

European Scientific Journal, *ESJ*

August 2021

European Scientific Institute, ESI

The content is peer reviewed

ESJ Natural/Life/Medical Sciences

August 2021 edition vol. 17, No. 29

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

ISSN: 1857-7431 (Online)

ISSN: 1857-7881 (Print)

About the Journal

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

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

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

Sincerely,

Jovan Shopovski, PhD

European Scientific Journal (ESJ)

Managing Editor

International Editorial Board

Jose Noronha Rodrigues,
University of the Azores, Portugal

Nino Kemertelidze,
Grigol Robakidze University, Georgia

Jacques de Vos Malan,
University of Melbourne, Australia

Franz-Rudolf Herber,
University of Saarland, Germany

Annalisa Zanola,
University of Brescia, Italy

Vayia Karaïskou,
Open University of Cyprus

Robert Szucs,
Szolnok University College, Hungary

Dragica Vujadinovic,
University of Belgrade, Serbia

Pawel Rozga,
Technical University of Lodz, Poland

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

Rashmirekha Sahoo,
Melaka-Manipal Medical College, Malaysia

Daniel Barredo,
University Laica Eloy Alfaro de Manabi, Ecuador

Georgios Vousinas,
University of Athens, Greece

Asif Jamil,
Gomal University DIKhan, KPK, Pakistan

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

Faranak Seyyedi,
Azad University of Arak, Iran

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

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

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

Chaudhry Zahid Javid,
Taif University, Saudi Arabia

Dejan Marolov,
European Scientific Institute, ESI

Gloria Esteban de la Rosa,
University of Jaen, Spain

Noor Alam,
Universiti Sains Malaysia, Malaysia

Rashad A. Al-Jawfi,
Ibb University, Yemen

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

Hans W. Giessen,
Saarland University, Saarbrucken, Germany

Naheed Vaida,
University of Kashmir, India

Frank Bezzina,
University of Malta, Malta

Monika Bolek,
University of Lodz, Poland

Michele Minor-Corriveau,
Laurantian University, Canada

Robert N. Diotalevi,
Florida Gulf Coast University, USA

Daiva Jureviciene,
Vilnius Gediminas Technical University, Lithuania

Mariangela Giusti,
University of Milan - Bicocca, Italy

Anita Lidaka,
Liepaja University, Latvia

Rania Zayed,
Cairo University, Egypt

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

Ziad Said,
College of the North Atlantic, Qatar

Lydia Ferrara,
University of Naples, Italy

Byron A Brown,
Botswana Accountancy College, Botswana

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

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

Mona Kassem,
National Research Centre, Egypt

Cinaria Tarik Albadri,
Trinity College Dublin University, Ireland

Mahammad A. Nurmamedov,
State Pedagogical University, Azerbaijan

Thomas Fenzl,
Alps-Adria University of Klagenfurt, Austria

Henryk J. Barton,
Jagiellonian University, Poland

Stefanos Spaneas,
University of Nicosia, Cyprus

Assem El-Shazly,
Zagazig University, Egypt

Wei Hao,
Beijing Normal University, China

Saltanat Meiramova,
S.Seifullin AgroTechnical University, Kazakhstan

Rajasekhar Kali Venkata,
University of Hyderabad, India

Nishan Rafi Havandjian,
California Polytechnic State University, USA

Ruzica Loncaric,
Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Croatia

Stefan Vladutescu,
University of Craiova, Romania

Anna Zelenkova,
Matej Bel University, Slovakia

Kevin B. O'Connor,
McGill University, Canada

Billy Adamsen,
University of Southern Denmark, Denmark

Nawab Ali Khan,
Aligarh Muslim University, India

Marinella Lorinzi,
University of Cagliari, Italy

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

Bianca Gioia Marino,
University of Naples Federico II, Italy

Franko Milost,
Faculty of Management, Koper, Slovenia

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

Daniel Velasco,
Chicago School of Professional Psychology, USA

N. K. Rathee,
Delaware State University, USA

Michael Ba Banutu-Gomez,
Rowan University, USA

Adil Jamil,
Amman University, Jordan

Habib Kazzi,
Lebanese University, Lebanon

Valentina Manoiu,
University of Bucharest, Romania

Henry J. Grubb,
University of Dubuque, USA

Daniela Brevenikova,
University of Economics, Slovakia

Genute Gedviliene,
Vytautas Magnus University, Lithuania

Vasilika Kume,
University of Tirana, Albania

Mohammed Kerbouche,
University of Mascara, Algeria

Adriana Gherbon,
University of Medicine and Pharmacy Timisoara, Romania

Pablo Alejandro Olavegogeochea,
National University of Comahue, Argentina

Raul Rocha Romero,
Autonomous National University of Mexico, Mexico

Oihab Allal-Cherif,
KEDGE Business School, France

Izabela Dembinska,
University of Szczecin, Poland

Driss Bouyahya,
University Moulay Ismail, Morocco

William P. Fox,
Naval Postgraduate School, USA

Rania Mohamed Hassan,
University of Montreal, Canada

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

Alicia Marchant Rivera,
University of Malaga, Spain

Lucia D'Ambrosi,
University of Macerata, Italy

Tilahun Achaw Messaria,
Addis Ababa University, Ethiopia

George Chiladze,
University of Georgia, Georgia

Elisa Rancati,
University of Milano-Bicocca, Italy

Alessandro Merendino,
University of Ferrara, Italy

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

Anastassios Gentzoglani,
University of Sherbrooke, Canada

Awoniyi Samuel Adebayo,
Solusi University, Zimbabwe

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

Berenyi Laszlo,
University of Miskolc, Hungary

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

Omar Arturo Dominguez Ramirez,
Hidalgo State University, Mexico

Francesco Lenci,
Institute of Biophysics, Italy

Hafiz Muhammad Iqbal,
University of the Punjab, Pakistan

Bupinder Zutshi,
Jawaharlal Nehru University, India

Pavel Krpalek,
University of Economics in Prague, Czech Republic

Mondira Dutta,
Jawaharlal Nehru University, India

Evelio Velis,
Barry University, USA

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

Mahbubul Haque,
Daffodil International University, Bangladesh

Diego Enrique Baez Zarabanda,
Autonomous University of Bucaramanga, Colombia

Juan Antonio Lopez Nunez,
University of Granada, Spain

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

Ashgar Ali Ali Mohamed,
International Islamic University, Malaysia

A. Zahoor Khan,
International Islamic University Islamabad, Pakistan

Valentina Manoiu,
University of Bucharest, Romania

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

Andrzej Palinski,
AGH University of Science and Technology, Poland

Jose Carlos Teixeira,
University of British Columbia Okanagan, Canada

Horst Hanke,
Technical University Darmstadt, Germany

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

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

Irina Matijosaitiene,
Kaunas University of Technology, Lithuania

Anita Auzina,
Latvia University of Agriculture, Latvia

Martin Gomez-Ullate,
University of Extremadura, Spain

Nicholas Samaras,
Technological Educational Institute of Larissa, Greece

Emrah Cengiz,
Istanbul University, Turkey

Andre Ozer,
University of Liege, Belgium

Francisco Raso Sanchez,
University of Granada, Spain

Simone T. Hashiguti,
Federal University of Uberlandia, Brazil

Tayeb Boutbouqalt,
University, Abdelmalek Essaadi, Morocco

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

Ismail Ipek,
Istanbul Aydin University, Turkey

Olena Kovalchuk,
National Technical University of Ukraine, Ukraine

Oscar Garcia Gaitero,
University of La Rioja, Spain

Alfonso Conde,
University of Granada, Spain

Mohsen Hanif,
Kharazmi University, Iran

Jose Antonio Pineda-Alfonso,
University of Sevilla, Spain

Jingshun Zhang,
Florida Gulf Coast University, USA

Rodrigue V. Cao Diogo,
University of Parakou, Benin

Salem Marzougui,
ElKef, Tunisia

Tunjica Petrusevic,
Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Croatia

Olena Ivanova,
Kharkiv National University, Ukraine

Marco Mele,
Unint University, Italy

Okyay Ucan,
Omer Halisdemir University, Turkey

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

Matti Raudjarv,
University of Tartu, Estonia

Cosimo Magazzino,
Roma Tre University, Italy

Susana Sousa Machado,
Polytechnic Institute of Porto, Portugal

Jelena Zascerinska,
University of Latvia, Latvia

Umman Tugba Simsek Gursoy,
Istanbul University, Turkey

Zoltan Veres,
University of Pannonia, Hungary

Vera Komarova,
Daugavpils University, Latvia

Cosmin Stefan Dogaru,
University of Bucharest, Romania

Tiffany T. Boury,
Franciscan University of Steubenville, USA

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

Stephane Zingue,
University of Maroua, Cameroon

Jawed Iqbal,
National University of Sciences & Technology, Pakistan

Tanzer Celikturk,
Pamukkale University, Turkey

Ruth Erika Lerchster,
Alpen-Adria University Klagenfurt, Austria

Pierluigi Passaro,
University of Bari Aldo Moro, Italy

Georges Kpazai,
Laurentian University, Canada

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

Natalia Sizochenko,
Dartmouth College, USA

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

Nikolett Deutsch,
Corvinus University of Budapest, Hungary

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

Brian Sloboda,
University of Maryland, USA

Murtaz Kvirkaia,
Grigol Robakidze University, Georgia

Enrique Jerez Abajo,
University of Zaragoza, Spain

Yassen Al Foteih,
Canadian University Dubai, UAE

Marisa Cecilia Tumino,
Adventista del Plata University, Argentina

Luca Scaini,
Al Akhawayn University, Morocco

Aelita Skarbaliene,
Klaipeda University, Lithuania

Efthymios Papatzikis,
Canadian University, Dubai, UAE

Oxana Bayer,
Dnipropetrovsk Oles Honchar University, Ukraine

Onyeka Uche Ofili,
International School of Management, France

Aurela 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 Supérieure d'Abidjan, Ivory Coast

Sophia Barinova,
University of Haifa, Israel

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

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

Aderewa Amontcha,
Université d'Abomey-Calavi, Benin

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

Rene Mesias Villacres Borja,
Universidad Estatal De Bolívar, Ecuador

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

Qamil Dika,
Tirana Medical University, Albania

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

Hariti Hakim,
University Alger 3, Algeria

Emel Ceyhun Sabir,
University of Cukurova, Turkey

Salomon Barrezueta Unda,
Universidad Tecnica de Machala, Ecuador

Belkis Zervent Unal,
Cukurova University, Turkey

Elena Krupa,
Kazakh Agency of Applied Ecology, Kazakhstan

Carlos Angel Mendez Peon,
Universidad de Sonora, Mexico

Antonio Solis Lima,
Apizaco Institute Technological, Mexico

Roxana Matefi,
Transilvania University of Brasov, Romania

Bouharati Saddek,
UFAS Setif1 University, Algeria

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

Serigne Modou Sarr,
Universite Alioune DIOP de Bambey, Senegal

Nina Stankous,
National University, USA

Lovergine Saverio,
Tor Vergata University of Rome, Italy

Fekadu Yehuwalashet Maru,
Jijjiga University, Ethiopia

Karima Laamiri,
University of Moulay Ismail, Morocco

Elena Hunt,
Laurentian University, Canada

Sharad K. Soni,
Jawaharlal Nehru University, India

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

Florence Kagendo Muindi,
University of Nairobi, Kenya

Maximo Rossi Malan,
Universidad de la Republica, Uruguay

Haggag Mohamed Haggag,
South Valley University, Egypt

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

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

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

Fernando Paulo Oliveira Magalhaes,
Polytechnic Institute of Leiria, Portugal

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

Stefan Cristian Gherghina,
Bucharest University of Economic Studies, Romania

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

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

Aristide Yemmafouo,
University of Dschang, Cameroon

Gabriel Anibal Monzón,
University of Moron, Argentina

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

Arburim Iseni,
State University of Tetovo, Republic of Macedonia

Milad Reda Qelliny,
Minia University, Egypt

Raoufou Pierre Radji,
University of Lome, Togo

Juan Carlos Rodriguez Rodriguez,
Universidad de Almeria, Spain

Mohammadreza Hadizadeh,
Central State University, USAa

Mushtaq Ismael Hasan,
Thi-Qar University, Iraq

Satoru Suzuki,
Panasonic Corporation, Japan

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

Russell Kabir,
Anglia Ruskin University, UK

Nasreen Khan,
SZABIST, Dubai

Luisa Morales Maure,
University of Panama, Panama

Abdelaaziz El Bakkali,
Sidi Mohamed Ben Abdelah University, Morocco

Lipeng Xin,
Xi'an Jiaotong University, China

Harja Maria,
Gheorghe Asachi Technical University of Iasi, Romania

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

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

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

Bertin Desire Soh Fotsing,
University of Dschang, Cameroon

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

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

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

Abdelfettah Maouni,
Abdelmalek Essaadi University, Morocco

Alina Stela Resceanu,
University of Craiova, Romania

Alilouch Redouan,
University Abdelmalek Saadi, Morocco

Gnamien Konan Bah Modeste,
Jean Lorougnon 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:

Analyse Du Remplissage Sédimentaire De La Partie Centrale Du Bassin Des Iullemmeden (Niger Central) Pendant La Période Allant Du Crétacé Supérieur Au Paléocène-Yprésien Et Transgressions Associées.....1

Karimou Laouali Idi

Abdoulwahid Sani

Moussa Konaté

The Relationship Between Apache Ii Score And Nurses' Occupational Stress In Icu.....19

Pei-Ying Jao

Noreena Yi-Chin Liu

Hsiu-Lan Wu

Cheng-Hui Chou

Kuan-Chia Lin

The Use of STEM Approaches To Improve Formula Derivation Steps in Material Science and Engineering Programmes at Higher Education Institutions.....38

Charles Darko

The Effect of An Educational Program on Nurses' Practices Regarding The Implementation of Patient Care and Safety Measures During Nasogastric Tube Feeding in The Critical Care Units in Syria.....59

Yaser Adnan Abo Jeesh

Elham Fath-Elalium Mohammed Khalid

Ishraqa Mohammed Ahmed Elbashier

**Pollution De L’Air Interieur Et Comportements Des Asthmatiques Lies
A La Gestion De La Maladie Dans Les Menages De La Commune De
Yopougon (Côte D’ivoire).....74**

Kouadio Ahou Rosine

Adje N’goran Pascal

Yao Kouakou Daniel

Ouattara Soualiho

**Facteurs Associes Aux Deces Maternels A L’hôpital De Zone Saint Jean
De Dieu De Tanguieta De 2015 A 2019.....93**

Atade Sèdjro Raoul

Hounkponou Ahouingnan Fanny Maryline Nouessèwa

Obossou Achille Awadé Afoukou

Gabkika Bray Madoué

Doha Sèna Mireille Isabelle

Sidi Rachidi Imorou

Vodouhe Mahublo Vinadou

Salifou Kabibou

**Analysis Of The Variables Of Intention Of The Adoption And Acceptance
Of Artificial Intelligence And Big Data Tools Among Leaders Of
Organizations In Morocco: Attempt Of A Theoretical Study.....106**

Moudni Yousra

Chafik Khalid

Pratiques Endogènes De La Culture Des Mangues Locales (*Mangifera Indica* L, Anacardiaceae) Dans Les Départements Du Noun Et De La Lékié Au Cameroun.....128

Christelle Flavie Mbieji Kemayou

Grâce Annih Mbong

Marie Caroline Momo Solefack

Jean Kuate

Etude Phytochimique Des Écorces De Racines Et Des Feuilles De *Securidaca longipedunculata* (Fresen), Polygalaceae Au Mali.....145

Dembele Daouda L.

Haidara Mahamane

Denou Adama

Sanogo Rokia

Analyse Structurale De La Déformation Dans Les Granitoïdes Éburnéens De La Région De Doropo (Nord-Est De La Côte d'Ivoire).....157

Ziandjêdé Hervé Siagné

Tahar Aïfa

Alain Nicaise Kouamelan

N'Guessan Nestor Houssou

Wilfried Digbeu

**Second États Des Lieux Des Facteurs De Décompensation Cétosique Du
Diabète Au Centre National Hospitalier Universitaire De Cotonou.....173**

Comlan Jules Gninkoun

Ogountchoro Edwige

Diallo Mamadou Mansour

Alassani Adébayo

Diallo Alpha Mamadou

**Effets De *Cyperus Articulatus* L. (Cyperaceae) Sur La Memoire Des
Souris Blanches Suisses (*Mus Musculus* Swiss.).....184**

Salomon Taah Yamndou

Elysée Djedoubouyom Name

Asta Madi

Maxwell Nguedjo Wandji

Francine Mediesse Kengne

Alain Loabe Pahimi

Elisabeth Ngo Bum

Alexandre Michel Njan Nlôga

**Profil Des Infections Osteo-Articulaires A Germes Banals En
Hospitalisation Au Service De Rhumatologie Du Chu De Cocody.....201**

Djaha Kouassi Jean-Mermeze

Ouattara Baly

Massi Gbètondji Michel

Hounsounou Mariano

Gbané Mariam

Diomandé Mohamed

Eti Edmond

Evaluation De La Satisfaction Des Patientes Hospitalisées En Suites De Couches À La Maternité De L'hôpital De Bè (Togo).....210

Ajavon D.R.D.

Kakpovi K.

Daketse Y.M.S.

Ketevi A.A.

Douaguibe B.

Logbo-Akey K.E.

Bassowa A.

Aboubakari A.S.

Evaluation De L'efficacité De L'analgésie Postopératoire Procurée Par 100 µg De Morphine Versus 25 µg De Néostigmine Après Rachianesthésie Pour Fracture Du Fémur À Propos De 60 Cas.....223

Magagi Amadou

Maikassoua Mamane

Taoufik Moussa

Boukari M. Bawa

Daddy H.

Chaibou M. Sani

Étude Ethnobotanique Des Plantes Spontanées Comestibles Dans Le Département De Zuénoula (Centre-Ouest De La Côte D'ivoire).....242

Vanié-Bi Irié Germain

Béné Kouadio

Zouzou Michel

**Adaption Of Construction Management Modelling System Through The
Use Of Internet Of Things (IoT).....263**

Ali Bakhit Jaafreh

Mohammad B. Al Jaafreh

Depresión En Estudiantes Universitarios En Tiempos De Covid-19.....282

Diana Jurany Álvarez Domínguez

Sergio Quiroz Gomez

Marisol Guzmán Moreno

Armando Miranda De la Cruz

**Effect Of Trabeculectomy On Ocular Biometry And Refractive Errors In
Pediatric Glaucoma.....291**

Nouhoum Guirou

Youssouf Dembélé

Abdoulaye Napo

Théra Japhet

Drissa Moriba Coulibaly

Amassagou Dougnon

Aichata Tall

Fatoumata Sylla

**Analyse Des Effets De L'adoption Des Variétés Améliorées De Maïs Sur
La Sécurité Alimentaire Du Ménage De L'adoptant Au Nord-
Bénin.....298**

Yessifou Ayédesso Joski

Afouda Alix Servais

Yabi Afouda Jacob

**Regards Sur Les Impacts Environnementaux De Projet d'Exploitation
Minière Semi - Industrielle Dans Le Bassin Du Congo: Cas De La Rivière
Aruwimi (Territoire De Basoko, RD Congo).....328**

Jean De Dieu Mangambu Mokoso

Asimbo Bondoo Norbert

Ekele Mbenga Robert



ESJ Natural/Life/Medical Sciences

Analyse Du Remplissage Sédimentaire De La Partie Centrale Du Bassin Des Iullemeden (Niger Central) Pendant La Période Allant Du Crétacé Supérieur Au Paléocène-Yprésien Et Transgressions Associées

Dr. Karimou Laouali Idi

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

Dr. Abdoulwahid Sani

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

Prof. Moussa Konaté

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

[Doi:10.19044/esj.2021.v17n29p1](https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n29p1)

Submitted: 23 June 2021

Accepted: 03 August 2021

Published: 31 August 2021

Copyright 2021 Author(s)

Under Creative Commons BY-NC-ND

4.0 OPEN ACCESS

Cite As:

Laouali Idi K., Sani A. & Konaté M. (2021). *Analyse Du Remplissage Sédimentaire De La Partie Centrale Du Bassin Des Iullemeden (Niger Central) Pendant La Période Allant Du Crétacé Supérieur Au Paléocène-Yprésien Et Transgressions Associées*. European Scientific Journal, ESJ, 17(29), 1.

<https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n29p1>

Résumé

L'analyse du remplissage sédimentaire du bassin des Iullemeden pendant la période allant du Crétacé supérieur au Paléocène-Yprésien a permis de mettre en évidence une succession de 5 à 6 épisodes transgressifs. La succession verticale des faciès, identifiés pour cette période, comprend de la base au sommet : des grès calcaires et argiles à gypses, d'âge Turonien inférieur-Cénomaniens supérieur mises en place pendant la transgression T1, des calcaires et argilites gypsifères, d'âge Turonien supérieur déposés au cours de la transgression T2, des calcaires et marnes sableuses, d'âge Sénonien inférieur et moyen rattachés à la transgression T3, des siltites et des argilites, d'âge maastrichtien, mises en place pendant la transgression T4 à Libycoceras

ismaeli et Laffiteina bibensis et des argilo-calcaires d'âge paléocène-ypresien, associés aux transgressions T5 et T6 respectivement à Ranikothalia bermudezi et Lochkartia hamei. Néanmoins, il ressort une controverse dans la datation et le classement des différentes transgressions ainsi mise en évidence dans ce bassin des Iullemeden. Ainsi, l'objectif principal de la présente étude est de proposer une synthèse des différentes transgressions identifiées dans ce bassin. La méthodologie mise en œuvre est basé sur l'exploitation des données bibliographiques soutenue par des données lithostratigraphiques, paléontologiques, sédimentologiques. Les résultats de cette étude montrent que le bassin des Iullemeden à été comblé par six ou sept transgressions marines au lieu de cinq ou six reconnues.

Mots clés : Bassin Des Iullemeden, Crétacé Supérieur, Paléocène-Ypresien, Transgression À *Lockartia Haime*

Analysis Of The Central Part Sedimentary Infilling Of The Iullemeden Basin (Central Niger), During The Period Ranging From Upper Cretaceous To Paleocene-Ypresian And Associated Transgressions

Dr. Karimou Laouali Idi

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

Dr. Abdoulwahid Sani

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

Prof. Moussa Konaté

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

Abstract

The analysis of the sedimentary infilling of the Iullemeden basin during the period ranging from Upper Cretaceous to Paleocene-Ypresian has revealed a succession of 5 or 6 transgressive episodes.

The vertical succession of facies, identified for this period, includes from the bottom to top: calcareous sandstones and gypsum clays, of Lower Turonian-Upper Cenomanian age, deposited during the T1 transgression, gypsiferous limestones and mudstones of Upper Turonian deposited during the T2 transgression, sandy limestones and marls of Lower and Middle

Senonian age related to T3 transgression, siltstones and argillites, of Maastrichtian age, deposited during the T4 transgression with *Libycoceras ismaeli* and *Laffiteina bibensis* and clay-limestones of Paleocene-Ypresian age, associated with transgressions T5 and T6 respectively with *Ranikothalia bermudezi* and *Lochkartia hamei*. Nevertheless, a controversy emerges in the dating and the classification of the various transgressions thus highlighted in this basin of the Iullemeden.

Thus, the main objective of this study is to provide a synthesis of the various transgressions identified in this basin. The methodology implemented is based on the use of bibliographic data supported by lithostratigraphic, paleontological and sedimentological data. The results of this study show that the Iullemeden basin was infilled by six or seven marine transgressions instead of five or six recognized.

Keywords: Iullemeden Basin, Upper Cretaceous, Paleocene-Ypresian, *Lochkartia Haimeii* Transgression

Introduction

Le bassin des Iullemeden, de forme pentagonale (Radier, 1953) est un vaste bassin intracratonique qui s'étend au Sud du Hoggar. Il couvre la majeure partie du territoire de la république du Niger et à s'étend en Algérie, au Mali, au Bénin et au Nigéria. Son histoire géologique commence dès le Cambrien dans le synclinal de Tin Séririne, en Algérie (Jouliia, 1959). Par la suite, les aires de sédimentation se sont déplacées vers le Sud, déplacement se traduisant par la mise en place des formations margino-littorales et continentales (Bellion, 1987). Pendant la période allant du Cénomaniens inférieur au Sénonien inférieur et moyen, une sédimentation détritique engendrée par les trois premières transgressions marines (T1, T2 et T3) a contribué au remplissage du bassin des Iullemeden. Cet ensemble détritique est recouvert par la quatrième transgression à *Libycoceras* et *Laffiteina* d'âge maastrichtien avec 2 fluctuations : (1) La première correspond à la formation d'Alanbanya (Lower sandstones) et à la formation du Farin Douchi (Mosasaurus shales ou formation de Dukamaje au Nigéria) et (2) la deuxième fluctuation correspond à la formation d'In Wagar (Upper Sandstones et Mudstones ou formation de Wurno au Nigéria) (Greigert, 1966; Dikouma, 1990).

Au-dessus de ces dernières formations reposent les dépôts de la formation de Garadaoua, d'âge paléocène-ypresien, constituée des argilo-calcaires et des schistes papyracés mises en place par la transgression marine T5 (Greigert, 1966 ; Boudouresque *et al.*, 1982; Dikouma, 1990). Du Crétacé supérieur au Paléocène-Ypresien, cinq transgressions ont été identifiées (Greigert, 1966; Boudouresque *et al.*, 1982). L'objectif de cette étude est

d'apporté une précision sur les transgressions du Crétacé supérieur et du Paléocène-Yprésien sur la base des récents travaux (Laouali Idi, 2020) et l'exploitation des données issus des travaux antérieurs (Furon, 1935; Greigert, 1966; Boudouresque *et al.*, 1982; Dikouma *et al.*, 1993;) dans la partie nigérienne de ce bassin des Iullemeden. La présente étude a porté sur la partie centrale du bassin notamment à Garadaoua. Elle s'est focalisée sur les observations lithostratigraphiques, paléontologiques, sédimentologiques et structurales. Cela a permis de discuter de l'âge des transgressions ainsi que de leur nombre. Aussi, l'analyse de l'ensemble des données obtenues a permis de proposer une reconstitution paléogéographique du bassin des Iullemeden entre le Crétacé supérieur et le Paléogène en relation avec l'ouverture de l'Atlantique sud.

