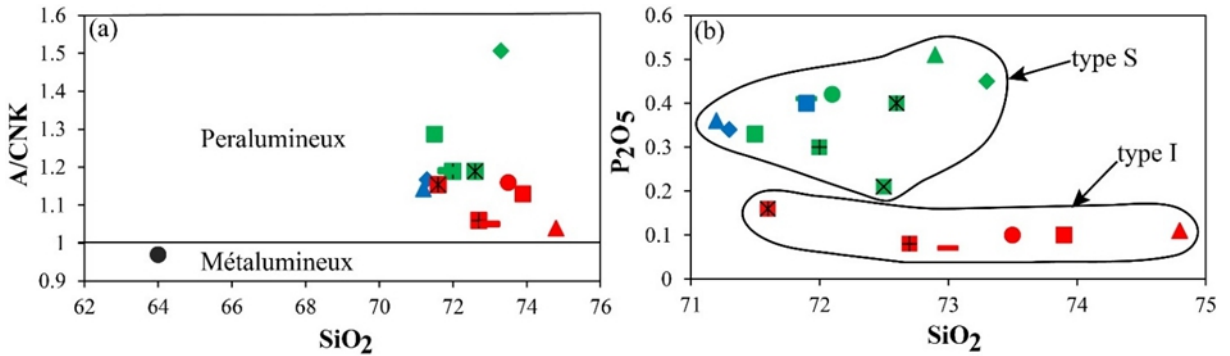


Fig. 4. (a) Granites d'Issia dans le diagramme A/CNK vs SiO₂ ; (b) Diagramme P₂O₅ et SiO₂ de Chappell (1999) discriminant les granites de type S et I. La légende est la même que celle de la figure 3

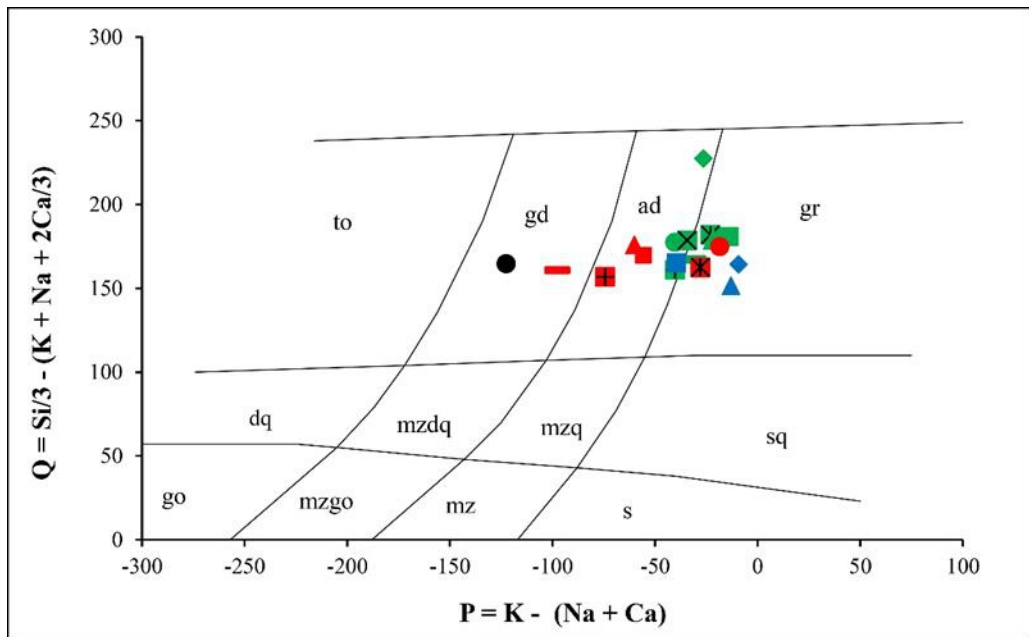


Fig. 5. Diagramme Q en fonction de P de Debon et Le Fort (1983) appliqué aux granites de la région d'Issia. (to) tonalite, (gd) granodiorite, (ad) adamellite, (gr) granite, (dq) diorite quartzique, (mzdq) monzodiorite quartzique, (mzq) monzonite-quartzique, (sq) syénite-quartzique, (go) gabbro (diorite anorthosite), (mzgo) monzogabbro, (mz) monzonite et (s) syénite. (Même légende que sur Fig. 3)

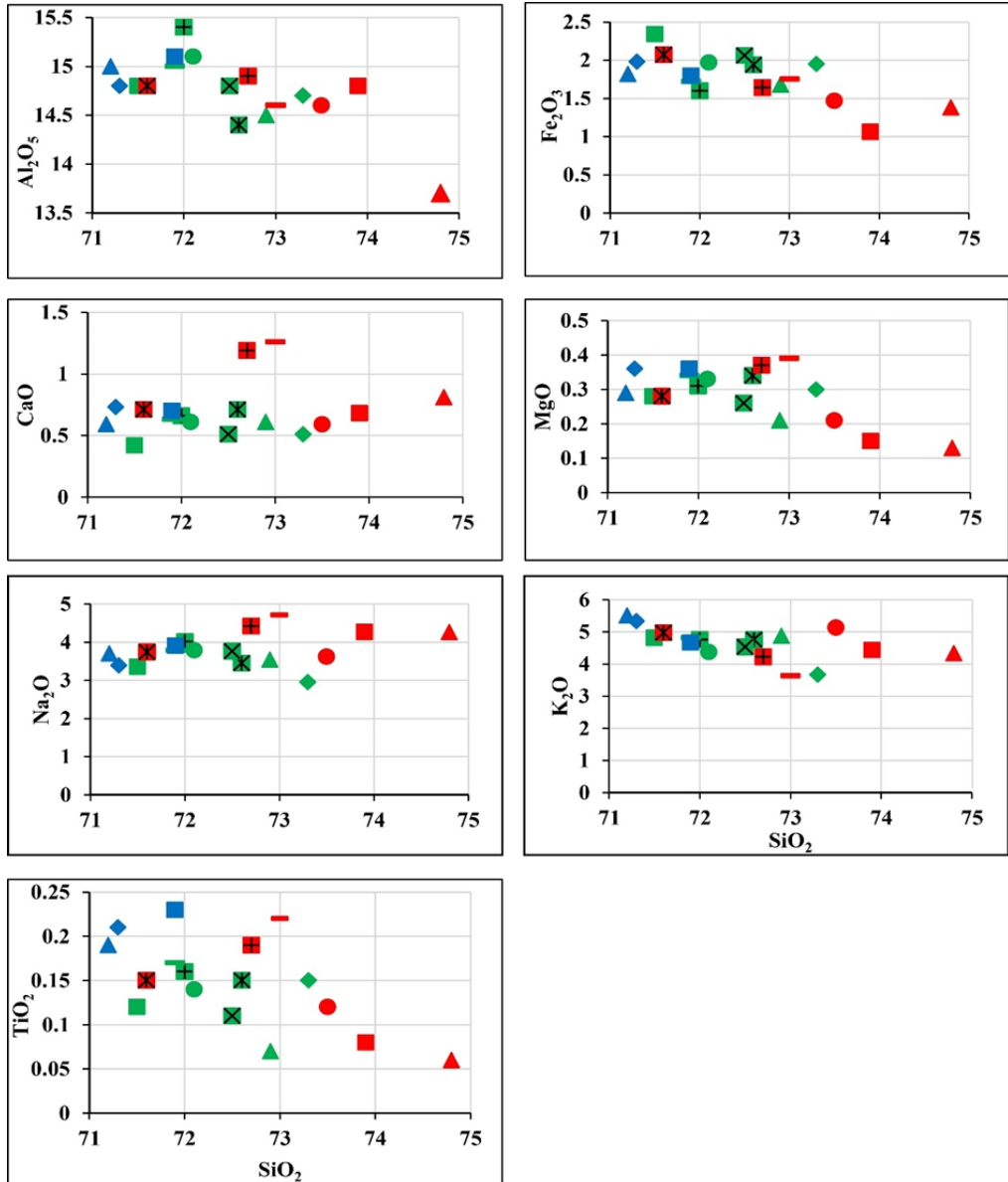


Fig. 6. Granites dans les diagrammes Oxydes vs SiO_2 de type Harker.
 (Même légende que sur Fig. 3)

Discussion

Les granitoïdes de la partie sud du batholite de Ferké se composent de granites à deux micas à biotite dominante, à caractère parfois migmatitique et de granites à deux micas à muscovite dominante. Les minéraux qui caractérisent ces granites sont : quartz, feldspaths potassiques, plagioclase, muscovite, biotite et des minéraux opaques tels que l'ilménite et le rutile. Les granites G1 sont caractérisés par une abondance de la biotite par rapport à la

muscovite et sont marqués par leur caractère migmatitique ; les granites G2 présentent une abondance de minéraux de feldspaths potassiques enfin, les granites G3 montrent une abondance de la muscovite par rapport à la biotite et des teneurs importantes en tourmaline (2 à 5 % du poids de la roche). Ces granites G3 sont également caractérisés par leur richesse en filons de pegmatites d'épaisseurs variables. Le caractère migmatitique des granites G1 suggère une origine par anatexie crustale. L'observation sur le terrain du caractère migmatitique marqué par le rubanement magmatique produit par la ségrégation entre le néosome granitique et le paléosome granodioritique appuie cette interprétation (Dago et al., 2019). Les caractéristiques géochimiques des granites G1 [faiblement peralumineux ($A/CNK = 1,04$ à $1,16$) et de type I] reflètent donc la nature des sources crustales (granitique et granodioritique) impliquées.

Les compositions pétrographiques, minéralogiques et chimiques ainsi que la présence de xénolites ont également été observés par les travaux de Dago (2019). Cela permet d'évoquer l'intervention dans la genèse des granites G2 de divers processus pétrologiques à savoir la fusion partielle de matériaux crustaux, la contamination crustale et la cristallisation fractionnée.

Les leucogranites G3 d'Issia se distinguent nettement sur le plan pétrographique des leucogranites d'origine purement crustale par leur abondance en certains minéraux tels que la muscovite, la tourmaline et le grenat mais également par la présence de filons de pegmatites. Leur forte peraluminosité ($A/CNK = 1,19$ à $1,51$) ainsi que leur forte teneur en P_2O_5 ($> 0,21$ %) permettent de suggérer pour ces granites une origine métasédimentaire. Cette origine métasédimentaire des granites d'Issia a été proposée par Allou et al. (2004), Allou (2005) et Ouattara (1998). Les faibles teneurs en SiO_2 des granites G3 issus de la fusion partielle de métasédiments par rapport aux granites G1 d'origine crustale sont en accord avec les données de Harrison & Watson (1984), montrant la faible solubilité de P dans les roches très felsiques et non fortement peralumineuses. Ainsi, les granitoïdes les plus riches en P_2O_5 sont les granites de type S, mais ne sont pas les plus enrichis en SiO_2 . Selon Chappell (1999), ceci est dû à l'abondance croissante de corindon dans les roches les plus felsiques, de sorte qu'à l'extrême, environ 4% de corindon dilue les autres composants, et par conséquent, la roche est fractionnée à une teneur plus faible en SiO_2 .

Conclusion

Les caractères pétrographiques et géochimiques des différentes séries granitiques étudiées, ont permis de rattacher les granites de la série (G1) au type I et ceux de séries (G2) et (G3) au type S. Ainsi, les granites de la série (G1), sont faiblement peralumineux, ceux de la série (G2), moyennement

peralumineux tandis que les granites de la série (G3), sont fortement peralumineux.

Le caractère tardif de mise en place des granites G3 par rapport aux granites G1 et G2 est marqué par leur enrichissement en muscovite, tourmaline et en filons de pegmatites ainsi que les fortes teneurs en P_2O_5 .

Remerciements

Ce travail fait partie d'une étude de doctorat financée par le projet T2GEM (Technologies Géophysiques et Géochimiques pour l'Exploration Minière). Les auteurs remercient Marieke Van Lichtervelde et David Baratoux de Géosciences Environnement Toulouse en France (Université de Toulouse 3) pour leur soutien dans la réalisation de ce travail.

References:

1. Ahimon, O. (1990). Notice explicative de la carte géologique de la Côte d'Ivoire au 1:200000, feuille Daloa: Mém. Dir. Géol, Abidjan, Côte d'Ivoire, n°1, 28 p.
2. Allou, A. B. (2005). Facteurs, paramètres, dynamique de distribution et genèse des dépôts de columbo-tantalite d'Issia centre-ouest de la côte d'ivoire. 369p.
3. Allou, A. B., Lu, H. Z., Guha, J., Naho, J., Carignan, J., Pothin, K., & Yobou, R. (2004). Une corrélation génétique entre les roches granitiques et les dépôts éluvionnaires, colluvionnaires et alluvionnaires de Columbo-tantalite d'Issia, Centre-Ouest, Côte d'Ivoire: EMG J., Spec. Exploration and Mining Geology, Vol. 14, Nos. 1-4, p. 61- 77, 2005.
4. Arnould, M. (1961). Etude géologiques des migmatites et granites précambriens du Nord de la Côte-d'Ivoire et de la Haute-Volta méridionale. *Mémoire BRGM*, France, 174 p.
5. Bayly, B. (1976). Introduction à la pétrologie. Ed. Masson, Paris, 280 p.
6. Boher, M., Abouchami, W., Michard, A., Albarède, F., & Arndt, N. T. (1992). Crustal growth in West Africa at 2.1 Ga. *J. Geophys. Res.*, 97, n° B1 : 345-369.
7. Caen-Vachette, M. (1986). Apport de la géochronologie isotopique à la connaissance du Protérozoïque Inférieur de l'Afrique de l'Ouest. *Publication CIFEG 1986/10*. Les formations birimiennes en Afrique de l'Ouest : 17-23.
8. Chappell, B.W. (1999). Aluminum saturation in I- and S-type granites and the characterization of fractionated haplogranites. *Lithos*, 46, 535-551.

9. Chappell, B.W., & White, A.J.R. (1974). Two contrasting granite types. *Pacific Geol.* 8, 173–174.
10. Clarke, D. B. (1981). The mineralogy of peraluminous granites a review. *Canad. Mineral.* 19, 3-17.
11. Cross, W., Iddings, J.P., Pirsson, L.V., & Washington, H.S. (1902). A quantitative chemico-mineralogical classification and nomenclature of igneous rocks. *J. Geol.*, 10 p. 555-690.
12. Dago Aristide, G. B. (2020). Les granitoïdes Birimiens de la région de Daloa (Centre-Ouest de la Côte d'Ivoire) : Genèse et implication dans l'évolution thermique du Craton Ouest africain. Thèse, 257p.
13. Dago Aristide, G.B., Yacouba Coulibaly & Zié Ouattara (2019). Typologie pétrographique et géochimique des granitoïdes de la région de Daloa au Centre-Ouest de la Côte d'Ivoire. *Afrique SCIENCE* 15(3) 208 – 221. ISSN 1813-548X
14. Debon, F., & Le Fort, P. (1983). A chemical-mineralogical classification of common plutonic rocks and associations - *Transactions of the Royal Society of Edinburgh-Earth Sciences*, 73, pp.135-149.
15. Didier, J., Duthou, J.L., Lameyre, J. (1982). Mantle and crustal granites: genetic classification of orogenic granites and the nature of their enclaves. *J. Volc. Geotherm. Res.* 14, 125–132.
16. Didier, J., & Lameyre, J. (1969). Les granites du Massif Central Français. Etude comparée des leucogranites et granodiorites. *Contrib. Mineral. Petrol* 24, 219–238.
17. Doumbia, S. (1997). Géochimie, géochronologie et géologie structurale des formations birimiennes de la région de Katiola-Marabadiassa (Centre-Nord de la Côte d'Ivoire. Évolution magmatique et contexte géodynamique du Paléoproterozoïque. *Mém. BRGM* n°276, 253 p.
18. Doumbia, S., Pouclet, A., Kouamelan, A., Peucat, J. J., Vidal, M., & Delor, C. (1998). Petrogenesis of juvenile-type Birimian (Paleoproterozoic) granitoids in central Côte d'Ivoire, West Africa: geochemistry and geochronology. *Precambrian Res.* 87, 33–63.
19. Fedo, C. M., Nesbitt, H. W., & Young, G. M. (1995). “Unraveling the effects of potassium metasomatism in sedimentary rocks and paleosols, with implications for paleoweathering conditions and provenance” *Geology* 23, pp. 921– 924.
20. Feybesse, J. L., Milési, J. P., Johan, V., Dommangeat, A., Calvez, J. Y., Boher, M., & Abouchami, W. (1989). La limite Archéen-Proterozoïque inférieur d'Afrique de l'Ouest: une zone de chevauchement majeure antérieure à l'accident de Sassandra;

- l'exemple des régions d'Odienné et de Touba (Côte-d'Ivoire). *C. R. Acad. Sci. Paris*, 309, II : 1847-1853.
21. Harrison, T. M., & Watson, E. B. (1984). The behaviour of apatite during crustal anatexis: equilibrium and kinetic considerations. *Geochim. Cosmochim. Acta* 48, 1468–1477
 22. 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 Res.* 118, 83–99.
 23. Hottin, G., Ouédraogo, O. F. (1975). Notice explicative de la carte géologique de la République de Haute Volta à 1/1000000. *Géol. des Mines*, Ouagadougou.
 24. Jung, J. & Brousse, R. (1959). Classification modale des roches éruptives utilisant les données fournies par le compteur d points. Ed. Masson, Paris, 610 p.
 25. Kouamelan, A. N. (1996). Géochronologie et géochimie des formations Archéennes et Protérozoïques de la dorsale de Man en Côte d'Ivoire. Implications pour la transition Archéen-Protérozoïque, *Mémoires de Géosciences Rennes*, 73, 289 p.
 26. Lacroix, A. (1933). Contribution à la connaissance de la composition chimique et minéralogique des roches éruptives de l'Indochine. *Bull. Serv. Géol. Indochine*, 20, fasc. 3.
 27. Lameyre, J. (1966). Leucogranites et muscovitisation dans le Massif Central français: *Annales de la Faculté des Sciences, Université de Clermont-Ferrand, France*, v. 29, 264 p.
 28. Lemoine, S. (1988). Evolution géologique de la région de Dabakala (NE de la Côte-d'Ivoire) au Protérozoïque. Possibilités d'extension au reste de la Côte-d'Ivoire et au Burkina Faso: 237 similitudes et différences; les linéaments de Greenville-Ferkessédougou et Grand CessNiakaramandougou. *Thèse ès Sciences, Univ. Cl.-Ferrand*, 388 p.
 29. Loiselle, M. C. & Wones, D. R. (1979). Characteristics and origin of anorogenic granites. *Geological Society of America Bulletin, Abstr. Prog.*, 11: 7, 468.
 30. Nesbitt, H. W. & Young, G. M. (1982). Early Proterozoic climates and plate motions inferred from major element chemistry of lutites: *Nature*, v. 299, p. 715–717.
 31. Nesbitt, H. W. & Young, G. M. (1984). Prediction of some weathering trends of plutonic and volcanic rocks based on thermodynamic and kinetic considerations: *Geochemical and Cosmochemica Acta*, v. 48, p. 1523–1534.
 32. Ouattara, G. (1998). “Structure du batholite de Ferkessédougou (secteur de Zuénoula, Côte d’Ivoire): implications sur l’interprétation

- de la géodynamique du paléoproterozoïque d'Afrique de l'ouest a 2.1 Ga", tectonique, Thèse Univ. Orléans, 344 p.
33. Petersson, A., Scherstén, A., Kemp, A. I. S., Kristinsdóttir, B., Kalvig, P., Anum, S. (2016). Zircon U-Pb-Hf evidence for subduction related crustal growth and reworking of Archaean crust within the Palaeoproterozoic Birimian terrane, West African Craton, SE Ghana. *Precambrian Res.* 275, 286–309.
 34. Potter, P. E., Maynard, J. B., Depetris, P. (2005). *Mud and Mudstones Introduction and Overview*. Springer Science and Business Media, New York, p. 296.
 35. Read, H. H. (1957). *The granite Controversy*.
 36. Streckeisen, A. (1973). International Union of Geological Sciences subcommission on the systematics of igneous rocks, classification and nomenclature of plutonic rocks. *Geotimes*, 18, 10 p. 26-30.
 37. Tempier, P. (1987). Les granites de "type Bondoukou", leur signification et leur répartition dans l'Ouest African. *2ème Coll. Géol. Afr., 112è Congrès Nat. Soc. savantes, Lyon, Section des Sciences* : 317-328.
 38. Vidal, M., Gumiaux, C., Cagnard, F., Pouclet, A., Ouattara, G., Pichon, M. (2009). Evolution of a Paleoproterozoic "weak type" orogeny in the West African Craton (Ivory Coast). *Tectonophysics* 477, 145–159.
 39. Yobou, R. (1993). *Pétrologie des granitoïdes du protérozoïque du centre-nord de la Côte d'Ivoire (Ferkessédougou-Marabadiassa): Évolution magmatique et contexte géodynamique*. Thèse de doctorat 3ème cycle, Université Paris-Sud, Centre d'Orsay, Paris.

Utilisation des lambeaux dans les pertes de substances maxillo-faciales: à propos de 32 cas au Niger

Kadre A.K.O.

Mayaou A-K.

Service de Stomatologie et Chirurgie Maxillo-Faciale,
hôpital général de référence-Niamey, Niger

Djafarou B.

Illé S.

Service d'ORL et Chirurgie Cervico-Faciale,
hôpital général de référence, Niger

Moustapha H.

Service de Chirurgie Pédiatrique, hôpital Amirou Diallo-Niamey, Niger

Salami A.

Romarc B.

Service de Stomatologie et Chirurgie Maxillo-faciale,
CHU de Treichville-Abidjan, Côte d'Ivoire

N'guessan Z.

Service de Stomatologie et Chirurgie Maxillo-faciale,
CHU de Bouaké, Côte d'Ivoire

Timi N.

Service d'ORL et Chirurgie Cervico-Faciale,
hôpital national de Niamey, Niger

[Doi:10.19044/esj.2021.v17n17p306](https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n17p306)

Submitted: 06 April 2021

Accepted: 11 May 2021

Published: 31 May 2021

Copyright 2021 Author(s)

Under Creative Commons BY-NC-ND

4.0 OPEN ACCESS

Cite As:

Kadre A.K.O., Mayaou A-K., Djafarou B., Illé S., Moustapha H., Salami A., Romarc B., N'guessan Z. & Timi N. (2021). *Utilisation des lambeaux dans les pertes de substances maxillo-faciales: à propos de 32 cas au Niger*. European Scientific Journal, ESJ, 17(17), 306. <https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n17p306>

Résumé

Diverses lésions peuvent rompre l'harmonie anatomique, esthétique et fonctionnelle de la face, parmi lesquelles les pertes de substances (PDS) qui peuvent être d'origine traumatique, infectieuse ou tumorale. L'objectif de ce

travail est de décrire les aspects épidémiologiques, cliniques et thérapeutiques des patients ayant bénéficiés de prise en charge par lambeaux dans les pertes de substances (PDS) maxillo-faciales. Il s'agit d'une étude rétrospective (du 1er janvier 2016 au 15 juillet 2019) et prospective (du 16 juillet 2019 au 31 octobre 2020), soit une période de 4 ans 10 mois (58mois) réalisée dans les services de Stomatologie et Chirurgie Maxillo-Faciale de l'hôpital national et l'hôpital général de référence de Niamey. Pendant la durée de l'étude, 32 patients de tout âge et des deux sexes ont été enregistré dans le service. La moyenne d'âge était de 34 ans avec des âges inférieur et supérieur de 02 ans et 65 ans. Le sexe féminin était prédominant de 59% des cas. la tranche d'âge de 31-45 ans est la plus touchée avec 31,25% des cas. L'étiologie tumorale était la plus fréquente dans 43,75% suivi des (PDS) post- traumatique dans 34,38% des cas. la région parotidienne représentait la partie la plus atteinte avec 21,88% des cas. Les lambeaux régionaux et ceux à distance étaient les plus utilisés dans 35,29% des cas chacun, et les locaux dans 29,42%. Les nécroses partielles étaient les complications les plus fréquentes soit 15,63% des cas. Les PDS maxillo-faciale sont souvent responsables de certains préjudice fonctionnel et esthétique qui peuvent altérer la personnalité. Ces PDS font appel à des techniques de reconstruction par lambeaux locorégionaux et à distance avec des indications bien précises.