Contexte géologique du bassin des Iullemeden

Le bassin des Iullemeden est constitué d'une alternance de sédiments marins et de dépôts continentaux mis en place lors des différents épisodes transgressifs et régressifs qui ont marqué son histoire géologique.

Présentation du bassin des Iullemeden

Le bassin des Iullemeden est limité au Sud par le bouclier Bénino-Nigérian, au Sud-ouest par le massif cristallin du Liptako, au Nord-ouest par l'Adrar des Iforas, au Nord par le Hoggar, au Nord-Est par les massifs de l'Aïr et à l'Est par le Damagaram-Mounio (**Figure 1**). Il communique au Nord-Ouest avec le bassin de Taoudeni par le détroit de Gao et à l'Est avec le bassin du Niger Oriental par le seuil du Damergou (Bellion, 1989) (**Figure 1**).

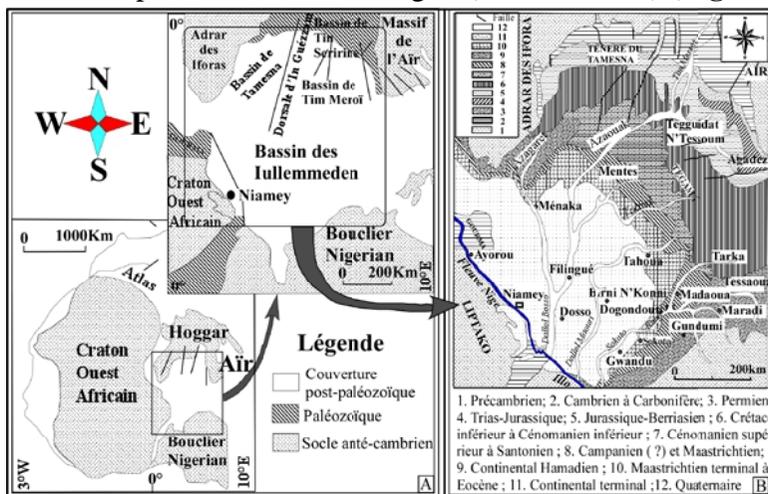


Figure 1. Carte géologique du bassin des Iullemeden. A) Carte de situation du bassin des Iullemeden (Wright *et al.* 1993). B) Carte géologique schématique du bassin des Iullemeden (Greigert et Pognet, 1965)

Ce bassin des Iullemeden s'étend du Nord au Sud sur une longueur d'environ 1000 km et d'Est en Ouest sur une largeur d'environ 980 km. Sa superficie est estimée à 525 000 km², dont environ 31 000 km² au Mali, 317 000 km² au Niger, 60 000 km² au Nigéria, 10 000 km² au Bénin et 10 6549 km² en Algérie (Laouali Idi et al., 2019). Dans la partie centrale du bassin, correspondant à la région de Doutchi, l'épaisseur maximale du remplissage sédimentaire est d'environ 2000 m (Greigert, 1966 ; Abdou Ali, 2018).

Le bassin des Iullemeden correspond à un domaine de sédimentation intracratonique (**Figure 1**) (Bertrand-Sarfati et al., 1977) affecté par des mouvements épirogéniques (Faure, 1966) qui auraient favorisé une migration des aires de dépôts vers le Sud-Ouest pendant le Mésozoïque et le Paléogène. En conséquence, le remplissage sédimentaire est essentiellement constitué par des dépôts paléozoïques au Nord et méso-cénozoïques au Sud (**Figure 2**). En effet, les formations paléozoïques affleurantes dans la partie Nord de ce bassin sont essentiellement réparties entre les sous-bassins de Tin Séirine, de Tamesna et de Tim Mersoï, ainsi qu'à son extrémité Sud-Ouest, englobant les sous-bassins de Kandi au Bénin et de Sokoto au Nigeria, (Bellion, 1989). Les sédiments mésozoïques occupent la plus grande partie du bassin. Les formations cénozoïques reposent en discordance de ravinement sur les formations mésozoïques (partie centrale du bassin) et infracambriennes (bordure Est du Craton Ouest Africain) et en discordance majeure sur les formations panafricaines et paléoprotérozoïques (bordure Ouest et Sud du bassin) (Greigert, 1966 ; Laouali Idi, 2020) (**Figure 2**).

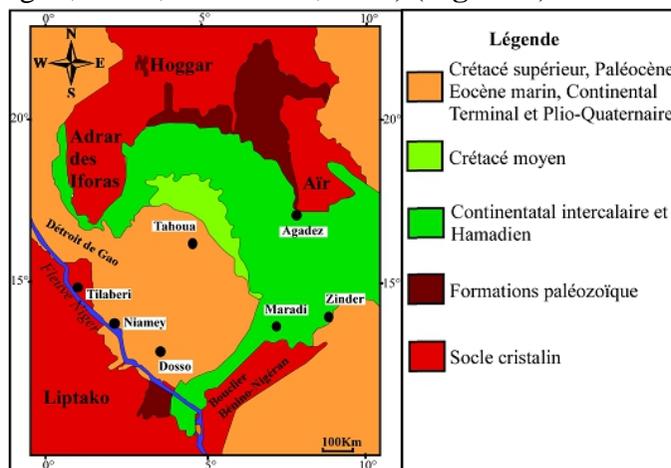


Figure 2. Carte géologique simplifiée du bassin des Iullemeden (Greigert, 1966, modifié)

Cadre stratigraphique et paléogéographique du bassin des Iullemeden

Stratigraphie du bassin des Iullemeden

D'après Kilian (1931), l'histoire géologique du bassin des Iullemeden est caractérisée par deux périodes de transgression marine

séparées par une longue période de régression allant du Permien au Crétacé inférieur. Selon Joulia (1963) ce processus de transgression et de régression a mis en évidence trois incursions marines qui se sont produites pendant le Paléozoïque (le Silurien, le Dévonien moyen et supérieur et le Carbonifère inférieur), auxquelles il faut ajouter les cinq incursions marines du Mésocénozoïque (Greigert, 1966 ; Kogbé et Lang, 1994; Laouali Idi, 2020) (**Figures 3 et 4**). Aussi, la sédimentation du bassin des Iullemmeden est marquée par plusieurs alternances de dépôts marins et de sédiments continentaux dont les limites spatiales et temporelles, selon Boudouresque (1980), ne sont pas toujours faciles à déterminer avec précision (**Figure 3**).

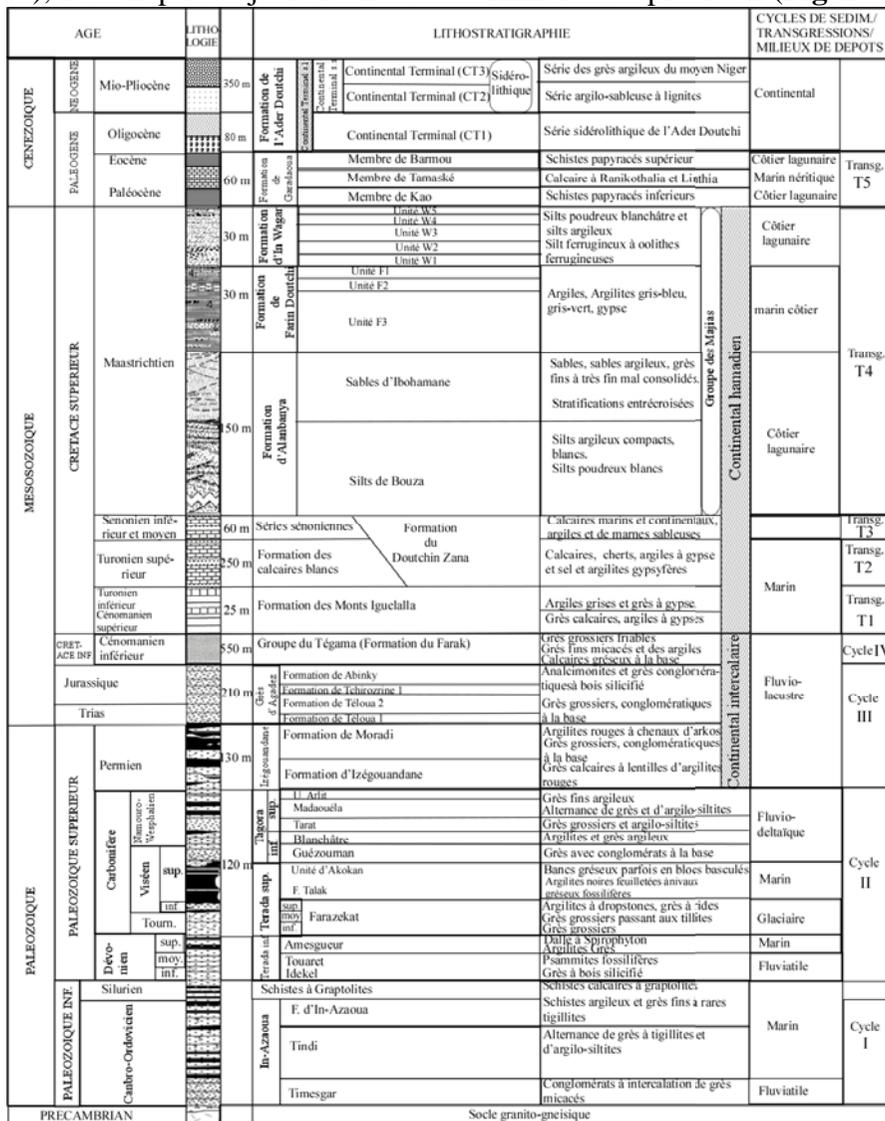


Figure 3. Colonne lithostratigraphique du bassin des Iullemmeden (Greigert, 1966; Taquet, 1976; Hanon, 1984, modifié)

Paléogéographique du bassin des Iullemmeden

Du Crétacé supérieur (Cénomanién supérieur-Maastrichtien) au Paléogène (Paléocène-Yprésien), le bassin des Iullemmeden a connu cinq cycles transgressifs successifs notés T1, T2, T3, T4 et T5 (Greigert, 1966) (**Figure 4**). Les différents épisodes transgressifs sont séparés par des épisodes régressifs (Greigert, 1966 ; Boudouresque et *al.*, 1982 ; Dikouma, 1990) (**Figure 4**). Il s'agit des transgressions T1 et T2 respectivement à *Néolobites* et *Nigericeras* du Cénomanién supérieur à Turonien inférieur, des transgressions T3 et T4 à *Libycoceras ismaeli* et *Laffiteina bibensis*, datée du Maastrichtien supérieur et de la transgression T5 à *Ranickothalia* et *Lockhartia*, datée du Paléocène-Yprésien (Dikouma, 1990) (**Figure 4**).

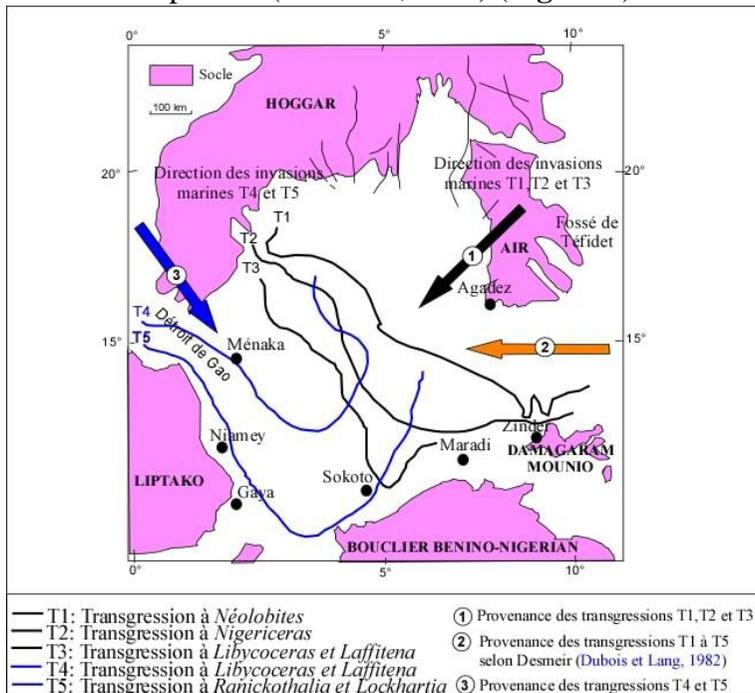


Figure 4. Extension des transgressions crétacées et tertiaires dans le bassin des Iullemmeden (Greigert, 1966; Kogbé et Lang, 1994 ; Miko, 1999, modifié)

Dikouma *et al.* (1993) considèrent la position de la mer avant la transgression T1 de Greigert (1966), comme étant la première transgression dans le bassin des Iullemmeden. Ce qui a amené ces auteurs à définir six transgressions (**Figure 5**): (i) avant la transgression à *Neolobites* et *Nigericeras* du Cénomanién inférieur T1, la position de la mer a été définie; (ii) les transgressions à *Neolobites* et *Nigericeras* du Cénomanién supérieur sont désignées par T2 et T3; (iii) les transgressions successives à *Libycoceras* et *Laffiteina* du Maastrichtien supérieur correspondent à T4 et T5 et (iv) la dernière transgression du Paléocène supérieur est désignée par T6.

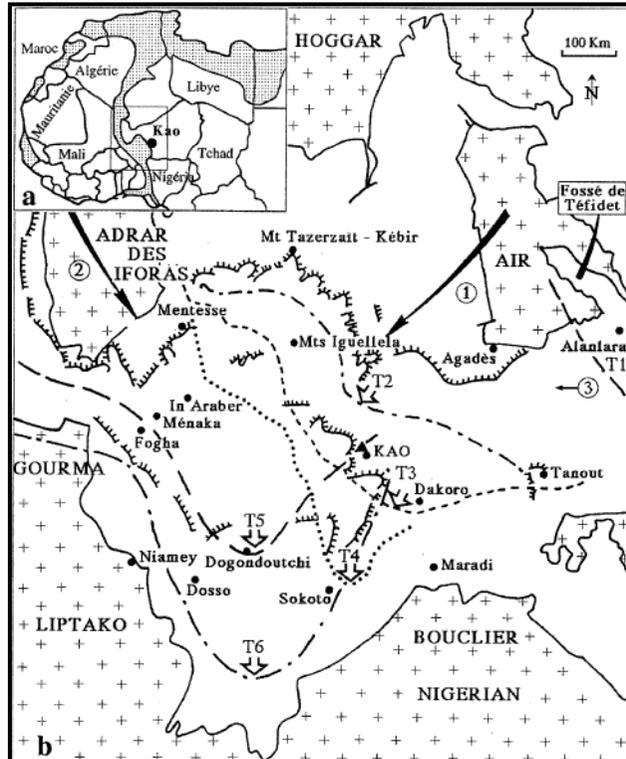


Figure 5. Extension des transgressions crétacées et tertiaires dans le bassin des Iullemeden. (Greigert 1966, T1 à T6; Lang & Kogbe, 1994). T1. Mer avant la transgression à *Neolobites* et *Nigericeras*. T2 et T3. Transgressions à *Neolobites* et *Nigericeras* avec 2 avancées du Cénomaniens supérieur-Turonien inférieur. T4 et T5. Transgressions successives (deux fluctuations d'une seule transgression) à *Libycoceras* du Maastrichtien supérieur (Dikouma *et al.*, 1993). T6. Transgression du Paléocène supérieur. (1) Provenance des transgressions céno-mano-turonien T2 et T3. (2) Provenance des transgressions maastrichtiennes T4 et T5. (3) Provenance des transgressions T4 et T5 (Dubois & Lang, 1981)

Matériel et Méthodes

L'approche méthodologique adoptée dans cette étude comprend deux étapes : l'exploitation des données bibliographiques et l'analyse sédimentologique (Figure 6).

Exploitation des données bibliographiques

La compilation des documents disponibles (articles, thèses, rapports, cartes), relatifs à la géologie du bassin des Iullemeden et de l'Afrique de l'Ouest, a permis de faire un état des lieux sur les caractéristiques des différentes transgressions ayant contribué au remplissage du bassin des Iullemeden. Les différents documents cartographiques ont été complétés avec les données de terrain.

Analyse sédimentologique

L'analyse sédimentologique a été réalisée au niveau des différentes formations marquant la limite Crétacé-Tertiaire. Il s'agit des formations d'In Wagar et de Garadaoua. La série méso-cénozoïque constitue une série complète qui s'étend du Maastrichtien jusqu'à l'Yprésien. Cette série est représentée par des formations silto-argileuses et carbonatées. Soixante-trois (63) échantillons de roches et six-cent cinquante fossiles (650) ont été prélevés. L'échantillonnage a concerné tous les affleurements étudiés. Pour la réalisation des lames minces seuls les échantillons prélevés sur l'affleurement de Garadaoua ont été analysés car ils sont les plus complets. Ainsi, la compilation des données bibliographiques et les données de terrain a permis de dresser une synthèse lithostratigraphiques, paléontologiques, paléogéographique, sédimentologiques et structurales.

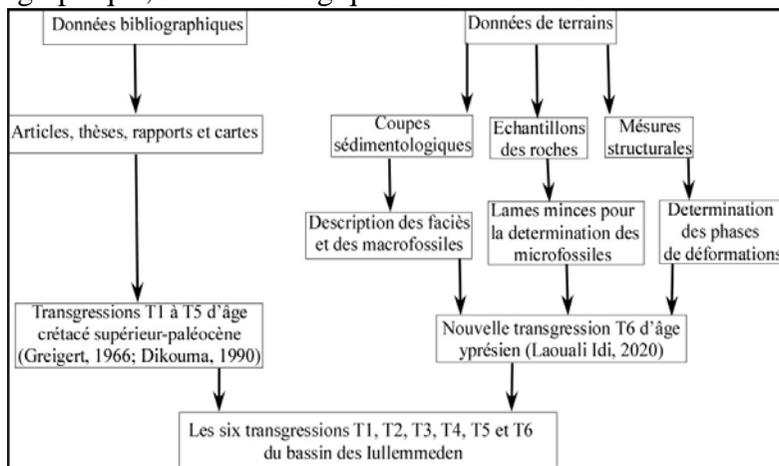


Figure 6. Organigramme de l'approche méthodologique

Résultat

Analyse sédimentologique

L'analyse sédimentologique a consisté à l'analyse de la coupe de Garadaoua. Cette coupe regroupe trois formations à savoir : la formation d'In Wagar, la formation de Garadaoua et la formation de l'Ader Douchi.

- La formation d'In Wagar (W), d'une épaisseur d'environ six (6) mètres, regroupe trois unités :

- o L'unité W3 qui est constituée de quatre niveaux (**Figure 7**). Le niveau de base est représenté par des bancs sableux fins à litages obliques (**Figure 8a**) arqués ou en auge passant verticalement à des bancs sableux massifs (**Figure 7**). Les dépôts supérieurs de l'unité W3 sont représentés par des sables fins blanchâtres à litages ondulés (**Figure 8c**) relayés au sommet par des bancs sableux bioturbés à litages subhorizontaux

- (Figures 7 et 8b)**. L'unité W3 de la formation d'In Wagar a été attribuée à un talus de progradation d'un front deltaïque (**Figure 9**).
- L'unité W4, d'environ 10 m d'épaisseur, comprend sept niveaux (**Figures 7 et 8**). Le niveau de base est constitué de grès fins argileux beiges (**Figure 8d**), relayés verticalement par des argilites puis par des argilites silteuses, surmontées par des grès fins argileux plus ou moins schisteux. Le niveau intermédiaire de l'unité W4 est représenté par des grès fins argileux à concrétions calcaires (**Figure 8e**), qui sont surmontés par des grès fins argileux plus ou moins ferrugineux, à nodules calcaires (**Figure 8f**). Le sommet de l'unité W4 correspond à des grès moyens argileux, plus ou moins ferrugineux (**Figure 8g**).
- La formation maastrichtienne d'In Wagar est surmontée par la formation paléocène-yprésienne de Garadaoua. Cette dernière est subdivisée en quatre membres. Il s'agit, de la base au sommet, des membres de : Kao, Tamaské et Barmou tous reconnus par Dikouma (1990) et le membre de Keita mis en évidence par la présente étude. Les quatre membres de la formation de Garadaoua ont été subdivisés en huit niveaux.
- Le premier membre G1 de Kao est constitué de deux niveaux (**Figures 7 et 8**). Le niveau de base est représenté par des argilites jaunâtres (**Figure 8h**), très fossilifères, comprenant des nautilés, des échinides (genre *Linthia*), des bivalves et des gastéropodes (Dikouma, 1990). Tandis que le niveau supérieur est essentiellement constitué de schistes papyracés (**Figures 7 et 8i**). Ce membre correspond à l'épisode régressif paléocène.
 - Le second membre de Tamaské (G2) comprend trois niveaux calcaires, d'épaisseur variable, formant des falaises aux bordures rectilignes (**Figures 7 et 8**). Le niveau de base est constitué de calcaires fossilifères plus ou moins argileux (**Figure 8j**). Le niveau intermédiaire de ce membre G2 est représenté par des calcaires massifs riches en fossiles (**Figure 8k**). Le sommet de G2 correspond à des calcaires crayeux et noduleux (**Figures 7 et 8n**). Cet ensemble représente l'épisode transgressif paléocène.
 - Le troisième membre de Barmou G3 est représenté par un niveau de schistes papyracés ou schistes cartons (**Figures 7 et 8o**). Ce membre correspond à l'épisode régressif yprésien.
 - Le quatrième membre G4 de Keita comprend deux niveaux : le premier marneux, gréseux à tendance conglomératique (**Figure 8p**) associé à l'épisode transgressif yprésien, et le second est constitué de schistes papyracés (**Figure 8q**) qualifié de l'épisode régressif yprésien. Le niveau marneux renferme une faune de bivalves, de foraminifères et d'ostracodes (**Figures 7 et 8**).

- Le sommet de la coupe de Garadaoua est relayé par la formation de l'Ader Douchi (**Figures 7 et 8**). Cette dernière est constituée essentiellement d'argilites bariolées et de siltites argileuses à la base. La formation de l'Ader Douchi montre une alternance de bancs irréguliers, constitués d'argiles kaoliniques, plus ou moins latéritiques et d'oolithes ferrugineuses dans sa partie médiane. Le sommet de cette formation est constitué de grès à oolithes ferrugineuses (**Figure 8r**).

| AGES | FORMATIONS | COLONNE LITHOLOGIQUE | DESCRIPTION SOMMAIRE DES FACIES | MILIEUX | | |
|---|-----------------|------------------------|--|--|---------------------------|-----------------|
| CENOZOIQUE | Olig | F. Ar | Ct ¹ | Grès ferrugineux | Continental | |
| | Yprésien | Formation de Garadaoua | Membre de Keita G4 | Schistes papyracés | Zone inter et supratidale | M. confiné |
| | | | Membre de Barmoude G3 | Marnes gréseuses à nodule phosphatés | Zone infralittorale | |
| | Paléocène | | Membre de Tamaské G2 | Calcaires blancs noduleux compact | Zone inter et supratidale | Marin côtier |
| Membre de Kao G1 | | | Alternance de calcaires blancs et argileux | Zone infralittorale | | |
| MESOZOIQUE | Maastrichtien | Formation d'In Wagar | W5 | Schiste papyracés | Zone inter et supratidale | M. confiné |
| | | | W4 | Argilites | Zone infratidale | |
| | | | W3 | Argilites friables plus ou moins gréseuses à lentilles de gypses | Plaine deltaïque | Marin lagunaire |
| | | | | Grès ferrugineux, argileux à nodules calcaires | | |
| | | | | Grès argileux plus ou moins schisteux | | |
| Sables fins stratiformes | Front deltaïque | Marin côtier | | | | |
| Sables à litages obliques et bancs sableux subhorizontaux | | | | | | |

Figure 7. Coupe sédimentologique de Garadaoua



Figure 8. Vue des lithofaciès dominants le long de la coupe de Garadaoua.

- 1) a) banc sableux à litages obliques b) banc sableux subhorizontal c) Sables fins stratiformes 2 et 3) d) argiles schisteuses grises, violets à beiges e) grès fins argileux à concrétions calcaires f) grès fins ferrugineux à nodules calcaires g) grès moyens ferrugineux à nodules calcaires 4) h) argile schisteuse feuilletée i) argilites à lentilles de gypse 5) j) marnes jaunâtres très fossilifères k) schistes papyracés inférieure 6) l) calcaires blancs crayeux et marneux à la base m) alternance de calcaires blancs et de calcaires argileux n) calcaires noduleux compact 7) o) schistes papyracés p) marne gréseuses à nodules phosphatés q) schistes papyracés 8) r) grès ferrugineux

Paléogéographie et environnements de dépôts du bassin des Iullemmeden

Le schéma paléogéographique du bassin des Iullemmeden du Crétacé supérieur et au Paléocène-Yprésien est marqué par la présence d'une mer épicontinentale, peu profonde, avec en bordure une plaine côtière marécageuse, parsemée de lagunes littorales (**Figure 9**). Comme évoqué précédemment, du Crétacé supérieur au Paléocène supérieur, cinq transgressions (T1, T2, T3, T4 et T5) ont été identifiées (Boudouresque *et al.*, 1982 ; Dikouma, 1990). Une autre transgression a été mise en évidence par la présente étude.