Mots clés : Lambeau, perte de substances, maxillo-faciale, chirurgie, Niger

Use of Flap in Maxillofacial Loss of Substances: About 32 Cases in Niger

Kadre A.K.O.

Mayaou A-K.

Service de Stomatologie et Chirurgie Maxillo-Faciale,
hôpital général de référence-Niamey, Niger

Djafarou B.

Illé S.

Service d'ORL et Chirurgie Cervico-Faciale,
hôpital général de référence, Niger

Moustapha H.

Service de Chirurgie Pédiatrique, hôpital Amirou Diallo-Niamey, Niger

Salami A.

Romarie B.

Service de Stomatologie et Chirurgie Maxillo-faciale,
CHU de Treichville-Abidjan, Côte d'Ivoire

N'guessan Z.

Service de Stomatologie et Chirurgie Maxillo-faciale,
CHU de Bouaké, Côte d'Ivoire

Timi N.

Service d'ORL et Chirurgie Cervico-Faciale,
hôpital national de Niamey, Niger

Abstract

Various lesions can disrupt the anatomical, aesthetic and functional harmony of the face, including loss of substances that can be of traumatic, infectious or tumor origin. The objective of this work is to describe the epidemiological, clinical and therapeutic aspects of patients who have benefited from flap management in maxillofacial loss of substances. This is a retrospective (from January 1, 2016 to July 15, 2019) and prospective (from July 16, 2019 to October 31, 2020), i.e. 4 years 10 months (58 months) carried out in the departments of Stomatology and Maxillofacial surgery at the national hospital and the general reference hospital of Niamey. During the study period, 32 patients of all ages and two sexes were registered in the department. The average age was 34 years with lower and upper ages of 02 years and 65 years. The female sex was predominant in 59% of cases. the 31-45 age group is the most affected with 31.25% of cases. Tumor etiology was the most frequent in 43.75% followed by post-traumatic (PDS) in 34.38% of cases. the parotid region represented the most affected part with 21.88% of cases. Regional and remote flaps were used the most in 35.29% of cases each,

and local ones in 29.42%. Partial necrosis was the most frequent complication, i.e. 15.63% of cases. Maxillofacial loss of substance is often responsible for certain functional and aesthetic damage that can alter the personality. These losses of substance use locoregional and remote flap reconstruction techniques with very precise indications.

Keywords: Flap, loss of substance, maxillofacial, surgery, Niger

Introduction

La face, vitrine de la personnalité, est au premier plan dans les relations avec l'environnement, aussi bien sur les plans fonctionnel, psychoaffectif, qu'esthétique. Son altération peut avoir des retentissements fonctionnels et psycho-affectifs. Diverses lésions peuvent rompre l'harmonie anatomique, esthétique et fonctionnelle de la face, parmi lesquelles les pertes de substances (PDS) qui peuvent être d'origine traumatique, infectieuse ou tumorale. Seules les petites PDS dans cette région sont possibles pour la fermeture primaire et en général celles de taille moyenne et grande ou complexe nécessitent une reconstruction (Deganello A, 2015). Les lambeaux sont une alternative permettant la prise en charge de ces pertes de substance. Plusieurs types de lambeaux peuvent être utilisés : les lambeaux locaux, régionaux, et à distance. Les PDS de la portion céphalique du corps humain ont toujours suscité des questionnements avec crainte et mysticisme dans la société compte tenu de la défiguration. Il est impératif de reconstruire les fonctions altérées et l'esthétique en vue d'une réinsertion sociale. L'objectif de ce travail est de décrire les aspects épidémiologiques, cliniques et thérapeutiques des patients ayant bénéficiés de reconstruction par lambeaux dans PDS maxillo-faciales.

Patients et méthode

Cette étude a été réalisée dans les services de Stomatologie et Chirurgie Maxillo-Faciale de l'hôpital national et l'hôpital général de référence de Niamey. Il s'agit d'une étude rétrospective (du 1er Janvier 2016 au 15 Juillet 2019) et prospective (du 16 Juillet 2019 au 31 Octobre 2020), soit une période de 4 ans 10mois (58mois). Pendant la durée de l'étude, 32 patients de tout âge et des deux sexes ont été enregistré dans le service de stomatologie et de chirurgie maxillo-faciale. Les critères d'inclusion étaient les patients ayant bénéficié des lambeaux suite à une perte de substance maxillo-faciale. Les Critère de non inclusion étaient les patients présentant des pertes de substances maxillo-faciales associées à des lésions d'autres parties du corps et ceux ayant bénéficié d'une prise en charge par lambeau non à destination cervico-faciale. Ce travail a été réalisé par le même chirurgien avec un faible plateau technique et une équipe non permanente et non initié à la chirurgie

plastique et reconstructrice de la tête et du cou. Les variables étudiées étaient épidémiologique (âge, sexe, étiologie), clinique, et thérapeutique.

Résultats

La moyenne d'âge était de 34 ans avec des âges inférieur et supérieur de 02 ans et 65 ans. Le sexe féminin était prédominant dans notre étude soit 59% des cas (n=19 ; sexe masculin 41% avec n=13), avec un sex ratio de 0,68.

Tableau 1: répartition des patients par tranche d'âge de PDS.

Age (années)	Effectif	Pourcentage
0-15	5	15,63
16-30	9	28,13
31-45	10	31,25
46-60	6	18,75
61-75	2	6,25
Total	32	100

La tranche d'âge de 31-45 ans était la plus touchée dans 31,25% des cas (n=10).

Tableau 2: répartition des patients en fonction de l'étiologie de PDS

Étiologies	Effectif	Pourcentage
Infectieuse (séquelles de noma)	3	9,38
Tumorale	14	43,75
PDS post-traumatiques	11	34,38
Chéloïdes	2	6,25
Bride cicatricielle	1	3,13
Séquelles de radiothérapie	1	3,13
Total	32	100

L'étiologie tumorale est la plus fréquente dans 43,75% suivi des PDS post-traumatique dans 34,38%.

Tableau 3: répartition des patient en fonction du siège de *PDS*

Siège	Effectif	Pourcentage
Ailes nasaires	3	9,38
Lèvre inférieure	3	9,38
Lèvre supérieure	2	6,25
Pavillon de l'oreille	3	9,38
Région parotidienne	7	21,88
Nasolabiale	2	6,25
Front	2	6,25
Joue	2	6,25
Cuir chevelu	2	6,25
Cavité buccale	3	9,38
Région sous-mentonnaire	1	3,13
Hémiface	2	6,25
Total	32	100

La région parotidienne représente la partie la plus atteinte dans 21,88% des cas.

Tableau 4: répartition en fonction du type de Lambeau

Lambeaux	Effectif	Pourcentage
Grand pectoral	2	5,13
Grand dorsal	2	5,13
Ginestet	2	5,13
Eslander	1	2,56
Karapandzic	3	7,69
Fibula avec palette cutanée	1	2,56
Frontal	1	2,56
Scalp	1	2,56
Sous-mental	1	2,56
Sterno-cleido-mastoidien	1	2,56
Antébrachial	1	2,56
Temporal	3	7,69
Nasogénien	7	17,95
Mustardé	3	7,69
Webster	2	5,13
Fasciocutané	7	17,95
Cutané	1	2,56
Total	39	100

Les lambeaux nasogénien et fasciocutané sont les plus utilisés dans 17,95% chacun. Les lambeaux non pédiculés ont été utilisés dans 47,06% des cas, suivi des pédiculés dans 41,18% et des libres dans 11,76%. Les lambeaux régionaux (**figure 1**) et ceux à distance (**figure 2**) ont été utilisés dans 35,29% des cas chacun, et les locaux (**figure 3**) dans 29,42%.

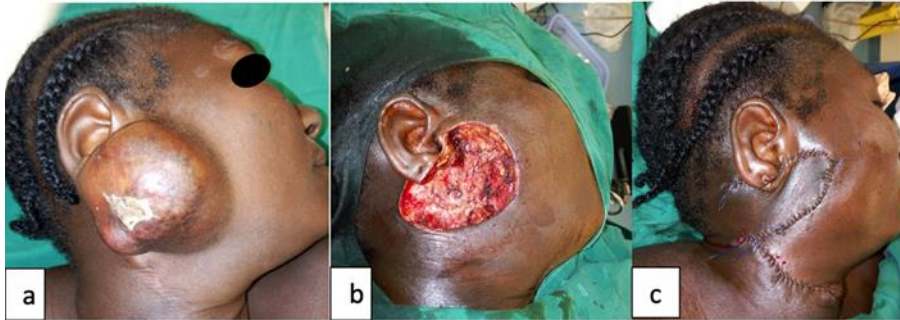


Figure 1: lambeau régional. a : tumeur de la région parotidienne droite; b: PDS cutanée; c : lambeau fascio-cutanée cervico-facial en place



Figure 2: lambeau à distance pédiculé. a: tumeur récidivée génienne gauche; b: exérèse tumorale avec levée de lambeau du grand pectoral avec palette cutanée; c: palette cutanée en bouche; d: vue à 3 mois

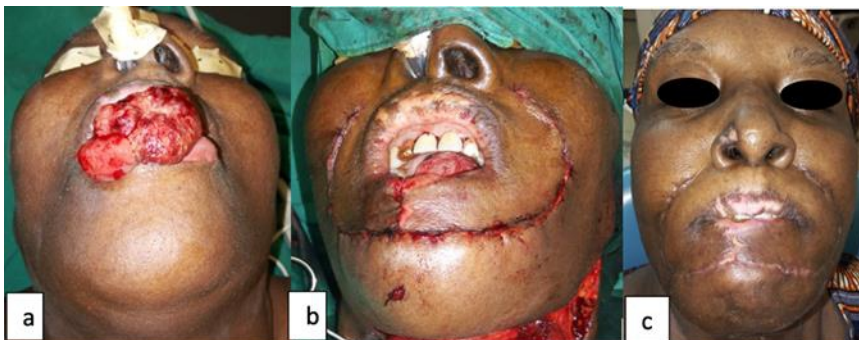


Figure 3: Lambeau local. a : tumeur de la lèvre inférieure; b: lambeau de karapandzick; c: vue à 3 semaines

Tableau 5: répartition en fonction des complications post-opératoire de la chirurgie des lambeaux

Complications post opératoires	Effectif (n)	Pourcentage (%)
Hématome du site donneur du grand pectoral	1	3,13
Lymphocèle du site donneur du grand dorsal	2	6,25
Nécrose partielle	3	9,38
Nécrose totale	2	6,25

Les nécroses partielles étaient les complications les plus fréquentes dans 15,63% des cas.

Discussion

La face, vitrine de la personnalité et reflet de l'identité, peut être endommagée par divers lésions pouvant occasionner des pertes de substances osseuses ou molles. Si la reconstruction des PDS osseuses fait recours à des greffons osseux vascularisés ou non, celles des parties molles fait recours à l'art plastique des tissus mous, pédiculés ou non. Cette reconstruction vise à restaurer les unités esthétiques de la face altérées, et les fonctions compromises, afin de donner un visage socialement acceptable et une dépendance fonctionnelle. La complexité de l'extrémité céphalique, son importance esthétique et les multiples fonctions qui en dépendent rendent ses reconstructions chirurgicales difficiles. Le souci récent d'une réhabilitation fonctionnelle et cosmétique toujours plus performante a amené de nombreux chirurgiens à rechercher à distance les tissus les plus adaptés aux différentes pertes de substances.

Une gamme assez variée de lambeaux est disponible en Chirurgie reconstructive maxillo- faciale. Ce sont les lambeaux locaux de rotation ou de translation, les lambeaux loco-régionaux, et les lambeaux à distance (Anzouan K E et al., 2015). Les pertes de substance de la face, quelle que soit l'étiologie, à partir d'une certaine importance, nécessitent une technique plus ou moins simple de reconstruction. La plupart des lambeaux dont l'arc de rotation inclut la région faciale peuvent être envisagés. Le choix de cette reconstruction dépend de la fiabilité, de l'efficacité et des inconvénients associés qui doivent être réduits (Zwetyenga N et al., 2007). Les objectifs sont de restaurer la forme et la fonction et de minimiser la morbidité du site donneur (Squaquara R et al.,

2010). Étant donné que les individus accordent une grande valeur à l'esthétique du visage, les défauts des tissus mous dans la sphère oro-maxillo-faciale peuvent affecter négativement la perception de la beauté du visage, entraînant une morbidité psychologique significative en plus des problèmes fonctionnels. Les PDS acquises en chirurgie maxillo-faciale sont généralement plus courants et peuvent résulter d'un traumatisme, d'une intervention chirurgicale ou d'infections. Au fil des ans, la reconstruction des défauts des tissus mous orofaciaux a considérablement progressé (Agbara R et al., 2016). Traditionnellement, l'approche par échelle de reconstruction a été préconisée dans la reconstruction des défauts des tissus mous, ce qui permet une option par étapes, des procédures les plus simples aux procédures les plus complexes. Ces options comprennent la cicatrisation par intention secondaire, la fermeture primaire, la greffe de peau, l'utilisation de lambeaux locorégionaux (avec ou sans expansion tissulaire) et le transfert de lambeau libre (Baliarsing AS et al., 2013). Dans cette étude, le choix des lambeaux a porté sur les lambeaux à distance pédiculé en cas de PDS vaste et pluritissulaire, sur les lambeaux locaux et régionaux au voisinage de la PDS sans aggraver ou engendrer un préjudice fonctionnel ou esthétique orofacial. En cas de lambeau à distance microanastomosés, la chirurgie est longue surtout avec un seul chirurgien et son aide, une surveillance non garantie qui sont des facteurs compromettant la prise du lambeau.

Dans cette étude, La moyenne d'âge était de 34 ans avec des âges inférieur et supérieur de 02 ans et 65 ans. Le sexe féminin était prédominant dans 59% des cas avec un sex ratio de 0,68 et la tranche d'âge de 31-45 ans était la plus touchée dans 31,25%. L'étiologie tumorale était la plus fréquente dans 43,75% des cas suivi des PDS post- traumatique dans 34,38%.

L'âge moyen varie de 30 à 33,4 ans avec des extrêmes de 4 et 76 ans et une prédominance masculine observée (Anzouan K E et al., 2015 ; Agbara R et al., 2016). Le traumatisme dans 58,4% des cas, était le facteur étiologique le plus courant, suivi de l'exérèse tumorale dans 23,4% (Agbara R et al., 2016). la pathologie infectieuse, notamment les séquelles de noma est la plus fréquente dans 45,34% des cas suivi de l'exérèse tumorale dans 33,33% (Anzouan K E et al., 2015).

La PDS de la région parotidienne représentait la partie la plus atteinte dans 21,88% des cas et était secondaire à une exérèse tumorale et à un traumatisme par accident de la voie publique. Le choix d'un lambeau à utiliser pour une PDS, est fonction du siège, de l'unité esthétique, de la fonction compromise, de l'expérience du chirurgien, et de la morbidité du site donneur. Les lambeaux peuvent être taillé au hasard, pédicule ou libre, et ce, de façon local, régional (ou locorégional) ou à distance. Dans notre étude, Les lambeaux locaux : Ginestet, Eslander, Karapandzick, nasogénien et Webster, ont été utiliser pour les PDS des lèvres et de l'aile nasinaire. Les lambeaux

régionaux : frontal, du scalp, sous mental, du sternocléidomastoïdien, du temporal, fascio-cutané et cutané ont été utilisés pour les PDS de la région parotidienne, jugale, en bouche, de l'aile nasinaire, de l'hémiface, du front et du cuir chevelu. Les lambeaux à distance : pédiculé (grand dorsal, grand pectoral) et libre (antébrachial, et de fibula+palette) ont été utilisés dans les PDS importantes emportant souvent l'os après exérèse tumorale ou dont l'arc de rotation des lambeaux locorégionaux ne permet pas de compenser la PDS. Généralement, les PDS de la joue peuvent être reconstruits en utilisant une fermeture primaire, une greffe de peau pleine épaisseur, un lambeau rhomboïde, un lambeau bilobé, un lambeau d'avancement cervico-facial, un lambeau de fascia temporopariétal, un lambeau de muscle temporal, un lambeau sous-mental, un lambeau deltopectoral, un lambeau frontal, un avant-bras radial libre lambeau et lambeau antérolatéral de cuisse libre. Les PDS de la lèvre peuvent être reconstruits à l'aide de la fermeture primaire, d'un d'Abbe, d'Abbe- Estlander, d'Estlander, de Gillis, de Karapandzic, d'avancement de Webster, de Webster-Bernard, de marche, de Schuchardt, nasolabial, de Fujimori, d'avant-bras radial libre total et latéral de bras (Pletcher SD et al., 2005 ; Pellini R et al., 2006). De nos jours, la méthode la plus populaire pour la prise en charge des PDS dans la région de la tête et du cou est représentée par la transposition de lambeaux microvasculaires libres. L'introduction de lambeaux libres en chirurgie reconstructive a fourni au chirurgien de la tête et du cou une grande variété de tissus disponibles, tels que la peau, les muscles et les os, pour une restauration optimale de la forme et de la fonction (Varvares MA et al., 2005 ; Beausang ES et al., 2003). Cependant, tous les patients ne sont pas des candidats appropriés pour une reconstruction par lambeau libre. De plus, toutes les PDS ne nécessitent pas un transfert libre pour obtenir de bons résultats fonctionnels (Mahieu R et al., 2016). La nécrose partielle était la complication la plus fréquente rencontrée dans notre étude et se retrouve dans les lambeaux locaux taillés au hasard et fasciocutané régionaux.

Conclusion

Les pertes de substance maxillo-faciale sont souvent responsables de certains préjudice fonctionnel et esthétique qui peuvent altérer la personnalité. La reconstruction de ces PDS en constitue un véritable défi pour le chirurgien cervico-maxillo-faciale et/ou plasticien afin de rétablir la fonction compromise ou de donner un visage socialement acceptable et reconnaissable. Cette reconstruction fait appel à des lambeaux locorégionaux et à distance avec des indications bien précises. La maîtrise de l'une ou l'autre technique dépend de l'expérience du chirurgien, de la cause de la PDS, et des antécédents des patients.

References:

1. Agbara R, Obiadazie AC, Fomete B, Omeje KU. Orofacial Soft Tissue Reconstruction with Locoregional Flaps in a Health Resource-Depleted Environment: Experiences from Nigeria. *Arch Plast Surg.* 2016;43(3):265-71.
2. Anzouan K E, Assouan C, Nguessan D, Vieira S, Salami A, Konan E, Assa A. Utilisation des lambeaux dans les pertes de substance de la face au CHU de Treichville. *Rev Col Odonto-Stomatol Afr Chir Maxillo-fac*, 2015 Vol 22, n°1, pp. 41-45
3. Baliarsing AS, Thorat TS, Gupta A. Flap selection in head and neck cancer reconstruction. *Int J Otorhinolaryngol Clin* 2013; 5:63-76
4. Beausang ES, Ang EE, Lipa JE, Irish JC, Brown DH, Gullane PJ, Neligan PC. Microvascular free tissue transfer in elderly patients: the Toronto experience. *Head Neck.* 2003 Jul;25(7):549-53.
5. Deganello A. Modern oral cavity reconstruction with free flaps and pedicled flaps. *J Aesth Reconstr Surg* 2015;1:4.
6. Mahieu R, Colletti G, Bonomo P, Parrinello G, Iavarone A, Dolivet G, Livi L, Deganello A. Head and neck reconstruction with pedicled flaps in the free flap era. *Acta Otorhinolaryngol Ital.* 2016 Dec;36(6):459-468.
7. Pellini R, Pichi B, Marchesi P, et al. External monitor for buried free flaps in head and neck reconstructions. *Acta Otorhinolaryngol Ital* 2006;26:1-6.
8. Pletcher SD, Kim DW. Current concepts in cheek reconstruction. *Facial Plast Surg Clin North Am* 2005;13:267-81.
9. Squaquara R, Kim Evans KF, Spanio di Spilimbergo S, Mardini S. Intraoral reconstruction using local and regional flaps. *Semin Plast Surg.* 2010;24(2):198-211.
10. Varvares MA, Lin D, Hadlock T, et al. Success of multiple, sequential, free tissue transfers to the head and neck. *Laryngoscope* 2005;115:101-4.
11. Zwetyenga N, Lutz J-C, Vidal N, El-Bouihi M, Siberchicot F, Martin D. Le lambeau sous-mental pédiculé. *Rev Stomatol Chir Maxillofac* 2007;108:210-214

Intérêt de la culture associée légumineuses-maïs et stratégie de résilience face à la disponibilité en terre cultivable : le cas de la ferme agricole de Kafigué dans département de Korhogo (Nord de la Côte d'Ivoire)

Kouakou Konan Elie

Doctorant, Université Félix Houphouët-Boigny, UFR des Sciences de la Terre et des Ressources Minières, Département des Sciences du Sol

Akotto Odi Faustin

Enseignant-Chercheur, Université Félix Houphouët-Boigny, UFR des Sciences de la Terre et des Ressources Minières, Filière Pédologie et Agriculture Durable, Côte d'Ivoire

N'Guessan Kouamé Antoine

Enseignant-chercheur, UFR des Sciences Biologiques, Université Peleforo Gon Coulibaly de Korhogo)

Yao-Kouamé Albert, (Université Félix Houphouët-Boigny Abidjan-Cocody, UFR des Sciences de la Terre et des Ressources Minières, Département des Sciences du Sol)

[Doi:10.19044/esj.2021.v17n17p318](https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n17p318)

Submitted: 06 April 2021

Accepted: 11 May 2021

Published: 31 May 2021

Copyright 2021 Author(s)

Under Creative Commons BY-NC-ND

4.0 OPEN ACCESS

Cite As:

Elie K.K., Faustin A.O. & Antoine N.K. (2021). *Intérêt de la culture associée légumineuses-maïs et stratégie de résilience face à la disponibilité en terre cultivable : le cas de la ferme agricole de Kafigué dans département de Korhogo (Nord de la Côte d'Ivoire)*. European Scientific Journal, ESJ, 17(17), 318. <https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n17p318>

Résumé

En raison de la relative disparition progressive des jachères qui permettaient auparavant la conservation des ressources minérales du sol, la problématique de recherche agronomique dans le Nord de la Côte d'Ivoire est étroitement liée à la petite superficie des exploitations agricoles. Dans un tel contexte, la méthode a consisté à caractériser deux facteurs déterminants : le caractère « terre » qui représente la ressource rare des exploitations agricoles et le caractère « légumineuse » dont la nécessité d'insertion dans les associations. Des systèmes de cultures pures, les cultures associées maïs-

cajanus et maïs-arachide ont été étudiés dans le Nord-Côte d'Ivoire. Les résultats ont montré que l'arrangement spatial du semis modifie sensiblement la production de ces associations. On constate que la culture est favorisée par l'association céréale-légumineuse par rapport à la culture pure. Sur le sol objet du présent travail, le maïs associé valorise aussi bien la productivité que le maïs cultivé individuellement. Les possibilités d'améliorer l'association traditionnelle maïs-légumineuse, sans application des fertilisants, sont également examinées. La supériorité de l'association réside plutôt dans la valorisation du capital terre (*Land Equivalent Ratio*, LER >1) que dans la productivité du travail, qui ne se distingue pas globalement de celle des cultures pures ; cela signifierait que l'association gagne de son intérêt en milieu dégradé. Les différents LER totaux calculés montrent également une différence non significative entre les rendements obtenus sur Labours à plat et billons dans toutes les différentes associations légumineuses-maïs. De ce fait, les paysans n'ont aucune crainte à cultiver sur le labour à plat pour éviter de créer des poches à l'érosion à travers des sillons créés par le billonnage et qui se transforment en rigoles. Les meilleurs systèmes d'associations sont cajanus-maïs et cajanus-maïs-arachide.