Les transgressions Maastrichtiennes

Le Maastrichtien du bassin des Iullemmeden est marqué par deux transgressions marines (**Figures 9 et 10**). Il s'agit de la transgression T3 à *Libycoceras* et la transgression T4 à *Laffiteina* avec 2 fluctuations. La première correspond aux formations d'Alanbanya (Lower sandstones and mudstones ou formation de Taloka au Nigéria) et de Farin Douchi (Mosasaurus shales ou formation de Dukamaje au Nigéria) et la deuxième

fluctuation correspond à la formation d'In Wagar (Upper Sandstones et Mudstones ou formation de Wurno au Nigéria) (Dikouma, 1990). A la même période se réalise à l'Ouest, la communication entre le bassin des Iullemmeden et le bassin de Taoudenni à la suite d'un affaissement de direction NW-SE (fossé de Gao) (Greigert, 1966). D'après Guiraud *et al.* (1981), le système de fracture NW-SE des dépôts maastrichtiens a été à la base de la compression fini-crétacée N130°

Les régions étudiées (Madaoua, de Bouza, de Malbaza et de Keita) constituent l'extension maximale de la deuxième transgression à *Libycoceras ismaeli* et *Laffitteina bibensis* du Maastrichtien supérieur. Le littoral correspond à une plaine alluviale à sédimentation siliciclastique fine, avec localement la formation d'un mini-delta (Dikouma, 1990) (**Figure 9 A et B**). Les alternances silto-sableuses (barres distales) et les corps sableux lenticulaires (barres d'embouchure) forment, avec les sables à litages obliques et horizontaux, le front deltaïque. Les niveaux ferrugineux à racines et à fruits ferruginisés (paléosols) sont assimilés à la plaine deltaïque (**Figure 9 B**). D'après Dikouma (1990) la présence de ces fruits, dont certains pourraient correspondre à des Rhizophoracées (plantes des mangroves) ainsi que la présence de natrojarosites ($\text{NaFe}_3(\text{OH})_6(\text{SO}_4)_2$) dans les paléosols, suggère un environnement de type fluvio-deltaïque (mangrove, lagunaire ou tout au moins marécageux). La présence des niveaux ferruginisés et phosphatés (Unité W4) indique que la région a subi une importante ferruginisation et phosphatisation. Ces phénomènes de ferruginisation et phosphatisation ont été signalé au Sénégal par Flicoteaux (1976). Ils résulteraient d'une altération lithodépendante sous climat tropical chaud et humide après émergence des sédiments. Cette idée de climat tropical chaud et humide a été confirmée par Boudouresque (1980).

Les transgressions paléocène-yprésienne

Après les transgressions marines maastrichtiennes (T1, T2, T3 et T4), la région a subi une nouvelle incursion marine au Paléocène (T5). Tout comme la transgression T4, l'incursion marine paléocène (T5) a atteint le bassin des Iullemmeden par le fossé de Gao (**Figure 9 C**). Pendant le Paléocène, le domaine marin est caractérisé par une sédimentation de type plateforme carbonatée (**Figure 9 C**). La zone littorale à sédimentation argilo-silto-sableuse est occupée par une mangrove parsemée de lacs ou de lagunes (Dikouma, 1990). Après le maximum transgressif qui correspond à la mise en place du membre de Tamaské, un épisode régressif a entraîné un recul momentané de la mer associé à la mise en place du membre de Barmou. Après cet épisode régressif, la mer revient à nouveau à l'Yprésien (**Figure 9 E et F**). Cette brève remontée du niveau de la mer représente la transgression à *Lockhartia hamei* (T6). Les dépôts marneux et schisteux (schistes papyracées)

correspondants aux membres de Keita, liés à la transgression T6, ont été mis en place pendant l'Yprésien. Ces dépôts éocènes sont surmontés par la série sidérolithique de l'Ader Doutchi constituées de sables et d'argilites kaoliniques ferruginisées.

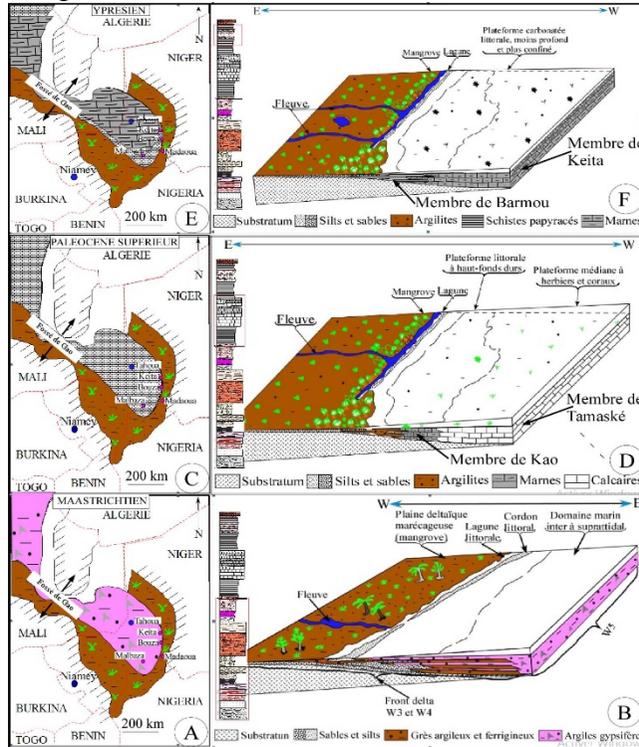


Figure 9. Schéma paléogéographique du bassin des Iullemmeden pour la période allant du Maastrichtien à l'Yprésien (Petters, 1978; Dikouma, 1990; modifié). A) Provenance de la transgression maastrichtienne T4. B) Bloc diagramme montrant les différents environnements sédimentaires maastrichtiens et leur organisation dans la zone d'étude C) Provenance de la transgression paléocène T5. D) Bloc diagramme montrant les différents environnements sédimentaires paléocènes et leur succession dans la zone d'étude. E) Provenance de la transgression yprésienne T6. F) Bloc diagramme montrant les différents environnements sédimentaires yprésiens et leur disposition dans la zone d'étude

Discussion sur les transgressions méso-cénozoïques dans le bassin des Iullemmeden

Au Crétacé supérieur, le golfe mésogéen, existant déjà à l'Est de l'Aïr, pénètre dans le Niger occidental. Il est à l'origine de la mise en place de séries sédimentaires où alternent des dépôts marins (calcaires et marnes plus ou moins gréseuses à faunes mésogéennes de mers chaudes épicontinentales) et des dépôts subcontinentaux (argilites et grès riches en végétaux et en restes de vertébrés) (Dikouma et al. 1993). Le classement des transgressions dans le bassin des Iullemmeden fait l'objet de controverse. Pour certains auteurs, il y'aurait cinq (5) épisodes transgressifs (Greigert, 1966) tandis que pour

d'autres, il y'aurait six (6) transgressions (Dikouma et al. 1993), notées T1, T2, T3, T4, T5 et T6. Leur classement et leur âge varient selon les auteurs. Les premiers auteurs, Greigert (1966), Petter (1978), Dubois et Lang (1981), Alzouma (1982), Hanon (1984), Miko (1999) considèrent un âge cénonanien supérieur à la première transgression T1 à *Neolobites* et *Nigericeras*, alors que Dikouma *et al.* (1993) et Favreau (2000) lui attribuent un âge cénonanien inférieur (**Figure 10**). Les transgressions T2 et T3 classement de Greigert (1966), datant du Turonien inférieur (T2) et du Maastrichtien (T3), correspondent respectivement à celles du Cénonanien supérieur et du Turonien inférieur décrites par Mathey *et al.* (1991) et Dikouma *et al.* (1993) (**Figure 10**). Tandis que les transgressions T4 et T5 rattachées par Greigert (1966) respectivement au Maastrichtien-Danien et au Paléocène supérieur auraient plutôt un âge maastrichtien supérieur pour Dikouma *et al.* (1993) (**Figure 10**). Ainsi, la transgression T6 du Paléocène supérieur selon Dikouma *et al.* (1993) correspondrait quant à elle à la transgression T5 de Greigert (1966).

Dans le cadre de la présente étude, la mise en évidence d'un niveau marneux, d'environ 1 m d'épaisseur, riche en microfossiles de foraminifères de l'espèce *Lockhartia hamei*, au-dessus des schistes papyracés supérieurs (membre de Barmou), a conduit à distinguer une nouvelle transgression T6, d'âge yprésien (Greigert, 1966) ou T7 (Dikouma *et al.*, 1993), selon la classement considéré (**Figure 10**). Partant du classement de Greigert (1966), Petter (1978), Dubois et Lang (1981), Alzouma (1982), Hanon (1984), Miko (1999), cette étude met en évidence six (6) transgressions marines (T1, T2, T3, T4, T5 et T6) (**Figure 10**) dans le bassin des Iullemeden du Crétacé supérieur au Paléogène.

| Systèmes | NIGER | | | | | | | | |
|-----------------------------|----------------------------|----------------------------------|---|--|--------------------------------|------------------------------------|--|-------------------------|----|
| | Greigert (1966) | | Greigert et Pougnet (1967) | | Dikouma <i>et al.</i> (1993) | | Présente étude | | |
| Pliocène | Continental terminal | | | | Formation de Birni N'Konni | | Grès ferrugineux Cr ¹ | | |
| Eocène (Yprésien) | Schistes papyracés | | Continental terminal | Grès argileux du moyen Niger Argiles et sables à lignites Argiles et grès ferrugineux et latérites de l'Ader Doutchi | Formation de l'Ader Doutchi | | Schistes papyracés Marnes Schistes papyracés | T6 | |
| Paléocène | Calcaires et marnes | T5 | Schistes papyracés et calcaires et marnes blancs | à <i>Lockhartia</i> | Formation de l'Emalouana | Membre de Barmou | Schistes papyracés | T5 | |
| | Schistes papyracés | | | à Operculonoides (<i>Ranikothalia</i>) | | Membre de Tamaské Membre de Kao | Calcaires et marnes Schistes papyracés | | |
| Sénonien supérieur | Calcaires à Libyoceras | T4 | Grès fins de "Upper Sandstones" Marnes et calcaires des "Mosaasurus shales" Grès fins de "Lower sandstones" | Formation d'In Wagar | | T5 | Argilites gréseuses | T4 | |
| | Grès et argiles | | | Formation de Farin Doutchi | | | Sables fins et argilites | | |
| Sénonien inférieur et moyen | Calcaires à Libyoceras | T3 | Grès fins de "Lower sandstones" | Formation de l'Alambanya | | T4 | Calcaires à Libyoceras | T3 | |
| | Grès et argiles | | | Séries sénoniennes | | | Grès et argiles | | |
| Turonien supérieur | Série des calcaires blancs | Argiles calcaires (attapulgites) | Calcaires blancs | | Formation des calcaires blancs | | | | |
| Turonien inférieur | Série des Monts Iguellala | Calcaires à Nigericeras | T2 | Grès et argiles glauconieux de Monts Iguellala | à Nigericeras | Formation des Monts Iguellala | T3 | Calcaires à Nigericeras | T2 |
| Cénonanien supérieur | | Calcaires à Neolobites | T1 | | | | à Neolobites | | T2 |
| Cénonanien inférieur | Groupe de Tégama | | | | | | | T1 | |

Figure 10. Comparaison des transgressions méso-cénozoïques dans le bassin des Iullemeden

Conclusion

Le schéma paléogéographique du bassin des Iullemeden au Maastrichtien supérieur et au Paléocène-Yprésien est marqué par la présence d'une mer épicontinentale, peu profonde, avec en bordure une plaine côtière marécageuse, parsemée de lagunes littorales. Dans le cadre de la présente étude, la mise en évidence d'un niveau marneux, d'environ 1 m d'épaisseur, riche en microfossiles de foraminifères de l'espèce *Lockhartia hamei*, au-dessus du membre de Barmou a conduit à distinguer une nouvelle transgression T6 d'âge yprésien, selon le classement des auteurs considéré. Cette nouvelle transgression ainsi identifiée apporte des nouvelles précisions sur l'histoire géologique du bassin des Iullemeden. Ainsi, tout comme la transgression T5 du Paléocène, cette transgression T6 serait associée à la compression N140° à N150° du Paléocène-Yprésien attribuées aux contrecoups de la collision Europe-Afrique en liaison probable avec l'ouverture de l'Atlantique.

References:

1. Abdou Ali I., Konate M., Ousmane B. (2018). Lineamentary and Structural cartography of Iullemeden Basin in the region of Dosso (South-west of Niger). IJSR, ISSN (Online) 2319-7064. Vol. 7, issue 4, 9p.
2. Alzouma K. (1982). Étude pétrologique de la série sédimentaire tertiaire du bassin de Malbaza (Niger). Thèse Doct. 3ème Cycle Univ. de Niamey et d'Orléans, 159 p.
3. Bellion Y. J. C. (1989). Histoire géodynamique post-paléozoïque de l'Afrique de l'Ouest d'après l'étude de quelques bassins sédimentaires (Sénégal, Taoudéni, Iullemeden, Tchad), Publication occasionnelle CIFEG 17, 302 p., BRGM Orléans (France).
4. Bertrand-Sarfati J., Fabre J., Moussine Pouchkine A. (1977). Géodynamique des aires sédimentaires cratoniques: quelques exemples sahariens. Bull. Centre Rech. Explor. Prod. Elf Aquitaine, 1,1, 217-231.
5. Boudouresque L. (1980). Contribution de la paléopalynologie à la reconstitution floristique, stratigraphique et paléogéographique de la bordure occidentale du bassin des Iullemeden au Crétacé supérieur et au Paléocène (Niger et Mali, Afrique de l'Ouest). Thèse spécialité, Univ. Orléans-Niamey, 285p.
6. Boudouresque L. Dubois D. & Lang J. (1982). Contribution à la stratigraphie et à la paléogéographie de la bordure occidentale du bassin des Iullemeden au Crétacé supérieur et au Paléogène (Niger et Mali-Afrique de l'Ouest). Bull. Soc. géol. Fr., t 24, n° 4, pp. 685-695.pp. 105-124.

7. Dikouma M. (1990). Fluctuations du niveau marin au Maastrichtien et au paléocène dans le bassin intracratonique des Iullemeden (Ader-Doutchi, Niger). Thèse Doctorat. Univ. Dijon-Niamey, 272 p.
8. Dikouma M., Alzouma K., Lang J., Laurin B., Pascal A., Trichet J., Carbonnel G. Et Tintant H. (1987). Maastrichtien and Paleocene transgressions and régressions in West Niger; Shoreline oscillations. Terra cognita EUG IV 7, n°2-3, p. 337.
9. Dikouma M., Lang J., Pascal A. (1993). Transgression Maastrichtiennes et paléogènes dans le bassin des Iullemeden (Niger). Newsl. Stratigr., 29 (2). Berlin. Stuttgart.
10. Dubois D. & Lang J. (1981). Étude lithostratigraphique et géomorphologique du Continental terminal et du Cénozoïque inférieur dans le bassin des Iullemeden (Niger). Bulletin de l'I.F.A.N., t 43, série A, n° 1-2,42 p.
11. Dubois H. (1979). Etude géologique des formations Oolithiques ferrugineuses du bassin des Iullemeden (République du Niger). Thèse de doctorat de 3^{ème} cycle, Université de Niamey et d'Orléans.
12. Faure H. (1966). Reconnaissance géologique des formations sédimentaires post-paléozoïques du Niger oriental. Mem. Bur. Rech. Geol. Minieres 47, 1^e 629.
13. Favreau G. (2000). Caractérisation et modélisation d'une nappe phréatique en hausse au Sahel: dynamique et géochimie de la dépression piézométrique naturelle du Kori de Dantiandou (Sud-ouest du Niger). Thèse de Doctorat, Univ. Paris Sud-Orsay, 271 p.
14. Flicoteaux R. (1982). Genèse du phosphate alumineux au Sénégal Occidental : Etape et guide de l'altération, Strasbourg, Institut de géologie, univ Louis Pasteur de Strasbourg, Mém. N°67, 2231.
15. Greigert J. & Pougnet R. (1965). Carte géologique de la république du Niger au 1/2000000. B.R.G.M., Paris.
16. Greigert J. (1966). Description des formations crétaées et tertiaires du Bassin des Iullemeden (Afrique Occidentale). Pub. Dir. Min. -Géol. Niger, n°2. Mém. B.R.G.M., n°36, 234 p.
17. Guiraud R. & Alidou S. (1981). La faille de Kandi (Bénin), témoin de rejeu fini-crétacé d'un accident majeur à l'échelle de la plaque africaine. C.R. Accad. Sci. Paris, 293, pp. 779-782.
18. Hanon M. (1984). Cartes géologiques au 1/100.000 de l'Ader Doutchi (16 feuilles). DRGM Niger. AGCD Belgique.
19. Joulia F. (1963). Carte géologique de reconnaissance de la bordure sédimentaire occidentale de l'Air au 1/500 000. Éditions du BRGM, Orléans, France.
20. Kilian C. (1931). Des principaux complexes continentaux du Sahara. C.R. Soc.géol.Fr., pp. 109-111.

21. Kogbe C. A. & Lang. J. (1994). Bassin intracratonique des Iullemeden. Afrique de l'Ouest. Africa geoscience review, vol. 1, n° 2/3, 6 p.
22. Laouali Idi K. & Konate M. (2019). Extraction de réseaux de fractures en milieu sédimentaire par les techniques de la télédétection intégrant une analyse statistique et structurale : cas des formations méso-cénozoïques du bassin des Iullemeden, Niger Central. Afrique Science 15(5) (2019) 39 – 53.15p.
23. Laouali Idi K. (2020). Etudes sédimentologique, paléontologique, paléogéographique et structurale des dépôts d'âge maastrichtien à yprésien du bassin des Iullemeden (Niger central). Thèse de Doctorat Unique. Université de Niamey, 173 p.
24. Mathey B., Lang J., Alzouma K. & Pierre C. (1990). Nouvelle interprétation des premiers mouvements marins du Crétacé supérieur dans la partie orientale du bassin des Iullemeden (Niger, Afrique de l'Ouest). 15ème Coll. Géol. afr. Nancy, Pub. occas. , pp. 104.
25. Miko I. (1999). Dynamique sédimentaire des formations détritiques et ligniteuses du Continental terminal dans le bassin des Iullemeden (Niger). Thèse de Doctorat Université Abdou Moumouni Faculté des Sciences-Département de Géologie Niamey, 328 p.
26. Petters S. W. (1978). Maastrichtian-Paleocene foraminiferal from North-West Nigeria and their paleogeography. Acta Paleontologica Polonica, 23, n°2, 131-152.
27. Taquet P. (1976). Les découvertes récentes de Dinosaures du Jurassique et du Crétacé en Afrique, au Proche Orient et en Inde. Mém. Soc. Géol. Fr. h. s. n°8, pp. 325-330. Terminal et du Cénozoïque inférieur dans le bassin des Iullemeden (Niger). Bull.I. F. terminal et du cénozoïque inférieur dans le bassin des Iullemeden, Dakar- IFAN.
28. Wright L. I., Branchet M., & Alisso I. (1993). Notice explicative de la carte géologique du bassin houillier d'Anou Araren / Solomi. Ministère des Mines et de l'Énergie, Niger, 20 p.



The Relationship Between Apache Ii Score And Nurses' Occupational Stress In Icu

Pei-Ying Jao (RN, MSN)

Yuanshan Branch, Taipei Veteran General Hospital, Taiwan (ROC)

Noreena Yi-Chin Liu (PhD)

University of Southampton, United Kingdom

Hsiu-Lan Wu (RN, MSN)

Yuanshan Branch, Taipei Veteran General Hospital, Taiwan (ROC)

Cheng-Hui Chou (RN, MSN, PhD)

Assistant Professor, School of Nursing, National Taipei University of Nursing and Health Sciences, Taiwan (ROC)

Kuan-Chia Lin (PhD)

Professor, Institute of Hospital and Health Care Administration, National Yang-Ming University

[Doi:10.19044/esj.2021.v17n29p19](https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n29p19)

Submitted: 18 March 2021

Accepted: 06 July 2021

Published: 31 August 2021

Copyright 2021 Author(s)

Under Creative Commons BY-NC-ND

4.0 OPEN ACCESS

Cite As:

Jao P-Y., Yi-Chin Liu N., Wu H-L., Chou C-H. & Lin K-C. (2021). *The Relationship Between Apache Ii Score And Nurses' Occupational Stress In Icu*. European Scientific Journal, ESJ, 17(29), 19.

<https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n29p19>

Abstract

Occupational stress remains one of the major concerns among nurses working in ICU, which affects the individuals as well as the quality of patient care. This paper focuses on investigating the correlation between the ICU patient severity and the nurses' occupational stress. The paper also identifies a number of occupational stress factors. A total of 81 ICU nurses from the teaching hospitals in Eastern Taiwan have been selected to take part in this study through purposive sampling. Cross-sectional study was adopted for this study and interviews were done through a structured questionnaire. The data was collected using the APACHE II scale and the Nursing Stress scale. The result of the correlation analysis between disease severity and occupational stress was found to be insignificant ($p > .05$). The regression model analysis shows that patient severity plays a moderation effect between nurses'

characteristics and occupational stress. The results of this study could serve as reference to policymakers and nursing administrators to create a supportive environment. Policy changes to improve the nurses' working conditions were also proposed in this paper.

Keywords: Intensive Care, Disease Severity, Nurses' Occupational Stress

Introduction

The demand for nurses has been increasing around the world as a result of global issues such as global climate change, aging population, and the complexities of modern living. Due to the inadequate number of nurses to meet the demand, the nursing shortage has increased the workload significantly for those who are currently on the job. Nursing is a highly-stressed profession which requires specialist knowledge and skills, especially for those who work with severely ill patients in Intensive Care Units (ICUs). ICU nurses are recognized as advanced clinicians who have to demonstrate the ability to operate medical equipment and adopt life-saving techniques to help patients in critical conditions.

According to the Chung Shan medical report in 2002, the stress level experienced among nurses comes from a patient's illness level and other related work (Shih & Chou, 2002). In general, people with serious illnesses might require complex medical equipment and specialized treatments (Cheung et al., 2019). In ICUs, complete caregiving is practised and nurses must perform physically demanding tasks such as turning patients in bed, moving patients, as well as cleaning them.

A limited workforce and high number of patients forces nurses to work faster to complete their tasks within their shift hours. These factors constitute a significant physical and psychological burden to them (Chou, Li, & Hu, 2014). Due to the tough workplace ecology and the demanding nature of nursing environments, setbacks can elicit more negative physical and psychological responses among nurses. Therefore, their intentions to stay in their job declines. As a consequence, a vicious cycle of nursing workforce deficiency is formed.

In Taiwan, a study revealed that 21.2% of nurses with sleep disorders experienced a medium to severe anxiety level (Lin, Chueh, & Lin, 2015). This cumulative stress will threaten nurses' health. Therefore, actions have to be taken to help reduce nurses' occupational stress.

ICU practices are often filled with heavy workload situations (Chang, Lu, & Lin, 2010). This study aims to examine the association between patients' disease severity and occupational stress among ICU nurses. Its findings can serve as useful resources for quality management, policymaking, and on-the-job training. The results of the study provide measures that will

improve the working environment, work satisfaction, and other related policies for nursing.

Related Work

Nursing is an essential part of the healthcare system (Lin et al., 2020). Apart from offering medical expertise, they also have to assist in managing complicated relationships involving patients, their family members, and other medical personnel. Due to the complexity in their work, nursing is generally recognized as one of the most challenging and stressful professions (Lazarus, 2000).

Since patient-centered medical care is now very common, research is done in attempt to fully understand the effects of medical and nursing care on patients. To rate the medical and nursing care quality, each patient's condition and situation needs to be taken into account. This includes features such as psychology and physiology (Lin, et al., 2020), education, living quality, relationships with family, safety, satisfaction, access to and use of health services, and the hospital's mechanisms for disease control.

Although nursing care plays an important role, the quality of care can be affected by many factors including the organizational support within hospitals, occupational stress, occupational burnout, absenteeism, resignation intention, shift rotation, and occupational infections. Each of these may negatively impact quality of care.

ICU Nursing in Hospitals

According to statistics from the Taiwan Ministry of Health and Welfare (2019), the occupancy rate of hospital beds in the country due to acute illness was 65.2% in 2016 and 70.15% in 2019. Notably, this rate has increased steadily since then. Also, the number of patients with acute illnesses is on the rise. Therefore, it is vital to quickly quantify the severity of illness so that treatments can be provided for those in need in the ICUs, especially during crisis such as the COVID-19 pandemic (Sen-Crowe et al., 2021).

The COVID-19 global pandemic poses challenges for healthcare systems around the world. Nurses in ICUs are well-trained with a professional obligation to provide high quality care, despite the potential to become infected (Lord et al., 2021). ICU nurses must remain on high alert at all times to appropriately handle changes in patients' conditions. Also, nurses must consider the feelings of their patients and their family members. Consequently, nursing staff often feel stressed (Tilda, 2006). Furthermore, shift work, overtime work, and self-expectations in professional development often contribute to the accumulation of stress over long periods of time. This can affect nurses' physical health, induce fatigue, cause them to lose concentration, and even make mistakes. They may eventually lose passion for

their work, experience burnout, and consider resigning which worsens the nursing shortage situation. One way to solve the nursing shortage is to help nurses to relieve stress in an appropriate and timely manner.

Nurses' Occupational Stress

There are various reasons that contribute to occupational stress in nursing professionals. The primary factor is the outcome–human interactions in nursing which involve an individual's work environment, work climate, and work characteristics. Personalities and adaptability also affect occupational stress. For example, resilience can alter an individual's stress. Other factors that affect occupational stress are safety at work, organizational management styles, interpersonal relationships in the workplace, and welfare systems (Lin, Chueh, & Lin, 2015).

As nurses' self-expectations and the public's expectations towards their performance increase, occupational stress can be heightened. Chronic occupational stress may have a negative impact on the mental aspects of nurses' quality of life, the quality of care provided, and patient safety (Ho et al., 2010).

Benoliel et al. (1990) developed a Nurse Occupational Stressor Scale (NOSS), which uses questionnaires to evaluate the stress levels of nurses. This questionnaire analyzes the social functions derived from stress responses in various nursing scenarios (Benoliel et al., 1990). It consists of an individual's professional knowledge and competencies, environmental needs, role conflicts, role requirements, communication with colleagues, and pressures from institutional bureaucracies. The scale helps to reveal the conflicts between professional and personal duties and physiological and psychological health responses (Benoliel et al., 1990).

Professor Tsai, from the Fu Jen Catholic University, used the NOSS to expose four stress dimensions, namely: personal responses, job concerns, competencies, and the inability to complete personal duties (Tsai & Chan, 1996). NOSS contains 43 items score using a 9-point Likert scale. A higher score denotes higher levels of occupational stress.

The occupational stressors of nurses are multidimensional. Without appropriate prevention and relief, nurses may experience burnout as their stress levels increase. Burnouts not only affect nurses' physical and mental health significantly, the patient's safety and nursing care quality can also be impacted. Therefore, reducing occupational stress among nurses is crucial to ensure high quality medical care.

The person–environment fit model proposed by French, Roger, and Cobb in 1974 (French et al., 1974) suggests two causes of occupational stress:

1. An individual's lack of satisfaction in terms of his or her work environment;
2. An individual's lack of ability to meet the work environmental requirements

of his or her profession. Occupational stress among nursing staff varies depending on the workplace. Existing research studies have shown that the factors affecting occupational stress among nurses include age, marital status, job seniority, shift work, ranking, educational level, number of patients under one's care, self-rated mental and physical health, and intensive-care-related training (Tsutsumi et al., 2001).

The Effects of Illness Severity on Nurses

In 1863, Florence Nightingale classified patients into the following four illness severity levels, namely: extremely serious, serious, not serious, and healthy. This classification system was used to determine priorities for caregiving and management. However, the Nightingale classification is too simplistic to be used in today's advanced and complex medical environment.

Therefore, a more structured disease severity evaluation is crucial. The most commonly used disease severity evaluation instrument is the Acute Physiology and Chronic Health Evaluation (APACHE II) (Knaus et al., 1981), which contains three parts. The first part comprises of 12 acute physiological descriptors items which are scored 24 hours after the patient is admitted to the ICU. These 12 items include average arterial pressure, heart rate, respiration rate, oxygenation (A-a O₂ difference or PaO₂), arterial blood pH, serum sodium, serum potassium, serum creatinine, hematocrit, white blood cell count, body temperature (°C), and Glasgow coma score. The second part refers to the age score. This means that the older the patient, the higher the score. Patients aged less than 44 years old score 0, while those aged above 75 score 6. The third part refers to the chronic health score. This implies that those with a history of severe organ dysfunction or immune dysfunction are scored between 2 and 5. The scores of all three parts vary between 0 and 71. The higher the overall score, the more serious the illness of the patient. Thus, this results to a higher likelihood of mortality rate (Knaus et al., 1985). APACHE II is a common evaluation instrument used in a variety of designs. For example, APACHE II score can be used to predict the probability of post-traumatic stress disorder in survivors of critical illness (Battle et al., 2017). In 2016, the University of Sarajevo presented a research study which used predictive value of Simplified Acute Physiology Score (SAPS II) and APACHE II scoring systems for patients' outcome in a medical intensive care unit (Godinjak et al., 2016).

Existing research has shown that the most common source of occupational stress for nurses comes from their colleagues or their personal assignments, while the second most common source is workload. The most intense occupational stress type occurs when a patient's condition deteriorates while a medical doctor is unavailable. Overall, ICU nurses tend to experience greater occupational stress than outpatient clinic nurses. Nurses' self-rated

workload scores are positively related to patients' APACHE II scores and the frequency of changes in inpatient care settings (Chen, 1997).

In health care environments, inter-departmental communication and negotiations are necessary, and consensus must be reached so that medical professionals can collaborate and care for patients to the best of their ability. ICU environments are relatively enclosed and complicated. Domestic and overseas studies have shown that the more serious an ICU patient's illness is, the higher the occupational stress among corresponding nurses (Carayon & Carla, 2007). Many nurses consider that a higher number of patients and higher severity of illness denote more work, and an increase in nursing workload increases their occupational stress (Hussein, Aniza, & Taufik, 2012). Although many studies have investigated occupational stress among nurses, few studies have examined correlations among patient illness severity, occupational stress among ICU nurses, and negative care outcomes. Therefore, the present study investigated the associations between these factors to fill the research gap.

Research Methodology

The research used a cross-sectional method. Data was collected through structured questionnaires. Purposive sampling was adopted in three regional hospitals in Eastern Taiwan. The participants were nurses who had worked in ICUs with at least three months of experience in internal medicine or surgery departments. Management staff, such as deputy head nurses or those from higher positions, were excluded in this study.

The sample size was calculated using G*POWER 3.0 with a Cronbach's α of 0.05 (Faul et al., 2007). The effective size was calculated using the method proposed by Chen (2007) with a Cronbach's α of 0.3. The effective sample size was obtained with 81 participants. The power for regression analysis was calculated as $\alpha = 0.85$.

Research Design

This study used structured questionnaires to collect data on the demographics of nurses, occupational stress among nurses, and patient illness severity. The three questionnaires consist of Nurses' Demographic Survey, Nurse Occupational Stress Questionnaire (NOSS), and Patient Illness Severity (APACHE II).

a. Nurses' Demographic Survey

The demographic survey for nurses was developed based on a literature review conducted by the researchers of this study. The questionnaires were used to collect data on each participant's personal information such as gender, age, marital status, seniority, educational level,

number of patients, self-rated physical and mental conditions, professional training, job title, in-service training, ranking, shift type, job rotation, license type, division of employment, and hospital level of care. The respondents were instructed to check the options that best describe their situation.

b. Nurse Occupational Stress Questionnaire (NOSS)

The nurse occupational stress questionnaire used the Mandarin-translated Nurse Occupational Stressor Scale (NOSS).

The questionnaire is used to assess the stress experienced by nurses at work based on 43 items. The items are divided into four dimensions with a factor loading cutoff of 0.4, namely: personal responses (16 items), job concerns (13 items), competencies (11 items), and inability to complete personal duties (3 items).

The job concern dimension relates to issues arising from caring for patients, communicating with doctors and patients' family members, nurses' professional expectations, and evaluating medical system operations. Personal responses refer to nurses' negative physical and psychological responses to their work. Examples of the response are "I think I am not emotionally stable", "I once felt tired", and "I feel discouraged". Competencies refer to nursing staff members' satisfaction in fulfilling their duties and their professional capabilities. For example, "I cannot complete nursing work as expected" and "I can complete nursing work successfully within my capacity". Inability to complete personal work relates to the overwhelming workload which involves daily tasks which can be relatively easy but exhausting. It could be viewed as obstructive and also add to the stress responses of individuals triggered by interactions with their environments. The three items corresponding to inability to complete personal duties are related to the conflict between insufficient time and nursing staff members' self-expectations. These options for the questionnaire are "there is not enough time to complete what one has to do", "there is not enough time", and "it is hard to help the doctor understand my point".

(1) Scoring

The 43 items mentioned above are rated using a 9-point Likert scale ranging from 0 (lowest) to 8 (highest). Higher scores denote more significant stress, except for the competencies dimension where the items reflect positive stress-related emotions. Accordingly, higher scores denote lower levels of stress. Therefore, the items in this dimension are rated inversely. This means that a score of zero is converted into a score of 8 and vice versa (Tsai, 1993).

(2) Validity

This scale reflects nurses' stress conditions over the preceding week. In a validation study, occupational stress among 511 nurses in a medical centre in Taiwan was investigated. The total variance explained by the four dimensions discussed above was 80.1%. Regarding internal consistency for each variable, the Cronbach's α was greater than 0.84. This indicates that the questionnaire accurately reflects stress among nurses in Taiwan (Tsai, Chen, & Wang, 1996).

(3) Reliability

The Nurse's Occupational Stress Questionnaire was translated into Mandarin by Tsai (Tsai, 1993). A total of 39 items had a Pearson's coefficient of 0.7 or above. Eight items did not reach 0.7. The Mandarin version of the test was revised and retested on nursing personnel (N = 138). The overall Cronbach's α of the questionnaire was 0.93, indicating high internal consistency (Tsai, 1993). Subsequently, data were collected from 41 nurses and used to analyze each dimension. For each dimension, Cronbach's α was between 0.79 and 0.95. The overall internal consistency (Cronbach's α) of the questionnaire was 0.93. This suggests high short-term stability and internal consistency, which leads to high reliability (Tsai, Chen, & Wang, 1996).

c. Patient Illness Severity (APACHE II)

This study used APACHE II to evaluate patient illness severity. APACHE II rates patient illness severity based on 12 items, namely: body temperature ($^{\circ}\text{C}$), heart rate, average blood pressure, respiration rate, oxygen saturation, arterial blood pH, serum sodium, serum potassium, serum creatinine, hematocrit, white blood cell count, and Glasgow coma score (including chronic conditions and age). The total scores range from 0 to 71. The more severe the patient's illness, the higher the score. Subsequently, this leads to a likelihood of increased mortality rate (Knaus et al., 1985).

In the United States, Knaus et al. (1981) correlated the APACHE II scores and survival of 5,815 ICU patients in 13 medical centers. A positive correlation between APACHE II scores and ICU patients' mortality was reported, with a scale reliability and validity of 87% (Knaus, Draper, & Wagner, 1985; Knaus et al., 1981).

Data Processing and Analysis

SPSS 2.0 suite was used in this study for data filing and analysis. Descriptive statistical analysis was performed on the nurses' demographic information, occupational stress questionnaire scores, and APACHE II scores. Pearson correlation and Spearman rank correlations were adopted to test for correlations between variables. Suggestions from the study of Baron and

Kenny (1986) were considered in order to test whether a patient's illness severity exerted any mediating effects. The analysis further examined the link between occupational stress among nurses and patient illness severity with a regression model.

Results

This study tested three hypotheses:

1. Correlation between ICU Nurses' Demographics and Occupational stress (see Appendix A);
2. Associations between Patient Illness Severity and Nurses' Occupational stress;
3. Analysis of the Modulating Effect of Patient Illness Severity on Nurses' Occupational Stress (see Appendix B).

Correlation between ICU Nurses' Demographics and Occupational Stress

The nurses' demographic results for the 81 participants are shown in **Appendix A**. Most nurses recruited for this study were women within the age range of 32 years (approximately 90% were under 30 years old). Approximately 70% of the participating nurses had obtained a bachelor's degree or higher, while 53% were single. Approximately 90% were contracted nurses with an average number of years of seniority of 8.37. The most common ranking was N2 (70%), and more than 90% had not undergone any in-service training. Regarding self-rated health status, approximately 73% rated themselves as being of average health, while 53% rated themselves to be less healthy today than the previous year (53%).

The nurses' occupational stress questionnaire results revealed that the personal responses dimension had the highest average score per item (mean (M) score was 64, with a standard deviation (SD) of 20.15, followed by self-rated competencies for nursing work (M = 43.48, SD = 7.83), and inability to complete personal work (M = 11.26, SD = 6.30). Job concerns (M = 3.68, SD = 13.42) had the lowest average score per item. These results show that the overall stress among ICU nurses was at a medium-high level (**Table 1**).

Table 1. Nurse Occupational Stress Analysis (N = 81)

| Dimension | Number of questions | Variable range | M | SD | Range of obtained score | Average score per item |
|-------------------------|---------------------|----------------|-------|-------|-------------------------|------------------------|
| Nonproductive reactions | 16 | 0-128 | 64.22 | 20.15 | 12-106 | 4.01 |
| Professional concerns | 13 | 0-104 | 47.78 | 13.42 | 2-74 | 3.68 |
| Satisfactory responses | 11 | 0-88 | 43.48 | 7.83 | 16-58 | 3.95 |
| Falling behind | 3 | 0-24 | 11.26 | 6.30 | 0-24 | 3.75 |

Note: Average score per item = mean score / number of questions

This correlation analysis between nurses' occupational stress scores and their demographics produced results as shown in **Table 2**. Subsequently, the researchers investigated correlations between the four dimensions of nurses' stress and demographics, namely: personal responses, job concerns, competencies, and inability to complete personal work. Pearson correlation analysis was conducted on the continuous variables, whereas Spearman rank correlation was used for the categorical variables.

Table 2. Correlations between Nurses' Demographics and Occupational stress (N = 81)

| Nurse attributes | | Occupational stress among nurses | | | |
|--------------------------|----------------------|----------------------------------|--------------|--------------|-------------------------------------|
| | | Personal responses | Job concerns | Competencies | Inability to complete personal work |
| Age | <i>r</i> | .25** | .00 | -.24** | .18** |
| Nursing seniority | <i>r</i> | .18** | .01 | -.15** | .07 |
| ICU seniority | <i>r</i> | .06 | -.07 | -.27** | .13** |
| Number of patients | <i>r</i> | .14** | -.02 | -.08* | .02 |
| Education level | <i>r_s</i> | .03 | -.10** | -.19** | .06 |
| Marital status | <i>r_s</i> | -.13** | -.25** | -.10** | -.10** |
| Ranking | <i>r_s</i> | .12** | .13** | -.32** | .15** |
| Hospital type | <i>r_s</i> | -.11** | .17** | -.03 | .02 |
| Current health status | <i>r_s</i> | -.42** | -.08** | -.14** | -.41** |
| Health status 1 year ago | <i>r_s</i> | -.47** | -.04 | -.10** | -.32** |

The personal response dimension was positively correlated with age, work seniority, number of patients, and ranking ($p < .01$). This suggests that the older the nurse, the more patients they have in their care. On the other hand, the higher the nurse's ranking, the more negative their physical and psychological responses. The personal responses dimension was negatively correlated with marital status, hospital level, current health status, and health status in the previous year.

This finding indicates that nurses who are single or working at a lower-level hospital, and those with poor health were more likely to have more negative physical and psychological responses. Ranking, hospital level, and job concerns were positively correlated with one another ($p < .01$). For the nurses in this study, being more highly ranked involves more responsibility. In addition to the lack of sufficient time to provide adequate clinical care, more highly-ranked nurses experience higher occupational stress as they have to do more communication with patients, their family members, and doctors as compared to lower rank nurses.

Job concerns, educational level, marital status, and current health status were negatively correlated to each other ($p < .01$). Therefore, nurses

who have a lower education level or are unmarried and consider themselves less healthy tend to experience greater stress than their counterparts. This is due to communication problems, professional expectations, and a lack of familiarity with the medical system. In terms of nurses' demographics and their self-rated stress levels for each dimension, the results show that nurses who are single, older, having a lower ICU seniority, lower ranking, and are in poor health are more likely to experience greater occupational stress than their counterparts.

Association between Nurses' Occupational Stress and Patient Illness Severity

During the research period, 798 people were admitted to ICUs. These patients' APACHE II scores were between 0 and 48 (M = 19.44, SD = 8.79). The average length of stay in the ICU was 11 days (SD = 10). Patient illness severity was low. A total of 75 patients experienced the negative care outcome of death (9.4%). Also, 331 experienced British Standards Institution (BSI) (3.9%), and one experienced Ventilator-associated Pneumonia (VAP) infection (0.1%). The average ICU length of stay is 10.76 days. This is shown in Table 3.

Table 3. Patient with negative care outcome (N = 798)

| Negative care outcome | Number of people | Percentage (%) |
|-----------------------|------------------|------------------|
| No | 691 | 86.6 |
| Yes | | |
| VAP | 1 | 0.1 |
| BSI | 31 | 3.9 |
| Death | 75 | 9.4 |

Spearman correlation was used to analyze the correlation coefficient between nurses' occupational stress and patients' illness severity. The results showed a lack of statistical significance in terms of the correlation between the four occupational stress dimensions (personal responses, job concerns, competencies, and inability to complete personal work) and patient illness severity or negative care outcomes ($p > 0.05$).

This finding suggests that there were no significant correlations between occupational stress among nurses, patient illness severity, and negative care outcomes.

Analysis of the Modulating Effect of Patient Illness Severity on Nurses' Occupational Stress

The total score for occupational stress among nurses revealed no significant correlation with patient illness severity. Nonetheless, it was unclear whether patient illness severity exerts any modulating effect on occupational

stress among nurses. Therefore, this study used the regression model suggested by Baron and Kenny (1986) to test whether patient illness severity modulates nurses with different attributes stress. In the regression equation, X1 denotes nurses' characteristics and Y denotes the four dimensions of occupational stress (personal responses, job concerns, competencies, and inability to complete personal work).

Modulating variable X2 represents APACHE II scores. X1, X2, and the product of standardized X1 and X2 ($ZX1 \times ZX2$) were the inputs for the regression analysis to predict the value of Y. If the regression coefficient of the interaction was statistically significant, then X2 will be the modulating variable that affects the direction or intensity of the relationship between X1 and Y. This is shown in **Figure 1**.

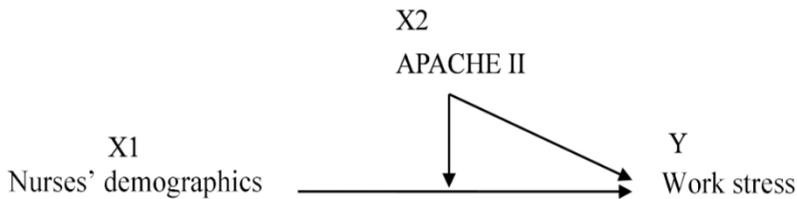


Figure 1. Modulating Effect of Patient Illness Severity on Occupational Stress among Nurses with Different Attributes

The results of the nurse occupational stress questionnaire are shown in **Appendix B** within the four dimensions. The analysis results revealed that when predicting occupational stress, the interaction between APACHE II scores and nurses' demographics achieved statistical significance (nurses' demographics \times APACHE II scores; $p < .01$).

Patient illness severity affected the stress level of nurses. The nurse's situation such as age, marital status, number of patients, job seniority, ICU seniority, ICU training, hospital level, type of shift, and current health status will also affect their stress level.

Patient illness severity exerted a clear modulating effect to the occupational stress among nurses. Instead of directly influencing nurses' occupational stress, patient illness severity modulated the level of stress among nurses with different attributes.

Discussion

The three research objectives can be discussed in two fields, namely:

1. Correlation between ICU Nurses' Attributes and Occupational stress
2. Correlation between Nurses' Occupational stress and Patient Illness Severity.

Firstly, it can be established that the nurses' communication problems related to job roles and their professional expectations are correlated to their

marital status, ranking, and job concerns. For example, married nurses are more likely to find ways to relieve occupational stress than unmarried nurses. Furthermore, N2-ranked nurses who are single are generally younger, of lower seniority, and are less mature in professional knowledge and skills. Furthermore, they cannot analyze and solve problems to the same degree of the senior colleagues. Hence, they tend to experience more occupational stress.

Secondly, patient illness severity is expected to affect a nurse's workload. For example, inpatients in veterans' hospitals are more than 80 years old, mostly single, living in the hospital, have various chronic diseases, and require full assistance in their daily lives. Such patients also require complicated medical treatments and comprehensive care from nurses.

Correlation between ICU Nurses' Attributes and Occupational Stress

The overall stress levels of the nurses researched in this study was at a medium-high level, and the most major source of stress was competencies and personal responses. These findings suggest that nurses lack confidence in their personal competencies. Furthermore, nurses have considerable mental and physical burdens because of insufficient work experience and skills and there is a shortage of nursing personnel. This study also indicates that the marital status and job concerns of nurses are correlated. Most single nurses are young, of low seniority, and less mature in terms of professional knowledge and skills. ICU work requires nurses to maintain concentration for long periods of time. Therefore, administering invasive treatments may cause excessive physical and mental stress for newly qualified nurses. This is partially because they lack sufficient experience and confidence. Nevertheless, the physical and mental burden will fade as nurses gain more experience and knowledge.

Research in Taiwan showed that hiring part-time nurses for routine nursing work can reduce occupational stress among full-time nurses due to the reduction in workload (Tsai, Chen, & Wang, 1996). Understaffing in clinical nursing, heavy workloads, and large amounts of overtime hours are fairly common nowadays. In addition, nursing practice environments are not getting enough support (Higazee, Rayan, & Khalil, 2016). Basic nursing work is time-consuming and can prevent nurses from performing their more advanced professional duties. Clinical nursing work is complex, and there is a lack of clear distinction between professional and non-professional nursing work. Consequently, nurses spend many of their working hours performing non-professional tasks. Also, many nurses develop sleep disorders and health problems such as unrecoverable fatigue because of shiftwork (Chou, Li, & Hu, 2014).

Correlation between Nurses' Occupational Stress and Patient Illness Severity

Patient illness severity in this study is similar to the study of Chen (2007). The average occupational stress questionnaire score in the present study was 3.84, while the occupational stress index of 138 nursing staff members from three medical centers in Taiwan was 3.15 (Tsai, Chen, & Wang, 1996). Although these two occupational stress levels are similar, no significant correlation was found between nurses' occupational stress and patient illness severity. However, the modulating effect of patient illness severity on occupational stress among nurses was significant. Some studies have shown that nurses working in regional hospitals experience higher stress compared to nurses working in local hospitals. This is because the two hospital types admit different numbers of patients with different levels of illness severity, and they also use different medical equipment. In addition, these two hospital types require different professional knowledge and technology. The level of sensitivity to patient safety also varies (Chang, Chen, & Chen, 2016). Consequently, nurses in these two hospital types are likely to experience different stress levels. For example, inpatients in veterans hospitals are more than 80 years old on average, mostly single, living in the hospital, have various chronic diseases, and require full assistance in their daily lives. Such patients also require complicated medical treatments and comprehensive care from nurses. Due to the lack of a high-precision, physiological surveillance technology in regular wards, and manpower, some patients who require close monitoring may be sent to ICUs even though their illnesses are not severe. This practice can add to the burden of ICU nurses. Due to nursing shortages, nurses commonly have heavy workloads which requires them to work for hours overtime. The distinction between professional and nonprofessional work in the nursing domain is still lacking. As a result, nurses spend many of their working hours performing nonprofessional tasks.

Conclusion

This study used a cross-sectional design that employed questionnaires to evaluate nurses' occupational stress. Notably, stress is dynamic, especially in ICUs.

These insights indicate that stress causes physical and mental fatigue among nurses and is multidimensional and interactive. The social, cultural, and psychological aspects must be considered in order to improve the working environment. Thus, this paper offers the following suggestions:

- 1) Maintain a reasonable patient-nurse ratio and provide reasonable salaries for nurses;
- 2) Provide nurses with appropriate care and assistance according to each nurse's personality and characteristics;

- 3) Cultivate a friendly organizational culture and workplace;
- 4) Avoid asking nurses to move heavy patients or objects;
- 5) Managers should routinely visit their nursing staff to understand the effects of work-related stress on staff.

The implementation of measures based on these suggestions could help improve well-being and job satisfaction among clinical nurses by reducing their occupational stress levels.

This study used the convenience sampling approach. The sample size was small, and participants were recruited only from Eastern Taiwan. The analysis results have limited generalizability. However, it is argued that this is enough to examine nurses' occupational stress issues and identify several problems such as limited support, workload, and patient illness levels.

References:

1. Battle, C. E., James, K., Bromfield, T., & Temblett, P. (2017). Predictors of post-traumatic stress disorder following critical illness: A mixed methods study. *Journal of the Intensive Care Society*, 18(4), 289–293.
2. Baron, R., & Kenny, D. A. (1986). The moderator-mediator variable distinction in social psychological research: Conceptual, strategic, and statistical considerations. *Journal of Personality and Social Psychology*, 51(6), 1173-1182.
3. Benoliel, J., Mc Corkle, R., Georgiadou, F., Denton T, & Spitger A. (1990). Measurement of stress in clinical nursing. *Cancer Nursing*, 13(4), 221-228.
4. Carayon, P., & Gurses, A. (2007). A human factors engineering conceptual framework of nursing workload and patient safety in intensive care units. *Intensive and Critical Care Nursing*, 21(5), 284-301.
5. Cheung, S., Spaeth-Rublee, B., Shalev, D., Li, M., Docherty, M., Levenson, J., & Pincus, H. A. (2019). A Model to Improve Behavioral Health Integration into Serious Illness Care. *Journal of Pain and Symptom Management*, 58(3), 503-514.e1. <https://doi.org/10.1016/j.jpainsymman.2019.05.017>
6. Chang, H. L., Lu, M. S., & Lin, C. F. (2010). Factors Related to New Nursing Staff Turnover Rates. *The Journal of Health Science*. 12(3), 161-172
7. Chang, T. F., Chen, C. K., & Chen, M. J. (2016). A Study of Demographic Traits, Job Stress, Job Satisfaction, and Turnover Intention Among Nurses Working in Different Types of Hospital-The Case of Six Local Community Hospitals and Four Metropolitan Hospitals. *Cheng Ching Medical Journal*, 12(2), 28-34.