Mots clés : Cultures associées, maïs, arachide, cajanus, LER, Côte d'Ivoire

Importance of the Intercropping Leguminous-Maïs, Strategy of Resilience to the Availability of Cultivable Land: Case of Kafigué Agricultural Farm in the Department Korhogo (Northern of Côte d'Ivoire)

Kouakou Konan Elie

Doctorant, Université Félix Houphouët-Boigny, UFR des Sciences de la Terre et des Ressources Minières, Département des Sciences du Sol

Akotto Odi Faustin

Enseignant-Chercheur, Université Félix Houphouët-Boigny, UFR des Sciences de la Terre et des Ressources Minières, Filière Pédologie et Agriculture Durable, Côte d'Ivoire

N'Guessan Kouamé Antoine

Enseignant-chercheur, UFR des Sciences Biologiques, Université Peleforo Gon Coulibaly de Korhogo)

Yao-Kouamé Albert, (Université Félix Houphouët-Boigny Abidjan-Cocody, UFR des Sciences de la Terre et des Ressources Minières, Département des Sciences du Sol)

Abstract

For the reason of the relative progressive disappearance of the fallow which allowed before the conservation of the soil mineral resources, the problems of agronomic research in the North of the Côte d'Ivoire are closely related to the small surface of the farms. In such a context, the method consisted in characterizing two determining factors: character "soil" which represents the rare resource of the farms and character "leguminous plant" of which need for insertion in intercropping systems. Farming systems pure, associated crop maize-cajanus and maize-groundnut were studied in the North of Côte d'Ivoire. The results showed that the spatial arrangement of sowing appreciably modifies the production of these intercropping systems. It is noted that the crop is supported by intercrop cereal-leguminous plant compared to the mixed crops. On soil, object of this work, the intercrop maize develops as well the productivity as individually cultivated maize. The possibilities of improving traditional intercrop maize-leguminous plants, without the application of fertilizers, are also examined. The superiority of intercropping lies rather in the valorization of the capital soil (Land Equivalent Ratio, LER > 1) that in the labour productivity, which is not distinguished overall from that of the pure cultures; that would mean that intercropping gains of its interest in degraded area. The different calculated total LER also shows a non significant difference between the yields obtained on Labor flat and balks in

all various intercrop leguminous plant-maize. So the farmers don't have any fear to cultivate on the labor flat to avoid erosion through furrows created by the Balk and which are transformed into drains. The best intercropping systems are cajanus-maize and cajanus-maize-groundnut.

Keywords: Intercropping, maize, leguminous, yield, LER, Côte d'Ivoire

1. Introduction

Dans le nord du pays, il y a une saison des pluies par an, ce qui contraint les paysans à un seul cycle de culture. De plus, La seule stratégie adoptée par les paysans pour faire face à la baisse de la fertilité des sols, est l'apport systématique des engrais chimiques qui reste chers et pas toujours accessibles. Cette situation oblige les paysans à cultiver les céréales (maïs et sorgho) dans un système de culture en rotation avec le coton pour permettre aux céréales de bénéficier des arrières effets des engrais apportés à culture précédente de coton. Les agriculteurs pratiquent l'élevage de bovin et la culture attelée est généralisée. Ils ne pratiquent plus la jachère (Koulibaly *et al.*, 2010, N'Guessan *et al.*, 2019) car il n'y a plus de terres disponibles du fait de la forte densité de population rurale. Dans le contexte de croissance démographique actuelle et avec les effets du changement climatique, il est question que les agriculteurs développent des stratégies de résilience face à la pauvreté et à l'insécurité alimentaire (Akotto *et al.*, 2020). L'intensification de la production par hectare est donc nécessaire.

Mais, les contraintes sont diverses : (i) les semis se font de façon aléatoire du faite de la non maîtrise des saisons pluvieuses dues aux variabilités climatiques où il y a régulièrement des poches de sécheresse, (ii) une compétition entre usages de la biomasse végétale : les éleveurs transhumants ou semi-sédentaires pour la pâture de leurs animaux, les femmes pour le combustible pour la cuisine, les agriculteurs pour la production de fumier et l'alimentation du bétail, (iii) le prélèvement rapide des résidus au sol favorise l'érosion éolienne et hydrique lors des premières pluies. Ces contraintes expliquent que les agriculteurs sont demandeurs d'engrais minéraux pour cultiver des céréales. Ils sont également bien conscients de l'intérêt d'utiliser les résidus de culture pour maintenir la fertilité des sols par l'enfouissement ou pour la fabrication de fumure organique. Mais, les apports de fumure organique demeurent seulement concentrés autour des concessions.

Il est urgent de maximiser l'utilisation des terres pour accélérer les gains de productivité et promouvoir une réduction rapide du déficit de sécurité alimentaire attendu (Salama et Zeid, 2016). Dans ce contexte, les propositions pour l'amélioration des systèmes de culture pluviaux à base de céréales dans la région des savanes se multiplient. Cela peut nécessiter la mise en œuvre de différentes innovations parmi lesquelles la culture associée ou dérobée

(Bedoussac *et al.*, 2013) dans les céréales (céréale + arachide ; céréale + *Cajanus cajan*). Il s'agit aussi d'amener l'agriculteur à évaluer la quantité des différents fourrages dont il aura besoin tout au long de l'année et la quantité de fumures organiques qu'il pourrait produire chaque année (Scopel *et al.*, 2005, Lal *et al.*, 2007).

À l'instar de la majorité des horizons de surface des sols ferrugineux et ferrallitiques d'Afrique de l'Ouest, ceux de Korhogo (Nord de la Côte d'Ivoire) étaient considérés comme épuisés, totalement dégradés (Feller, 1994 et 1995), inaptes à la culture du maïs et juste bons à la culture arachidière, une culture peu exigeante. Des années ont passé et les agriculteurs continuent à produire du maïs. Cette production est conditionnée par l'utilisation des engrais minéraux permise par la culture du coton. Introduire des légumineuses permettrait d'améliorer la fertilité du sol par effet direct de l'arbre et par l'utilisation des émondes dans la fabrication de la fumure organique ou pour couvrir les sols cultivés (Salama *et al.*, 2016).

L'objectif principal est d'expérimenter les principes de l'Agriculture de Conservation dans une région où les surfaces cultivées sont limitantes. Il s'agit, spécifiquement d'expérimenter un changement qui a permis le maintien du maïs dans les assolements par le recyclage des résidus de culture, dont le principe est basé sur l'alternance maïs/légumineuses. Aussi, diverses composantes (rendement et mesure de la performance à travers la surface relative nécessaire en cultures pures ou LER (*Land Equivalent Ratio*)) de l'association maïs-légumineuse au niveau des arrangements spatiaux ont-elles été comparées.

2. Matériel et méthode

2.1. Site d'étude

Le site d'étude est une ferme agricole d'environ 7 ha, exploitée par la coopérative agricole de Kafigué (09°55'28.2" N et 5°34'38 W), Korhogo (Nord de la Côte d'Ivoire). La description de profils sur le terrain et les résultats des analyses ont permis de rattacher ces profils à la classification internationale des sols (IUSS Working Group WRB 2014), dont les plus représentatifs sont les Cambisols en haut de versant et mi-versant et, des Gleysols dans les bas de versants. Au sein de cette zone d'étude, une parcelle permanente de 1 ha a été créée dont les sols sont très compacts, à texture sableuse ou sablo-argileuse dans les 20 premiers cm. Une expérience sur le terrain y a été menée pendant les années 2015 - 2016 et 2016 - 2017 pour examiner l'effet de différentes stratégies de travail du sol (labour et billon) et de systèmes de culture (association maïs-légumineuse) sur les rendements du maïs. Le climat de la région de Korhogo est soudano-sahélien de type tropical de transition avec une saison des pluies (avril-octobre) et une saison sèche (Adja *et al.*, 2009). La précipitation annuelle est de 1.350 mm (Brou, 2009).

2.2. Conduite de l'essai agronomique

L'essai a été conduit dans un bloc aléatoire complet randomisé (Bloc de Fischer), avec plan de traitement (Tableau I) à 4 répétitions. La parcelle de superficie totale 51 m x 34 m (1734 m²) est subdivisée en quatre blocs séparés de 2 m et 8 sous blocs séparés (sous bloc labour à plat et sous bloc billon alterné) de 1 m puis en 56 parcelles élémentaires de 20 m² séparées entre elles de 1 m. Ainsi, *Cajanus cajan* « cajanus » associé au maïs et à l'arachide en relais ont été installés au cours de la campagne agricole de la première année d'étude sur billon et labour à plat. Un écartement de 0,80 m × 0,5 m est utilisé entre les pieds de maïs en alternance avec le cajanus. L'arachide est semée entre les lignes de maïs avec un écartement de 0,4 x 0,30 et séparé des pieds de cajanus ou de maïs de 20 cm, soit deux (2) lignes d'arachide entre les pieds de maïs et de *Cajanus cajan* lorsque l'arachide leur est associée. Les trois cultures ont été semées le même jour. Après la récolte des cultures associées, le cajanus a poursuivi son développement jusqu'en début de la campagne suivante, soit 11 mois de développement végétatif alors que les résidus de maïs et de l'arachide sont restés sur place dans les différents traitements après la récolte. Au cours de la campagne agricole de la deuxième année, aucune activité de labour n'a été effectuée. Les blocs anciennement labouré ou billonné ont été conservés.

T0 = maïs en culture pure ;

T1= cajanus en culture pure ;

T2 = arachide en culture pure ;

T3 = maïs associé à cajanus semé sur toutes les lignes de maïs entre les poquets ;

T5= cajanus associé à l'arachide ;

T4 = maïs associé à l'arachide semée entre les poquets de maïs en sautant chaque fois une ligne de maïs ;

T6 = maïs associé à cajanus+ arachide semée entre les poquets de maïs en sautant chaque fois une ligne de maïs.

Aucun engrais a été apporté aussi bien sur le traitement témoin (T0) que pour les autres traitements. Le matériel d'essai agronomique est constitué de semences (25 kg. ha⁻¹) de variétés locales (tolérantes à la sécheresse) d'arachide, de maïs de variété locale et de cajanus. Pour éviter la concurrence des mauvaises herbes et maintenir la culture exempte d'insectes, de ravageurs et de maladies, les mesures de protection des plantes ont été appliquées de manière uniforme.

2.3. Observations et mesures

2.3.1. Rendement en grain

Les rendements en grains ont été évalués en décembre 2016 et 2017 à maturité après la récolte sur une superficie de 39,2 m² (7 m x 5,6 m). Les lignes

de bordure n'ont pas été récoltées. Après le tri des épis et gousses pourris et d'autres déchets, il a été procédé à la pesée. Le rendement (Rdt) se calcule selon la formule utilisée par Maliki *et al.* (2020) :

$$\text{Rdt} = \text{PF} \times \frac{100 - \text{Te}}{100} \times \frac{1000}{S} \times \frac{1}{1000}$$

Où Rdt = rendement céréalier (kg ha⁻¹) ; PF = Poids frais des graines par surface élémentaire (kg) ; S = Surface élémentaire ; TE = Teneur en eau des graines, par la méthode de l'humidimètre de marque Pfeuffer He 50).

2.3.2. Land Equivalent Ratio (LER)

Le *Land Equivalent Ratio* (LER) est défini par Willey et Osiru (1972) et représente la surface de terre qui serait nécessaire en cultures pures pour obtenir les mêmes rendements qu'en culture associée. Le LER est déterminé selon la formule utilisée par Baldé (2011) et Doubi *et al.* (2016).

$$\text{LER} = \frac{\text{Rendement espèce A}}{\text{Rendement espèce A en culture pure}} + \frac{\text{Rendement espèce B}}{\text{Rendement espèce B en culture pure}} = \text{LA} + \text{LB}$$

Où LA et LB sont les rendements relatifs de chaque espèce ; le LER est également appelé rendement relatif total selon Doubi *et al.* (2016) ou également rapport équivalent terre (RET).

Si LER=1, il n'y a aucune différence entre les deux modes de culture

Si LER<1, il y a une perte de rendement en association

Si LER >1, il y a un avantage productif des associations.

2.4. Analyse des données

Une analyse de variance (ANOVA) à trois facteurs a été menée pour déterminer les effets du système de culture, de l'année de culture et du traitement sur les rendements en grains de maïs. L'analyse des résidus a été effectuée pour vérifier les hypothèses de l'ANOVA. La normalité a été évaluée à l'aide du test de Shapiro-Wilk et l'homogénéité des variances a été évaluée par le test de Levène. Les résidus étaient normalement distribués ($p > 0,05$) et les variances étaient homogènes ($p > 0,05$). Des tests de comparaison multiples ont été effectués entre les traitements, pour détecter des différences significatives grâce au logiciel R 4.0.3 (R Core Team, 2019) et de l'environnement RStudio (RStudio Team, 2018).

3. Résultats et discussion

3.1. Effets principaux des traitements des essais d'amélioration maïs-légumineuse sur billon

Le traitement statistique sous forme factorielle sur billon (Tableau I) montre que l'arrangement spatial a eu des effets significatifs sur le rendement du maïs, de cajanus et de l'arachide. Le rendement du maïs pur est significativement supérieur à celui du maïs en culture mixte (-17% en T3, -57% en T4 et -33% en T6). Le traitement T3 semble favoriser le maïs aux

dépens du cajanus et de l'arachide par rapport au traitement T4 (+48% du rendement maïs, -38% du rendement cajanus et -15% du rendement arachide). L'interférence T3/T6 indique que T3 semble favoriser le maïs et le cajanus aux dépens de l'arachide par rapport à T6 (+19% du rendement maïs, +9% du rendement cajanus et -27% du rendement arachide). Quant à l'interférence T4/T6, elle montre que la culture intercalaire (T4) favorise le cajanus aux dépens du maïs et de l'arachide par rapport à T6 (+34% du rendement cajanus, -55% du rendement maïs et -10% du rendement arachide). Il ressort que le cajanus se montre plus productif (+34%) en culture associée avec l'arachide sur billon.

Tableau I : Rendements en cultures pure et associée de Maïs, Cajanus et Arachide sur billon.

Systèmes culturaux	Rendement sur billon (kg.ha ⁻¹)		
	Maïs	Cajanus	Arachide
Maïs pur (T0)	1141 ^a	-	-
Cajanus pur (T1)	-	442 ^a	-
Arachide pure (T2)	-	-	476 ^a
Association maïs + cajanus [culture mixte 1] (T3)	946 ^b	255 ^c	265 ^c
Association maïs + arachide [culture mixte 2] (T4)	492 ^d	353 ^b	305 ^{bc}
Association maïs + cajanus + arachide [culture mixte 3] (T6)	765 ^c	233 ^c	337 ^b
Signification stat.	s	s	s
CV (%)	10,03 %	11,04 %	11,68 %

Les chiffres affectés d'une même lettre ne diffèrent pas significativement au seuil de probabilité P = 0,05 (test Newman et Keuls) ; S = significatif

3.2. Amélioration de la productivité maïs-légumineuse sur labour

Le rendement des cultures pures est significativement supérieur à celui des cultures associées (Tableau II). Par exemple, le maïs en culture pure est significativement supérieur à celui du maïs en culture associée (- 56%, - 69% et -47%, en T3, T4 et T6, respectivement). Le traitement T3 semble favoriser fortement le maïs et le cajanus aux dépens de l'arachide, par rapport au traitement T4 (+ 30% du rendement maïs, +63% du rendement cajanus et -4% du rendement arachide). L'interférence T3/T6 indique que la culture sous T3 semble favoriser l'arachide et le cajanus aux dépens du maïs, par rapport à T6 (-22% du rendement maïs, +38% du rendement cajanus et +11% du rendement arachide). T4 favorise faiblement l'arachide aux dépens du maïs et du cajanus, par rapport à T6 (-73% du rendement maïs, -66% du rendement cajanus et +14% du rendement arachide). Il ressort que sur sol labouré, l'arachide se montre plus productive (+14%) en culture associée avec le cajanus.

Tableau II : Rendements en cultures pure et associée de Maïs, Cajanus et Arachide sur labour.

Systèmes culturaux	Rendement sur labour (kg.ha ⁻¹)		
	Maïs	Cajanus	Arachide
Maïs pur (T0)	1199 ^a	-	-
Cajanus pur (T1)	-	1269 ^a	-
Arachide pure (T2)	-	-	439 ^a
Association maïs + cajanus (culture mixte 1 (T3))	527 ^c	995 ^b	324 ^b
Association maïs + arachide (culture intercalaire (T4))	370 ^d	370 ^d	338 ^b
Association maïs + cajanus + arachide (culture mixte 3 (T6))	641 ^b	616 ^c	289 ^b
Signification stat.	s	s	s
CV (%)	10,83 %	6,04 %	14,8 %

Les chiffres affectés d'une même lettre ne diffèrent pas significativement au seuil de probabilité P = 0,05 (test Newman et Keuls) ; S = significatif

3.3. LER des essais d'amélioration maïs-légumineuse

Les LER de ces traitements, d'après les tests de Friedman et Kramer, sont significativement supérieurs à 1 (LER cultures pures, avec 1,87, 1,91 et 1,97). Ce qui signifierait que les cultures mixtes ont produit un gain de rendement variant entre 87% et 97%, soit un écart de 10% par rapport aux cultures pures. La productivité globale de l'association par rapport aux cultures pures a fait apparaître un surrendement des trois systèmes de culture mixte sur le pur (LER > 1). Les cultures mixtes se sont donc montrées plus productives que la culture pure. Ces résultats ont indiqué que les LER ont représenté un indice d'efficacité biologique d'utilisation de la terre par les cultures associées sur le site d'étude soumis à une pression foncière forte (la terre est limitante). Une analyse de variance à trois facteurs a montré qu'il n'y avait pas une interaction statistiquement significative entre le système type de travail de sol, l'année et les traitements. Ces résultats traduisent statistiquement qu'il n'y a pas de perte de rendement au cours du temps quel que soit le type du travail du sol (labour à plat ou billon) par rapport témoin et aux trois (3) cultures avec association, F (3, 24) = 0,24, p = 0,87 (Figure 1). De ce fait, les paysans n'ont aucune crainte à cultiver sur labour à plat comme sur billon.

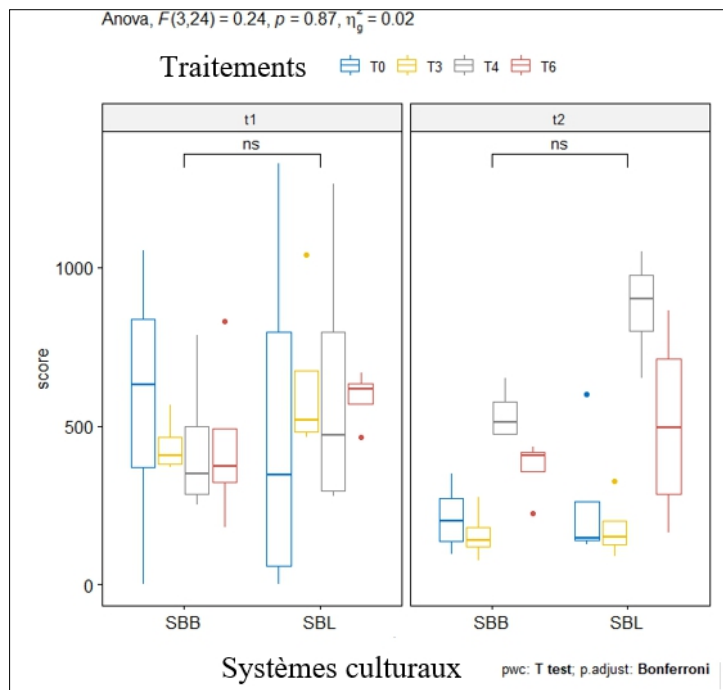


Figure 1. Stratification de rendement du maïs dans le cadre des différentes stratégies de cultures associées

3.4. Effet des systèmes de cultures sur l'utilisation efficace du terrain

Les résultats ont indiqué que les LER sont significativement supérieurs à 1, avec 1,87, 1,91 et 1,97 (sur labour), 1,37, 1,81 et 1,97 (sur billon) ; ce qui signifierait que les cultures mixtes ont produit un gain de rendement variant entre 87% et 97%, soit un écart de 10% par rapport à la culture sur labour et une fourchette de 60% en billon. La productivité globale de l'association par rapport aux cultures pures, a fait apparaître un surrendement des trois systèmes de culture mixte sur le pur (LER > 1).

Tableau III : LER en cultures pure et mixte de maïs, cajanus et arachide sous billon et labour.

	Systèmes culturaux	Rendement relatif maïs	Rendement relatif Cajanus	Rendement relatif arachide	LER
Labour	T0	1	0	0	1
	T1	0	1	0	1
	T2	0	0	1	1
	T3	0,83	0,58	0,56	1,97
	T4	0,43	0,80	0,64	1,87
	T6	0,67	0,53	0,71	1,91
Billon	T0	1	0	0	1
	T1	0	1	0	1
	T2	0	0	1	1
	T3	0,44	0,78	0,74	1,96
	T4	0,31	0,29	0,77	1,37
	T6	0,53	0,49	0,66	1,68

La figure 2 révèle les valeurs moyennes totales LER des trois systèmes associations installés sur labour et billon. L'analyse de variance révèle une différence significative entre les valeurs LER des différentes associations culturales ($p < 0,05$). Il ressort de cette figure que toutes les associations culturales présentent un avantage en termes d'utilisation du terrain par rapport à la culture pure, quel que soit le type du travail du sol ($LER > 1$). Ces avantages se situent aussi bien au niveau de l'utilisation efficiente du terrain qu'au niveau du gain en termes de production globale du système. En outre, les sols labourés présentent plus d'avantage en termes d'utilisation efficiente du terrain que les sols billonnés. Il ressort de cette figure que les systèmes d'associations cajanus-maïs et cajanus-maïs-arachide présentent les meilleurs avantages en termes d'utilisation du terrain aussi bien au niveau des sols labourés que des sols billonnés.