8. Chou, L., Li, C., & Hu, S. (2014). Job stress and burnout in hospital employees: Comparisons of different medical professions in a regional hospital in Taiwan. *British Medical Journal*, 4(2), 1-7.
9. Faul, F., Erdfelder, E., Lang, A. G., & Buchner, A. (2007). G*Power 3: A flexible statistical power analysis program for the social, behavioral, and biomedical sciences. *Behavior Research Methods*, 39(2), 175-191.
10. French, J., Rogers, W., & Cobb, S. (1974). Adjustment as a person-environment fit. In: Coelho, G. V., Hamburg, D. A. and Adams, I. F. (Eds.) *Coping and Adaptation: Interdisciplinary Perspectives*, New York, Basic Books, 316-333.
11. Godinjak, A., Igllica, A., Rama, A., Tančica, I., Jusufović, S., Ajanović, A., & Kukuljac, A. (2016). Predictive value of SAPS II and APACHE II scoring systems for patient outcome in a medical intensive care unit. *Acta Medica Academica*, 45(2), 97–103.
12. Goetz, N., Wald, A., & Freisinger, E. (2021). A person-environment-fit-model for temporary organizations - Antecedents for temporary working settings. *International Journal of Project Management*, 39(1), 1–9.
13. Higazee, M. Z. A., Rayan, A., & Khalil, M. (2016). Relationship between Job Stressors and Organizational Support among Jordanian Nurses. *American Journal of Nursing Research*, 4(3), 51-55.
14. Ho, H. C., Chang, S. H., Tsao, J. Y., Chang, M. F., Chen, Y. H., Yang, T. (2010). The Relationship between Job Stress and Physical-Mental Health among Hospital Staff. *Chinese Journal of Occupational Medicine*, 17(4), 239-252.
15. Lazarus, R. S. (2000). Toward better research on stress and coping. *American Psychologist*, 55(6), 665-673.
16. Lin, C. F., Lai, F. C., Huang, W. R., Huang, C. I., & Hsieh, C. J. (2020). Satisfaction with the Quality Nursing Work Environment among Psychiatric Nurses Working in Acute Care General Hospitals. *Journal of Nursing Research*, 28(2).
17. Lin, Y. H., Chueh, K. H., & Lin, Y. N. (2015). Work Stress and Anxiety among Clinical Female Nurses with Sleep Disturbance. *Vancouver General Hospital Nursing*, 32(2), 154-165.
18. Lord, H., Loveday, C., Moxham, L., & Fernandez, R. (2021). Effective communication is key to intensive care nurses' willingness to provide nursing care amidst the COVID-19 pandemic. *Intensive and Critical Care Nursing*, 62.
19. Knaus, W. A., Wagner, D. P., Draper, E. A., Lawrence, D. E., & Zimmerman, J. E. (1981). The range of intensive care services today. *The Journal of the American Medical Association*, 246(23), 2711-

- 2716.
20. Knaus, W. A., Draper, E. A., Wagner, D. P., & Zimmerman, J. E. (1985). APACHE II: A severity of disease classification system. *Critical Care Medical*, 13(10), 818-829.
 21. Ministry of Health and Welfare (2019). Number of Registered Medical Personnel in Hospitals, Clinics and Other Medical Care Institutions, Taiwan Area. Retrieved June 30, 2019. <<https://dep.mohw.gov.tw/dos/cp-1735-3244-113.html> >.
 22. Sen-Crowe, B., Sutherland, M., McKenney, M., & Elkbuli, A. (2021). A Closer Look Into Global Hospital Beds Capacity and Resource Shortages During the COVID-19 Pandemic. *Journal of Surgical Research*, 260, 56–63. <https://doi.org/10.1016/j.jss.2020.11.062>
 23. Shih, F. F., & Chou, C. F. (2002). A Study on Job Stress and Coping Behaviors of Nurses in Drug Addictive Wards. *Chung Shan Medical Journal*. 13(2), 197-208.
 24. Tilda, S. (2006). *A Nurse's Story: Life, Death, and in-between in an Intensive Care Unit*. Canada: McClelland & Stewart.
 25. Tsai, S. L. (1993). The Chinese nurse stress in Taiwan, Republic China. *Issues in Mental Health Nursing*, 14(3), 275-285.
 26. Tsai, S. L., Chen, M. L., & Wang, BW. (1996). Related Factors of Nurse Work Stress in a Medical Center. *Vancouver General Hospital Nursing*, 13(3), 263-269.
 27. Tsutsumi, A., Kayaba, K., Theorell, T., & Siegrist, J. (2001). Association between job stress and depression among Japanese employees threatened by job loss in a comparison between two complementary job stress models. *Scandinavian Journal of Work Environmental and Health*. 27(2), 146-153.

Appendix A. Nurses' Socio-demographic variables (N = 81)

| Class | Number of people | Percentage (%) | Mean | Standard deviation |
|--------------------|------------------|----------------|-------|--------------------|
| Gender | | | | |
| Male | 1 | 1.2 | | |
| Female | 80 | 98.80 | | |
| Age | | | 31.80 | 5.38 |
| Educational level | | | | |
| Junior college | 24 | 29.60 | | |
| University | 57 | 70.40 | | |
| Marital status | | | | |
| Single | 43 | 53.10 | | |
| Married | 38 | 46.90 | | |
| Number of patients | | | | |
| Less than two | 4 | 4.90 | | |
| Three | 60 | 74.10 | | |

| | | | | |
|---|----|-------|------|------|
| More than four | 17 | 21.00 | | |
| ICU training experience | | | | |
| No | 8 | 9.90 | | |
| Yes | 73 | 90.10 | | |
| Years of nursing seniority | | | 8.37 | 4.97 |
| Years of ICU seniority | | | 5.88 | 4.08 |
| Employment status | | | | |
| Government-employed nurse | 7 | 8.65 | | |
| Government-employed registered nurse | 3 | 3.70 | | |
| Contract nurse | 70 | 86.45 | | |
| Hospital type | | | | |
| District hospital | 11 | 13.60 | | |
| District teaching hospital | 12 | 14.80 | | |
| Regional teaching hospital | 58 | 71.60 | | |
| Major shift type over the preceding half year | | | | |
| Day shift | 9 | 11.10 | | |
| Swing shift | 21 | 25.90 | | |
| Night shift | 17 | 21.00 | | |
| Rotational | 34 | 42.00 | | |
| Number of shifts per week | | | | |
| Fixed | 64 | 79.00 | | |
| Two | 13 | 16.05 | | |
| Three | 4 | 4.95 | | |
| In-service training | | | | |
| No | 74 | 91.40 | | |
| Yes | 7 | 8.60 | | |
| Part-time job (multiple answers possible) | | | | |
| Nurse | 81 | 100.0 | | |
| Leader | 28 | 34.60 | | |
| Clinical teacher | 11 | 13.60 | | |
| Rank | | | | |
| N0 | 9 | 11.10 | | |
| N1 | 13 | 16.10 | | |
| N2 | 57 | 70.40 | | |
| N3 | 1 | 1.20 | | |
| N4 | 1 | 1.20 | | |
| Self-rated present health status | | | 0.94 | 0.56 |
| Not good | 14 | 17.30 | | |
| Average | 59 | 72.90 | | |
| Good | 7 | 8.60 | | |
| Very good | 1 | 1.20 | | |
| Health status now vs. 1 year ago | | | 1.15 | 0.73 |
| Much worse | 14 | 17.30 | | |

| | | | | |
|------------------------------------|----|-------|--|--|
| Slightly worse | 43 | 53.10 | | |
| Similar | 22 | 27.20 | | |
| Better | 2 | 2.40 | | |
| Other duties outside this division | | | | |
| No | 66 | 81.50 | | |
| Yes | 15 | 18.50 | | |

Appendix B. Analysis of the Modulating Effect of Patient Illness Severity on Nurse socio-demographic characteristics and occupational stress

| Modulating variable | Personal responses | Job concerns | Competencies | Inability to complete personal duties | Total occupational stress score |
|--|--------------------|--------------|--------------|---------------------------------------|---------------------------------|
| | F-value | F-value | F-value | F-value | F-value |
| Age* APACHE II | 9.08* | 41.59*** | 16.97*** | 2.02 | 33.55*** |
| Educational level* APACHE II | .24 | 4.48* | 2.30 | 14.10*** | .25 |
| Marital status* APACHE II | 33.92*** | 56.90*** | 33.04*** | 5.20* | 78.42*** |
| Number of patients* APACHE II | 24.68*** | 11.72*** | .31 | 8.93** | 26.92*** |
| ICU training* APACHE II | 28.59*** | .12 | 6.19* | 48.33*** | 28.42*** |
| Job seniority* APACHE II | 3.83* | 16.23*** | 36.20*** | .66 | 20.06*** |
| ICU seniority* APACHE II | 6.91* | 24.81*** | 30.30*** | 4.59* | 20.73*** |
| Employment status* APACHE II | .02 | 61.53*** | 28.49*** | 34.80*** | 9.21** |
| Hospital level* APACHE II | 15.14*** | 64.45*** | 25.99*** | 5.85* | 40.84*** |
| Shift type* APACHE II | 8.17* | .61 | 2.99 | 2.31 | 4.45* |
| Ranking* APACHE II | .78 | 6.43** | 42.29*** | 2.64 | 2.72 |
| Current health status* APACHE II | 30.61*** | 46.48*** | 5.61* | 1.21 | 54.32*** |
| Health status previous year* APACHE II | 41.80*** | 36.36*** | 2.19 | 5.63* | 43.97*** |

* $p < .05$, ** $p < .01$, *** $p < .001$



ESJ Natural/Life/Medical Sciences

The Use of STEM Approaches To Improve Formula Derivation Steps in Material Science and Engineering Programmes at Higher Education Institutions

Charles Darko

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

[Doi:10.19044/esj.2021.v17n29p38](https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n29p38)

Submitted: 13 May 2021

Accepted: 01 July 2021

Published: 31 August 2021

Copyright 2021 Author(s)

Under Creative Commons BY-NC-ND

4.0 OPEN ACCESS

Cite As:

Darko C.(2021). *The Use Of STEM Approaches To Widen Formula Derivation Steps In Material Science And Engineering Programmes At Higher Education Institutions*. European Scientific Journal, ESJ, 17(29), 38.

<https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n29p38>

Abstract

Many complex formula derivation steps found within material science and engineering programmes are essential skill-developing activities that enhance students' learning. Most students lack the required mathematical knowledge to fully comprehend some of those derivation steps. This work involves the development of a framework for clarifying some of the original derivations by adding further mathematical steps that support students' constructive and cognitive learning. Modifications were made on the theoretical tensile strength derivations, the Maxwell's and the Voigt-Kelvin's models. The aim is to facilitate students' learning and help them acquire transferable skills when solving other material science and engineering problems. Students benefited from the activities in two folds; firstly, they understood the mathematical reasons behind each derivation step and secondly, their study periods were reduced. These activities provide a platform for widening STEM activities at higher education institutions. The ongoing work will look at other important formula derivation steps within material science and engineering.

Keywords: Mathematics, Engineering, Theoretical formula, Formula derivations, STEM

Introduction

Most material science and engineering courses at higher education institutions involve complex formula derivation steps aimed to enhance students' analytical skills (Jaworski, 2008). Regardless of the instructional approach, good mathematical skills in engineering programs are very essential (Cardella, 2008; Ní Fhloinn et al., 2014). In engineering education, lecturers have been urged to formulate clear instructional materials that support students' cognitive and creative thinking, construct deep conceptual knowledge and improve their problem-solving abilities (Felder, et al., 2000; Litzinger et al., 2011; Daly et al., 2014). The main problem is the level of facilitation needed to guide students in achieving the desired learning objectives without influencing their self-learning efficacies. Mathematical thinking among engineering students involves the concepts, metacognitive processes, beliefs and effects during problem-solving practices (Schoenfeld, 1992). Schoenfeld (1992) also noted that problem solvers have limited cognitive resources during the metacognitive process and their working memory can hold approximately seven pieces of information at a time. Hence, the working memory of students must be managed for effective problem-solving processes.

The learning of mathematics is indispensable within the engineering community and the best 'practical' mathematical approach is to understand it as a language for describing physical and chemical laws (Sazhin, 1998). This is because students learn physical concepts much easier than mathematical concepts. Thus, the understanding of engineering problems means the conversion of problems into physical and/or chemical problems that can be formulated in terms of mathematical equations.

Purposes of this study

This work seeks to motivate and encourage students' conceptual thinking by adding further mathematical derivation steps to original equations found in the literature. This will help deepen students' understanding and support them to acquire the necessary transferable mathematical problem-solving skills that can be applied in other engineering programmes.

The Helping Engineers Learn Mathematics (HELM) projects confirmed the decline in basic mathematics at the institutions and other subject review reports also noted the lack of basic mathematical skills among students (Davis et al., 2005). Many students will continue their education in engineering with mathematical difficulties since engineering institutions cannot always recruit students with higher qualifications in mathematics (Jaworski, 2008). It is therefore essential to link mathematics in Science, Engineering and Technology to promote the acquisition of transferable skills.

Widening Science, Technology, Engineering & Mathematics (STEM)

STEM education refers to the teaching and learning in the fields of science, technology, engineering, and mathematics at all educational levels (Gonzalez & Kuenzi, 2012). Currently, the focus of STEM activities has been shifted towards the lower education sectors ((Bybee, 2010; Corlu et al., 2014; Moore et al., 2014; Chiu et al., 2015; Khanlari & Mansourkiaie, 2015; English, 2016; Ros et al., 2016) but that must be spread across all higher education institutions as this will allow the exploration of fundamental principles in engineering and mathematics. STEM education must increase students' understanding of how things work in different technological processes and must improve their problem-solving and innovation mindset (Bybee, 2010).

At higher education, there have been difficulties in the efforts to introduce STEM activities because of several associated barriers such as the difficulties in providing mathematical education, the lack of students' diverse knowledge, as well as the lack of quantitative skills among engineering students (Booth, 2004; Czaplinski et al., 2019; Lee, et al., 2019). Booth (2004) suggested that mathematics and engineering educators must collaborate to provide mathematics instruction to engineers while Czaplinski and colleagues (2019) emphasized the need of assisting students in developing their diverse knowledge to enable them to construct transdisciplinary solutions for complex problems. Similar to Reid and Wilkes (2016), this work will support STEM approaches in higher education and provide platforms to enhance students' quantitative skills.

Teaching and students' learning

Feedforward teaching styles require lecturers to give illustrative instructions that guide the learner towards the desired results (Hershberger, 1990; Basso & Belardinelli, 2006). In those approaches, too many scaffolding practices might impact students' abilities negatively even though some students may improve their academic achievements (Murtagh and Webster, 2010). Moreover, the constructivism learning theory suggests knowledge to be acquired through student experiences (Bada and Olusegun, 2015) but cognitively, it is difficult for the brain to process information among students with weaker working memory (Cowan, 2014). For those students with weaker working memory, scaffolding and feedforward approaches might be the best strategy to enhance their learning and that may boost their self-efficacies (Van Dinther et al., 2011).

In all, students must actively engage and find solutions to problems during their learning without passively receiving it from the lecturer (Liu and Chen, 2010). To improve students' engagement, Green et al. (2017) noted that flipping the lecture by providing instructional information before lectures promotes deeper thinking and creativity among students and allow them to

develop problem-solving skills. This work facilitates the students' learning by guiding them towards the required learning objectives without influencing their constructive engagements. This work guided the students by adding further additional derivation steps to enhance their learning.

Methodology

In this work, modifications were made to derivation steps found in modern literature. Further mathematical steps were added to the derivation of the theoretical tensile strength formula, Maxwell's and Voigt-Kelvin's models. These equations are essential models within the material science programme because they describe the strength and dynamic mechanical behaviours within materials. While the theoretical tensile strength gives insight into the classical crack strength estimation, the Maxwell and the Voigt-Kelvin models explain the deformation mechanisms of materials having both viscous and elastic properties. For clarity, all added steps were *relabelled* to avoid confusion. The modified derivations workouts were incorporated into two of the materials science and engineering units and were used in all lessons for two year period. Feedback from hundred & fifty (150) students was recorded after usage.

In the following sections, the original formula derivations (as appeared in the literature) were reported followed by the modifications written in **bold text**. Furthermore, extensive explanations were provided to improve students' understanding.

Theoretical tensile strength

Theoretical tensile strength from literature (Young & Lovell, 2011)

The expected dependence of stress σ upon the displacement x during cleavage is as shown below.

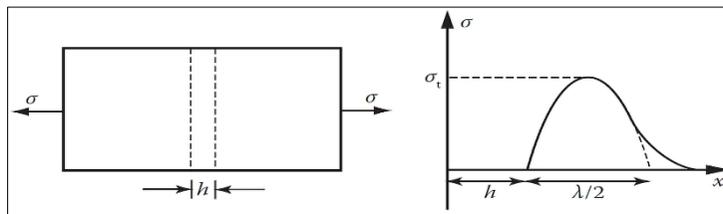


Figure 1. The model used to calculate the theoretical cleavage stress of a polymer crystal (Young & Lovell, 2011, p. 558)

It is envisaged that this can be approximated to a sine function of wavelength λ which takes the form;

$$\sigma = \sigma_T \sin\left(\frac{2\pi x}{\lambda}\right) \quad (1)$$

where σ_t is the maximum tensile stress, $\lambda =$ wavelength, h the equilibrium separation of the atomic planes in the crystal, perpendicular to the tensile axis. This can be written for low strains as;

$$\sigma = \sigma_T \left(\frac{2\pi x}{\lambda} \right) \quad (2)$$

For perfectly elastic behaviour, the textbook quoted Hooke's law as

$$\sigma = \frac{Ex}{h} \quad (3)$$

Comparing the two equations results in the following equation.

$$\sigma = \frac{\lambda E}{2\pi h} \quad (4)$$

After assuming a perfectly elastic situation and adding some integration steps, the theoretical strength was given to be

$$\sigma_T = \sqrt{\frac{E\gamma}{h}} \quad (5)$$

This final equation is the known formula for the estimation of the tensile strength of polymer materials.

Feedback from students indicated that some integration steps within the derivations were missing and some students struggled to follow the steps..

Modification of theoretical tensile strength formula's derivation

From

$$\sigma_T = \frac{\lambda E}{2\pi h} \quad (6)$$

By rearranging, the surface energy per unit area (γ) is given by;

$$= \frac{2\pi h}{E} \sigma_T \quad (7)$$

A sinusoidal graph was drawn to explain the procedures involved and the γ applied to the area under the curve (*New*).

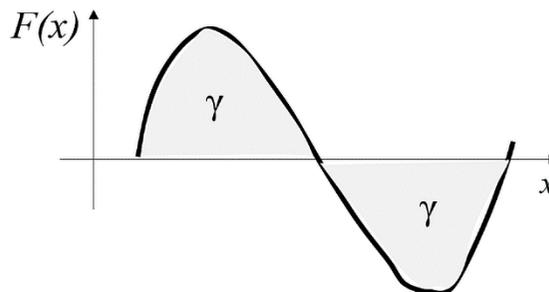


Figure 2. A schematic sinusoidal graph showing surface energy per unit area required during material cleavage

The total energy required to create one new surface is given by

$$U_{total} = \gamma = \int_0^{\lambda/2} \sigma_T \sin \frac{2\pi x}{\lambda} \quad (8)$$

The result from integration gives

$$\int_0^{\lambda/2} \sigma_T \sin \frac{2\pi x}{\lambda} = \sigma_T \left[-\frac{\lambda}{2\pi} \cos \frac{2\pi x}{\lambda} \right]_0^{\lambda/2} \quad (9)$$

When the definite integral limits are applied, it becomes

$$\sigma_T \left[-\frac{\lambda}{2\pi} \cos \frac{2\pi \lambda}{\lambda} \right] - \sigma_T \left[-\frac{\lambda}{2\pi} \cos \frac{2\pi(0)}{\lambda} \right] \quad (10)$$

Since $\cos(\pi) = -1$ and $\cos(0) = 1$, the equation becomes

$$\sigma_T \left[-\frac{\lambda}{2\pi} \times -1 \right] - \sigma_T \left[-\frac{\lambda}{2\pi} \times 1 \right] \quad (11)$$

$$\sigma_T \left[\frac{\lambda}{2\pi} \right] + \sigma_T \left[\frac{\lambda}{2\pi} \right] \quad (12)$$

Hence, the total energy required to create one new surface is given by

$$\gamma = 2\sigma_T \left[\frac{\lambda}{2\pi} \right] = \sigma_T \frac{\lambda}{\pi} \quad (13)$$

The total energy required to create *two* new surfaces as described in figure 2 is given by

$$2\gamma = \sigma_T \frac{\lambda}{\pi} \quad (14)$$

By rearranging

$$\lambda = \frac{2\gamma\pi}{\sigma_T} \quad (15)$$

Equating (7) and (15) gives;

$$\lambda = \frac{2\pi h}{E} \sigma_T = \frac{2\gamma\pi}{\sigma_T} \quad (16)$$

After rearranging and cancellations,

$$\sigma_T = \sqrt{\frac{E\gamma}{h}} \quad (17)$$

There was positive feedback from the students and they expressed their satisfaction of acquiring the necessary understanding. The added mathematical steps appeared to be basic differential equations but that motivated the students in applying and linking mathematics to engineering problems.

Maxwell’s model for describing stress relaxations of viscoelastic materials
Derivation of Maxwell’s model from the literature (Young & Lovell, 2011, p. 489)

Below are the derivation steps for Maxwell’s model (i.e. from literature) using a spring and dashpot in series, as displayed in figure 3. As mentioned earlier, Maxwell’s model is used to describe the viscoelastic material’s stress relaxation behaviour. Hence, while the spring represents the elastic part of the material, the dashpot is used for the viscous deformation part.



Figure 3. A schematic diagram of Maxwell’s model built up by a spring and a dashpot in series (source: Young & Lovell, 2011, p. 489)

Since the elements are in series, the stress will be identical in each one and so

$$\sigma = \sigma_1 = \sigma_2 \tag{18}$$

For the spring and dashpot, respectively, Hook’s law gives

$$\sigma = E \varepsilon_1 \tag{19}$$

Or

$$\frac{d\sigma}{dt} = E \frac{d\varepsilon_1}{dt} \tag{20}$$

Newton’s law is used to describe the linear viscous behaviour through the equation

$$\frac{d\sigma}{dt} = \eta \frac{d\varepsilon_2}{dt} \tag{21}$$

Where η is the viscosity characteristic parameter for the description of the viscous medium, E is the elastic modulus and ε is the strain within the model.

The strain characterizing the total deformation is given by the sum

$$\varepsilon = \varepsilon_1 + \varepsilon_2 \tag{22}$$

and the strain rate when differentiated with respect to time gives

$$\frac{d\varepsilon}{dt} = \frac{d\varepsilon_1}{dt} + \frac{d\varepsilon_2}{dt} \tag{24}$$

Inserting the derivations from equations (20) and (21) into (23) yields

$$\frac{d\varepsilon}{dt} = \frac{1}{E} \frac{d\sigma}{dt} + \frac{1}{\eta} \sigma \tag{24}$$

Since

$$\frac{d\varepsilon}{dt} = 0 \quad (25)$$

Hence,

$$0 = \frac{1}{E} \frac{d\sigma}{dt} + \frac{1}{\eta} \sigma \quad (26)$$

Rearranging result in the following equation.

$$\frac{1}{\sigma} d\sigma = -\frac{E}{\eta} dt \quad (27)$$

This can be readily integrated when $t = 0$ and $\sigma = \sigma_0$ to give

$$\sigma = \sigma_0 \exp\left(-\frac{E}{\eta} t\right) \quad (28)$$

Looking at the above derivation steps, it was evident that some mathematical integration steps were not displayed before reaching the final equation and this affected the learning of the weaker students. It is normally believed that this teaching style of eliminating some mathematical steps promote constructivist learning among students and the students might develop their own knowledge through research and self-studies (Bada and Olusegun, 2015). However, some of the students failed to find the required connection to the final answer and that disrupts their problem-solving and transferable skills.

Modification of Maxwell's model's formula derivation

Using the same model described above, some modifications were made as follows.

From Hook's law,

$$\sigma_1 = E\varepsilon_1 \quad (29)$$

When there is a change in the stress and strain with time, it becomes

$$\frac{d\sigma_1}{dt} = E \frac{d\varepsilon_1}{dt} \quad (30)$$

Rearranging of the above equation becomes

$$\frac{d\varepsilon_1}{dt} = \frac{1}{E} \frac{d\sigma_1}{dt} \quad (31)$$

The same stress σ for viscous deformation is expressed as

$$\sigma = \eta \frac{d\varepsilon_2}{dt} \quad (32)$$

Also, rearranging the above equation becomes

$$\frac{d\varepsilon_2}{dt} = \frac{1}{\eta} \sigma \quad (33)$$

Where η is the viscosity characteristic parameter for the description of the viscous medium, E is the elastic modulus and ε is the strain within the model.

In an equilibrium of forces and assuming constant area, the stress becomes constant (i.e. $\sigma = \sigma_1 = \sigma_2$) but strain varies.

The strain (ε) characterizing the total deformation is given by the sum

$$\varepsilon = \varepsilon_1 + \varepsilon_2 \quad (34)$$

and the total strain rate *with respect to time* yields

$$\frac{d\varepsilon}{dt} = \frac{d\varepsilon_1}{dt} + \frac{d\varepsilon_2}{dt} \quad (35)$$

Inserting the derivations from equations (31) and (33) into (35) yields

$$\frac{d\varepsilon}{dt} = \frac{1}{E} \frac{d\sigma}{dt} + \frac{1}{\eta} \sigma \quad (36)$$

But for **stress relaxation** (i.e. the reason for Maxwell's model), the strain is held constant ($\varepsilon = \varepsilon_0$). This means

$$\frac{d\varepsilon}{dt} = 0 \quad (37)$$

Inserting this into equation (36) becomes

$$0 = \frac{1}{E} \frac{d\sigma}{dt} + \frac{1}{\eta} \sigma \quad (38)$$

And rearranging the above equation becomes

$$\frac{d\sigma}{\sigma} = -\frac{E}{\eta} dt \quad (39)$$

Using differential equations, the above equation can be written as

$$\int_{\sigma_0}^{\sigma} \frac{d\sigma}{\sigma} = \int_0^t -\frac{E}{\eta} dt \quad (40)$$

Applying integration principles to the above equation and solving the differential equation becomes

$$\ln(\sigma) - \ln(\sigma_0) = -\frac{E}{\eta}(t - 0) \quad (41)$$

And the above equation can be rearranged as

$$\ln\left(\frac{\sigma}{\sigma_0}\right) = -\frac{E}{\eta}(t) \quad (42)$$

Using Logarithms laws, it can be expressed as

$$\frac{\sigma}{\sigma_0} = \exp\left(-\frac{E}{\eta}t\right) \quad (43)$$

The final answer can then be expressed as

$$\sigma = \sigma_0 \exp\left(-\frac{E}{\eta}t\right) \quad (44)$$

After the above modifications, most students who had previous difficulties overcame their barriers and assimilated the whole derivation steps. Students were also able to explain the final mathematical equation graphically as shown in figure 4. In figure 4, it is evident that the stress relaxes exponentially with time while the strain remains constant.

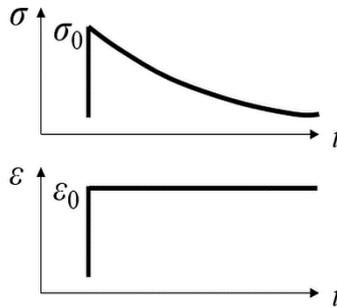


Figure 4. A schematic diagram showing how the equation derived from the Maxwell model predicts an exponential decay of stress expected from a viscoelastic polymer material

Further investigations were also made to answer the question of the reasons why Maxwell’s model, designed normally for the description of stress relaxation behaviour, cannot be employed in explaining the strain retardation behaviour of the materials. Additional mathematical manipulations were made during the investigations below.

Why Maxwell’s model cannot predict the strain retardation behaviour of viscoelastic materials

It is worth mentioning that the strain retardation or creeping behaviour of viscoelastic material occurs when the strain within the material increases exponentially with time (Arrospide et al., J. 2017). Meaning, the equation fails if the strain increases linearly.

From the previous derivations, the following manipulations can be made.

For creeping to occur, the stress must be held constant ($\sigma = \sigma_0$).

This means

$$\frac{d\sigma}{dt} = 0 \tag{45}$$

Using the equation below;

$$\frac{d\varepsilon}{dt} = \frac{1}{E} \frac{d\sigma}{dt} + \frac{1}{\eta} \sigma \tag{46}$$

If the stress is held constant and $d\sigma/dt = 0$, the equation will become

$$\frac{d\varepsilon}{dt} = \frac{1}{\eta} \sigma_0 \tag{47}$$

Using differential equations on the above equation becomes

$$\int_{\varepsilon_0}^{\varepsilon} d\varepsilon = \int_0^t \frac{\sigma_0}{\eta} dt \tag{48}$$

Solving the equation above gives

$$\varepsilon - \varepsilon_0 = \frac{\sigma_0}{\eta} (t - 0) \tag{49}$$

And the above equation can be rearranged as

$$\epsilon = \frac{\sigma_0}{\eta} t + \epsilon_0 \quad (50)$$

but since

$$\epsilon_0 = \frac{\sigma_0}{E} \quad (51)$$

The final answer can then be expressed as

$$\epsilon = \frac{\sigma_0}{\eta} t + \frac{\sigma_0}{E} \quad (52)$$

The above equation predicts the strain to increase linearly with time (i.e. not exponential) and this is as illustrated in figure 5 below. This equation predicts Newtonian flow and not viscoelastic material behaviour. Hence, Maxwell's model cannot predict the strain retardation behaviour of viscoelastic materials.

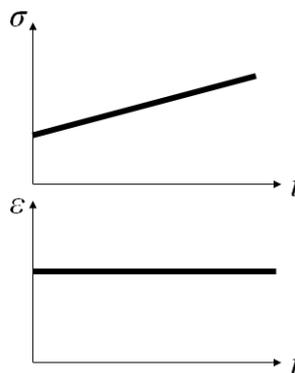


Figure 5. A schematic diagram showing why Maxwell's model cannot be used to describe the exponential strain increment

Voigt-Kelvin model for retardation behaviour

Derivation of Voigt-Kelvin's model from the literature (Young & Lovell, 2011)

From the literature, the Voigt-Kelvin model was derived using a parallel arrangement of spring, that represents the elastic part of viscoelastic material, and dashpot for the viscous part (fig. 6). The Voigt-Kelvin model is used for the description of the material's retardation behaviour. The following derivation steps were obtained from the literature (Young & Lovell, 2011).

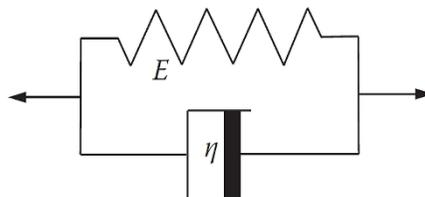


Figure 6. Voigt mechanical model used to represent the viscoelastic behaviour of polymers (Young & Lovell, 2011, p. 489)

The parallel arrangement of the spring and the dashpot means that the strains are uniform, i.e.

$$\varepsilon = \varepsilon_1 = \varepsilon_2 \quad (53)$$

And the stress in each component will add up to

$$\sigma = \sigma_1 + \sigma_2 \quad (54)$$

But the stress for the spring and the viscous deformation are expressed as

$$\sigma_1 = E\varepsilon \quad (55)$$

and

$$\sigma_2 = \eta \frac{d\varepsilon}{dt} \quad (56)$$

Inserting equations (55) and (56) into (54) becomes

$$\sigma = E\varepsilon + \eta \frac{d\varepsilon}{dt} \quad (57)$$

Rearranging the above equation becomes

$$\frac{\sigma}{\eta} = \frac{E\varepsilon}{\eta} + \frac{d\varepsilon}{dt} \quad (58)$$

And further rearranging becomes

$$\frac{d\varepsilon}{dt} = \frac{\sigma}{\eta} - \frac{E\varepsilon}{\eta} \quad (59)$$

The Voigt or Kelvin model is particularly useful in describing the behaviour during creep where the stress is held constant at $\sigma = \sigma_0$. Hence,

$$\frac{d\varepsilon}{dt} = \frac{\sigma_0}{\eta} - \frac{E\varepsilon}{\eta} \quad (60)$$

This simple differential equation has the solution

$$\varepsilon = \frac{\sigma_0}{E} \left[1 - \exp\left(-\frac{Et}{\eta}\right) \right] \quad (61)$$

The constant ratio η/E can again be replaced by τ_0 which is the relaxation time and so the variation of strain with time for a Voigt model undergoing creep loading is given by

$$\varepsilon = \frac{\sigma_0}{E} \left[1 - \exp\left(-\frac{t}{\tau_0}\right) \right] \quad (62)$$

Similarly, the weaker students had difficulties in linking the final equation to the derivation steps. Additional derivation steps were added without affecting the final results in the section below.

Modification of Voigt-Kelvin model's formula derivation

Using the same model illustrated in figure 6, the following additional mathematical steps were added.

In an equilibrium of forces, the strain remains constant. This means,

$$\varepsilon = \varepsilon_1 = \varepsilon_2 \quad (63)$$

The applied load is supported by the spring and the dashpot and can be written as

$$\sigma = \sigma_1 + \sigma_2 \quad (64)$$

The stresses for the spring and viscous deformation are expressed as

$$\sigma_1 = E\varepsilon \quad (65)$$

and

$$\sigma_2 = \eta \frac{d\varepsilon}{dt} \quad (66)$$

Inserting equations (65) and (66) into (64) becomes

$$\sigma = E\varepsilon + \eta \frac{d\varepsilon}{dt} \quad (67)$$

Rearranging the above equation becomes,

$$\frac{d\varepsilon}{dt} = \frac{\sigma}{\eta} - \frac{E\varepsilon}{\eta} \quad (68)$$

And can be written as,

$$\frac{d\varepsilon}{dt} = \frac{\sigma - E\varepsilon}{\eta} \quad (69)$$

Further rearrangement of the above equation becomes,

$$\frac{\eta d\varepsilon}{\sigma - E\varepsilon} = dt \quad (70)$$

Applying differential equations gives

$$\eta \int_0^\varepsilon \frac{1}{\sigma - E\varepsilon} d\varepsilon = \int dt \quad (71)$$

The solution after integrating the above equation gives

$$\eta \left[-\frac{1}{E} \ln(\sigma - E\varepsilon) \right] = t \quad (72)$$

Rearranging and applying the limits gives

$$-\frac{\eta}{E} [\ln(\sigma - E\varepsilon)]_0^\varepsilon = t \quad (73)$$

Using the limits and solving the above equation gives

$$-\frac{\eta}{E} [\ln(\sigma - E\varepsilon) - \ln \sigma] = t \quad (74)$$

Rearranging the above equation becomes

$$-\frac{\eta}{E} \left[\ln \left(\frac{\sigma - E\varepsilon}{\sigma} \right) \right] = t \quad (75)$$

Further rearranging becomes

$$\ln \left(\frac{\sigma - E\varepsilon}{\sigma} \right) = -\frac{Et}{\eta} \quad (76)$$

Using Laws of Logarithms, the above equation can then be expressed as

$$\frac{\sigma - E\varepsilon}{\sigma} = e^{-\frac{Et}{\eta}} \quad (77)$$

Rearranging the above equation becomes

$$1 - \frac{E\varepsilon}{\sigma} = e^{-\frac{Et}{\eta}} \quad (78)$$

Also, the above equation can be written as

$$1 - e^{-\frac{Et}{\eta}} = \frac{E\varepsilon}{\sigma} \quad (79)$$

And further rearrangement becomes

$$\frac{\sigma}{E} \left[1 - e^{-\frac{Et}{\eta}} \right] = \varepsilon \quad (80)$$

Furthermore, since the stress is constant (σ_0), the final original equation at any time (t) is obtained as

$$\varepsilon(t) = \frac{\sigma_0}{E} \left[1 - e^{-\frac{Et}{\eta}} \right] \quad (81)$$

The above added mathematical steps made it possible for all students to follow the derivation steps and relate that to the final equation. The equation predicts how the strain increases exponentially with time (fig. 7) and students could explain the equation graphically. The main point was to allow the students to make connections between mathematical knowledge and material science and engineering concepts.

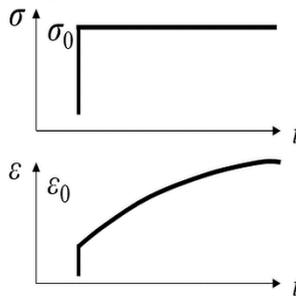


Figure 7. A schematic diagram showing how the equation obtained from the Voigt-Kelvin model predicts an exponential increment in the strain that is expected from a viscoelastic polymer material

Similar to the activities above, investigations were also made on why the Voigt-Kelvin model cannot be used to describe the stress relaxation behaviour of viscoelastic materials.

Why Voigt-Kelvin model cannot predict the stress relaxation behaviour of viscoelastic materials

As mentioned earlier, the equation must demonstrate stress that decays exponentially with time during stress-relaxation processes and that is the basis for this investigation. Using the same model shown in figure 6, the following mathematical manipulations were made.

From the equation,

$$\frac{d\varepsilon}{dt} = \frac{\sigma}{\eta} - \frac{E\varepsilon}{\eta} \quad (82)$$

In a stress relaxation situation, the strain is held constant. It means

$$\varepsilon = \varepsilon_0 \quad (83)$$

and

$$\frac{d\varepsilon}{dt} = 0 \quad (84)$$

Inserting the above two equations (i.e. 83 and 84) into (82) becomes

$$0 = \frac{\sigma}{\eta} - \frac{E\varepsilon_0}{\eta} \quad (85)$$

Rearranging the equation gives

$$\sigma = E\varepsilon_0 \quad (86)$$

Mathematically, the above equation predicts a linear elastic response such that the stress must be constant with time and this is as illustrated in figure 8. Hence, the parallel arrangements of the spring and the dashpot (i.e. Voigt-Kelvin model) is not appropriate for the description of stress relaxation processes.

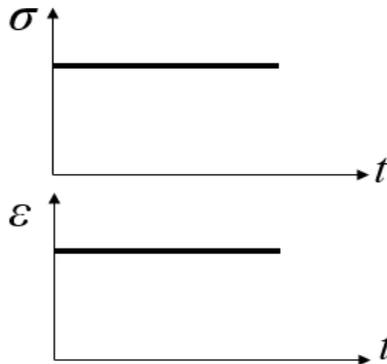


Figure 8. A schematic diagram showing why the Voigt-Kelvin model cannot be used to describe the stress relaxation behaviour of viscoelastic materials

Effects of the derivation modifications on students' learning

The essential characteristics of an effective engineering lecturer are the concern for students, stimulation of interest, and the ability to explain clearly irrespective of the teaching style (Feldman, 1976) but a good engineering lecturer must have the following characteristics (Davies et al., 2006);

- Enthusiastic,
- Gives clear, well-structured presentations,
- Uses real-world engineering examples backed up by industrial experience,
- Has a genuine interest in students as individuals and as members of an audience (i.e. friendly, approachable, patient and responds to feedback),
- encourages learning,
- Has depth of knowledge and command of the material,
- Uses visual material and demonstrate effectively,
- Gives good handouts,
- Makes classes enjoyable,
- Good at simplifying difficult concepts, and
- Well organised and reliable.

Given the characteristics shown above, the modified equations supported most of the students who had difficulties in mathematics and stimulated their interest in the derivation activities. They assimilated the derivation steps with ease and that improved their learning. This approach can be linked to the feedforward teaching and learning approach (Hershberger, 1990; Basso & Belardinelli, 2006) and promotes STEM activities among material engineering departments.

The students were actively engaged and they could learn by themselves without relying too much on peer support. The additional mathematical steps did not affect students with strong mathematical backgrounds but instead fostered the development of connections between mathematical and engineering problems. Students with strong mathematical backgrounds had enough time to apply the information obtained in solving other complex problems in line with the constructivism learning theory (Bada and Olusegun, 2015). It means material science and engineering students can work on any complex problems with ease when lectures are flipped (Green et al., 2017).

Information gathered from the students after the two years are as follows;

“The added mathematical steps enhanced my understanding”

“I struggled initially to make meaning of the derivation steps. The modified steps made it easier for me to understand”

“My learning hours for this unit was reduced throughout the semester because of the added mathematical steps”

“It was very useful to see how to apply mathematical knowledge in the Material Science program”.

The students' feedback can be summarized as follows;

- **Understanding:** Most of the students revealed that the added derivation steps helped clarify their misconceptions and made initially perceived complex derivation steps becoming less difficult (fig. 9a). Figure 9a is a schematic diagram that illustrates students' improved understanding after the modification. The concave-shaped curve depicts the areas where students benefited enormously using the modified derivations.
- **Study periods:** Students noted that adding additional mathematical steps to the original steps reduced their learning hours and this is as depicted in figure 9b. The added steps influenced their learning hours without affecting their learning styles.

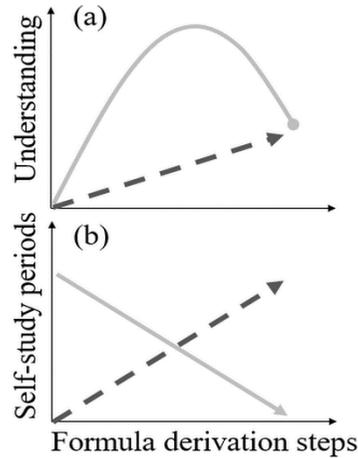


Figure 9. Schematic diagrams showing how students' (a) understanding and (b) learning hours were shaped by the added derivation steps. Broken deep lines indicate the original formula derivation step while grey lines represent scenarios after adding the derivation steps

Conclusion

The approach of adding further mathematical principles to some original derivation steps found in material science and engineering literature improve students' learning without influencing their learning outcomes. This is very important because it is impossible to recruit only students who have strong mathematical backgrounds for material science and engineering programmes and such activities are excellent ways to improve the mathematical knowledge of weaker students when admitted. From my experience, many weak students in mathematics tend to abandon material science and engineering programmes when they face complex mathematical problems.

Blending mathematical principles and engineering concepts provides a platform to develop STEM activities among engineering students and goes a long way to widen the STEM approach at higher education institutions. This strategy must be followed by other engineering education institutions. The general strategies when using modifying formula derivation steps by adding mathematical principles are;

1. Reading through the derivation steps and specifying the required mathematical principles.
2. Using external mathematical literature to support missing derivation steps.
3. Working out the original derivation steps from the literature to ascertain whether the individual steps are complete.
4. Documenting the benefits of adding further necessary mathematical steps.

5. Transferring acquired knowledge in any material science or engineering work.

The ongoing work will look at other important formula derivation steps within material science and engineering to promote deep students' learning.

References:

1. Arrospe, E., Bikandi, I., García, I., Durana, G., Aldabaldetrek, G., & Zubia, J. (2017). Mechanical properties of polymer-optical fibres. In *Polymer Optical Fibres*, 201-216. Woodhead Publishing. <https://doi.org/10.1016/b978-0-08-100039-7.00007-5>
2. Bada, S. O., & Olusegun, S. (2015). Constructivism learning theory: A paradigm for teaching and learning. *Journal of Research & Method in Education* 5(6), 66-70. <https://doi.org/10.9790/7388-05616670>
3. Basso, D., & Belardinelli, M. O. (2006). The role of the feedforward paradigm in cognitive psychology. *Cognitive Processing*, 7, 73-88. <https://doi.org/10.1007/s10339-006-0034-1>
4. Booth, S. (2004). Learning and teaching for understanding mathematics. In 12th SEFI Maths Working Group Seminar (p. 12). Buskerud, Norway.
5. Bybee, R. W. (2010). Advancing STEM education: A 2020 vision. *Technology and engineering teacher*, 70 (1): 30
6. Cardella, M. E. (2008). Which mathematics should we teach engineering students? An empirically grounded case for a broad notion of mathematical thinking. *Teaching Mathematics and Its Applications: International Journal of the IMA*, 27(3), 150-159. <https://doi.org/10.1093/teamat/hrn008>
7. Chiu, A., Price, C. A., & Ovrahim, E. (2015). Supporting elementary and middle school STEM education at the whole school level: A review of the literature. In NARST 2015 Annual Conference, Chicago, IL.
8. Corlu, M. S., Capraro, R. M., & Capraro, M. M. (2014). Introducing STEM education: Implications for educating our teachers in the age of innovation. *Eğitim ve Bilim*, 39(171), 74-85.
9. Cowan, N. (2014). Working memory underpins cognitive development, learning, and education. *Educational psychology review*, 26(2), 197-223. <https://doi.org/10.1007/s10648-013-9246-y>
10. Czaplinski, I., Turner, I. W., Helmstedt, K., Corry, P., & Mallet, D. G. (2019). Industry-based, transdisciplinary, complex problems as realistic settings for applying the M in STEM. *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology*, 1-16. <https://doi.org/10.1080/0020739X.2019.1692932>

11. Daly, S. R., Mosyjowski, E. A., & Seifert, C. M. (2014). Teaching creativity in engineering courses. *Journal of Engineering Education*, 103(3), 417-449. <https://doi.org/10.1002/jee.20048>
12. Davies, J. W., Arlett, C., Carpenter, S., Lamb, F., & Donaghy, L. (2006). What makes a good engineering lecturer? Students put their thoughts in writing. *European Journal of Engineering Education*, 31(5), 543-553. <https://doi.org/manchester.idm.oclc.org/10.1080/03043790600797285>
13. Davis, L. E., Harrison, M. C., Palipana, A. S., & Ward, J. P. (2005). Assessment-driven learning of mathematics for engineering students. *International Journal of Electrical Engineering Education*, 42(1), 63-72. <https://doi-org.manchester.idm.oclc.org/10.7227/IJEEE.42.1.8>
14. English, L. D. (2016). STEM education K-12: Perspectives on integration. *International Journal of STEM education*, 3(1), 3. <https://doi.org/10.1186/s40594-016-0036-1>
15. Felder, R. M., Woods, D. R., Stice, J. E., & Rugarcia, A. (2000). The future of engineering education II. Teaching methods that work. *Chemical engineering education*, 34(1), 26-39.
16. Feldman, K. A. (1976). The superior college teacher from the students' view. *Research in higher education*, 5(3), 243-288. <https://doi.org/10.1007/BF00991967>.
17. Fenstermacher, G. D. (1986). Philosophy of research on teaching: Three aspects. *Handbook of research on teaching*, 3, 37-49.
18. Gonzalez, H. B., & Kuenzi, J. J. (2012). *Science, technology, engineering, and mathematics (STEM) education: A primer*, Washington, DC: Congressional Research Service, Library of Congress.
19. Green, L. S., Banas, J. R., & Perkins, R. A. (2017). *The flipped college classroom: Conceptualized and re-conceptualized*, Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-41855-1>
20. Guthrie, R., & Carlin, A. (2004). Walking the dead: Using interactive technology to engage passive listeners in the classroom. *AMCIS 2004 Proceedings*, 358.
21. Hoffmann, H. (2018). Viscoelasticity of Maxwell's model and non-Newtonian viscosity revisited: Viskoelastizität im Modell nach Maxwell und nicht-Newtonsche Viskosität neu bearbeitet." *Materialwissenschaft Und Werkstofftechnik*, 49(2), 137-168. <https://doi.org/10.1002/mawe.201700130>
22. Jaworski, B. (2008). Helping Engineers Learn Mathematics: a developmental research approach. *Teaching Mathematics and Its Applications: International Journal of the IMA*, 27(3), 160-166. <https://doi.org/10.1093/teamat/hrn006>

23. Khanlari, A., & Mansourkiaie, F. (2015). Using robotics for STEM education in primary/elementary schools: Teachers' perceptions. In 2015 10th International Conference on Computer Science & Education (ICCSE) (pp. 3-7). IEEE.
24. Lee, Y., Capraro, R. M., & Bicer, A. (2019). Gender difference on spatial visualization by college students' major types as STEM and non-STEM: a meta-analysis. *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology*, 50(8), 1241-1255. <https://doi.org/10.1080/0020739X.2019.1640398>
25. Litzinger, T., Lattuca, L. R., Hadgraft, R., & Newstetter, W. (2011). Engineering education and the development of expertise. *Journal of Engineering Education*, 100(1), 123-150. <https://doi.org/10.1002/j.2168-9830.2011.tb00006.x>
26. Liu, C. C., & Chen, I. J. (2010). Evolution of constructivism. *Contemporary issues in education research*, 3(4), 63-66. <https://doi.org/10.19030/cier.v3i4.199>
27. Moore, T. J., Stohlmann, M. S., Wang, H. H., Tank, K. M., Glancy, A. W., & Roehrig, G. H. (2014). Implementation and integration of engineering in K-12 STEM education. In *Engineering in Pre-College Settings: Synthesizing Research, Policy, and Practices* (pp. 35-60). Purdue University Press.
28. Murtagh, L., & Webster, M. (2010). Scaffolding teaching, learning and assessment in Higher Education. *Teacher Education Advancement Network Journal*, 1(2).
29. Ní Fhloinn, E., Fitzmaurice, O., Mac an Bhaird, C., & O'Sullivan, C. (2014). Student perception of the impact of mathematics support in higher education. *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology*, 45(7), 953-967. <https://doi.org/10.1080/0020739X.2014.892161>
30. Reid, J., & Wilkes, J. (2016). Developing and applying quantitative skills maps for STEM curricula, with a focus on different modes of learning. *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology*, 47(6), 837-852. <https://doi.org/10.1080/0020739X.2016.1144814>
31. Ros, S., Tobarra, L., Robles-Gómez, A., Caminero, A. C., Hernández, R., Pastor, R., ... & Cano, J. (2016). Work in progress: On the improvement of STEM education from preschool to elementary school. In 2016 IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON) (pp. 984-987). IEEE. <https://doi.org/10.1109/EDUCON.2016.7474671>
32. Sazhin, S. S. (1998). Teaching mathematics to engineering students. *International Journal of Engineering Education*, 14(2), 145-152.

33. Schoenfeld, A. H. (1992). Handbook for research on mathematics teaching and learning. de D. Grouws. New York: MacMillan. Chap. Learning to think mathematically: Problem-solving, metacognition, and sense-making in mathematics, 334-370.
34. Van Dinther, M., Dochy, F., & Segers, M. (2011). Factors affecting students' self-efficacy in higher education. *Educational research review*, 6(2), 95-108. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2010.10.003>
35. Young, R. J., & Lovell, P. A. (2011). Introduction to polymers (pp. 557-558). CRC press. <https://doi.org/10.1201/9781439894156>



The Effect of An Educational Program on Nurses' Practices Regarding The Implementation of Patient Care and Safety Measures During Nasogastric Tube Feeding in The Critical Care Units in Syria

Yaser Adnan Abo Jeesh

College of Applied Medical Sciences-Alzaiem Alazhari University, Sudan

Elham Fath-Elalium Mohammed Khalid

College of Medicine, Alzaiem Alazhari University, Sudan

Ishraqa Mohammed Ahmed Elbashier

College of Applied Medical Sciences-Alzaiem Alazhari University, Sudan

[Doi:10.19044/esj.2021.v17n29p59](https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n29p59)

Submitted: 14 July 2021

Accepted: 09 August 2021

Published: 31 August 2021

Copyright 2021 Author(s)

Under Creative Commons BY-NC-ND

4.0 OPEN ACCESS

Cite As:

Jeesh Y.A.A., Khalid E.F-E.M. & Elbashier I.M.A. (2021). *The Effect of An Educational Program on Nurses' Practices Regarding The Implementation of Patient Care and Safety Measures During Nasogastric Tube Feeding in The Critical Care Units in Syria*. European Scientific Journal, ESJ, 17(29), 59.

<https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n29p59>

Abstract

The intensive care unit (ICU) is considered a high- risk area in the hospital because of the severity of injuries and the high liability of occurrences associated with ICU. Critically ill patients are at high risk for actual or potential life-threatening health problems. Moreover, critical care nurses must develop their knowledge, skills, and safe practice in acute areas where patients require more detailed observation or intervention to deliver safe and effective care. **Objectives:** This study aimed to assess the effect of an educational program on nurses' practices regarding the implementation of patient care and safety measures during enteral feeding. **Design:** The quasi-experimental design was used in this study. **Methods:** The study was conducted from June to September 2020. All registered nurses who were working in the intensive care units during the period of data collection comprised the sample. Based on the nurses' needs regarding the condition of their competencies during the initial assessment, we developed and designed the educational program. This program consists of two parts: theory and practical. The program contains

workshop (8 hours) per day and educational pamphlet handout. The workshop consists of PowerPoint presentations, group discussions, and training scenarios. **Results:** This study was carried out with 48 nurses working in the previous intensive care units. The nurses' score were improved after the program regarding to nurses' age, qualification, and experience. The overall study found a statistically significant relationship of this procedure before and after the implementation of the educational program ($p < 0.001$). **Conclusion:** There has been remarkable and variation improvement of nurses performance after they received the education program. The results show that a statistically significant difference was found before and after implementing the program regarding the nurses' age, qualification, and experience. It is recommended to pay more attention to these nurses by helping them to improve their knowledge and practices in all nursing interventions. Furthermore, it is necessary to improve nurses' awareness regarding the quality of care and patient safety. It was also found that the poor knowledge and practice and its complications have a negative impact on the quality of care and patient safety.

Keywords: Intensive Care Unit, Patient, Care, Safety

Introduction

The intensive care unit (ICU) is a specially staffed and equipped, separate and self-contained, section of the hospital for the management of patients with life threatening or potentially life-threatening conditions (Australia & Zealand, 2010; Rungta Govil et al., 2010).

Over the past decade, there has been increasing attention to issues surrounding patient safety and human error in health care and specifically in the critical care area. Adverse events have often been used as indicators of quality and safety in health service delivery. Patient safety requires continuous monitoring and search for new strategies (Alhawsawi, Wazzan et al., 2017; Alotaibi & Federico, 2017; Organization, 2020).

Critical care nurses must develop their knowledge, skills, and safe practice in acute areas where patients require more detailed observation or intervention to deliver safe and effective care (Marshall Bosco et al., 2017).