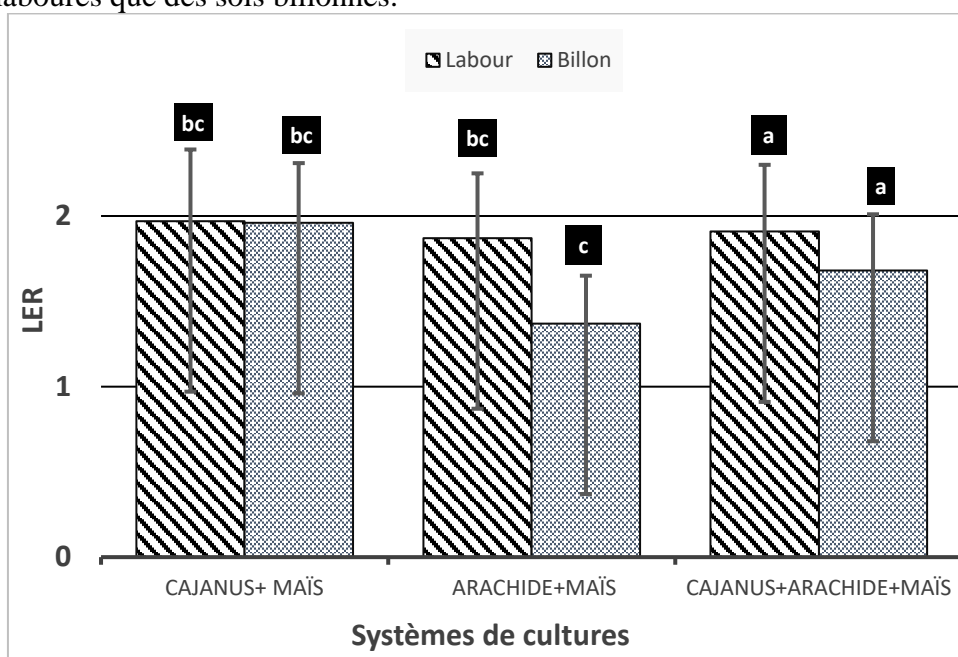


Figure 2 : LER (Land Equivalent ratio) des associations maïs-légumineuses

4. Discussion

Les analyses des données ont montré une différence significative entre le rendement des systèmes culturaux. Le rendement du maïs associé est significativement inférieur à celui du maïs pur (sur labour, - 56%, - 69% et - 47%, en T3, T4 et T6, respectivement et sur billon, - 17% en T3, - 57% en T4 et -33% en T6) ; Chui et Nadar (1984) rapportent une baisse de rendement du maïs en culture mixte de 15%, par rapport à la culture pure. Ce résultat est comparable au notre qui reste plus marqué, avec -56% et -17% de rendement pour le maïs et - 47% et -33% pour le cajanus en culture mixte (T3 et T6) sur

labour et billon, respectivement. Azontondé (1993) a attribué la baisse de rendement en grains de maïs associé avec une autre légumineuse (*mucuna*) à la réduction des densités de semis. Des résultats similaires ont été obtenus par (Coulibaly *et al.* 2017) dans le cas d'une étude semblable. En effet Coulibaly *et al.* (2017) ont comparé le rendement grain maïs obtenus en monoculture à ceux obtenus en association avec *mucuna* et le niébé. Ainsi, ces auteurs ont pu observer que le rendement en grain de maïs en culture pure de maïs était statiquement supérieur à celui obtenu sous association avec les légumineuses. Ces résultats s'expliquent par la densité relativement plus importante de maïs qui est relativement plus importante en monoculture qu'en culture associée. L'on peut attribuer ces différences à l'effet de compétition qu'il y a en début de cycle entre légumineuses et le maïs pour l'utilisation de l'azote minérale du sol surtout que les sols de la zone d'étude sont relativement pauvres en azote. Vu que la légumineuse et la céréale associées sont toutes des espèces productrices de graines, cette association peut conduire à la diminution du phosphore ou à une compétition pour la nutrition azotée. Ces observations ont été très couramment rapportées par Christianson et Vleck (1991) ; Corre-Hellou (2005).

Dans les trois systèmes d'associations utilisés, le faible rendement de maïs obtenu pourrait s'expliquer par les densités de semis utilisées présents de l'association. En effet, l'arachide comme le cajanus ont produit plus de biomasse arienne sur les traitements arachide-maïs et Cajanus-maïs. Cette observation se traduit par la compétition entre les légumineuses et le maïs sur les facteurs essentiels de développement et croissance tels que la température et l'intensité d'éclairement. Coulibaly *et al.* (2012) ont montré que l'association légumineuse-maïs entraîne une baisse de rendement de maïs par rapport à sa culture pure, mais de façon non significative. Ces différences peuvent s'expliquer par le décalage de semis entre le maïs et les légumineuses qui ont réduit le degré de compétition pour les ressources du sol entre les composants de l'association. Selon Barro (2014), les fortes densités de niébé associées au maïs influencent négativement le rendement grain de maïs. Cette performance des associations pourrait aussi s'expliquer par le fait que des différences phénologiques entre espèces peuvent leur permettre d'utiliser les ressources à des périodes différentes (Ofori et Stern, 1987). Ce phénomène peut s'expliquer par une concurrence supérieure due aux interférences plus fortes entre espèces et les légumineuses, aussi bien en culture mixte (T3 et T6) et qu'en culture intercalaire (T6). En culture intercalaire, en raison de l'hétérogénéité spatiale du couvert végétal, l'énergie lumineuse est avant tout disponible pour l'espèce dominante et l'arachide n'a pas pleinement bénéficié du rayonnement vertical, rejoignant en cela Cenpukdee et Fukai (1992).

Les valeurs du Taux de Surface Equivalente (LER) total pour les trois systèmes d'associations sont supérieures à l'unité. Elles varient de 1,87 à 1,97

dans l'essai billon et 1,37 à 1,97 dans l'essai labour à plat. Des résultats similaires ont été observés par Doubi *et al.* (2016) dans le cas d'association *manihot esculanta* et *Lagenaria siceraria*. Ces résultats signifient que l'association surpasse en rendement la culture pure respectivement de 87% et 97% en billon alors que l'association en labour surpasse en rendement la culture pure de 37% à 97%. Les différentes associations culturales sont avantageuses par rapport à la culture pure, rejoignant en cela (Salez, 1988 ; Youri, 1998 ; Muoneke *et al.*, 2007). Cela peut s'expliquer par une utilisation plus efficiente des ressources du milieu dans les associations que dans les cultures pures. En dépit de différence significative entre la culture sur billon et en labour, le meilleur système d'association du maïs et des légumineuses est l'association sur billon (surrendement moyen de 92% contre 67% en labour) ; N'Goran et N'Guessan (1999) ont rapporté également une amélioration du rendement en culture associée maïs-arachide de 18% le maïs. Par ailleurs, Ghanbari *et al.* (2010) ont rapporté que le maïs en association avec une légumineuse tel que le niébé augmente l'interception de la lumière, baisse l'évaporation de l'eau et améliore la conservation de l'humidité du sol en comparaison avec la culture pure du maïs. Le LER total supérieur à 1,37 observé avec le système d'association donne un avantage de l'association par rapport à la culture pure et demeure un atout pour une diffusion de cette technique.

Conclusion

À la lumière des essais, il apparaît que l'arrangement spatial a significativement eu un effet sur la production globale de celle-ci. Les LER ont indiqué une amélioration des cultures en association dans les deux types de travail du sol au cours de l'essai. Les différences d'écart observés entre les LER sur billon et sur labour semblent favoriser fortement l'association maïs-légumineuse sur Labour, par rapport à celle entreprise sur Billon. Les légumineuses, en revanche, se montrent moins productives en association culturale, du fait d'une concurrence plus forte du maïs, l'imbrication des plantes étant plus importante. En première approximation, la culture associée rationalisée offre davantage d'intérêt par rapport à la culture pure. Le LER total supérieur à 1,4 observé sous association, donne un avantage à cette approche culturale par rapport à la culture pure, et demeure un atout pour une diffusion de cette technique. Les différent LER totaux calculés montrent également une différence non significative entre les rendements obtenus sur Labour à plat et billons dans toutes les différentes associations légumineuses-maïs pour un système considéré. De ce fait les paysans n'ont aucune crainte à cultivé sur le labour à plat pour éviter de créer des poches à l'érosion à travers des sillons créés par le billonnage et qui se transforment en rigoles. Les systèmes d'associations Cajanus - maïs et cajanus-maïs-arachide présentent plus

d'avantages en termes d'utilisation du terrain aussi bien au niveau des sols labourés que des sols billonnés.

References:

1. Adja, M. G., J. P. Jourda, Y. T. M., K. Koffi, K. J. Kouame, K. F. Kouame, M. B. Saley, K. B. Dje, and J. Biemi. 2009. Diagnostica la mi-saison sèche de l'état hydrique du bassin versant de la Bagoué (milieu soudano-sahélien de Côte-d'Ivoire) a l'aide d'images ETM +de Landsat. Sécheresse 20 :253-261.
2. Akotto, P., Boccanfuso, D. et Yergeau, M. (2020). L'agriculture urbaine et périurbaine, la pauvreté, la sécurité alimentaire et l'environnement dans les pays en développement : une revue exploratoire des méthodologies et des impacts. Document de travail du GRÉDI 20-03.
3. Azontondé A., 1993. Dégradation et restauration des terres de barre (sols ferrallitiques faiblement désaturés argilo-sableux) au Bénin. Cahiers ORS TOM. Série Pédologie. 28 : 217- 226.
4. Baldé, A. B. 2011. Analyse intégrée du partage des ressources (eau, azote et rayonnement) et des performances dans les systèmes de culture en relais sous semis direct en zone tropicale subhumide. Thèse 161p.
5. Barro A., 2014. Effets de la densité et du décalage de la date de semis du niébé (*Vigna unguiculata* L. walp) sur les performances agronomiques et économiques de l'association maïs (*Zea mays* L) /niébé en situation réelle de culture dans les villages de Koumbia de Gombêlédougou. Diplôme de master en production végétale à l'université polytechnique de Bobo-Dioulasso, Burkina Faso, 73p.
6. Bedoussac L. ; Triboulet P., Magrini M-B ; Rambault G.; Foissy D., Corre-Hellou G., 2013. Conséquences de l'introduction des cultures associées céréale-légumineuse à graines dans les filières. Analyse du point de vue des agriculteurs et des coopératives. Innovations Agronomiques n°32, pp.199-212.
7. Brou, Y. T. 2009. Impacts des modifications bioclimatiques et de l'amenuisement des terres forestières dans les paysanneries ivoiriennes : quelles solutions pour une agriculture durable en côte d'Ivoire. Cuadernos Geográficos 45:13-29.
8. Cenkudee, U. & Fukai, S. 1992 Cassava/legume intercropping with contrasting cassava cultivars. 2. Selection criteria for cassava genotypes in intercropping with two contrasting legume crops Field Crops Res. 29 135 149.
9. Christianson, C. B. & Vleck, P. L. G. (1991). Alleviating soil fertility constraints to food production in West Africa : Efficiency of nitrogen

- applied to food crops. In : Uzo Mokwunye, Eds. Alleviating soil fertility constraints to improve crop production in West Africa. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht. pp. 45-57.
10. Chui J.A.N., Nadar H.M., 1984. - Effect of spatial arrangements on the yield and other agronomic characters of maize and legume intercrops. East Afric. Agric. and Forest J., 44 : 137-146.
 11. Corre-Hellou, G. 2005. Acquisition de l'azote dans des associations pois-orge (*Pisum sativum* L. - *Hordeum vulgare* L.) en relation avec le fonctionnement du peuplement. Thèse de doctorat en sciences agronomiques de l'école doctorale d'Angers 211p.
 12. Coulibaly K., van E., Autfray P., Nacro H.B. et Sédogo M.P., 2012. Premiers résultats sur l'intensification écologique et démarche participative en zone cotonnière à l'Ouest du Burkina Faso. Agronomie Africaine 24 (2): 129-141.
 13. Coulibaly, K., A. P. K. Gomgnimbou, and M. Traoré. 2017. Effets des associations maïs-légumineuses sur le rendement du maïs (*Zea mays* L.) et la fertilité d'un sol ferrugineux tropical à l'ouest du Burkina Faso. Afrique SCIENCE 13 : 226 - 235.
 14. De Wit C.T., Van Den Bergh J.P., 1965. - Competition between herbage plants. Neth. J. Agric. Sci., 13: 212-221.
 15. Doubi, B. T. S., K. I. Kouassi, K. L. Kouakou, K. K. Koffi, J.-P. Baudoin, and B. I. A. Zoro. 2016. Existing competitive indices in the intercropping system of *Manihot esculenta* Crantz and *Lagenaria siceraria* (Molina) Standley. Journal of Plant Interactions 11:178-185.
 16. Feller C., 1994. La matière organique dans les sols tropicaux à argile 1 :1. Recherche de compartiments organiques fonctionnels. Une approche granulométrique. Thèse de doctorat d'Etat, université Louis-Pasteur, Strasbourg, France, 393 p. + annexes.
 17. Feller C., 1995. La matière organique du sol et la recherche d'indicateurs de la durabilité des systèmes de culture dans les régions tropicales semi-arides et subhumides d'Afrique de l'Ouest. In Sustainable land management in African semi-arid et subhumid regions. Proceedings of the SCOPE workshop, 15-19 Novembre 1993, Dakar, Sénégal. CIRAD-CA, Montpellier, France, p. 123-130.
 18. Ghanbari A., Dahmardeh M., Siahars B.A. et Ramroudi M., 2010. Effect of maize (*Zea mays* L.) cowpea (*Vigna unguiculata* L.) intercropping on light distribution, soil temperature and soil moisture in and environment. Journal of Food Agriculture and Environment 8: 102- 108
 19. IUSS Working Group WRB. 2014. "World Reference Base for Soil Resources 2014. International soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps." FAO, Rome.

20. Koulibaly, B., O. Traoré, D. Dakuo, P. N. Zombré, and D. Bondé. 2010. Effets de la gestion des résidus de récolte sur les rendements et les bilans culturaux d'une rotation cotonnier-maïs-sorgho au Burkina Faso. *Tropicicultura* 28 :184-189.
21. Lal, R., D. C. Reicosky, and J. D. Hanson. 2007. Evolution of the plow over 10,000 years and the rationale for no-till farming. *Soil and Tillage Research* 93:1-12.
22. Maliki, R., Bello, S., N'Djolossè, K., Hinnou, L. C., Houénou, C. & Dagbénonbakin, G. D. (2020). Performances agronomiques des variétés améliorées d'arachide introduites du Mali dans les conditions écologiques du Centre-Bénin. *Journal of Animal & Plant Sciences*, 46(3), 8271-8287. <https://doi.org/10.35759/JAnmPISci.v46-3.1>.
23. Muoneke C.O., Ogwuche M.A.O. et Kalu B.A., 2007. Effect of maize planting density on the performance of maize/soybean intercropping system in a Guinea savannah agroecosystem. *African Journal of Agricultural Research* 2(12): 667-677.
24. N'Goran A. et N'Guessan K.A., 1999. Influence d'un précédent de légumineuse herbacée et d'une jachère courte de deux ans sur la productivité du maïs au Nord de la Côte d'Ivoire. In: Floret C et Pontanier R (Eds). *La jachère en Afrique tropicale : rôles, aménagements, alternatives*. Dakar (Sénégal): IRD; pp 616-621.
25. N'Guessan, K. A., K. E. Kouakou, K. A. Alui, and A. Yao-kouamé. 2019. Stratégies et pratiques paysannes de gestion durable de la fertilité des sols dans le département de Korhogo au Nord de la Côte d'Ivoire. *Afrique SCIENCE* 15 :245 - 258.
26. Ofori, F. & Stern, W. R. (1987). Cereal - Legume Intercropping Systems. *Advanced Agronomy*, 41, 41-90. [https://doi.org/10.1016/S0065-2113\(08\)60802-0](https://doi.org/10.1016/S0065-2113(08)60802-0).
27. R Core Team : R. 2019. *A Language and Environment for Statistical Computing*, R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria, available at: <http://www.R-project.org>, 2019.
28. RStudio Team: RStudio. 2018. *Integrated Development Environment for R*, RStudio, Inc., Lewis, J.; Freitas, F. *Physical and Chemical Methods of Soil and Water Analysis; Food and Agriculture Organization (FAO): Rome, Italy, 1984; p. 275.*
29. Salama, H.S.A. Zeid Hay, M.M.K. 2016. Quality evaluation of summer grass and legume forage monocultures and mixtures grown under irrigated conditions *Aust. J. Crop. Sci.*, 11 (2016), p. 1543.
30. Salez P., 1988. *Compréhension et amélioration des systèmes de cultures associées céréale-légumineuses au Cameroun*. Thèse Doct. Ing. Insam. Nogent-sur-Marne, France, Cirad-irat, 190 p.

31. Scopel, E., A. Findeling, E. C. Guerra, and M. Corbeels. 2005. Impact of direct sowing mulch-based cropping systems on soil carbon, soil erosion and maize yield. *Agronomy for Sustainable Development* 25:425-432.
32. Willey, R.W. Osiru, D.S.O. 1972. - Studies on mixtures of maize and beans (*Pltaseolus wlgaris*) with particular reference to plant population. *J. Agric. Sci. Camb.*, 79 : 517-529.
33. Youri A., 1998. Système de culture avec légumineuses au Cameroun. In: *Cover crops in West Africa; Contributing to sustainable agriculture*. Ottawa, Canada, IDRC, p. 225-227.

Screening phytochimique, dosage des polyphénols et détermination de l'activité antioxydante de deux plantes anti-hypertensives du Niger

Zakari Seybou Djamilatou, PhD

Dr. Alfa Keita Djibo

Dr. Bakasso Sahabi

Dr. Sabo Haoua Seini

Laboratoire des Substances Naturelles et de Synthèse Organique
(LASNASO), Université Abdou Moumouni de Niamey, Niger

[Doi:10.19044/esj.2021.v17n17p335](https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n17p335)

Submitted: 18 February 2021

Accepted: 21 April 2021

Published: 31 May 2021

Copyright 2021 Author(s)

Under Creative Commons BY-NC-ND

4.0 OPEN ACCESS

Cite As:

Djamilatou Z.S., Djibo A.K. Sahabi B. & Seini S.H. (2021). *Screening phytochimique, dosage des polyphénols et détermination de l'activité antioxydante de deux plantes anti-hypertensives du Niger*. European Scientific Journal, ESJ, 17(17), 335.

<https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n17p335>

Résumé

Acanthospermum hispidum Dc. et *Ximenia americana* L. sont largement utilisées en Afrique subsaharienne pour le traitement traditionnel de plusieurs pathologies, dont l'hypertension artérielle. L'objectif du présent travail est de déterminer l'activité antioxydante des extraits bruts de ces plantes, ainsi que les molécules qui leurs confèrent ces propriétés. A cet effet, les parties aériennes d'*A. hispidum* récoltées à Niamey et l'écorce de tronc de *X. americana* récoltée à Gaya ont été extraites avec des solvants de polarité croissante, respectivement l'hexane, l'acétate d'éthyle, l'éthanol et le méthanol. Il s'en est suivi le screening phytochimique, le dosage des polyphénols, des flavonoïdes et la détermination des activités antioxydantes. Il est ressorti des résultats du screening phytochimique par des réactions en tubes, la présence des coumarines, des tanins, des flavonoïdes, des stérols et triterpènes, des saponosides, des oses et holosides dans les deux plantes. Le dosage des polyphénols totaux par la méthode du Folin- Ciocalteu a montré que les teneurs en polyphénols totaux varient de 0,627 à 1,583 mg d'équivalent acide gallique (EqAG) pour *A. hispidum* et de 0,036 à 1,645 mg d'EqAG pour

X. americana. Le dosage des flavonoïdes avec $AlCl_3$ a montré que tous les extraits contiennent des flavonoïdes mais que c'est particulièrement les extraits AcOEt d' *A. hispidum* et EtOH de *X. americana* qui sont les plus riches avec des taux respectifs de 0,089 mg et 0,069 mg EqQ. L'extrait EtOH de l'écorce de tronc de *X. americana* a montré la plus grande capacité antiradicalaire (129,56%). Cette activité élevée pourrait être due aux teneurs élevées en flavonoïdes et en polyphénols totaux. L'effet de ces molécules sur les radicaux libres semblerait être à l'origine de l'activité antihypertensive des plantes étudiées.

Mots clés : *A. hispidum*, *X. americana*, polyphénols, activité antioxydante, hypertension, Niger

Phytochemical Screening, Dosage of Polyphenols, Flavonoids and Antioxydant Activity of Two Anti-Hypertensive Plants from Niger

Zakari Seybou Djamilatou, PhD

Dr. Alfa Keita Djibo

Dr. Bakasso Sahabi

Dr. Sabo Haoua Seini

Laboratoire des Substances Naturelles et de Synthèse Organique
(LASNASO), Université Abdou Moumouni de Niamey, Niger

Abstract

Acanthospermum hispidum Dc. and *Ximenia americana* L. are widely used in sub-Saharan Africa in the traditional treatment of several pathologies, including hypertension. The main objective of this work is to determine the antioxidant activity of the crude extracts of these plants, as well as the molecules that confer these properties. For this purpose, the aerial parts of *A. hispidum* from Niamey and the stem bark of *X. americana* from Gaya were extracted with solvents of increasing polarity, respectively hexane, ethyl acetate, ethanol and methanol. Phytochemical screening, dosage of polyphenols and flavonoids, and the determination of the antioxidant activities of these extracts followed. The results of the preliminary phytochemical screening showed the presence of coumarins, tannins, flavonoids, sterols and triterpens, saponosides, oses and holosides in both plants. The Folin ciocalteu method showed that the total polyphenol contents of these same extracts ranged from 0.627 to 1.583 mg of gallic acid equivalent (AG/Eq) for *A. hispidum* and from 0.036 to 1.645 AG/Eq for *X. americana*. Total flavonoid

assay with $AlCl_3$ showed that all extracts contain flavonoids but that it is particularly the extracts ethyl acetate (AcOEt) of *A. hispidum* and ethanol (EtOH) extract of *X. americana* that are the richest with respective levels of 0.089 mg and 0.069 mg EqQ. The EtOH extract of the trunk bark of *X. americana* showed the greatest antiradical capacity (129.56%). This high activity could be due to the high content of flavanoids and total polyphenols. The effect of these molecules on free radicals seems to be at the origin of the antihypertensive activity of the plants studied.

Keywords: *A. hispidum*, *X. americana*, polyphenols, antioxidant activity, hypertension, Niger

Introduction

L'utilisation des plantes médicinales est très ancienne et connaît un regain d'intérêt aussi bien pour les populations que pour les scientifiques, notamment dans les pays en voie de développement où les systèmes de santé sont peu développés et limités aux grandes villes. Les plantes médicinales possèdent diverses activités biologiques et pharmacologiques. Elles sont des réservoirs d'une grande variété de métabolites secondaires : les alcaloïdes, les composés phénoliques et les terpénoïdes (Zerargui et *al.*, 2015). Parmi ces métabolites, les composés polyphénoliques sont des sujets de recherche brûlants dans le monde entier actuellement en raison de leurs activités physiologiques et pharmacologiques (Juanying et *al.*, 2019). Plus de 50 spécialités contenant un ou plusieurs polyphénols sont disponibles en France. Ils sont regroupés dans la catégorie des veinotoniques et des vasculo-protecteurs. Parmi les veinotoniques, on peut citer le Relven ou le Cirkan renfermant du ruténoside, le Daflon ou le Diosmilt renfermant de la diosmine et le Vasococitrol ou le Cemaflavone renfermant des citroflavonoïdes (Cyril et Valérie, 2014). En effet les composés phénoliques possèdent diverses activités biologiques dont le potentiel antioxydant contre le processus oxydatif induit par les espèces réactives à l'oxygène (ERO). Ces espèces (ERO) peuvent être des radicaux libres tels que l'anion superoxyde, des radicaux hydroxyles et des espèces non radicalaires telles que le peroxyde d'hydrogène, l'oxygène singulet (Inbathamizh et *al.*, 2013). Les lipides, l'ADN et les protéines sont les principales cibles des ERO dans l'organisme (Lobo. et *al.* 2010). En effet, le stress oxydatif provoqué par l'excès des ERO non contrôlés est impliqué dans plusieurs pathologies, notamment l'hypertension, l'hypercholestérolémie, le diabète, l'insuffisance cardiaque (Leong et Shui, 2002; Gönenç et *al.*, 2013), l'athérosclérose, l'ischémie-reperfusion, la maladie d'Alzheimer, l'arthrite rhumatoïdale, le cancer, vieillissement (Leong et Shui, 2002; Inbathamizh et *al.*, 2013), les maladies neurodégénératives (Leong et Shui, 2002), les troubles immunologiques et les inflammations chroniques (

Ramana *et al.*, 2013). La consommation d'aliments riches en polyphénols réduit le développement de nombreuses pathologies, telles que le cancer, l'ischémie cardiaque, l'athérosclérose et l'hypertension (Hertog *et al.*, 1999, Hertog *et al.*, Middleton *et al.*, 2000, Leong et Shui, 2002).