The patients in intensive care unit vary from most other hospital patients because they have bounded ability to participate in medical care, and there is scarcity of physiologic reserve to bear additional injury. On average, 1.7 medical errors are experienced each day in the intensive care unit, and many patients endure a potentially life-threatening error during their stay (Camiré Moyen et al., 2009).

Critically ill patients are often unable to eat because of endotracheal intubation and the need for mechanical ventilation. In addition, early nutritional support improves patient outcomes and enhanced recovery from

illness (Wiegand, 2013). Enteral nutrition should be prescribed whenever oral intake is inadequate for patients who have functional gastrointestinal tract. Although total parenteral nutrition can be life-saving, it can generate a wide array of complications in itself (Boullata Carrera et al., 2017; Anderson, 2019).

Nursing care is the key to positive outcomes in patient requiring enteral feeding. Understanding the decision-making process for the use of this therapy along with the steps of feeding initiation, complications, prevention, and feeding termination gives nursing personnel the tools they need to deliver nutrition in a safe and cost-effective manner (Thompson, 1997; Boullata Carrera et al., 2017; Anderson, 2019).

Complications of Enteral Feeding

The complications or side effects of enteral nutrition can be classified according to etiology: mechanical, gastrointestinal or functional, metabolic and infectious complications. Critical care nurses must be alert to all of these potential complications to administer enteral nutritional therapy effectively and safely (Bower, 1990; Btaiche Chan et al., 2010; Vaithiswaran Srinivasan et al., 2010).

Mechanical complications can be divided into two types of complications; the first type occurs during tube insertion and the second occurs during the feeding process (Ciocon Silverstone et al., 1988; Strollo McClave et al., 2017).

Aspiration is the most dangerous mechanical complication associated with enteral feeding (Scolapio, 2007; Blumenstein Shastri et al., 2014). Critical care nurses play a vital role in early detection and prevention of aspiration (Persenius Larsson et al., 2006; Serna & McCarthy, 2006).

Tube obstruction is a mechanical complication associated with nasogastric tube feeding. Nursing interventions to prevent or decrease tube obstruction entail the following: obtaining liquid medications when possible, flushing feeding tube before and after medication administration, and diluting feeding with water if it is dense and straining if necessary (Metheny Meert et al., 2007; Aziz & Ali, 2020).

Tube displacement is another mechanical complication of nasogastric tube feeding. Tube displacement may be caused by excessive coughing, vomiting, tracheal suctioning, airway intubation and this can be managed by checking tube placement before administering feeding (Metheny Meert et al., 2007; Marshall Cahill et al., 2012).

Gastrointestinal complications include: nausea and vomiting, diarrhea, constipation, and delayed gastric emptying. Nausea and vomiting, associated with enteral feeding, can be caused by the following: tube migration into the esophagus, decreased absorption that lead to increase in the gastric residual

volume, and hyperosmolar formula and excessive infusion of air (Gavi Hensley et al., 2008; Mooi & Ncama, 2019).

Delayed gastric emptying, Distention, are another gastrointestinal complications associated with tube feeding (Ang Lim et al., 2020).

Diarrhea is a common gastrointestinal problem in any tube fed patient. It may be caused by drug therapy, hypoalbuminemia or high osmolality of the formula, rapid infusion, bolus feeding, and bacterial-contaminated feeding which is considered as a significant cause of diarrhea (Blumenstein Shastri et al., 2014; McLaren & Arbuckle, 2020).

Nursing interventions to reduce these complications include checking residuals and holding feeding for one hour and rechecking if high gastric residual is found, changing the patient position to the right side, evaluating the drug regimen, changing to high fiber formula and assessing fluid balance, electrolyte levels, as well as checking formula temperature is a must, and maintaining the patients head of bed elevated at 30-60 minutes after feeding (Bourgault Ipe et al., 2007; Mooi & Ncama, 2019; Ang Lim et al., 2020; Aziz & Ali, 2020).

Methods

The quasi-experimental design was used in this study. This study was conducted to assess the effect of an educational program on nurses' practices regarding the implementation of patient care and safety measures during nasogastric feeding in the critical care units at Al-Assad University Hospital-Damascus- Syrian Arab Republic. All registered nurses (48) with different age groups, different qualifications, and different experiences, who were working in the critical care units during the period of data collection, comprised the sample. All the official approvals were obtained from the relevant authorities.

Tools

The tool used in this study is divided into two parts: (1) demographic data of the nurses, age, qualification, and experience; (2) The observational checklist (developed by the researcher) to observe nurse's implementation of patient care and safety measures during nasogastric tube feeding procedure. A pilot study was conducted on 5 nurses not included in the study to test the clarity, applicability, and feasibility of the tool. Appropriate modifications were performed prior to data collection for the actual study.

Data Collection

Data collection was carried out from June 2020 to September 2020. The phases of data collection were: (1) All nurses were observed once initially, (2) the educational program was developed based on the nurses' needs, (3) implementing the program, and (4) reassessing the nurses.

Statistical Analysis

The data were analyzed by using the Statistical Package for the Social Science (SPSS version 20.0). Significance of the obtained results was judged at the 5% level.

Educational Program

Educational program is part of the tools that were developed. Thus, the researcher designed and developed the educational program based on the nurses' needs regarding the condition of their competencies during the initial assessment.

The program consists of workshop (8 hours) per day (PowerPoint presentations and training sessions) and educational pamphlet handout.

Results

The total number of the studied nurses was 48 nurses. In relation to age, 17 nurses (more than 35%) of the studied nurses were from 25-29 age group, 14 nurses (29.2%) for age group from 20-24 and the same percentage for nurses with age group from 30-35, and the nurses who have more than 35 years were 3 nurses (6.3 %). The mean of nurses' age was 28 years (Table 1).

In regard to their qualifications, the majority of the studied nurses, 38 nurses (about 80%), have a diploma degree, 7 nurses (about 15%) have a bachelor degree, and 3 nurses (about 6%) have a master degree (Table 1).

In regard to their years of experience, 23 nurses (47.9%) have less than 5 years of experience, while 17 nurses (35.4%) have between five to ten years of experience, and 8 nurses (16.7 %) have more than 10 years of experience. The mean of nurses' experience was 6 years (Table 1).

Table 1. The characteristics of the studied nurses

| Demographic data | No. | % |
|---------------------------------------|--------------|----------|
| Age of the nurse | | |
| 20 – 24 | 14 | 29.2 |
| 25 – 29 | 17 | 35.4 |
| 30 – 35 | 14 | 29.2 |
| Above 35 | 3 | 6.3 |
| Mean ± SD. | 28.02 ± 5.51 | |
| Qualification of the nurse | | |
| Diploma | 38 | 79.2 |
| Bachelor | 7 | 14.6 |
| Master | 3 | 6.3 |
| Experience of the nurse in ICU | | |
| Less than 5 years | 23 | 47.9 |
| 5- 10 years | 17 | 35.4 |
| More than 10 years | 8 | 16.7 |
| Mean ± SD. | 6.27 ± 4.53 | |

Regarding the implementation of patient care and safety measures of the studied nurses, before the program, the results show that the nurses ignored and didn't implement most steps of this procedure in the correct way. However, the total steps of this procedure were twenty-three. The nurses didn't implement twelve steps correctly at all, while the percentage of the other eleven steps that was implemented correctly ranged from 2.1 to 41.7% (Table 2). The results show that there were variations of the nurses' improvement in all steps after the program, and the percentage of the nurses that implement the steps correctly ranged from 2.1-100%. In addition, the nurses' scores were varied from 35-80 with mean of 50.69 ± 10.35 before the program to 54-89 with mean of 72.10 ± 9.07 after the program.

Table 2. The description and implementation of patient care and safety measures of the studied nurses according to nasogastric tube feeding items before and after the educational program

| Feeding | Frequency (N= 48) | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|-------------------------------|------|------------------|------|--------------------|------|------------------------------|------|----------|-----|------------------|------|--------------------|------|----------------|------|
| | Before an educational program | | | | | | After an educational program | | | | | | | | | |
| | Not done | | Done incorrectly | | Need more practice | | Done correctly | | Not done | | Done incorrectly | | Need more practice | | Done correctly | |
| | No. | % | No. | % | No. | % | No. | % | No. | % | No. | % | No. | % | No. | % |
| Assess the patient's gastric residual volume and content | 21 | 43.8 | 26 | 54.2 | 1 | 2.1 | 0 | 0.0 | 0 | 0.0 | 13 | 27.1 | 25 | 52.1 | 10 | 20.8 |
| Listen to bowel sounds | 10 | 20.8 | 32 | 66.7 | 5 | 10.4 | 1 | 2.1 | 0 | 0.0 | 6 | 12.5 | 33 | 68.8 | 9 | 18.8 |
| Confirm ETT/TT cuff inflation | 9 | 18.8 | 23 | 47.9 | 15 | 31.3 | 1 | 2.1 | 0 | 0.0 | 10 | 20.8 | 18 | 37.5 | 20 | 41.7 |
| Assess the patient's need for suction | 11 | 22.9 | 25 | 52.1 | 12 | 25.0 | 0 | 0.0 | 1 | 2.1 | 9 | 18.8 | 23 | 47.9 | 15 | 31.3 |
| Confirm NGT placement | 1 | 2.1 | 29 | 60.4 | 16 | 33.3 | 2 | 4.2 | 0 | 0.0 | 6 | 12.5 | 29 | 60.4 | 13 | 27.1 |
| Prepare all necessary equipment | 0 | 0.0 | 24 | 50.0 | 21 | 43.8 | 3 | 6.3 | 0 | 0.0 | 4 | 8.3 | 21 | 43.8 | 23 | 47.9 |
| Assess feeding formula for color, odor, amount & expiration date | 8 | 16.7 | 35 | 72.9 | 5 | 10.4 | 0 | 0.0 | 1 | 2.1 | 6 | 12.5 | 21 | 43.8 | 20 | 41.7 |
| Wash hands | 16 | 33.3 | 26 | 54.2 | 6 | 12.5 | 0 | 0.0 | 0 | 0.0 | 16 | 33.3 | 24 | 50.0 | 8 | 16.7 |
| Wear gloves | 14 | 29.2 | 14 | 29.2 | 12 | 25.0 | 8 | 16.7 | 0 | 0.0 | 5 | 10.4 | 15 | 31.3 | 28 | 58.3 |
| Put patient in the appropriate position | 0 | 0.0 | 24 | 50.0 | 17 | 35.4 | 7 | 14.6 | 0 | 0.0 | 1 | 2.1 | 29 | 60.4 | 18 | 37.5 |
| Maintain privacy throughout the procedure | 21 | 43.8 | 25 | 52.1 | 2 | 4.2 | 0 | 0.0 | 4 | 8.3 | 19 | 39.6 | 25 | 52.1 | 0 | 0.0 |
| Irrigate NGT with water | 10 | 20.8 | 33 | 68.8 | 5 | 10.4 | 0 | 0.0 | 0 | 0.0 | 10 | 20.8 | 34 | 70.8 | 4 | 8.3 |
| Administer feeding by gravity. | 0 | 0.0 | 4 | 8.3 | 13 | 27.1 | 31 | 64.6 | 0 | 0.0 | 0 | 0.0 | 4 | 8.3 | 44 | 91.7 |
| Avoid entering air throughout the procedure | 7 | 14.6 | 31 | 64.6 | 10 | 20.8 | 0 | 0.0 | 0 | 0.0 | 10 | 20.8 | 30 | 62.5 | 8 | 16.7 |
| Re-irrigate NGT with water | 5 | 10.4 | 33 | 68.8 | 10 | 20.8 | 0 | 0.0 | 0 | 0.0 | 10 | 20.8 | 30 | 62.5 | 8 | 16.7 |
| Wash Tommy syringe if needed | 11 | 22.9 | 28 | 58.3 | 9 | 18.8 | 0 | 0.0 | 1 | 2.1 | 13 | 27.1 | 27 | 56.3 | 7 | 14.6 |
| Reconnect Tommy syringe to NGT | 0 | 0.0 | 2 | 4.2 | 26 | 54.2 | 20 | 41.7 | 0 | 0.0 | 0 | 0.0 | 0 | 0.0 | 48 | 100 |
| Discard disposable equipment | 2 | 4.2 | 35 | 72.9 | 11 | 22.9 | 0 | 0.0 | 0 | 0.0 | 2 | 4.2 | 30 | 62.5 | 16 | 33.3 |
| Return feeding formula to the refrigerator | 0 | 0.0 | 28 | 58.3 | 16 | 33.3 | 4 | 8.3 | 0 | 0.0 | 3 | 6.3 | 21 | 43.8 | 24 | 50.0 |
| Remove gloves | 14 | 29.2 | 14 | 29.2 | 12 | 25.0 | 8 | 16.7 | 3 | 6.3 | 9 | 18.8 | 13 | 27.1 | 23 | 47.9 |
| Wash hands | 16 | 33.3 | 26 | 54.2 | 6 | 12.5 | 0 | 0.0 | 1 | 2.1 | 13 | 27.1 | 26 | 54.2 | 8 | 16.7 |
| Instruct the patient that the position should be maintained for at least 30-45 m | 8 | 16.7 | 36 | 75.0 | 4 | 8.3 | 0 | 0.0 | 3 | 6.3 | 9 | 18.8 | 35 | 72.9 | 1 | 2.1 |
| Record date, time, & type & amount of feeding formula. | 9 | 18.8 | 28 | 58.3 | 8 | 16.7 | 3 | 6.3 | 0 | 0.0 | 11 | 22.9 | 30 | 62.5 | 7 | 14.6 |
| Total score of feeding (23-92) | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Min.- Max. | 35.0 – 80.0 | | | | | | 54.0 – 89.0 | | | | | | | | | |
| Mean ± SD | 50.69 ± 10.35 | | | | | | 72.10 ± 9.07 | | | | | | | | | |
| t (p) | 33.362* (<0.001*) | | | | | | | | | | | | | | | |

t: Paired t-test

p: p value for comparing between **Before** and **After** *: Statistically significant at $p \leq 0.05$

Based on the implementation of patient care and safety measures regarding the nurses' age groups, the total scores of this procedure is 92. Regarding to nurses' age (20-24), the results show that the scores before the program varied from 49-59 with a mean and standard deviation of 53.71 ± 2.78 , while the nurses' score after the program varied from 74-79 with a mean and standard deviation of 77.57 ± 1.60 . Regarding to nurses with 25-29 age group, the scores before the program ranged from 40-80 with a mean and standard deviation of 53.59 ± 12.87 , while the score after the program varied

from 64-89 with a mean and standard deviation of 74.47 ± 8.57 . Regarding to nurses with 30-35 age group, the scores before the program ranged from 35-62 with a mean and standard deviation of 46.43 ± 10.38 , while the score after the program varied from 59-79 with a mean and standard deviation of 67.21 ± 8.67 . Regarding to nurses with more than 35 years old, the scores before the program ranged from 39-41 with a mean and standard deviation of 40.0 ± 1.0 , while the scores after the program varied from 54-57 with a mean and standard deviation of 56.0 ± 1.73 . Overall, the results show that a statistically significant difference was found after implementing the program ($P < 0.001$) (Table 3).

In the same context, the results before the educational program showed that the nurses with age group between 20-24 got the highest minimum score 49. In addition, the nurses with age group between 25-29 got the highest maximum score (80), while the nurses with more than 35 years old got the least maximum score (41). Moreover, variations were found on the improvement of the nurses' scores after the educational program in all age groups. The highest minimum score (74) was for the nurses with 20-24 age group, and the highest maximum score (89) was for the nurses with 25-29 age group. Consequently, the least minimum and maximum scores (54-57) were for the nurses with more than 35 years respectively. Overall, this study found a statistically significant relationship of this procedure in regards to nurses' age before and after the implementation of the educational program ($p < 0.001$) (Table 3).

Table 3. The description and relationship between nurses' age groups and implementation of patient care and safety measures for nasogastric tube feeding procedure of the studied nurses
 (n = 48)

| | Total score | Age of the nurse | | | | p |
|---------|-----------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|---------|
| | | 20 – 24 (n=14) | 25 – 29 (n=17) | 30 – 35 (n=14) | Above 35 (n=3) | |
| Feeding | Before program | | | | | 0.038* |
| | Min. – Max. | 49.0 – 59.0 | 40.0 – 80.0 | 35.0 – 62.0 | 39.0 – 41.0 | |
| | Mean ± SD. | 53.71 ± 2.87 | 53.59 ± 12.87 | 46.43 ± 10.38 | 40.0 ± 1.0 | |
| | After program | | | | | <0.001* |
| | Min. – Max. | 74.0 – 79.0 | 64.0 – 89.0 | 59.0 – 79.0 | 54.0 – 57.0 | |
| | Mean ± SD. | 77.57 ± 1.60 | 74.47 ± 8.75 | 67.21 ± 8.67 | 56.0 ± 1.73 | |

p: p value for comparing between the different studied categories *: Statistically significant at $p \leq 0.05$

The Implementation of Patient Care and Safety Measures regarding Nurses' Qualifications

Regarding to nurses' with diploma degree, the results show that the nurses' scores before the program varied from 35-59 with a mean and standard deviation of 46.79 ± 6.92 , while the nurses' score after the program varied from 54-79 with a mean and standard deviation of 69.55 ± 8.17 . Regarding to the nurses' with a bachelor degree, the scores before the program ranged from 57-68 with a mean and standard deviation of 61.71 ± 4.03 , while the scores after the program varied from 77-81 with a mean and standard deviation of 78.86 ± 1.35 . Regarding to nurses with master degree, the scores before the program ranged from 70-80 with a mean and standard deviation of 74.33 ± 5.13 , while the scores after the program varied from 88-89 with a mean and standard deviation of 88.67 ± 0.58 . Overall, the results show that a statistically significant difference was found before and after implementing the program ($P < 0.001$) (Table 4).

In the same context, the results before the educational program show that the nurses with a master degree got the highest minimum and maximum scores, i.e., 70-80 respectively, while the nurses with diploma got the least minimum and maximum scores, i.e., 35-59 respectively. Moreover, we found variations of improvement of the nurses' scores after the educational program in the different qualifications. Also, the nurses with a master degree got the highest scores (88-89), while the nurses with diploma got the least scores (54-79). Overall, this study found a statistically significant relationship in all steps of this procedure before and after the implementation of the educational program ($p < 0.001$) (Table 4).

Table 4. The relationship between nurses' qualifications and implementation of patient care and safety measures for each clinical procedure of the studied nurses (n = 48)

| | Total score | Qualification of the nurse | | | P |
|---------|-----------------------|----------------------------|------------------|------------------|---------|
| | | Diploma (n=14) | Bachelor (n=17) | Master (n=3) | |
| Feeding | Before program | | | | <0.001* |
| | Min. – Max. | 35.0 – 59.0 | 57.0 – 68.0 | 70.0 – 80.0 | |
| | Mean ± SD. | 46.79 ± 6.92 | 61.71 ± 4.03 | 74.33 ± 5.13 | |
| | After program | | | | <0.001* |
| | Min. – Max. | 54.0 – 79.0 | 77.0 – 81.0 | 88.0 – 89.0 | |
| | Mean ± SD. | 69.55 ± 8.17 | 78.86 ± 1.35 | 88.67 ± 0.58 | |

p: p value for comparing between the different studied categories * : Statistically significant at $p \leq 0.05$

The Implementation of Patient Care and Safety Measures regarding the Nurses' Experiences

In regard to nurses with less than five years of experience, the results show that the scores before the program varied from 49-80 with mean and standard deviation of 57.30 ± 8.38 , while the scores after the program varied

from 74-89 with a mean and standard deviation of 79.00 ± 4.23 . In regard to nurses with five to ten years of experience, the scores before the program ranged from 38-62 with mean and standard deviation of 47.24 ± 8.50 , while the scores after the program varied from 59-79 with mean and standard deviation of 69.12 ± 6.75 . Regarding to nurses with more than ten years of experience, the scores before the program ranged from 35-41 with mean and standard deviation of 39.0 ± 1.93 , while the scores after the program varied from 54-62 with mean and standard deviation of 58.63 ± 2.56 .

In the same context, the results before the educational program show that the nurses with less than five years of experience got the highest minimum and maximum scores (49-80) respectively, while the nurses with more than ten years of experience got the least minimum and maximum scores (35-41) respectively. Moreover, variations of improvement were found in the nurses' scores after the educational program in all categories of experience. The nurses with less than five years of experience got the highest scores (74-89), while the nurses with more than ten years of experience got the least scores (54-62). Overall, the results show that a statistically significant was found before and after implementing the program ($P < 0.001$) (Table 5).

Table 5. The relationship between nurses' experience and implementation of patient care and safety measures during enteral feeding of the studied nurses (n = 48)

| | Total score | Experience of the nurse in ICU | | | P |
|----------------|-----------------------|--------------------------------|--------------------|--------------------------|---------|
| | | Less than 5 years (n=14) | 5- 10 years (n=17) | More than 10 years (n=3) | |
| Feeding | Before program | | | | <0.001* |
| | Min. – Max. | 49.0 – 80.0 | 38.0– 62.0 | 35.0– 41.0 | |
| | Mean \pm SD. | 57.30 ± 8.38 | 47.24 ± 8.50 | 39.0 ± 1.93 | |
| | After program | | | | <0.001* |
| | Min. – Max. | 74.0 – 89.0 | 59.0 – 79.0 | 54.0 – 62.0 | |
| | Mean \pm SD. | 79.00 ± 4.23 | 69.12 ± 6.75 | 58.63 ± 2.56 | |

Discussion

Nursing care has an important role in an intensive care unit. The nurses' role usually includes clinical assessment, diagnosis, and an individualized plan of expected treatment outcomes for each patient. The ICU staff is responsible for medication, administration, enteral, and parenteral nutrition for patients who cannot eat on their own. ICUs also have respiratory care with specialized training in cardiorespiratory care for critically ill patients (Harrison & Nixon, 2002; Chaboyer Foster et al., 2004).

Nutritional requirements including enteral nutritional therapy (EN), parenteral nutritional therapy (PN), or combination of both can improve outcomes associated with malnutrition in critically ill patients. Enteral feeding is a common method of maintaining or improving nutritional status in patients

who are unable to take sufficient nutrition orally (Hejazi Mazloom et al., 2016; Mooi & Ncama, 2019). Observation of nasogastric tube feeding revealed that feeding was not implemented with safety measures. Moreover, many nurses neglected some items to ensure the patient's safety.

The present results revealed that nurses did not follow the safety measures and infection control criteria regarding the implementing feeding via nasogastric tube to the patients. The majority of nurses in this study did not listen to bowel sounds, Confirm ETT/TT cuff inflation, and irrigate NGT with water. This increases the possibility of patient's complications.

The overall of nurses' performance scores regarding nasogastric tube feeding ranged from 35.0 - 80.0 out of 92 before the educational program with a mean score of 50.69 ± 10.35 , while that after the educational program ranged from 54-89 with a mean score of 72.10 ± 9.07 (Table 2).

Regarding to the nurses' age, the results before the educational program show that the nurses with age group between 20-24 got the highest minimum score 49 out of 92. In addition, the nurses with age group between 25-29 got the highest maximum score (80), the nurses with age group between 30-35 years got the least minimum score (35), and the nurses with more than 35 years got the least maximum score (41). Moreover, variations of improvement of the nurses' scores were found after the educational program in all age groups. The highest minimum score (74) was for the nurses with 20-24 age group, the highest maximum score (89) was for the nurses with 25-29 age group, and the least minimum and maximum scores (54-57) were for the nurses above 35 years respectively. Overall, this study found a statistically significant relationship in all steps of this procedure before and after the implementation of the educational program ($p < 0.001$) (Table 3).

Regarding to the nurses' qualifications, the results before the educational program showed that the nurses with a master degree got the highest minimum and maximum scores (70-80) respectively, while the nurses with diploma got the least minimum and maximum scores (35-59) respectively. Moreover, variations of improvement were found in the nurses' scores after the educational program regarding the different qualifications. The nurses with master degree got the highest scores (88-89), while the nurses with diploma got the least scores (54-79). Overall, this study found a statistically significant relationship in all steps of this procedure before and after the implementation of the educational program ($p < 0.001$) (Table 4).

Regarding to the nurses' experience, the results before the educational program show that the nurses with less than 5 years of experience got the highest maximum and minimum scores (49-80) respectively, while the nurses with more than 10 years of experience got the least minimum and maximum scores (35-41) respectively.

Moreover, variations of improvement were found in the nurses' scores after the educational program regarding the different years of experience. The highest scores (74-89) were for the nurses with less than 5 years of experience, while the nurses with more than 10 years of experience got the least scores (54-62). Overall, this study found a statistically significant relationship in all steps of this procedure before and after the implementation of the educational program ($p < 0.001$) (Table 5).

The results of the present study revealed there were variations of improvement regarding to nursing knowledge and practice found after the training program. These findings were supported by Kim and Chang (2019) who found that the studied nurses showed a significant improvement in their perceptions and knowledge of enteral nutrition for ICU patients after the training program. There was a significant improvement in inspecting nostrils daily, flushing the feeding tube before administration, providing medication that needs to be crushed correctly, changing feeding sets, and adjusting feeding schedules. Our findings are similar to Ahmed Ahmed et al. (2018) who reported in her study that there was a highly statistically significant difference ($p \leq 0.001$) between total nurse's knowledge level and total practice level at pre implementation of guidelines. Also, there was a statistical significant difference ($P < 0.05$) between total nurses' knowledge level and total practice level at post implementation of guidelines. Our findings are also parallel with Shahin (2012) who found a significant improvement in knowledge and practice on the studied nurses during enteral feeding for ICU patients after the training program.

Our findings are different from Buccheri Casuccio et al. (2007) who reported that 78.1% of the nursing staff of two hospitals in Sicily, Italy, has a good knowledge and safe practices concerning food safety and providing feeding through nasogastric tube for critically ill patients.