L'hypertension artérielle (HTA) constitue un véritable problème de santé publique dans le monde en général et en particulier au Niger. L'enquête de l'OMS pour la surveillance des facteurs de risques des maladies chroniques, réalisée au Niger a révélé une prévalence pour l'HTA à 21,2 % chez les adultes. Au terme de l'étude de Hassimi *et al.*, 2013, il ressort une forte prévalence de l'HTA (61,61%) avec un retentissement cardiaque chez les patients en hémodialyse chronique à l'hôpital national Lamordé de Niamey. Zeinabou *et al.*, 2016 ont rapporté que les signes cliniques à l'admission de 86,6% de patients en insuffisance rénale aigüe obstétricale à la maternité Issaka de Gazoby de Niamey étaient hypertendus. Cependant la prise en charge de l'HTA par les médicaments conventionnels est un traitement à vie et demeure toujours coûteuse amenant plusieurs patients à s'orienter vers la médecine traditionnelle qui constitue un moyen de soins primaires. Pourtant des produits ayant l'innocuité, l'efficacité et la qualité prouvées doivent être utilisés. Au regard des effets bénéfiques affectés aux polyphénols, et de l'ampleur de l'hypertension artérielle au Niger, on s'est fixé comme objectif à travers cette étude d'estimer la teneur en polyphénols et d'évaluer le pouvoir antioxydant de *Acanthospermum hispidum* DC. et *Ximenia americana* L. deux espèces de la pharmacopée nigérienne utilisées dans la prise en charge traditionnelle de cette pathologie.

Materiel et Methodes

Materiel

Nous avons porté notre choix sur *A. hispidum* DC. et *X. americana* L., après une enquête ethnobotanique couplée avec une étude bibliographique des plantes recensées chez les tradipraticiens de Niamey. Les sites de récolte ont été ciblés avec l'aide d'un guide (technicien en botanique de la Faculté des Sciences et Techniques de l'Université Abdou Moumouni).

Le matériel végétal est constitué de la partie aérienne d'*A. hispidum* récoltée le 07/08/2018 à Niamey et de l'écorce de tronc de *X. americana* L. récoltée à Gaya le 14/08 2018. Il a été identifié au département de biologie de l'université Abdou Moumouni de Niamey par le professeur Sadou MAMANE. Les parties récoltées ont été séchées sous ventilation permanente pendant deux semaines puis pulvérisées à l'aide d'un broyeur électrique (Marque RETSCH, Type SK 100).

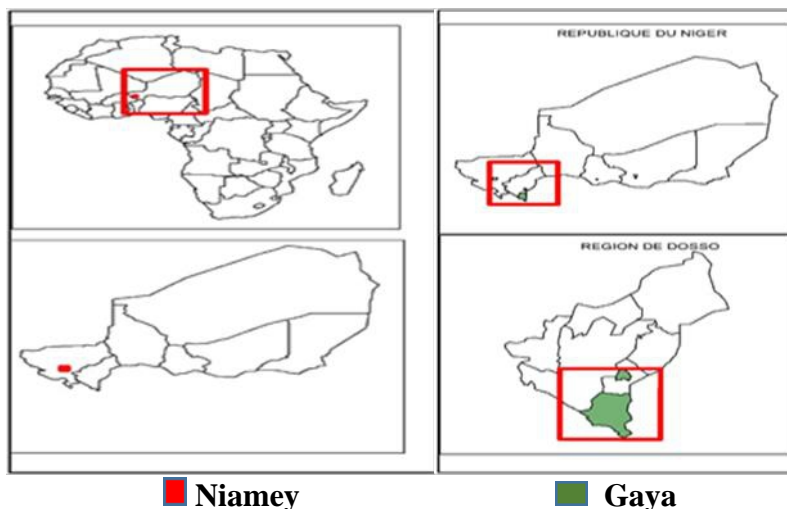


Figure1: Site de récolte des échantillons

Methodes

Etudes phytochimiques

Les grandes familles de métabolites secondaires ont été recherchées par des réactions colorées en tube suivant les méthodes classiques de caractérisation sur la poudre des plantes étudiées. Les tanins et polyphénols ont été identifiés par le test au FeCl_3 et le réactif de Stiasny; les flavonoïdes par la réaction à la cyanidine; les saponosides par le test de mousse ; les triterpènes et stéroïdes par le test de Liebermann-Burchard et enfin les alcaloïdes par les tests de Mayer (Brunetton J.1999 ; Evans, 2002).

Extraction des polyphénols

Une extraction des polyphénols a été réalisée avec un appareil Soxhlet en utilisant des solvants de polarités croissantes. Le ratio solide-liquide est de 1 : 100 (m / v). 2,5 g de chaque échantillon a été chargé dans une cartouche de cellulose (22 mm × 80 mm) et extrait avec 250 ml de solvant. Chaque échantillon a été dégraissé d'abord avec de l'hexane (30 min par cycle) pendant cinq cycles et extrait successivement avec l'acétate d'éthyle (35 min par cycle), de l'éthanol (40 min par cycle) et du méthanol (50 min par cycle) pendant 10 cycles par solvant. Les fractions obtenues ont été réunies, filtrées puis concentrées avec un évaporateur rotatif sous vide jusqu'à un volume final de 25 ml et conservé dans un flacon en verre au réfrigérateur jusqu'à utilisations ultérieures. Les extraits concentrés ont été utilisés pour déterminer les teneurs en composés phénoliques totaux (TCPT), en flavonoïdes totaux (FT) et la capacité d'élimination des radicaux libres (Kannika et *al.*, 2018).

Détermination de la teneur en composés phénoliques totale (TCPT)

La teneur en composés phénoliques totaux (TCPT) a été déterminée avec le réactif de Folin-Ciocalteu (Cicco *et al.*, 2009). 100 µl d'extrait brut ou standard a été mélangé avec 500 µl de réactif Folin-Ciocalteu à 10% (v / v). Le mélange a été placé dans l'obscurité pendant 3 min avant l'ajout de 400 µl de 7,5% (p / v) de Na₂CO₃. Le mélange a été incubé dans l'obscurité pendant 30min et l'absorbance a été mesuré à 731 nm en utilisant un spectromètre (KONTRON instruments, type : UVIKON 922 A). La mesure a été comparée à une courbe standard préparée avec 10, 20, 40, 60, 80 et 100 mg / l d'acide gallique (AG). La TCPT a été exprimée en équivalent acide gallique(EqAG).

Détermination de la teneur en flavonoïdes (TF)

La teneur en flavonoïdes a été calculée par la méthode décrite par (Dirar *et al.*; 2019). Cette méthode consiste à ajouter 25 µL d'extrait, 75 µL d'éthanol. Puis 5µL d'une solution d'AlCl₃ (10% dans le méthanol) et 140 µL d'eau distillée ont été ajoutés. Le mélange est agité et laissé à la température ambiante pendant 30mn. L'absorbance a été mesurée contre un blanc préparé sans AlCl₃ à 420 nm. La teneur en flavonoïdes totaux est calculée en termes d'équivalent quercétine (EqQ) par référence au courbe étalonnage tracée avec 10, 20, 40, 60, 80 et 100 mg / l de quercétine.

Détermination de l'activité antioxydante *in vitro*

L'activité antioxydante a été évaluée avec le 2,2-diphényl-1 picrylhydrazyle (DPPH) (Brand-Williams *et al.*, 1995). 20 µl d'extrait brut a été mélangé à 180 µl d'une solution à 80 µM de DPPH dissout dans le méthanol. Le mélange a été placé dans l'obscurité pendant 30 min. Ensuite, l'absorbance a été lue à 515 nm. L'activité anti-oxydante de l'extrait a été calculée à l'aide des équations suivantes :

Activité de piégeage des radicaux libres (%) = $\{(A_0 - A_1) / A_0\} \times 100$

A₀ et A₁ sont les valeurs de l'absorbance du blanc et de l'échantillon d'essai, respectivement.

Resultats et Discussion

Screening phytochimique

Tableau 1 : Résultats du screening phytochimique de la partie aérienne de *A. hispidum* et l'écorce tronc de *X americana*

Groupes chimiques	Espèces	
	<i>A. hispidum</i>	<i>X. americana</i>
Alcaloïdes	-	-
Caroténoïdes (Carr and Price)	++	-
Coumarines (UV 366)	++	++
Anthracénosides libres	-	++
Anthracénosides (C-hétérosides)	-	-
Anthracénosides (O-hétérosides)	-	+
Flavonoïdes	+++	+++
Saponosides	+++	+++
Tanins(FeCl ₃)	+++	+++
Tanins HCl concentré)	++	+
Tanins (galliques)	-	-
Tanins catéchiques	++	+++
Composés réducteurs	-	-
Oses et holosides	+++	++
Mucilages	++	-
Stérols et triterpènes	++	+
Hétérosides cardiotoniques (R. Marthoud)	-	+
Hétérosides cardiotoniques(Kedde)	-	-
Hétérosides cardiotoniques(Baljet)	-	-
Anthocyanes	-	-
Leucoanthocyanes	+++	+++

- : pas de coloration +++ : coloration intense ++ : coloration moyenne + : faible coloration

Le screening phytochimique a révélé la présence des coumarines, des tanins catéchiques, des stérols et triterpènes, des flavonoïdes, des saponosides, des mucilages, des oses et holosides, des anthocyanes et des leucoanthocyanes dans *A. hispidum*.

Wilfrid et *al.*, 2015 ont rapporté la présence des tanins galliques et catéchiques, des flavonoïdes; des anthocyanes, des leucoanthocyanes, des saponosides, des terpenoïdes et stéroïdes, des mucilages et des saponines dans les feuilles de *A. hispidum*, ce qui confirme cette étude qui concerne la partie aérienne de la plante.

Kheraro et Adams (1974), d'une part et d'autre part Wilfrid et *al.* 2015 ont rapporté la présence d'alcaloïdes dans *A. hispidum*.

Comme Diarra 2006, nous n'avons décelé ni alcaloïde, ni hétéroside cardiotonique, ni caroténoïdes et ni composés réducteurs dans l'échantillon qui a fait l'objet de cette étude.

Dans *X. americana* nous avons noté la présence des coumarines, des tanins cathéchiques, des stérols et triterpènes, des saponosides, des flavonoïdes, des hétérosides cardiotoniques, des oses et holosides, des génines de flavonoïdes, des o-hétérosides et des leucoanthocyanes. Ces résultats corroborent avec ceux de Keita, 2004, Soro et *al.*, 2015 Roumana et *al.*, 2015, et Zeinab, 2016.

Teneur en polyphénols totaux

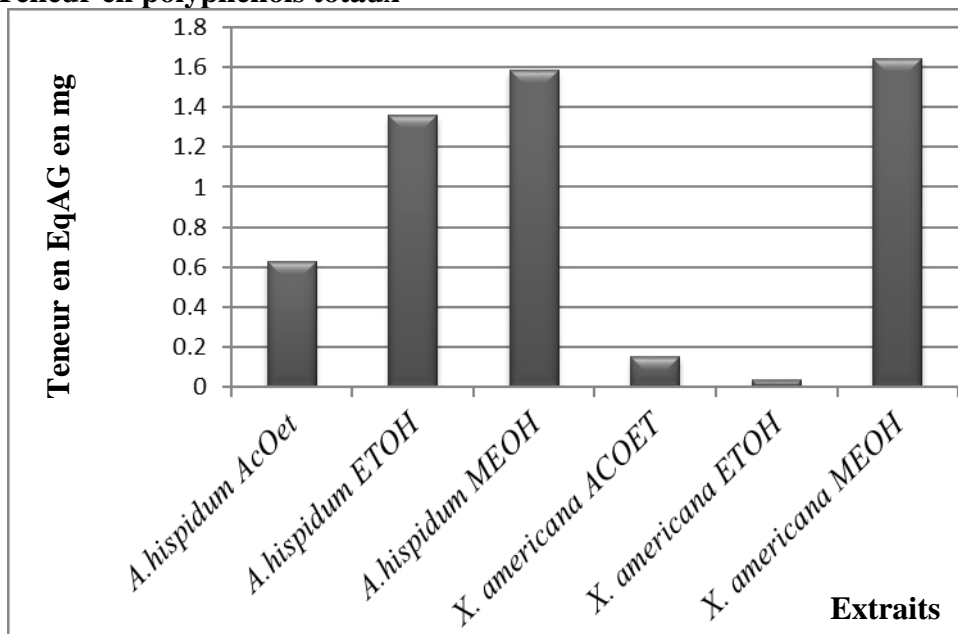


Figure 2: Teneur en polyphénols totaux

Les teneurs en polyphénols totaux des différentes fractions varient entre 0,627 et 1,583mg d'équivalent acide gallique (EqAG) pour *A. hispidum* et de 0,036 à 1,645 d'EqAG pour *X. americana*. La teneur en polyphénols totaux la plus élevée a été mesurée dans l'extrait méthanolique de *X. americana*, avec une teneur en EqAG de 1,645 mg, par rapport aux extraits AcOEt et EtOH, ou nous avons obtenu des teneurs de l'ordre de 0,627mg et 1,358 mg EqAG/g pour *A. hispidum* et 0,151 à 0,036 pour *X. americana* respectivement (Figure 2).

D'après ces résultats, on déduit que la teneur en polyphénols totaux dans les extraits dépend de la polarité du solvant utilisé pour l'extraction.

Teneur en flavonoïdes

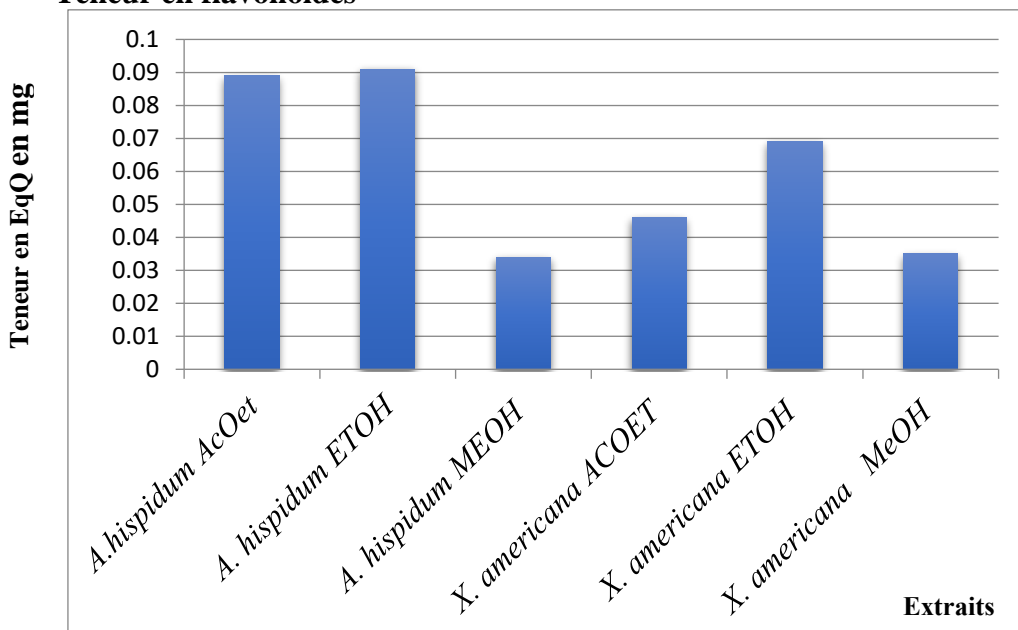


Figure 3: Teneur en flavonoïdes totaux

Les teneurs en flavonoïdes des extraits d'*A. hispidum* et *X. americana* ont été calculées à partir de la courbe d'étalonnage tracée en utilisant la quercétine comme standard. Elles sont exprimées en équivalent quercétine (EqQ).

Les résultats présentés sur la figure3 montrent que les teneurs en flavonoïdes totaux varient considérablement en fonctions du solvant d'extraction de l'échantillon. *A. hispidum* enregistre un maximum de teneur en flavonoïdes avec l'extrait AcOet avec 0,089 mg /EqQ alors que pour *X. americana* la teneur maximale a été obtenue avec l'extrait EtOH avec 0,069 mg en EqQ. L'extrait méthanolique, 0,034 mg EQ/g, suivi de l'extrait hexanique qui renferme des teneurs plus faibles, 0,035 mg EQ/g (Figure2).

Activité Antioxydante

L'activité antioxydante des extraits AcOEt, EtOH et MeOH de *A. hispidum* et *X. americana* a été quantifiée par spectrophotométrie. La figure 4 indique les résultats obtenus.

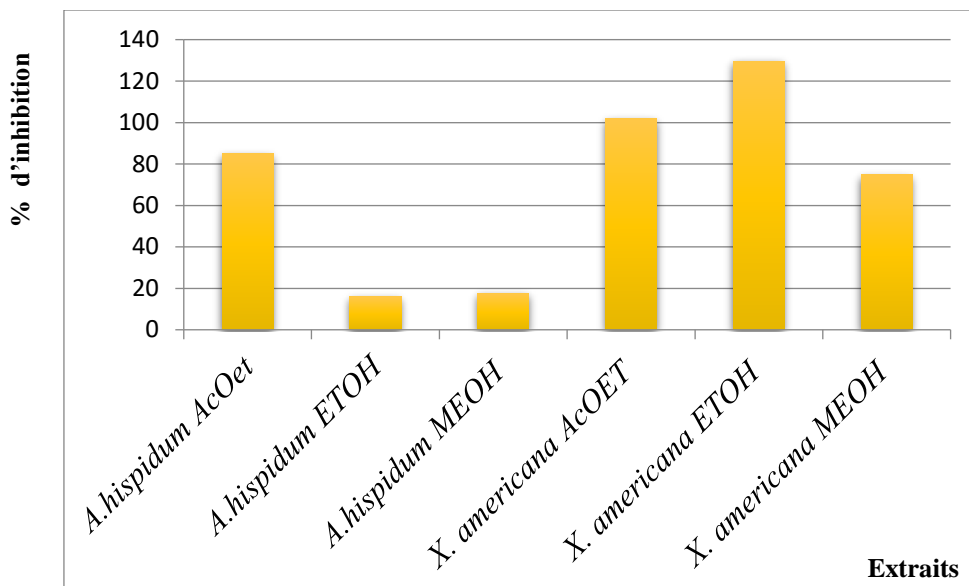


Figure 4 : Activité antioxydante des extraits de *A. hispidum* et *X. americana*

L'extrait EtOH de l'écorce de tronc de *X. americana* a montré la plus grande capacité antiradicalaire de 129,56% due à sa forte teneur en flavonoïdes (Figure 3) et en composés phénoliques totaux (Figure 2), l'activité antioxydante des extraits de *X. americana* et d'*A. hispidum* pourrait être due à la forte teneur en acide gallique (Figure 4) ; en flavonoïdes et en tanins des extraits.

L'augmentation de la consommation de produits dérivés des substances naturelles dans l'alimentation quotidienne est associée à une diminution du risque de mortalité dans les maladies coronariennes, les accidents vasculaires cérébraux et les dommages secondaires à l'hypertension artérielle (Akram et BiBi, 2014).

De nombreuses études ont montré que les polyphénols pouvaient exercer un effet bénéfique sur le système cardiovasculaire tels que des effets anti-athérotrombotiques (Auger et al., 2002 ; Wollny et al. 1999), une inhibition de l'adhésion et de l'agrégation plaquettaires (Wollny et al., 1999 ; Freedman et al., 2001), l'oxydation des lipoprotéines (Frankel et al. 1993) et de la prolifération et de la migration des cellules musculaires lisses prévenant ainsi le remodelage vasculaire (Iijima, 2000, 2002). L'effet bénéfique des polyphénols sur la santé cardiovasculaire a été attribué en partie à leur effet direct sur les vaisseaux sanguins, plus particulièrement sur l'endothélium (Martin et Andriantsitohaina, 2002; Rosario et al. 2007; Monica et al., 2010; Rafael et al., 2012; Cyril et Valérie 2014; Dina et al., 2019). Des études expérimentales et cliniques ont révélé que les polyphénols sont capables d'augmenter la formation endothéliale de facteurs vasoprotecteurs comme le

monoxyde d'azote (NO). Ce dernier est un puissant vasodilatateur, inhibiteur de réponses pro-inflammatoires et pro-thrombotiques, améliore la dysfonction endothéliale et le stress oxydant vasculaire qui contribuent au développement des pathologies cardiovasculaires majeures comme l'hypertension artérielle (Auger et Valérie, 2014). De plus, les polyphénols peuvent également exercer un effet protecteur vasculaire en agissant directement sur le vaisseau sanguin principalement en améliorant les mécanismes vasoprotecteurs dépendants de l'endothélium, comme la formation endothéliale de NO et l'induction de l'hyperpolarisation dépendante des cellules endothéliales.

Les polyphénols peuvent exercer leur effet cardioprotecteur par activation de nombreuses puissantes voies cellulaires impliquant les intermédiaires métaboliques, les microARN et les sirtuines (Lecour et Lamont, 2011).

Macha et Mustafa (2005), suggèrent que le traitement chronique par les flavonoïdes (baicalein, flavone, et quercétine) préserve les fonctions endothéliales vasculaires des animaux hypertensifs par le biais de plusieurs actions possibles, notamment l'augmentation de la production et de la biodisponibilité de l'oxyde nitrique endothélial et la réduction de la pression sanguine.

Ning et *al.*, (2005) ont rapporté que l'ingestion des polyphénols de pépins de raisin diminuent la pression des rats spontanément hypertensifs, probablement via un mécanisme antioxydant. Les flavonoïdes servent de médiateurs avec ses effets antihypertenseurs par l'augmentation de l'oxyde nitrique (NO), la biodisponibilité, la réduction du stress oxydatif des cellules endothéliales ou moduler l'activité des canaux ioniques vasculaires (Dina et *al.*, 2019)

Conclusion

Le screening phytochimique de la partie aérienne de *A. hispidum* et l'écorce de tronc de *X. americana* a révélé la présence de stéroïdes, terpenoïdes, flavonoïdes, tanins, saponines et glycosides dans ces drogues.

La quantification de composés polyphénoliques totaux et flavonoïdes, et la détermination de l'activité antioxydante par spectrophotométrie dans les extraits de nos *A. hispidum* et de *X. americana* a permis de déduire que l'utilisation récurrent de ces plantes serait liée à leur richesse relative en constituants polyphénoliques.

Les observations ci-dessus suggèrent que la partie aérienne de *A. hispidum* et l'écorce de tronc de *X. americana* contiennent des molécules qui pourraient justifier leur utilisation dans la prise en charge traditionnelle de l'hypertension artérielle.

References:

1. Akram K, BiBi LH (2014), Phytochemicals and Hypertension. *Shiraz E-Medical Journal*; 15(1):e19738.
2. Auger C, Valérie BS, (2014). Potentiel des polyphénols à améliorer la protection vasculaire en stimulant la fonction endothéliale, *Cahiers de nutrition et de diététique* 49, 160-172.
3. Assogba P, Dansou H. and Joachim D. Gbenou, (2015). Diuretic and natriuretic activities from ten medicinal plants used in south Benin, *Journal of Chemical and Pharmaceutical Research*,7(12):1145-1152.
4. Brand-Williams W, Cuvelier ME, Berset C, (1995).Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity, *Lebensmittel Wissenschaft & Technologie.*, 28, 25-30.
5. Bruneton J (1999). Pharmacognosie : Phytochimie, plantes médicinales. Technique &documentation-Lavoisier,1120p.
6. Cicco N, Lanorte MT, Paraggio M, Viggiano M, Lattanzio V (2009). A reproducible,rapid and inexpensive Folin-Ciocalteu micro-method in determining phenolics of plant methanol extracts. *Microchemical Journal* 91, 107-110.
7. Cyril A, Bertrand C, Nicolas L, Pierre LT, Caroline L, Gerard C, Pierre B, Jean-Max R (2002). Red wine phenolic compounds reduce plasmalipids and apolipoprotein B and prevent early aortic atherosclerosis in hypercholesterolemic golden Syrian hamsters (*Mesocricetus auratus*). *The Journal of Nutrition*, 132(6):1207-13.
8. Diarra Y, (2006). Etude phytochimique et des activités biologiques de *Acanthospermum hispidum* et de *Curculigo pilosa* schun et Thonn deux plantes utilisées dans le traitement traditionnel de l'hypertrophie de la prostate (HBP) .Thèse de pharmacie, Bamako. FMPOS, Bamako 143p.
9. Dina M, Abdullah AS, Gianfranco P, Ahmed E and Ali HE (2019). Flavonoids in hypertension: a brief review of the underlying mechanisms. *Current Opinion in Pharmacology*, 45:57-65.
10. Dirar AI, Alsaadi DHM, Wada, Mohamed MMA, Watanabe T, Devkota HD, 2019. Effects of extraction solvents on total phenolic and flavonoid contents and biological activities of extracts from Sudanese medicinal plants. *South African Journal of Botany* 120, 261-267.
11. Evans WC. (2002). Pharmacognosy. Saunders Elsevier 585p.
12. Freedman JE, Parker III C, Li L, Perlman JA, Frei B, Ivanov V, et al., (2001). Select flavonoids and whole juice from purple grapesinhibit platelet function and enhance nitric oxide release.*Circulation*; 103(23):2792-8.

13. Frankel EN, Kanner J, German JB, Parks E, Kinsella JE, (1993), Inhibition of oxidation of human low-density lipoprotein by phenolic substances in red wine. *The Lancet*, 341 (8843): 454-457.
14. Gönenç A, Hacışevki A, Tavil Y, Çengel A, Torun M., (2013). "Oxidative stress in patients with essential hypertension: a comparison of dippers and nondippers", *European Journal of Internal Medicine*, 24: 139-144
15. Hassimi L, Bako H., Boubacar A., Toure AI, (2013). Hypertension artérielle chez les hémodialysés chroniques à l'hôpital national lamordé de Niamey. *Mali medical* N°4: 37-42
16. Helmut MH, Neale J, Brian M, Anthony LZ, Charlie CX (2016). Polyphenol protection and treatment of hypertension. *Phytomedicine* 220-231.
17. Hertog MG, Hollman PC, Katan MB, Kromhout D. (1993). Intake of potentially anticarcinogenic flavonoids and their determinants in adults in The Netherlands. *Nutrition and Cancer*; 20:21-29.
18. MG, Feskens EJ, Hollman PC, Katan MB, Kromhout D. (1993). Dietary antioxidant flavonoids and risk of coronary heart disease: the Zutphen Elderly Study. *Lancet*, 342: 1007-1011.
19. Iijima K, Yoshizumi M, Hashimoto M, Akishita M, Kozaki K, Ako J, et al. (2002). Red wine polyphenols inhibit vascular smooth muscle cell migration through two distinct signaling pathways. *Circulation*, 105(20):2404-2410.
20. Iijima K, Yoshizumi M, Hashimoto M, Kim S, Eto M, Ako J, et al. (2000). Red wine polyphenols inhibit proliferation of vascular smooth muscle cells and down regulate expression of cyclin A gene. *Circulation*, 101(7):805-11.
21. Inbathamizh L, Ponnu TM, Mary EJ (2013). "In vitro evaluation of antioxidant and anticancer potential of *Morinda pubescens* synthesized silver nanoparticles", *Journal of Pharmaceutical Research.*; 6:32-38.5.
22. Juanying O, Mingfu W, Jie Z, Shiyi O(2019). Positive and negative effects of polyphenol incorporation in baked foods. *Food chemistry*. 284, 90-99.
23. Kannika S, Woranan N, Michael H, Nitra N (2018). Effect of drying methods and solvent extraction on the phenolic compounds of *Gynura pseudochina* (L.) DC. leaf extracts and their anti-psoriatic property. *Industrial Crops & Products* 120, 34-46.
24. Keita A., (2004). Etude de trois plantes utilisées dans le traitement traditionnel de l'ulcère gastro-duodéal dans le District de Bamako: *Borassus aethiopicum* Mart (Palmeae), *Sclerocarya birrea* (A.Rich.).

- Hochst. (Anacardiaceae) et *Ximenia americana* L. (Olacaceae). Thèse de pharmacie. Bamako. FMPOS, Bamako. 198p.
25. Kerharo J. et Adams J. G. (1974). La pharmacopée sénégalaise traditionnelle plantes médicinales et toxiques. Edition Vigot et Frères, Paris, 1011p.
 26. Lecour S and Lamont KT (2011), Natural Polyphenols and Cardioprotection. *Mini-Reviews in Medicinal Chemistry*, 11, 1191-1199.
 27. Leong LP, Shui G., (2002). An investigation of antioxidant capacity of fruits in Singapore markets. *Food Chemistry* 76: 69-75.
 28. Lobo V, Patil A, Phatak A, Chandra N. (2010). "Free radicals, antioxidants and functional foods: impact on human health", *Pharmacognosy Reviews.*, 4:118-126.
 29. Machha A, Mustafa MR, (2005). Chronic treatment with flavonoids prevents endothelial dysfunction in spontaneously hypertensive rat aorta. *Journal of Cardiovascular Pharmacology*; 46(1): 36-40.
 30. Martin S et Andriantsitohaina R (2002), Mécanismes de la protection cardiaque et vasculaire des polyphénols au niveau de l'endothélium. *Annales de cardiologie et d'angéiologie* 51, 304-315
 31. Ministère de la Santé Publique (MSP) (2008). Enquête sur la Mesure des facteurs de risque des maladies non transmissibles au Niger (Approche Step"wise" de l'OMS).
 32. Mohi E.M. A. Z. (2016). Isolation and Characterization of Some Constituents of *Ximenia Americana*. L Bark. Thesis for the Fulfillment of the Requirements for the Degree of Doctor of Philosophy in Chemistry. Sudan University of Science and Technology. 93p.
 33. Middleton Jr E, Kandaswami C, Theoharides TC, (2000). The effects of plant flavonoids on mammalian cells: implications for inflammation, heart disease, and cancer. *PharmacologyReview*;512:673-675
 34. Monica Galleano, Olga Pechanovab and Cesar G. Fraga (2010), Hypertension, Nitric Oxide, Oxidants, and Dietary Plant Polyphenols. *Current Pharmaceutical Biotechnology*, 11, 837-847.
 35. Ning P, John TC, Jeevan P, Helen K, Roger WC, Michael WJ (2005). Antihypertensive and cognitive effects of grape polyphenols in estrogen-depleted, female, spontaneously hypertensive rats. *American Journal Physiology Regulatory Integrative and Comparative Physiology*289(3):R771-R775.
 36. Rafael M, Rocio M, Maria LM, Alzenira F, Luis J, Antonio J V, Francisco JGM, Jose V and Pablo S (2012). Olive Oil Polyphenols Decrease Blood Pressure and Improve Endothelial Function in Young

- Women with Mild Hypertension. *American journal of hypertension*, volume 25N°12, 1299-1304.
37. Ramana KV, Srivastava S, Singhal S., (2013). "Lipid peroxidation products in human death and disease" *Oxidative Medicine and Longevity* 1-3.
 38. Rosario J, Rocío L, María K, Miguel R, Rocío V, Manuel S, Félix V, Francisco O, Antonio Z (2007), Polyphenols restore endothelial function in DOCA-salt hypertension: Role of endothelin-1 and NADPH oxidase. *Free Radical Biology & Medicine*, 43:462-473.
 39. Roumanatou SN, Ibrahim ML, Moussa I, Mahamadou B, Ilagouma AT, Abdoulaye A, Ouwe MO., Ikhiri K (2015). « Évaluation in vitro de l'activité antiplasmodiale d'extraits de plantes issues de la pharmacopée traditionnelle du Niger ». *Journal of Applied Biosciences* 89:8291-8300, doi:10.4314/jab.v89i1.8
 40. Soro TY, Néné-bi AS, Zahoui OS, Yapi A. et Traoré F. (2015). Activité anti-inflammatoire de l'extrait aqueux de *Ximenia americana* L. (Olacaceae). *Journal of Animal & Plant Sciences*. Vol.24, Issue 3: 3802-3813.
 41. Wilfrid KDD. Agbodjogbe, Judith F. Ahounou Aïkpe, Marc Abel Ayedoun, Fidèle M. traditionnel de l'hypertrophie de la prostate (HBP). Thèse de pharmacie, Bamako. FMPOS, Bamako 143p.
 42. Wollny T, Aiello L, Di TD, Bellavia V, Rotilio D, Donati MB, et al. (1999). Modulation of haemostatic function and prevention of experimental thrombosis by red wine in rats: a role for increased nitric oxide production. *British Journal of Pharmacology*; 127(3):747-755.
 43. Zeinabou MTA, Madi N, Yaya K, Moumouni G, Ahmet TL, Hassane DM, Idé AEC Magni Yogo (2016). Insuffisance Rénale Aigue Obstétricale : Expérience De La Maternité Issaka GAZOBY de Niamey (Niger) *European Scientific Journal*. édition vol.12, N°33 : 1857-7881
 44. Zerargui F, Boumerfeg S, Charef N, Baghiani A, Djarmouni M, Khennouf S, Arrar L, Musa H. Abu Zarga, Mohammad SM. (2015). Antioxidant Potentials and Xanthine Oxidase Inhibitory Effect of Two Furanocoumarins Isolated from *Tamus communis* L. *Medicinal Chemistry*; 11:506-513.

Aspects Tomodensitometriques des Infections Rachidiennes dans le Service d'Imagerie Médicale du CNHU-HKM a Cotonou (Benin)

Adjadohoun Sonia, Bignon Mahussi Gwladys (MA Radiologie)

Yekpe Ahouansou Patricia (MCA Radiologie)

Ngamo Gabriel (DES de Radiologie)

Kuye-Ndongo Brigitte (DES de Radiologie)

Baglo Anita (DES de Radiologie)

Université d'Abomey-Calavi,

Faculté des Sciences de la Santé de Cotonou, Bénin

Savi De Tove Kofi-Mensa (MCA Radiologie)

Université de Parakou, Faculté des Sciences de la santé de Parakou, Bénin

Zomalheto Zavier (PT Rhumatologie)

Biaou Olivier (PT Radiologie)

Université d'Abomey-Calavi,

Faculté des Sciences de la Santé de Cotonou, Bénin

[Doi:10.19044/esj.2021.v17n17p350](https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n17p350)

Submitted: 14 October 2020

Accepted: 13 April 2021

Published: 31 May 2021

Copyright 2021 Author(s)

Under Creative Commons BY-NC-ND

4.0 OPEN ACCESS

Cite As:

Adjadohoun SBGM, Yekpe Ahouansou P., Ngamo G., Kuye-Ndongo B., Baglo A., Savi De Tove K-M., Zomalheto Z. & Biaou O. (2021). *Aspects Tomodensitometriques des Infections Rachidiennes dans le Service d'Imagerie Médicale du CNHU-HKM a Cotonou (Benin)*. European Scientific Journal, ESJ, 17(17), 350. <https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n17p350>

Résumé

Introduction : Les atteintes infectieuses du rachis (AIR) sont rares, mais en recrudescence en raison des affections immunodépressives et immunosuppressives. Elles représentent 4 à 7 % de toutes les ostéomyélites. Au Centre National Hospitalier Universitaire Hubert Koutoukou Maga (CNHU HKM) de Cotonou (Bénin), elles constituent 2,31% des hospitalisations. L'objectif de ce travail était de décrire leurs caractéristiques tomodensitométriques. Matériels et méthode : Étude transversale descriptive à collecte rétrospective menée dans le service d'imagerie médicale du CNHU-HKM sur une période de six (06) ans allant du 1er Janvier 2012 au 31

Décembre 2017. Portant sur les comptes rendus de scanner où le diagnostic d'AIR avait été retenu. Les examens tomodensitométriques avaient été réalisés à l'aide d'un Scanner Siemens Somatom Emotion® (16 barrettes modèle 2011). Résultats : Sur 2797 scanners du rachis, 140 AIR (3,5%) avaient été suspectées et 72 (2.6%) avaient été confirmées sur les images scanographiques. L'âge moyen était de 49,98 ans \pm 15,5 ans avec une prédominance masculine (sex ratio= 1,2). Le segment de prédilection était lombaire (77,8%) avec des érosions en miroir (11,12 %) principalement au niveau de l'étage L3-L4 (12.5%). Une hypodensité discale était retrouvée dans 16.7% des cas. L'atteinte somatique la plus fréquente était l'ostéocondensation (20,8%). Les tassements vertébraux étaient observés dans 9.72% et les listhésis dans 11.11% des cas. Les diagnostics de discite, de spondylite, et de spondylodiscite avaient été retenus respectivement dans 6,94%, 8,33% et 84,72 % des cas. Une extension aux parties molles était retrouvée dans 27,8 % des cas dont un abcès des parties molles dans 22,22% des cas. Conclusion : Au décours de cette étude, le diagnostic des AIR bien que tardif, a majoritairement été posé au scanner avant la survenue de complications. Les érosions en miroir des spondyles étaient fortement évocatrices en dehors de toute hypodensité discale.

Mots clés : Rachis, infections, scanner Cotonou

Tomodensitometric Aspects of Spinal Infections in the Medical Imaging Department of the Cnhu-Hkm of Cotonou (Benin)

Adjadohoun Sonia, Bignon Mahussi Gwladys (MA Radiologie)

Yekpe Ahouansou Patricia (MCA Radiologie)

Ngamo Gabriel (DES de Radiologie)

Kuye-Ndongo Brigitte (DES de Radiologie)

Baglo Anita (DES de Radiologie)

Université d'Abomey-Calavi,

Faculté des Sciences de la Santé de Cotonou, Bénin

Savi De Tove Kofi-Mensa (MCA Radiologie)

Université de Parakou, Faculté des Sciences de la santé de Parakou, Bénin

Zomalheto Zavier (PT Rhumatologie)

Biaou Olivier (PT Radiologie)

Université d'Abomey-Calavi,

Faculté des Sciences de la Santé de Cotonou, Bénin

Abstract

Introduction: Infections of the spine (AIR) are rare but increase because of immunosuppressive and immunosuppressive disorders. They represent 4 to 7% of all osteomyelitis. At the Hubert Koutoukou Maga National University Hospital Center (CNHU HKM), they constitute 2.31% of hospitalizations. The aim of this work is to describe their CT characteristics at the CNHU-HKM in Cotonou. Material and method: Retrospective descriptive cross-sectional study conducted of the CNHU-HKM medical imaging department over a period of 06 years from January 1, 2012 to December 31, 2017. Included were all CT scan reports where the diagnosis was made AIR had been retained. Computed tomographic examinations were performed using a Siemens Somatom Emotion® Scanner (16 slices model 2011). Results: Of 2,797 spine scans, 140 IRAs were suspected and 72 (2.6%) were diagnosed on the scanographic images. The average age was 49.98 ± 15.5 years with a male predominance (sex ratio = 1.2). The preferred segment was lumbar (77.8%) with mirror erosions (11.12%) mainly at the L3-L4 stage (12.5%). A disc hypodensity was found in 16.7% of cases. The most common somatic involvement was osteocondensation (20.8%). Vertebral compression was observed in 9.72% and listhesis in 11.11% of cases. Diagnoses of discitis, spondylitis, and spondylodiscitis were retained in 6.94%, 8.33% and 84.72% of cases, respectively. Soft tissue extension was found in 27.8% of cases including soft tissue abscess in 22.22% of cases. Conclusion: During the

course of this study, the diagnosis of RIA, although late, was mainly performed on CT before the occurrence of complications. The mirrored erosions of the spondyls were strongly evocative outside of any disc hypodensity.

Keywords: Spine, Infection, CT, Cotonou

Introduction

Les atteintes infectieuses du rachis (AIR) sont rares, mais en recrudescence en raison des affections immunodépressives et immunosuppressives. Elles représentent de 4 à 7 % de toutes les ostéomyélites (L.Badaoui, G.Dabo, M.Sodqi, L.Marîh, A.Oulad lahsen, A.Chakib, 2014). Les AIR peuvent concerner n'importe quelle composante de la colonne vertébrale : du corps vertébral, disque intervertébral à l'arc postérieur et peuvent se compliquer par une extension aux tissus mous para-spinaux, à l'espace épidural et au canal rachidien (Tyrrell P & Mccall, 1999). En Afrique, le bacille de KOCH et le staphylocoque doré sont les germes principalement incriminés (L.Badaoui, G.Dabo, M.Sodqi, L.Marîh, A.Oulad lahsen, A.Chakib, 2014). Au CNHU HKM, les AIR représentent 2,31% des hospitalisations et le diagnostic repose souvent sur un triple argument clinique, radiologique et bactériologique (Zomalheto et al., 2015). La radiologie en particulier l'IRM reste l'examen de choix dans le diagnostic précoce de l'atteinte rachidienne. Cependant son coût et son accessibilité limitent sa réalisation dans la plupart des pays africains en particulier le Bénin où la tomodynamométrie rachidienne reste l'examen le plus pratiqué. L'objectif de ce travail a été donc de décrire les caractéristiques tomodynamométriques des AIR au CNHU HKM de Cotonou.

Matériels et méthode

Cette étude a été réalisée dans le service d'Imagerie Médicale du CNHU HKM de Cotonou au Sud Benin. Il s'est agi d'une étude transversale, descriptive à collecte rétrospective des données sur une période de 6 ans de Janvier 2012 à Décembre 2017. Nous avons colligé tous les comptes rendus de scanner du rachis, délivrés sur la période d'étude où le diagnostic d'AIR avait été retenu. Les examens TDM avaient été réalisés à l'aide d'un Scanner Siemens Somatom Emotion® (16 barettes modèle 2011). Tous les patients avaient été explorés par une acquisition hélicoïdale rachidienne en coupes fines de 1 mm d'épaisseur, sans et avec injection de produit de contraste iodé. Des reconstructions multi planaires en fenêtre osseuse et parties molles et tridimensionnelles ont été réalisées à l'aide des logiciels: efilms WorkStation®, Radiant Dicom viewer® 4.6.2 et Horos Dicom viewer®. Les

interprétations ont été faites par un médecin radiologue. Les critères diagnostic étaient les suivants:

- Spondylite : Ostéolyse (lésions érosives des plateaux), ostéocondensation, mixte ;
- Discite : Hypodensité, pincement, collection ;
- Parties molles : Epaissement, collections, calcifications ;

Les données radiologiques étaient exploitées dans un contexte clinique (altération de l'état général et le syndrome rachidien) et biologiques (hémocultures, prélèvement aux portes d'entrées, PCR, IDR quantiferon) pour le diagnostic d'AIR. Aucune biopsie n'a été faite.

Les variables utilisées étaient les variables sociodémographiques (le sexe, l'âge) ; les motifs d'examen (arguments cliniques), les caractéristiques sémiologiques : localisation (cervicale, thoracique, lombaire, sacrée), nombres de vertèbres atteintes, composants atteints (corps vertébral, disque, parties molles), lésions élémentaires (lyse, condensation ou mixte, érosion, tassements et listhésis), collection pré et para vertébrale ; les extensions (para vertébrale, pré vertébrale, épidurale, arc postérieur) ; les infiltrations (abcès, calcifications) ; les complications à type de troubles de la statique et de compression médullaire.

Le traitement et l'analyse des données ont été informatiques. Les données des comptes rendus ont été encodées dans un le logiciel Microsoft Office Excel 2016 ® et traitées à l'aide du logiciel Epi info 7.1.

Résultats

Caractéristiques épidémiologiques

Sur 2797 TDM du rachis, 140 AIR (3,5%) avaient été suspectées cliniquement, 72 (2,6 %) atteintes infectieuses ont été diagnostiquées. La figure 1 présente la fréquence des cas en fonction des années.

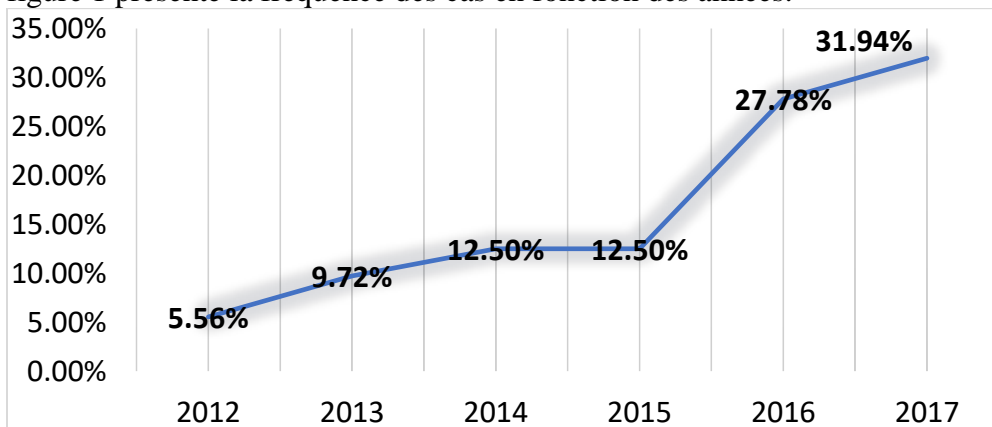


Figure : 1: Fréquence des cas en fonction des années

L'âge moyen était de 49,98 ans \pm 15,5 ans. Le sexe masculin était le plus atteint avec une sex ratio de 1,2.

Caractéristiques tomodensitométriques

Siège

Le segment de prédilection était lombaire (77,8%) suivi du segment thoracique (6,67%), cervical (2,78%) et sacré (1.39%) (Figure 2).

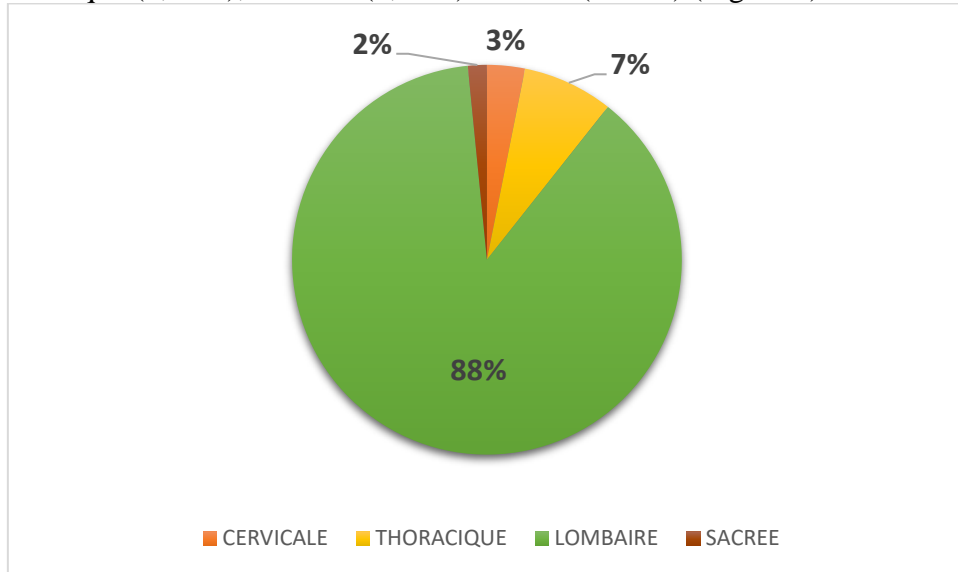


Figure 2 : Répartition des AIR en fonction du segment atteint

Nous avons retrouvé une atteinte contiguë des vertèbres chez 93,04 % des patients (bi-vertébrale chez 10,38 %, trois vertèbres chez 5,55 % et plus de trois vertèbres chez 73,61 %). L'atteinte était uni vertébrale dans 6,94 % (Tableau I).

Tableau I : Répartition des AIR par étages vertébraux

Atteintes	Pourcentage (%)
Contiguë	93,04
Bi-vertébrale	10,38
Trois vertèbres	05,55
Plus de trois vertèbres	73,61
Uni vertébrale	6,94.

Nature des lésions

Une discite était retrouvée dans 8 % des cas, une spondylite dans 7 % et une spondylodiscite dans 85%. La figure 3 représente la répartition des AIR selon l'âge des patients.

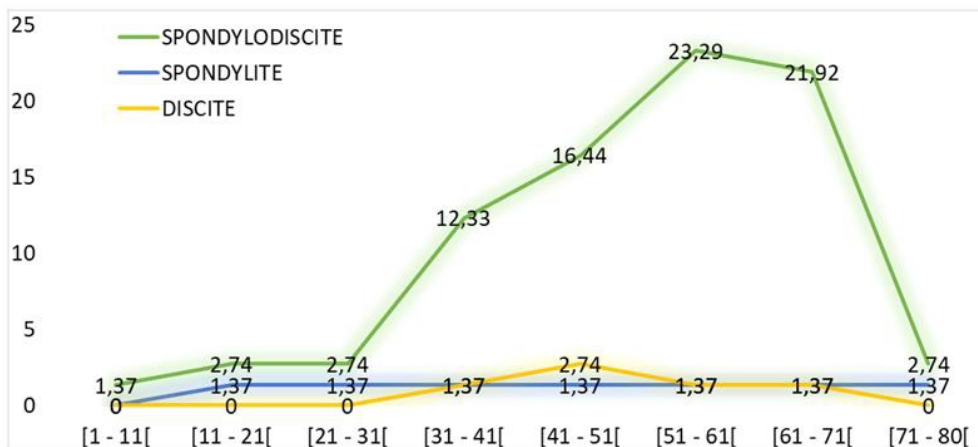


Figure 3 : Répartition des AIR selon l'âge des patients

Lésions osseuses

Sur le plan sémiologique, les érosions des plateaux vertébraux étaient retrouvées dans la quasi-totalité des cas dans notre série (94,44%). Des érosions en miroir étaient notées dans 38,88 % des cas principalement au niveau de l'étage L3-L4 (12,5%). Les tassements vertébraux étaient retrouvés dans 9,72 % des cas. La figure 4 représente une reconstruction sagittale en fenêtre osseuse d'un rachis lombaire présentant les atteintes somatiques fréquemment retrouvés dans notre série.

Les lésions de type infectieuse étaient associées à des remaniements osseux dégénératifs dans 44,44 % avec une prédominance de l'ostéocondensation (20,83 %) suivie de la lyse osseuse dans 16,67%. Les lésions étaient mixtes dans 6,94% des cas. La figure 4 illustre une association des deux types de lésions.

Lésions discales

L'atteinte discale était dominée par les pincements retrouvée dans 66,67% suivit des hypodensités discales dans 16,7% des cas. Les collections des disques étaient rares 1,39 %. La figure 5 présente des reconstructions sagittale et axiale en fenêtre discale des principales lésions des disques retrouvées dans notre série.

Extensions

Les extensions des lésions en para vertébrale étaient retrouvées dans 18,06 %, en pré vertébrale dans 11,11% en épidurale dans 4,17 %, à l'arc postérieur dans 2,8% et aux parties molles dans 27,8 %.

Complications

Les complications avaient été retrouvées dans 37,5 % des dossiers. Le tableau II illustre ces complications. Elles étaient dominées par les abcès des parties molles para vertébrales (22,22 %) suivis des abcès épiduraux (4,17%), les calcifications des parties molles dans 8,3 %, les troubles de la statique à type de cyphose (6,94%), de bloc osseux (6,94%) et de scoliose (1,39%). Les compressions médullaires représentaient 9,72% des complications.

Tableau II : Répartition des complications des AIR

COMPLICATIONS	Pourcentage (%)
Abcès des parties molles para vertébrales	22,22
Abcès épiduraux	04,17
Calcifications des parties molles	08,3
Troubles de la statique	
Cyphose	06,94
Scoliose	01,39
Bloc osseux	06,94
Compressions médullaires	09,72

Discussion

La confirmation d'une atteinte infectieuse du rachis est anatomopathologique avec la mise en évidence sur le prélèvement osseux par biopsie scanner guidée ce qui n'a pas été le cas sur la totalité des dossiers étudiés.

Nous avons retrouvé 2,6 % des AIR similaire aux résultats de Zomalheto et al en 2015 (Zomalheto et al., 2015) à Cotonou et ceux de Badoui et al en Tunisie en 2014 (2 à 4%) (L.Badaoui, G.Dabo, M.Sodqi, L.Marih, A.Oulad lahsen, A.Chakib, 2014). Les sujets les plus atteints étaient les sujets proches de la cinquantaine comme l'avait retrouvé Kumar et al aux USA en 2017(Kumar et al., 2017).

La prédominance masculine observée est conforme aux données de la littérature en Afrique Sub-saharienne avec une sex ratio homme /femme de 1,2 comme retrouvé par Lamini et al au Congo (1,3) (Lamini, 2019)et Gbané-Koné M et al en Côte d'Ivoire (1,16) (Gbané-Koné et al., 2015). Le contexte endémique, la recrudescence des pathologies immunodéficientes, les conditions socioéconomiques défavorables (précarité, promiscuité, mauvaise hygiène de vie) sont autant de facteurs favorisant l'infection dans nos pays(Annabi et al., 2008).

Il existait une augmentation progressive au cours des années des cas de AIR diagnostiqués à la TDM dans le service sur 6 ans. Gbané-Koné M en Côte d'Ivoire avait noté que le taux de réalisation(Gbané-Koné et al., 2015) de la TDM avait doublé en une décennie dans le service de Rhumatologie du CHU de Cocody(Gbané-Koné et al., 2015). Cette croissance de la prescription et de la réalisation des TDM pour AIR pourrait être dû à une

meilleure accessibilité à la TDM, l'augmentation du nombre de spécialistes et des consultations spécialisées, également à l'augmentation de la fréquence hospitalière comme le rapporte Zomalheto et al dans leurs travaux à Cotonou en 2015(Zomalheto et al., 2015).

Sur le plan sémiologique tomодensitométrique, du point de vue topographique l'étage lombaire était le plus souvent atteint comme le corroborent Thouvenin et al en France en 2010 (Y. Thouvenin & Cyteval, 2010) et Gbané-Koné M en Côte d'Ivoire(Gbané-Koné et al., 2015). L'atteinte localisée à un seul étage prédominait comme l'a retrouvé Gbané-Koné M en Côte d'Ivoire(Gbané-Koné et al., 2015).

Concernant l'atteinte des spondyles, Nous avons retrouvé un remodelage osseux dans 20,83% contrairement aux études faites au Maroc où le diagnostic était posé à une phase précoce marquée par l'ostéolyse(Khalil et al., 2007). Ce qui amène à reposer l'épineux problème de la consultation tardive des patients dans notre contexte de pays en développement. Le retard diagnostique fait l'unanimité des auteurs(Toloba Y, Diallo S, Maiga Y, Sissoko BF, Ouattara K, Soumare D, 2011; Y. Thouvenin & Cyteval, 2010). Dans notre série, les patients ont réalisé un scanner au stade de complications (37,5 % des dossiers) et 8,33% avec collections abcédées évoluées vers des calcifications. Elles ont été retrouvées au niveau des parties molles dans 26,39 % des cas ce qui corrobore les résultats de Alliez et al en France en 2015 (Bouillot et al., 2015).

Dans notre série aucun patient n'avait réalisé une imagerie par résonance magnétique (IRM). L'IRM à une meilleure sensibilité pour le diagnostic des AIR surtout à la phase de début, en cas de trouble neurologique et dans la surveillance post-thérapeutique (Khalil et al., 2007). A Cotonou l'IRM n'est pas accessible à la majorité de la population et le scanner reste le seul recours imagerie pour la réalisation du bilan lésionnel des AIR et le suivit post-thérapeutique. Notre étude a permis de le corroborer. Mais néanmoins, les consultations tardives et le faible échantillonnage demeurent des biais qui ne pourrait amener à exclure la prescription de l'IRM dans l'exploration des AIR dans un contexte de favoriser.

Conclusion

Au terme de cette étude, dont l'objectif était de décrire les caractéristiques des infections rachidiennes à la TDM, au CNHU-HKM de Cotonou, il ressort que le diagnostic de ces infections a majoritairement été posé à la TDM avant la survenue de complications. Les spondylodiscites étaient plus fréquentes. Les érosions osseuses des plateaux vertébraux en miroir étaient fortement évocatrices en dehors de toute hypodensité discale. Cependant la tomодensitométrie a ses limites dans le diagnostic précoce des

spondylodiscites. Il urge donc qu'une unité fonctionnelle d'IRM soit rapidement mise en place pour l'amélioration des performances diagnostiques

References:

1. Annabi, H., Abdelkafi, M., & Trabelsi, M. (2008). *La tuberculose ostéo-articulaire. Tun Orthop.*, 1(1), 7–17.
2. Bouillot, L., Kayayan, H., & Goiset, E. (2015). *De la scoliose idiopathique au mal de Pott: Présentation d'une observation et discussion diagnostique. Archives de Pédiatrie*, 22(12), 1256–1259. <https://doi.org/10.1016/j.arcped.2015.09.019>
3. Gbané-Koné, M., Ouattara, B., Diomandé, M., Sessou, V., Kaboré, F., Djoko, K. F., Traoré, M., Eti, E., & Kouakou, N. M. (2015). *Contribution of computed tomography in the diagnosis of spinal tuberculosis about 496 cases in Abidjan. The Pan African Medical Journal*, 20, 201. <https://doi.org/10.11604/pamj.2015.20.201.5996>
4. Khalil, M. R., Ouali Idrissi, M., Cherif Idrissi El Ganouni, N., Hiroual, M. R., Haddi, M., Aït Benali, S., Essadki, O., & Ousehal, a. (2007). *OA-WS-54 Apport de l'imagerie en coupe (TDM-IRM) dans le diagnostic de la spondylodiscite tuberculeuse : serie de 50 cas. Journal de Radiologie*, 88(1), 1581. [https://doi.org/10.1016/S0221-0363\(07\)81919-6](https://doi.org/10.1016/S0221-0363(07)81919-6)
5. Kumar, Y., Gupta, N., Chhabra, A., Fukuda, T., Soni, N., & Hayashi, D. (2017). *Magnetic resonance imaging of bacterial and tuberculous spondylodiscitis with associated complications and non-infectious spinal pathology mimicking infections: a pictorial review. BMC Musculoskeletal Disorders*, 18(1), 1–10. <https://doi.org/10.1186/s12891-017-1608-z>
6. L.Badaoui, G.Dabo, M.Sodqi, L.Marh, A.Oulad lahsen, A.Chakib, K. E. F. M. (2014). *Spondylodiscites infectieuses : Aspects épidémiocliniques, paracliniques, thérapeutiques et évolutives. Revue Malienne d'Infectiologie et de Microbiologie*, 3, 29–33.
7. Lamini, N. E. (2019). *Aspects morphologiques inhabituels du mal de pott chez l'adulte Unusual morphological aspects of pott's disease. 11(numéro 3)*, 344–347.
8. Toloba Y, Diallo S, Maiga Y, Sissoko BF, Ouattara K, Soumare D, S. S. (2011). *Tuberculose vertébrale (mal de pott) : aspects épidémioclinique, radiologique et évolutif au chu du point-G. Mali Médical*, 26(2), 8–11.
9. Tyrrell P, C.-P. V. ., & Mccall, I. W. (1999). *Musculoskeletal radiology Review article Spinal infection. European Radiology*, 1077(9), 1066–1077.
10. Y. Thouvenin, & Cyteval, C. (2010). *Imagerie des spondylodiscites*

infectieuses. La Lettre Du Rhumatologue, 362, 20–24.

11. Zomalheto, Z., Kobelembe, A., Agbodande, A., Zossoungbo, F., & Avimadje, M. (2015). *Profil épidémiologique, paraclinique et thérapeutique des spondylodiscites à germes banals en consultation hospitalière à Cotonou (Bénin). Médecine d’Afrique Noire, 62(8/9), 405–410.*

Iconographie



Figure 4 : Scanner du rachis lombaire en reconstruction sagittale en fenêtre osseuse : (a) Érosion en miroir de l'étage L1-L2 avec séquestre osseux en antérieur (AIR); (b) ostéocondensation en miroir avec pincement sévère de l'étage L4-L5 (lésions dégénératives)

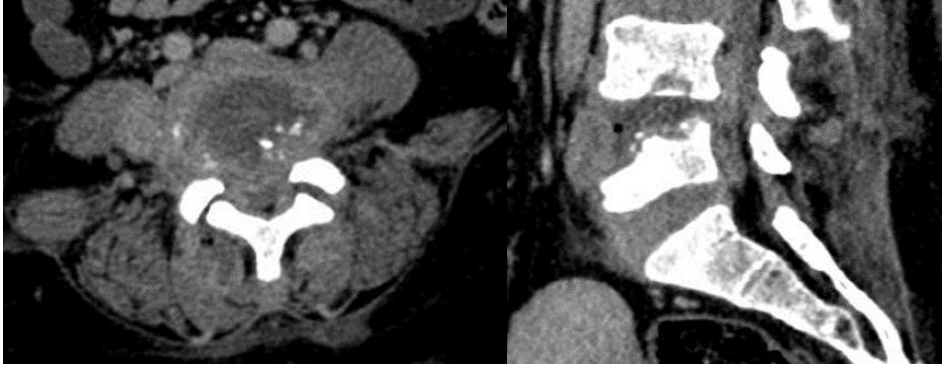


Figure 5 : Scanner du rachis lombaire, fenêtre discale en coupe axiale (a) et reconstruction sagittale(b) : une hypodensité du disque L4-L5, avec calcifications intra discales, un débord discal postérieur diffus et une compression médullaire. On retrouve un tassement cunéiforme de la vertèbre sous-jacente

Analyse de la Rentabilité Économique du Maraîchage d'hivernage dans les Communes d'Imanan et de Tagazar au Niger

Idrissa Guisso Maïga Djibril
Soumana Boubacar

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

[Doi:10.19044/esj.2021.v17n17p362](https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n17p362)

Submitted: 19 March 2021

Accepted: 01 May 2021

Published: 31 May 2021

Copyright 2021 Author(s)

Under Creative Commons BY-NC-ND

4.0 OPEN ACCESS

Cite As:

Maïga Djibril I.G. & Boubacar S. (2021). *Analyse de la Rentabilité Économique du Maraîchage d'hivernage dans les Communes d'Imanan et de Tagazar au Niger*. European Scientific Journal, ESJ, 17(17), 362. <https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n17p362>

Résumé

Dans leur quête de sécurité monétaire, les ménages s'adonnent au maraîchage d'hivernage qui de nos jours, représente une véritable alternative de diversification de revenu. La présente étude analyse aussi bien la rentabilité économique des exploitations maraîchères d'hivernage que les facteurs socioéconomiques et techniques influençant cette rentabilité dans les communes d'Imanan et de Tagazar au Niger. Les données primaires ont été obtenues au moyen d'enquêtes individuelles et des focus groups. Au total, 102 maraîchers, choisis de façon aléatoire, ont été enquêtés. L'analyse des données basée sur l'approche budgétaire, a permis d'évaluer les éléments comptables des exploitations. Une fonction stochastique de type Cobb-Douglass a été estimée à l'aide du logiciel STATA 14.1. Les résultats montrent que le modèle est hautement significatif ($p < 0,001$) avec un coefficient de détermination multiple ajusté R^2 de 0,79. Il résulte que les exploitations maraîchères d'hivernage étudiées sont rentables, étant donné qu'un franc investi rapporte 3,47 FCFA. En ce qui concerne les déterminants, les résultats montrent que l'expérience des maraîchers, la superficie cultivée et la vente individuelle au marché ont un effet positif significatif sur la marge nette dégagée. Pendant que la vente groupée bord parcelle l'influence négativement. Le maraîchage d'hivernage doit être davantage promu au Niger tout en mettant l'accent sur la vente individuelle au marché.

Mots clés : Exploitations maraîchères d'hivernage, Rentabilité, Marge nette, Déterminants, Niger

Analyzing Economic Profitability of Rainy Market Garden in the Municipalities of Imanan and Tagazar in Niger

Idrissa Guisso Maïga Djibril
Soumana Boubacar

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

Abstract

In their quest for monetary security, the households practice the rainy market gardening which is, at present, a real alternative of income diversification. This paper focuses on the rainy market gardening profitability in the municipalities of Imanan and Tagazar in Niger. It aims to identify the factors which explain this profitability. The data collected in the fields is used to calculate the different inputs, output, and the profitability of rainy market gardening. Cobb Douglas stochastic function is estimated. The model is significant ($p < 0,001$) with an adjusted coefficient of determination R^2 of 0,79. The model explains about 79% of net margin changing by the variables included. The result shows that on an average area of 180 m², a farmer who invests 74000 FCFA in rainy market garden earns a net margin of 177 156 FCFA. After using the regression model, it reveals that the net margin of rainy market gardening is influenced by variables like the experience, the area of gardening, and the selling product at the market. However, the age, being in farmer's organization, access to information and other selling strategies were not significant in the model.

Keywords: Rainy gardening market, Profitability, Net margin, Determinants, Niger

1. Introduction

Les potentialités dont dispose le Niger en termes de terres arables, d'eau souterraine et de ressources humaines font de l'agriculture le moteur de l'économie de ce pays (INS, 2012). Malgré son importance, l'agriculture est soumise à de nombreuses contraintes impactant négativement sa performance. Ainsi observe-t-on très peu d'améliorations dans les pratiques culturelles ancestrales basées surtout sur la production de cultures sèches mais qui apparaissent de plus en plus limitées pour faire face efficacement aux rapides changements socio-économiques et climatiques actuels (Butaré & Zoundi,

2005). La pratique de la jachère, garante de la restauration naturelle de la fertilité des sols est de nos jours sous la pression foncière et d'un besoin galopant en résidus de culture, menacée de disparition (CILSS, 1982a ; OCDE/FAO, 2016). Les attaques parasitaires, notamment le développement des acridiens et des chenilles se manifeste de plus en plus du fait de la prédominance de la monoculture basée sur les céréales (CILSS, 1982b ; Forest et *al.*, 1991 ; Balme et *al.*, 2005). Il en résulte une baisse continue de la productivité agricole en déphasage avec un taux de croissance de la population ascendant (Hamadou, 2000). Pour pallier aux difficultés des paysans liées à la dégradation de leur revenu dont la faible valeur marchande de leur production céréalière ne permet plus de garantir, mais face aussi aux effets pervers des aléas climatiques, des initiatives proposées par l'Etat et soutenues par les partenaires au développement ont été introduites en milieu rural. Il s'agit notamment de la culture maraîchère de contre-saison.

Pratiquées pour fournir des compléments alimentaires, les cultures de contre saison ont été très vite appropriées par les populations, à telle enseigne que la valeur d'échange est supérieure à la valeur d'usage. Cette situation a occasionné, au fil du temps, un important volume de productions maraîchères sur une courte période. La conséquence est la baisse des prix des produits maraîchers obligeant certains producteurs à brader leurs extrants (Mahamadou et *al.*, 2018). Face à cette nouvelle situation, des producteurs entrepreneurs, en retardant la production pour bénéficier de prix rémunérateurs, ont fini par identifier une forte demande en produits frais notamment en hivernage. Etant dans une perte de confiance quant à l'investissement dans les cultures sèches, pratiquer une activité à haute valeur marchande mais aussi d'usage, dont ils ont une marge dans la maîtrise de l'eau et de certains intrants, est devenu une aubaine pour les producteurs ayant déjà une expérience dans les cultures de contre saison. Ce constat est surtout fait de la périphérie de Niamey jusqu'à un rayon de 100 km notamment dans les zones dont l'accès à l'eau souterraine est plus facile telles que les communes de Tagazar et d'Imanan (Nazoumou et *al.*, 2016). Les deux communes toutes traversées par le Dallol Bosso, se particularisent dans la production maraîchère d'hivernage. La première est spécialisée dans la production du chou tandis que la seconde contribue dans la production de la tomate et du poivron. L'objectif de ce travail est d'analyser la rentabilité économique des exploitations maraîchères d'hivernage tout en déterminant les facteurs explicatifs de cette dernière. Une exploitation maraîchère d'hivernage peut être définie comme étant une entité technico-économique orientée dans la production des légumes et des fruits durant la campagne humide. Cette campagne peut s'étendre du mois de mai à octobre (MAG/EI, 2015).

2. Matériel et méthodes

2.1. Zone d'étude

Les communes de Tagazar et d'Imanan sont situées respectivement, à 13°47'7'' Nord et 02°56'50'' Est et 14°01'40'' Nord et 3°12'53'' Est, dans les départements de Balleyara et de Filingué. Traversées par le Dallol Bosso (une vallée fossile), les deux (2) communes bénéficient d'une nappe peu profonde et d'une proximité avec Niamey, la capitale.

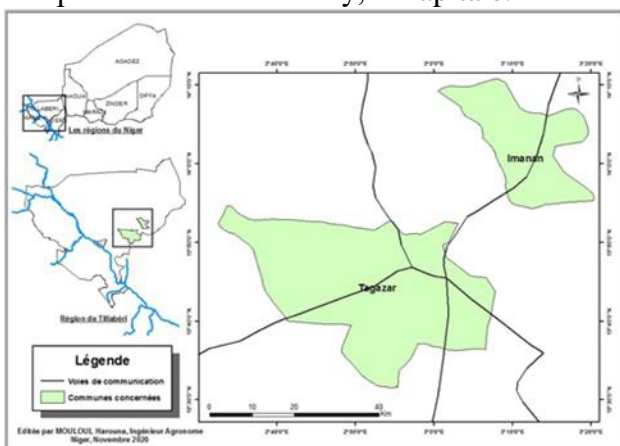


Figure 1. Zone d'étude

2.2 Matériel

Le matériel végétal est constitué de chou (*Brassia oleracea*), de poivron (*Capsicum annum*) et de tomate (*Solanum lycopersicum*), qui sont les principales spéculations dans les parcelles. Le matériel technique de collecte de données comprend un guide d'entretien semi-structuré, un questionnaire et un appareil GPS.

2.3 Méthodes

2.3.1 Présentation des données

Les données secondaires ont été recueillies auprès des services techniques, municipaux et les bibliothèques pour obtenir des informations techniques et d'ordre général de la zone d'étude. Ces données nous ont permis de faire l'état de lieu des concepts et théories se rapportant à notre recherche. Les données primaires ont été obtenues au moyen d'enquêtes individuelles et des focus groups. Les valeurs des extrants récoltés et des intrants utilisés ont été quantifiées afin de déterminer les ratios économiques.

2.3.2 Critères et choix des sites

La pratique du maraîchage toute l'année, l'accès rapide aux grands centres et l'accès facile à l'eau constituent les trois principaux critères ayant prévalu dans le choix de la zone d'étude. L'échantillonnage a été réalisé à la

suite de deux étapes. Il s'agit d'abord, de la prise contact avec les services techniques et les leaders paysans. Le concours de ces deux acteurs agricoles expérimentés connaissant bien la zone, a permis d'évaluer le nombre de maraîchers d'hivernage à 450 en 2019 dans les communes d'Imanan et de Tagazar. L'objectif fixé étant d'enquêter au moins 20% de cette population cible, la collecte de données a concerné 102 maraîchers d'hivernage.

2.3.3 Détermination de la rentabilité

Plusieurs auteurs ont essayé de définir la rentabilité et les méthodes de son évaluation (Babacar et *al.*, 2020). Son calcul diffère selon les aspects économiques, commerciaux et financiers (Khadija & Soukaina, 2011). Selon Pirou (2005), la rentabilité est la capacité d'un capital à obtenir un revenu. On compare le profit obtenu au capital engagé. La rentabilité peut se définir aussi comme étant la capacité d'une entreprise à réaliser des bénéfices sur une période donnée. Pour Beiton et Ali (2001), la rentabilité est un rapport entre les gains et les fonds engagés. Elle mesure l'aptitude d'une opération économique à produire un flux de revenus actualisés supérieurs aux dépenses engagées. Elle s'exprime par un taux qui ne tient pas compte de l'origine des capitaux engagés dans l'opération et est mesurée par la valeur ajoutée. Selon l'institut national des statistiques et études économiques (INSEE), la marge brute qui est le solde du compte de production est égale à la valeur de la production diminuée des consommations intermédiaires. Selon cette même source, l'approche budget d'entreprise est mieux indiquée pour ressortir les éléments comptables des exploitations. Ainsi, les différentes formules utilisées résultent de cette revue littéraire.

-La marge brute (MB) est formulée comme suit:

$$\mathbf{MB = Produit brut - Charges Opérationnelles} \quad (1)$$

Les charges opérationnelles constituent les montants alloués à l'achat des semences, de l'engrais, du fumier, du carburant, des produits phytosanitaires, de la main d'œuvre salariée mais aussi les frais de communication et de transport. Le produit brut ou la recette est obtenu en multipliant la quantité totale de l'extrait par son prix unitaire.

-La marge nette (MN) est la différence entre la marge brute (MB) et les charges fixes, formulée comme suit :

$$\mathbf{MN = MB - Charges Fixes} \quad (2)$$

Les charges fixes concernent l'amortissement la charrette, la motopompe et les tuyauteries. L'amortissement linéaire se calcule de la manière suivante :

$$\mathbf{Amorti = \left(\frac{Pm}{Dv}\right)} \quad (3)$$

Pm est le prix du matériel et Dv sa durée de vie.

2.3.4 Analyse des déterminants de la rentabilité économique

La théorie économique offre de nombreuses approches pour estimer l'effet d'une ou de plusieurs variables dites explicatives sur une variable dite «expliquée » (Nembot & Ningaye, 2011). La plus couramment utilisée fait appel à la statistique analytique à travers des modèles de régression (Arshadi & Lawrence, 1987 ; Bouke, 1989). Dans le cadre de la présente étude, l'approche paramétrique de la frontière de production stochastique a été préférée du fait de certaines réalités du domaine agricole en général et du maraîchage en particulier. En effet, Selon Coelli et *al.* (1998), les frontières de type stochastique semblent être plus appropriées que la méthode non paramétrique dans le domaine agricole, en particulier pour les pays en développement, où les données sont fortement influencées par des phénomènes aléatoires. Le modèle de la frontière stochastique a été initialement introduit de façon simultanée par Aigner et *al.* (1976). Dans le secteur agricole, plusieurs chercheurs ont utilisé la fonction Cobb-Douglass pour analyser les déterminants de la rentabilité ou de la performance des exploitations agricoles (Padonou et *al.*, 2011 ; Fontan, 2012 ; Choukou *al.*, 2017).

Pour la simplicité des calculs, la fonction de production Cobb-Douglass est privilégiée par rapport à la forme translog. La formule générale de la fonction de production Cobb-Douglass se présente comme suit :

$$Q = AK^{\alpha}L^{\beta} \quad (4)$$

Q est le niveau de production ; K, le niveau de capital ; L, niveau de travail ; A, α et β sont les constantes déterminées par la technologie.

Toutes les variables se référant au profil du maraîcher, au ménage qu'il prend en charge, aux caractéristiques de son exploitation, à son affiliation et à ses stratégies de commercialisation, ont été testées dans le modèle de régression. Pour éviter les problèmes de multi-colinéarité, certaines variables explicatives présentant une forte corrélation avec d'autres ont été éliminées dans modèle de base. Ainsi, douze (12) variables ont été testées et incluses dans le modèle. La forme empirique de régression se présente comme suit :

$$\text{LogMN} = b_0 + b_1\text{Age} + b_2\text{Sexe} + b_3\text{ExpérienceMS} + b_4\text{Affiliation} + b_5\text{Instruction} + b_6\text{Encarement} + b_7\text{SupMH} + b_8\text{Capital} + b_9\text{VGBP} + b_{10}\text{VIM} + b_{11}\text{VIB} + b_{12}\text{TailleMenage} \quad (5).$$

b_0 est une constante. Les autres (de b_1 à b_{12}) sont des coefficients qui vont être déterminés à l'aide de la régression linéaire. MS : maraîchage en campagne sèche, MH : maraîchage d'hivernage, VGBP : vente groupée bord parcelle, VIM : vente individuelle au marché, VIB : vente individuelle bord-parcelle.

Tableau 1. Effets attendus des variables explicatives

Variable dépendante : La marge nette (Nette)			
Variables explicatives	Description	Signe attendu	Modalités
Age	Age du chef d'exploitation	+	Variable continue
Sexe	Sexe du chef d'exploitation	+	0=féminin 1=masculin
Expérience MS	Son expérience en maraîchage sec en années	+	Variable continue
Affiliation aux Organisations Paysannes (OP)	Appartenance à une OP	+	0=non, 1=ooui,
Instruction	Niveau d'instruction du chef d'exploitation	+	0=non, 1=ooui,
Capital	Montant investi	+	Continue
Superficie Maraîchage d'Hivernage	Sa superficie en MH en mètre carré.	+	Variable continue
VGBP	Vente groupée bord-parcelle		0=non, 1=ooui
VIBP	Vente individuelle bord parcelle	+	0=non, 1=ooui
VIM	Vente individuelle Marché	+/-	0=non, 1=ooui
Accès encadrement	Accès à la vulgarisation	+	0=non, 1=ooui
Taille ménage	Nombre de personnes prises en charge	+/-	Variable continue

3. Résultats-Discussion

3.1 Caractéristiques socioéconomiques et démographiques

Le Tableau 2 indique que l'âge moyen des chefs d'exploitation maraîchères d'hivernage est de 47 ans. L'expérience minimale des chefs d'exploitation enquêtés, en maraîchage de la campagne sèche est de 6 ans alors que ce résultat représente la moyenne pour l'expérience en hivernage. Cela constitue un facteur capital dans la bonne conduite et la réussite de toute activité. La pratique du maraîchage d'hivernage est donc récente mais commence à prendre de l'ampleur dans la zone étudiée. En moyenne, les superficies exploitées en maraîchage au cours de la campagne sèche (de novembre à mars) sont 12 fois plus grandes que celles du maraîchage d'hivernage (de juin à octobre). Cela pourrait s'expliquer par la « nouveauté » du maraîchage d'hivernage aux yeux des producteurs. Or, en milieu paysan, toute nouveauté fait d'abord l'objet de réticence avant de connaître une adoption fulgurante. En plus, en saison sèche, des grandes superficies (souvent plus d'un hectare par maraîcher) sont exploitées pour la production de la pomme de terre et du chou dans les deux communes étudiées. Cela dénote les possibilités qu'ont les paysans pour étendre les superficies destinées au maraîchage d'hivernage.

Le Tableau 2 montre aussi que la taille moyenne des ménages est d'environ 9 personnes pour un nombre d'actifs agricoles mobilisés de 2,37. La comparaison du nombre de personnes en charge par rapport au nombre d'actifs agricoles mobilisés indique que chaque actif agricole mobilisé (1AA) prend en charge environ 4 personnes (Tableau 2).

Tableau 2. Caractéristiques socioéconomiques

Variables	Minimum	Maximum	Moyenne	Ecart type
Age	25	61	46,48	6,79
Année expérience MS	6	30	14,41	5,37
Année expérience MH	3	17	5,98	2,60
Taille du ménage	4	17	8,97	2,69
Nombre d'actifs agricoles	1	4,3	2,37	0,86
Superficie MS	200	15000	2140,83	2938,35
Superficie MH	70	1500	179,96	171,10

Il ressort de l'analyse du Tableau 3, que le maraîchage d'hivernage est une activité agricole essentiellement masculine. En effet, 98% des maraîchers étudiés sont des hommes. En hivernage, les femmes ne se font remarquer que lors des opérations de récolte tandis qu'elles font partie intégrante du maraîchage en saison sèche. Seules deux veuves ont repris l'exploitation maraîchère après le décès de leurs époux. L'accès aux terres est toujours plus facile après le mariage.

Concernant le niveau d'instruction des chefs d'exploitation, il ressort du Tableau 3 qu'environ la moitié des maraîchers interrogés est instruite avec 34,3% ayant un niveau d'étude compris entre le primaire et le secondaire, 10,8% ayant fait des études coraniques et 1% ayant bénéficié de cours d'alphabétisation fonctionnelle. Le niveau d'instruction peut être synonyme d'ouverture à l'innovation et donc à la modernisation des exploitations maraîchères d'hivernage.

L'étude a montré qu'il existe trois (3) modes d'accès à la terre pour la production maraîchère d'hivernage à savoir l'achat, l'héritage et le prêt. 80,4 % des terres utilisées pour le maraîchage d'hivernage ont été acquises par l'héritage. Après l'héritage, viennent les achats et les prêts avec respectivement des taux de 10,8% et de 8,8%. L'achat de ces terres est motivé par l'engouement des paysans de la localité mais aussi d'autres contrées pour le maraîchage. Selon les producteurs, ce mode d'accès va concurrencer l'héritage dans les années à venir. En effet, certains producteurs ayant hérité les terres ne sembleraient pas mesurer les opportunités de l'exercice du maraîchage d'hivernage. Ils sont tentés de vendre une partie de leurs terres pour investir dans le commerce.

Tableau 3. Caractéristiques sociodémographiques

Variabiles	Modalités	Effectif	Proportion
Situation matrimoniale	Marié	100	98,0%
	Veuve	2	2,0%
Niveau d'instruction	Non scolarisé	55	53,9%
	Primaire	30	29,4%
	Secondaire	5	4,9%
	Coranique	11	10,8%
	Cours d'adultes	1	1,0%
Affiliation aux Organisations Paysannes	Oui	66	64,7%
	Non	36	35,3%
Modes d'Acquisition de la terre	Héritage	82	80,4%
	Achat	11	10,8%
	Prêt	9	8,8%

3.2 Analyse de la rentabilité économique et financière

Le Tableau 4 présente la structure du coût de production d'une part et la rentabilité financière des exploitations maraîchères d'hivernage. Sur une superficie moyenne de 180 m², les coûts variables (60941 FCFA) représentent 82,35% du coût total de production qui est de 412 FCFA/m². Dans l'allocation des ressources liées aux coûts variables, les semences et le carburant occupent respectivement les deux premières places (29,5% et 33,32%).

Pour le premier intrant, cela pourrait s'expliquer par la cherté des semences adaptées à la saison mais aussi les pertes de semis enregistrées en pépinière, tandis que pour le second, les maraîchers évoquent le besoin pressant en eau à partir de deux (2) semaines après le repiquage. Ce résultat contredit l'hypothèse selon laquelle le besoin en eau des cultures maraîchères en hivernage serait faible du fait de la pluviosité. Ce résultat est contraire à celui de Savi (2009) pour lequel les produits fertilisants et la main d'œuvre salariée sont les principaux postes de dépenses dans la production de Crinclin (*Corchorus olitorius*). L'amortissement linéaire a été considéré dans le calcul des coûts fixes. Ces derniers représentent 25,73% du coût total de production. Le Tableau 4 indique que le produit brut moyen est de 257 134 FCFA. Rapporté au coût total de production, l'on obtient un coefficient multiplicateur moyen de 3,47. La marge brute moyenne est de 196 193 FCFA. Les marges nettes minimale (3000 FCFA) et maximale (1 878 300), renseignent sur la différence qui existe entre maraîchers du point de vue de la rentabilité même si tous les maraîchers enquêtés réalisent des résultats positifs. Tout de même, le gain estimé à 177 156 FCFA permet de satisfaire les besoins primaires à une période où les ressources financières se font rares et mais aussi de réinvestir dans le maraîchage de la campagne sèche. Ce résultat est similaire aux travaux de Choukou et *al.* en 2017 sur la production du maïs dans le

Kanem au Tchad et à ceux de Savi (2009) sur la production du Crinclin (*Corchorus olitorius*).

Tableau 4. Composantes des charges et produit (en FCFA)

Rubriques	Minimum	Maximum	Moyenne	Ecart type
Semences	3 500	87 500	16 255	12 487
Carburant	4 250	70 500	18 314	11 841
Fertilisant	0	28 500	6 825	5 207
Produits phyto	0	29 500	6 868	6 344
Main d'œuvre	1 000	64 500	6 236	8 383
Coût intrants agricoles	17 500	242 700	54 972	34 887
Transport	0	96 000	4 820	13 830
Communication	0	3 500	1 150	702
Coûts variables	18 000	340 700	60 941	43 605
Coûts fixes	1 200	29 000	19 037	5 046
Coût total	24 600	258 700	74 000	35 923
Produit brut	41 300	2 235 000	257 134	251 550
Marge brute (MB)	20 800	1 894 300	196 193	214 640
Marge Nette (MN)	3 000	1 878 300	177 156	214 545

3.3 Déterminants socioéconomiques et techniques de la rentabilité

Les résultats du Tableau 5 montre que le modèle d'estimation des déterminants de la rentabilité est globalement significatif ($p < 0,001$) avec un coefficient de détermination multiple ajusté R^2 de 0,79. Ce qui indique que 79% de la variation totale de la marge nette (MN) est expliqué par les douze variables incluses dans le modèle. Quatre d'entre elles ont présenté un effet significatif à savoir l'expérience, la superficie exploitée, la vente groupée bord parcelle et la vente individuelle au marché. Le coefficient de la variable « Expérience_MS » a été significativement positif ($p < 0,1$). Cela indique que plus le nombre d'années d'expérience augmente meilleure est la marge nette. L'âge n'affecte pas significativement la marge nette ($p = 0,5063$). Ces résultats montrent que les maraîchers âgés ne sont pas forcément les plus expérimentés. Ces derniers mettent à profit leur savoir-faire en maraîchage au cours de la campagne sèche pour rentabiliser le maraîchage d'hivernage. Le coefficient de la variable « Sup_MH » a été significativement positif ($p < 0,001$). Ainsi, plus la superficie exploitée est grande, plus la marge nette croît. Ce résultat est similaire à celui des travaux de Choukou (2017) et Kouakou (2019). Ces travaux ont montré que la rentabilité est significativement corrélée à la superficie emblavée. Ce résultat est néanmoins contraire aux résultats de travaux de Sen (1962), Berry et Cline (1979), et Deolalikar (1981) qui avaient confirmé la thèse de la relation inverse, soutenant que la productivité des petites exploitations est supérieure à celle des grandes. Pour ces auteurs, plus la taille de l'exploitation est grande, plus celle-ci est inefficace.

En ce qui concerne les trois stratégies de commercialisation testées dans le modèle, la variable « VIM », c'est-à-dire la vente individuelle au marché, influence positivement la rentabilité des cultures maraîchères ($p=0,0678$). Ce qui est loin d'être le cas de la variable « VGBP » avec un coefficient négatif. La variable « VIBP » a eu une influence positive mais non significative sur la rentabilité. Ce résultat révèle que les maraîchers qui ciblent et intègrent les marchés bénéficient d'un prix très rémunérateur, réalisent plus de gain que ceux qui restent sur place pour attendre l'arrivée de clients à la parcelle. Le niveau d'instruction, l'accès à l'encadrement et la taille du ménage n'ont pas été significatifs dans le modèle.

Tableau 5. Appréciation des déterminants du modèle

Variables explicatives	Variable expliquée : Marge Nette (MN)		
	Coefficient	Erreur type	t
Age	1 117,76	1 672,65	0,67
Sexe	55 448,84	71 786,91	0,77
Année Expérience MH	2 605,51*	4 791,08	0,54
Affiliation aux OP	-1 288,51	23 050,89	-0,06
Instruction	-15 492,05	21 913,17	-0,71
Encadrement	-1 204,76	20 891,27	-0,06
Superficie exploitée MH	996,14***	83,47	11,93
Capital fixe	-2,76	2,04	-1,35
VGBP	-11 740,35*	62 394,85	-0,19
VIM	11 173,29*	26 853,60	0,42
VIBP	6 620,92	27 339,51	0,24
Taille du ménage	893,01	4 628,46	0,19
Constante	-99 701,08***	122 677,93	-0,81

$N=102$; $F(14, 87)= 29,58$; R^2 ajustée = 0,79 ; $P=0,000$;

(*), (**) et (***) désignent que le résultat est respectivement significatif au seuil de 10%, de 5% et de 1% dans le modèle.

Conclusion

Au regard de ce qui précède, le maraîchage d'hivernage est une activité économique pratiquée majoritairement par les hommes. La plupart d'entre eux est relativement jeune avec un niveau d'instruction plus élevé au regard du niveau général en milieu paysan nigérien. Ce sont des exploitants dotés d'une grande expérience en maraîchage de la campagne sèche, plus ouverts à l'innovation. Le maraîchage d'hivernage est rentable dans les communes de Tagazar et d'Imanan. La marge nette (MN) est positive chez tous les producteurs enquêtés. Plusieurs facteurs socioéconomiques, sociodémographiques et techniques ont influencé soit de façon positive soit de façon négative cet indicateur de la rentabilité. Le test du modèle a été

significatif et les facteurs introduits ont expliqué à 79% la variation de la marge nette. Les signes positifs attendus pour le nombre d'années d'expérience et la superficie exploitée ont été confirmés, à l'issue de l'étude. Cependant, l'âge, le sexe, l'accès à l'encadrement, l'affiliation aux OP n'ont pas de relation significative avec la marge nette générée dans la pratique du maraîchage en hivernage. Les Organisations Paysannes et les services techniques publics et privés devraient s'investir plus dans l'encadrement des paysans sur le maraîchage d'hivernage. Ce type de maraîchage est surtout l'activité des paysans les plus entrepreneurs qui n'attendent jamais un soutien extérieur pour atteindre leurs objectifs.

References:

1. Aigner, D.-J., Lovell C.-A.-K, & Schmidt, P. (1976). Formulation and estimation of stochastic frontier production function models. *Journal of econometrics*, vol. 6, p. 21-38.
2. Alpha, G. & Dramé, A. (2006). Histoire des crises alimentaires au Sahel : cas du Niger, 71p.
3. Arshadi, N. & Lawrence, EC. (1987). « An empirical investigation of new bank of performance », *Journal of Banking and Finance*, Volume 11, P 33-48.
4. Babacar, F., Sadibou, S., Mamadou, D.F., Bachir, W. (2020). Les performances agro-économiques de l'urée: Doi:10.19044/esj.2020.v16n13p364 URL:http://dx.doi.org/10.19044/esj.2020.v16n13p364 Super Granulé : Cas Du Riz Au Sénégal.
5. Balme, M., Galle, S. & Thierry, L. (2005). Démarrage de la saison des pluies au Sahel : variabilité aux échelles hydrologique et agronomique, analysée à partir des données EPSAT-Niger. 8p.
6. Bastain, S. & Fromageot, A. (2007). Le maraîchage : révélateur dynamique des campagnes sahélo-soudaniennes, 19p.
7. Berry, RA. & Cline, WR. (1979). *Agrarian Structure and Productivity in Developing Countries*, the Johns Hopkins University Press, Baltimore et Londres.
8. Bourke, P. (1989). « Concentration and other determinants of bank profitability in Europe, North America and Australia », *Journal of Banking and Finance*, Volume 13, PP 65-79.
9. Butaré, I. & Zoundi, J. (2005). Eclairer la prise de décision politique en Afrique subsaharienne, 101p.
10. Choukou, MM., Biaou, G., Zannou, A. & Ahohuendo, B. (2017). Production et rentabilité de la culture de maïs dans les oasis du Kanem au Tchad, 10p Volume 45(3). Published September, 01, 2017 www.jnsciences.org E-ISSN 2286-5314.

11. Coelli, T., Rao, P. & Battese, G. (1998). An introduction to efficiency and productivity analysis. Massachusetts, Kluwer Academic Publishers, 275 p.
12. Comité Inter Etat de Lutte contre la Sécheresse au Sahel (1982). Développement des cultures pluviales au Niger. 293p.
13. Deolalikar, A. B. (1981). The inverse relationship between productivity and farm size: a test using regional data from India”, American Journal of Agricultural Economics, vol. 63 (2), 1981, 275-279.
14. Fontan, C. (2012). Production et efficience technique des riziculteurs de Guinée
<http://journals.openedition.org/economierurale/342>
DOI : 10.4000/economierurale.342 ISSN : 2105-2581.
15. Forest, F. & Cortier, B. (1991). Diagnostic hydrique des cultures et la prévision du rendement régional du mil cultivé dans les pays du CILSS, 11 pages.
16. Hamadou, S. (2000). Evolution à long terme des productions agricoles du système de commercialisation et des prix des produits dans la zone de Maradi, 43p
17. Institut National de la Statistique (2012). Agriculture et conditions de vie des ménages au Niger, 72p.
18. Kouakou, A.M (2019). Rentabilité de la production et commercialisation de l'igname (*Dioscorea*) en Côte d'Ivoire, p51-56
19. Mahamadou, I., Joachim, B., & Kabirou Sani, OB. (2018). Analyse des contraintes foncières et culturelles du maraîchage dans le département de Kantché au Niger: cas du périmètre irrigué de Tassaou. Doi : 10.19044/esj.2018.v14n30p240
URL:<http://dx.doi.org/10.19044/esj.2018.v14n30p240>
20. Ministère de l'Agriculture et de l'Elevage (2015). Stratégies de la petite irrigation du Niger. Niamey, éditions Ministère de l'Agriculture. 55p.
21. Nazoumou, Y., Favreau, G., Adamou, MM., & Maïnassara, I. (2016). La petite irrigation par les eaux souterraines, une solution durable contre la pauvreté et les crises alimentaires au Niger ? Cah. Agric. 25 : 15003. 114p.
22. Nembot, L. & Ningaye, N. (2011). Réformes financières et rentabilité du système bancaire des États de la CEMAC, DOI: 10.3917/med.155.0111.
23. Padonou, HM. (2011). Analyse socio-économique des systèmes de production agricole à base d'igname dans la commune de Glazoué au Bénin : cas du village Magoumi, 65p.

24. Papy, B.B. & Alain Roddy, MK. (2020). Performances Des « Fermes Modèles » Du Corridor De Monkoto Dans La Province De La Tshuapa, République Démocratique Du Congo. Doi:10.19044/esj.2020.v16n24p206
URL:<http://dx.doi.org/10.19044/esj.2020.v16n24p206>
25. Paul-Alfred, K. (2019) : Déterminants de la productivité, de la rentabilité économique et impact social du maraîchage dans la commune de Boundiali, au Nord de la Côte d'Ivoire. Rev. Mar. Sci. Agron. Vét. (2020) 8(1): 93-102.
26. Pirou, JP. (2005). Mesure de la rentabilité des entreprises, 25p
27. Sadi, S.M., Saidou, A.K., Boubé, M. & Aune, J.B. (2020). Effet de la fertilisation à base de biomasse de *Sida cordifolia* L. sur les performances Agronomiques et la rentabilité économique de la tomate (*Lycopersicum esculentum* Mill) en culture irriguée. European Scientific Journal, ESJ, 16 (3), 127. <https://doi.org/10.19044/esj.2020.v16n3p127>
28. Savi, A.D. (2009). Analyse de la rentabilité financière et de l'efficacité économique de la production du crinclin (*Corchorus olitorius*) dans la vallée du Mono. Mémoire du diplôme d'études approfondies (DEA), 23-45p.
29. Sen, A.K. (1962). An aspect of Indian agriculture. Economic Weekly, February, 243-246.