Conclusion And Recommendations

In conclusion, this study accessed the effect of an educational program on nurses' practices regarding the implementation of patient care and safety measures in the intensive care units at Al-Assad University Hospital - Damascus- Syrian Arab Republic. Our findings highlighted that there was lack and scarcity of nurses' knowledge and performance regarding the nasogastric feeding procedure in this study. The nurses were upset because they didn't follow the protocol due to lack of training programs, too much patients, no enough time, and many other reasons. After going through the program, the nurses were satisfied with the program because there was improvement in their performance, the new guide and protocol. There were actual variations of nurses' knowledge and performance improvement after receiving the program regarding to nurses' age, qualifications, and years of experience. This

improvement is reflected on patient outcomes and safety. It is recommended to pay more attention to these nurses by helping them to improve their knowledge and practices in all nursing interventions. Furthermore, it is necessary to improve nurses' awareness regarding the quality of care and patient safety. It was also found that the poor knowledge and practice and its complications have a negative impact on the quality of care and patient safety. In addition, nurses with inadequate knowledge and practice often require support in educational programs and additional training for improving their performance to reach the optimal quality of care and patient safety (Shahin, 2012; Bayatmanesh Zagheri Tafreshi et al., 2019).

On the other hand, there were lack of written policies and procedures, lack of in-service training programs to the staff, lack of providing leadership for patient safety initiatives, lack of improving reporting systems and lack of resources, knowledge and practices of the nursing staff (Shahin, 2012; Aziz & Ali, 2020).

Moreover, regarding to the nurses' qualifications, the nurses with master degree got the highest scores, then the nurses with bachelor, and finally the nurses with diploma got the lowest scores. Regarding to nurses' age, the findings show variations of improvement. The two nurses' age groups 20-24 and 25-29 got the highest scores, while the nurses with more than 35 years got the lowest scores. Regarding to nurses' experiences, the findings of the present study showed that the nurses with less than five years of experience got the highest score, the nurses with five to ten years of experience, and finally the nurses with more than ten years of experience got the lowest average score.

Nursing staff should focus on participating and attending the educational and training programs to improve their knowledge and performance regarding all the necessary skills and procedures needed in the critical care units. This is aimed at providing a high quality of care for critically ill patients and to also improve patient safety. By improving these methods and giving much more educational and training support, the quality of care and safety can be improved (Bourgault Ipe et al., 2007; Ahmed Ahmed et al., 2018).

Based on the findings of the present study, the following recommendations are suggested:

- Hospitals should have the updated checklists and guidelines for all procedures.
- Hospitals must create educational and training programs for all medical staff to follow the standards and make them up to date.
- Hospitals should clearly communicate patient-safety requirements and enforce those standards.

- Professional associations, colleges, and hospital associations should promote improved patient safety by disseminating information on best practices and giving professional training in risk management.

References:

1. Ahmed, F., et al. (2018). "Effect of Educational Nursing Guidelines Regarding Enteral Feeding on Nurses' Knowledge and Practices at Critical Care Units." *IOSR Journal of Nursing and Health Science (IOSR-JNHS)* 7(5): 69-75.
2. Alhawsawi, A., et al. (2017). *Essentials of patient safety*, Riyadh, Saudi Arabia: Saudi Commission for Health Specialties.
3. Alotaibi, Y. K. & Federico, F. (2017). "The impact of health information technology on patient safety." *Saudi medical journal* 38(12): 1173.
4. Anderson, L. (2019). "Enteral feeding tubes: an overview of nursing care." *British Journal of Nursing* 28(12): 748-754.
5. Ang, S. Y., et al. (2020). "A Descriptive Study of enteral tube feeding among adults in an acute care tertiary hospital-patient selection, characteristics and complications." *Clinical nutrition ESPEN* 37: 58-64.
6. Australia, C. O. I. C. M. O. & Zealand, N. (2010). "Minimum standards for intensive care units."
7. Aziz, K. M. & Ali, S. A. (2020). "Determination of the Critical Care Nurses Knowledge Toward Enteral Tube Feeding in AL-Hilla Teaching Hospitals (Interventional study)." *Medico Legal Update* 20(1): 1153-1157.
8. Bayatmanesh, H., et al. (2019). "Patient Safety Observation by Nurses Working in the Intensive Care Units of Selected Hospitals Affiliated to Yasuj University of Medical Sciences." *ISMJ* 21(6): 493-506.
9. Blumenstein, I., et al. (2014). "Gastroenteric tube feeding: techniques, problems and solutions." *World journal of gastroenterology: WJG* 20(26): 8505.
10. Boullata, J. I., et al. (2017). "ASPEN safe practices for enteral nutrition therapy." *Journal of Parenteral and Enteral Nutrition* 41(1): 15-103.
11. Bourgault, A. M., et al. (2007). "Development of evidence-based guidelines and critical care nurses' knowledge of enteral feeding." *Critical care nurse* 27(4): 17-29.
12. Bower, R. H. (1990). "Nutritional and metabolic support of critically ill patients." *JPEN* 14(5 supply): 257S259S.
13. Btaiche, I. F., et al. (2010). "Critical illness, gastrointestinal complications, and medication therapy during enteral feeding in critically ill adult patients." *Nutrition in Clinical Practice* 25(1): 32-49.

14. Buccheri, C., et al. (2007). "Food safety in hospital: knowledge, attitudes and practices of nursing staff of two hospitals in Sicily, Italy." *BMC health services research* 7(1): 1-11.
15. Camiré, E., et al. (2009). "Medication errors in critical care: risk factors, prevention and disclosure." *Cmaj* 180(9): 936-943.
16. Chaboyer, W., et al. (2004). "The intensive care unit liaison nurse: towards a clear role description." *Intensive and Critical Care Nursing* 20(2): 77-86.
17. Ciocon, J. O., et al. (1988). "Tube feedings in elderly patients: indications, benefits, and complications." *Archives of internal medicine* 148(2): 429-433.
18. Gavi, S., et al. (2008). "Management of feeding tube complications in the long-term care resident." *Annals of long term care* 16(4): 28.
19. Harrison, L. & Nixon, G. (2002). "Nursing activity in general intensive care." *Journal of Clinical Nursing* 11(2): 158-167.
20. Hejazi, N., et al. (2016). "Nutritional assessment in critically ill patients." *Iranian journal of medical sciences* 41(3): 171.
21. Kim, H. & Chang, S. J. (2019). "Implementing an educational program to improve critical care nurses' enteral nutritional support." *Australian Critical Care* 32(3): 218-222.
22. Marshall, A. P., et al. (2012). "Optimizing nutrition in intensive care units: empowering critical care nurses to be effective agents of change." *American journal of critical care* 21(3): 186-194.
23. Marshall, J. C., et al. (2017). "What is an intensive care unit? A report of the task force of the World Federation of Societies of Intensive and Critical Care Medicine." *Journal of critical care* 37: 270-276.
24. McLaren, S. & Arbuckle, C. (2020). "Providing optimal nursing care for patients undergoing enteral feeding." *Nursing standard* 35(3): 60-65.
25. Metheny, N. A., et al. (2007). "Complications related to feeding tube placement." *Current opinion in gastroenterology* 23(2): 178-182.
26. Mooi, N. M. & Ncama, B. P. (2019). "Evidence on nutritional therapy practice guidelines and implementation in adult critically ill patients: A systematic scoping review." *Curationis* 42(1): 1-13.
27. Organization, W. H. (2020). Development of a draft global patient safety action plan, World Health Organization. Regional Office for the Eastern Mediterranean.
28. Persenius, M. W., et al. (2006). "Enteral nutrition in intensive care: nurses' perceptions and bedside observations." *Intensive and Critical Care Nursing* 22(2): 82-94.
29. Rungta, N., et al. (2010). "ICU planning and designing in India—guidelines 2010." *ISCCM Guidelines Committee*.

30. Scolapio, J. S. (2007). "Decreasing aspiration risk with enteral feeding." *Gastrointestinal endoscopy clinics of North America* 17(4): 711-716.
31. Serna, E. D. & McCarthy, M. S. (2006). "Heads up to prevent aspiration during enteral feeding." *Nursing* 36(1): 76-77.
32. Shahin, M. A. (2012). "Impact of a Designed Instructional Program about Enteral Nutrition on the Nurses' knowledge and Practices at the Critical Care Department of Almanial University Hospital." *CU Theses*.
33. Strollo, B. P., et al. (2017). "Complications of home enteral nutrition: mechanical complications and access issues in the home setting." *Nutrition in Clinical Practice* 32(6): 723-729.
34. Thompson, J. M. (1997). "Mosby's clinical nursing."
35. Vaithiswaran, V., et al. (2010). "Effect of early enteral feeding after upper gastrointestinal surgery." *Tropical Gastroenterology* 29(2): 91-94.
36. Wiegand, D. L. (2013). *AACN Procedure Manual for Critical Care-E-Book*, Elsevier Health Sciences.



Pollution De L’Air Interieur Et Comportements Des Asthmatiques Lies A La Gestion De La Maladie Dans Les Menages De La Commune De Yopougon (Côte D’ivoire)

Kouadio Ahou Rosine

UFR Sciences Médicales Abidjan, Université Félix Houphouët-Boigny de Cocody, Côte d’Ivoire

Adje N’goran Pascal

UFR Sciences de l’Homme et de la Société, Département de Sociologie, Université Félix Houphouët-Boigny de Cocody, Côte d’Ivoire

Yao Kouakou Daniel

UFR Sciences Sociale et Humaine, Université Jean Lorougnon Guédé de Daloa, Côte d’Ivoire

Ouattara Soualiho

UFR Sciences Médicales, Département de physiologie, Université Félix Houphouët-Boigny de Cocody, Cote d’Ivoire

[Doi:10.19044/esj.2021.v17n29p74](https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n29p74)

Submitted: 17 June 2021

Accepted: 26 July 2021

Published: 31 August 2021

Copyright 2021 Author(s)

Under Creative Commons BY-NC-ND

4.0 OPEN ACCESS

Cite As:

Rosine K. A., Pascal A. N., Daniel Y. K., & Soualiho O. (2021). *Pollution De L’air Interieur Et Comportements Des Asthmatiques Lies A La Gestion De La Maladie Dans Les Menages De La Commune De Yopougon (Côte D’ivoire)*. European Scientific Journal, ESJ, 17(29), 74. <https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n29p74>

Résumé

La prévalence de l’asthme est en constante augmentation et les facteurs environnementaux dont la pollution de l’air intérieur sont incriminés.

La présente étude, réalisée dans la commune de Yopougon en Côte d’Ivoire, vise à analyser le comportement des asthmatiques dans la gestion de la maladie en relation avec la pollution de l’air intérieur. Sur cette base, la théorie du choix rationnel a été retenue pour étayer les comportements des asthmatiques interviewés. Une méthode mixte a été adoptée avec la conduite d’entretiens semi dirigés individuels auprès de 31 patients asthmatiques. L’enquête quantitative a concerné 200 patients asthmatiques.

Les résultats indiquent que 63% des enquêtés combinaient l’utilisation du charbon de bois et celle du gaz butane domestique. Les différents

combustibles, gaz butane, charbon de bois et bois de chauffe génèrent des polluants lors de leur utilisation ; mais, le gaz butane est celui qui pollue le moins. De même, 68% des asthmatiques optent pour un traitement mixte (moderne et traditionnel). L'asthme dans ce contexte n'est pas contrôlé, 41% ont un asthme persistant, léger et font environ trois crises par semaine.

Mots clés: Asthme, Comportement, Pollution De L'Air Intérieur, Combustibles, Traitement

Indoor Air Pollution And Asthma Patients' Behaviour In Controlling The Disease In The Households Of The Municipality Of Yopougon (Côte D'Ivoire)

Kouadio Ahou Rosine

UFR Sciences Médicales Abidjan, Université Félix Houphouët-Boigny de Cocody, Côte d'Ivoire

Adje N'goran Pascal

UFR Sciences de l'Homme et de la Société, Département de Sociologie, Université Félix Houphouët-Boigny de Cocody, Côte d'Ivoire

Yao Kouakou Daniel

UFR Sciences Sociale et Humaine, Université Jean Lorougnon Guédé de Daloa, Côte d'Ivoire

Ouattara Soualiho

UFR Sciences Médicales, Département de physiologie, Université Félix Houphouët-Boigny de Cocody, Cote d'Ivoire

Abstract

The prevalence of asthma is constantly increasing and environmental factors including indoor air pollution are blamed.

This study, which took place in the commune of Yopougon, aims to analyze asthma sufferers' behaviour in managing the disease in the face of indoor air pollution. To this end, the theory of rational choice was convoked to shed light on the behaviour of asthma patients who participated in the study. A mixed method was used with the conduct of semi-structured individual interviews with 31 asthma patients. Quantitative data were collected from 200 other asthma patients.

Results reveal that 63% of the respondents combined the use of charcoal and that of domestic butane gas. The miscellaneous fuels: butane gas, charcoal and firewood generate pollutants during their use; but, butane gas is the one that pollutes the least. In addition, 68% of asthma patients opt for mixed treatment (modern and traditional). Under these circumstances, asthma

is not controlled, as 41% of the participants have persistent, mild asthma and undergo about three attacks per week.

Keywords: Asthma, Behavior, Indoor Air Pollution, Fuels, Treatment

Introduction

L'asthme est une maladie non transmissible de première importance qui, selon les statistiques de l'OMS (2017), touchait plus de 339 millions de personnes dans le monde en 2016. C'est une maladie chronique caractérisée par l'inflammation des voies aériennes et une difficulté respiratoire (dyspnée) sifflante. Ce dysfonctionnement est lié à une réactivité anormale des voies aériennes dont le diamètre diminue exagérément en réponse à différents facteurs déclencheurs (Puddu et al ; 2003). Parmi ces facteurs déclencheurs figurent ceux liés à l'environnement.

Les facteurs environnementaux, responsables du développement, du déclenchement et de l'aggravation ou de l'exacerbation de l'asthme chez les sujets prédisposés, renvoient aux allergènes de l'habitat (acariens, animaux domestiques...), la pollution de l'air (à l'intérieur et à l'extérieur des locaux).

La pollution de l'air, selon l'OMS¹, est « la contamination de l'environnement intérieur ou extérieur par un agent chimique, physique ou biologique qui modifie les caractéristiques naturelles de l'atmosphère ». Les polluants les plus rencontrés dans ces cas sont la fumée, la moisissure, les allergènes, le monoxyde de carbone (CO), le dioxyde de carbone (CO₂), l'oxyde d'azote (NO_x), l'ozone (O₃), les composés organiques volatils (COV), les particules fines (PM₁₀ et PM_{2,5}), etc. (Billionnet, 2012). Ces polluants peuvent également être d'origine naturelle (éruption volcanique) ou anthropique (diverses activités humaines).

Pour ce qui est de la pollution de l'air intérieur, les sources potentielles sont entre autres les animaux domestiques, la moisissure, les matériaux de construction et d'équipement, les produits de nettoyage, la fumée de tabac, l'utilisation de combustibles solides pour la cuisson et le chauffage, l'introduction de l'air extérieur à l'intérieur des endroits clos (habitations, lieux de travail), etc. (Billionnet, 2012).

Plusieurs activités humaines à l'intérieur des logements, en effet, produisent des substances et des particules susceptibles de provoquer des crises d'asthme. C'est le cas des Composés Organiques Volatils (COV)², issus

¹ Site de l'OMS (consulté en septembre 2019)

https://www.who.int/topics/air_pollution/fr/#:~:text=Par%20pollution%20de%20l'air,caract%C3%A9ristiques%20naturelles%20de%20l'atmosph%C3%A8re.

²Une cinquantaine de COV sont communément retrouvés dans l'environnement intérieur. Par définition ils sont volatils à température ambiante (Pauli, de Blay, Krieger et Bessot, 2016). Ils appartiennent à 9 groupes de composés chimiques: alcanes, cycloalcanes et alkènes, hydrocarbures aromatiques ou benzéniques, hydrocarbures halogénés, terpènes, aldéhydes, cétones, alcool, esters.

des produits de construction, de décoration, d'ameublement, d'entretien et de bricolage et les activités humaines liées aux besoins essentiels (cuisine, hygiène) ou autres tels que le tabagisme, l'utilisation de bougies et d'encens (Billionnet, 2012., Nicolas et al; 2013).

Par ailleurs, l'utilisation de combustibles solides comme la bouse de vache, le bois, les résidus agricoles ou le charbon de bois produisent du monoxyde de carbone (CO), des particules fines (PM_{2,5} et PM₁₀), des hydrocarbures et de l'oxyde d'azote (NO) dans l'air intérieur (Lang, 2006). Il convient de préciser que toutes ces substances issues de l'utilisation de combustibles solides sont des polluants.

De même, la présence d'humidité dans un espace clos favorise l'apparition de moisissures (Dallongeville, 2015). Cette humidité peut avoir différentes sources en lien avec la structure du bâtiment (mauvaise isolation, fuite, circulation d'air insuffisante et inadaptée) et les activités humaines (cuisine, ménage). Ces différentes activités humaines à l'intérieur du logement ont un impact négatif sur la qualité de l'air dans les domiciles et cela constitue une menace pour la santé de leurs résidents.

Toutes ces sources de pollution de l'air intérieur représentent une menace pour la santé humaine en générale mais plus particulièrement pour les personnes vivant avec des maladies respiratoires comme l'asthme (Liu et al, 2018). Cependant, l'on observe que malgré ces risques liés à leur état de santé, les asthmatiques ne prennent pas suffisamment de précautions pour une amélioration de leur santé. En Côte d'Ivoire, les données sur la prévalence de l'asthme sont encore parcellaires. Dans la ville de Bouaké, cette prévalence est de 11,3% chez les adolescents en milieu scolaire (Koné et al, 2018). La ville de Korhogo quant à elle enregistre une prévalence de 5,4% chez les adolescents en milieu scolaire (Koné et al, 2018). Dans ce contexte, la présente recherche vise à analyser le comportement des patients asthmatiques dans la gestion de la maladie relativement à la pollution de l'air intérieur. De manière spécifique, il s'agit de décrire le cadre de vie des asthmatiques et les types de combustibles utilisés, de montrer les effets induits sur leur état de santé à travers la fréquence des crises, le mode de vie des patients asthmatiques et leurs choix thérapeutiques.

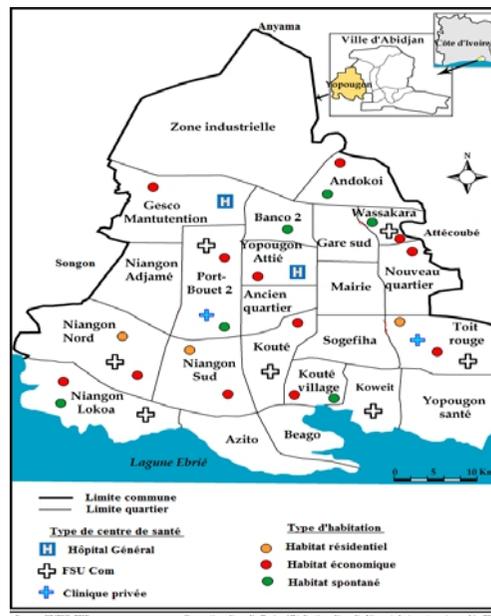
Pour y parvenir, la théorie utilisée dans ce travail est celle du choix rationnel. Cette théorie est un modèle d'explication pour interpréter les pratiques et comportements des individus (Bozonnet, 2007). La théorie du choix rationnel dans ce travail est nécessaire pour comprendre les motivations, le sens cognitif et interprétatif dans le comportement des asthmatiques dans la gestion de la maladie.

Methode

La présente étude a été menée dans la commune de Yopougon (Côte d'Ivoire), qui est l'une des treize communes d'Abidjan, la capitale économique du pays. Située dans la zone ouest d'Abidjan, un peu excentrée, elle se trouve entre la forêt du banco et la lagune Ebrié. Sa superficie est de 153,06 km² avec une population d'environ 1 071 543 d'habitants selon les résultats de l'Institut National de Statistiques (INS, 2014).

Diverses raisons fondamentales ont guidé le choix de la commune de Yopougon. Il s'agit du projet de la Chaire écosanté en pollution de l'air intitulé *ChairePol* qui avait ciblé cet espace communal. En plus, Yopougon est non seulement la plus vaste commune d'Abidjan avec un trafic routier dense, mais, également elle abrite la plus grande zone industrielle du pays. En outre, le développement des activités informelles telles que le site de fumage de poisson et de viande utilisant les feux domestiques prend de l'ampleur. Ce site est logé dans le marché du quartier de Niangon nord communément appelé « Lubafrrique » (Yopougon info, 2014). Ces caractéristiques sont susceptibles de générer une pollution de l'air dans la commune.

Figure 1. Cadre de l'étude



La figure 1 présente les centres de santé classés en trois catégories : les Hôpitaux Généraux (HG), les Formations Sanitaires Urbaines et Communautaires (FSU Com) et les Cliniques privées. De même, cette figure présente les habitations sous trois types : les habitats résidentiels, économiques et spontanés (précaires).

L'échantillon de l'étude porte sur la population asthmatique de la zone communale. Avec l'échantillonnage de type accidentel, 87 patients asthmatiques ont été recensés avec l'appui du corps médical dont les médecins. Ces personnes ont été rencontrées dans différents centres de santé de ladite commune. Les centres de santé concernés sont : le Centre Hospitalier et Universitaire (CHU) de Yopougon, l'Hôpital Général Attié, les Formations Sanitaires Urbaines (FSU) des quartiers Wassakara, Toit-Rouge, Port-Bouët 2, Loko et la Clinique privée le Grand Centre. Dans ces différents centres, seuls le CHU et la clinique le Grand Centre disposent de Pneumologue en leur sein. Ces deux centres sont les plus fréquentés par les enquêtés.

Tableau 1. Répartition des enquêtés selon les centres de santé

| N° | Centre de santé | Effectif |
|--------------|---|-----------|
| 1 | Centre Hospitalier et Universitaire (CHU) | 46 |
| 2 | Hôpital Général Attié | 05 |
| 3 | Formation Sanitaire Urbaine de Wassakara | 03 |
| 4 | Formation Sanitaire Urbaine de Toit-Rouge | 12 |
| 5 | Formation Sanitaire Urbaine de Port-Bouët 2 | 02 |
| 6 | Formation Sanitaire Urbaine de Loko | 01 |
| 7 | Clinique privée le Grand Centre | 18 |
| Total | | 87 |

Source: Données de l'étude

Avec ces (87) asthmatiques obtenus dans les centres de santé, la technique d'échantillonnage de type boule de neige a été utilisée pour atteindre (231) personnes souffrant d'asthme dans la commune de Yopougon. Il faut dire que ces asthmatiques rencontrés hors des centres de santé présentaient leurs bulletins de consultation et ordonnances, accompagnés de bulletins d'examen. Certains parmi eux ont pu effectuer ces examens et d'autres non. Dans cet échantillon, le sexe masculin était majoritairement représenté, avec 52,5% contre 47,5% de femmes. La moyenne d'âge était de 32 ans. Ces enquêtés étaient essentiellement des fonctionnaires (33,5%), des agents du secteur privé (32,5%) et des élèves (18%). Les ménagères combinées aux sans emploi représentent 8,5% et les étudiants ont une proportion de 7,5%. Le niveau d'étude majoritairement représenté était le niveau secondaire avec 90 individus, soit 45% des asthmatiques.

Une approche mixte a été adoptée dans la réalisation de cette recherche.

En ce qui concerne l'approche qualitative, l'échantillonnage à choix raisonné a été utilisé. L'échantillon constitué de 31 asthmatiques a été sélectionné sur la base de la disponibilité des enquêtés, de la durée de la maladie dans leur vie (cinq ans au moins), de leur résidence à Yopougon depuis au moins un an. Tous les âges étaient concernés par cette étude. Cependant, les personnes de moins de 18 ans étaient assistées par l'un des

parents. Une fiche de consentement éclairé était signée par l'enquêté et une fiche d'information leur était adressée avant le démarrage de l'entretien à leur domicile. Les entretiens étaient orientés sur leurs connaissances de l'asthme, de la pollution de l'air intérieur et des différentes pratiques sociales dans le ménage qui peuvent améliorer ou dégrader leur état de santé.

L'approche quantitative s'est quant à elle déroulée avec les 200 autres asthmatiques obtenus par la technique d'échantillonnage accidentel et boule de neige. Le questionnaire a été administré aux patients dans leur domicile respectif sous présentation de la fiche de consentement éclairé, signée par l'enquêté et la fiche d'information. Les questions ont ainsi porté sur quatre thèmes essentiels : les caractéristiques sociodémographiques, leurs connaissances de l'asthme et de la pollution de l'air intérieur, les pratiques adoptées dans la gestion de la maladie et la fréquence des crises d'asthme.

Les entretiens retranscrits ont fait l'objet d'une analyse de contenu qualitatif de type thématique. Cette approche a permis de faire ressortir l'intérêt particulier accordé aux thèmes, aux mots ou aux concepts employés par les enquêtés (Abric, 2005). Le questionnaire a fait l'objet d'une analyse statistique et spécifiquement de statistiques descriptives à l'aide des logiciels Sphinx et Excel. Les résultats obtenus ont permis de concevoir des tableaux de distributions des fréquences et des représentations graphiques des données (N'Da, 2002).

Malgré les dispositions mises en place, dans le cadre de la réalisation de cette recherche, notre enquête ne s'est pas déroulée sans difficultés. La principale difficulté à laquelle nous avons été confrontés fut l'indisponibilité de certains asthmatiques. Des rendez-vous pris au téléphone n'ont pu être honorés par certains asthmatiques en raison d'un imprévu ou de l'oubli. Ces rendez-vous ont donc dû être reprogrammés. Des enquêtés étaient également retissants.

Resultats

Description des habitations des asthmatiques

Tableau 1. répartition des enquêtés selon le type d'habitat de février à juillet 2018

| Type d'habitat | Effectif | Pourcentage |
|----------------|----------|-------------|
| Spontanés | 47 | 24% |
| Economiques | 143 | 71% |
| Résidentiel | 10 | 5% |
| Total | 200 | 100% |

Il ressort de ce tableau que les personnes rencontrées au cours de l'enquête vivent dans divers types d'habitats : précaires ou spontanés, économiques et hauts standings ou résidentiels.

Trois caractéristiques du cadre de vie des asthmatiques se dégagent.

La première est relative à l'existence de domiciles qui disposent de vastes cours avec des arbres et fleurs, de grandes fenêtres ouvertes témoignant d'une aération suffisante. Ces habitations sont généralement un peu excentrées et situées loin des grandes voies publiques à dense trafic routier.

Ensuite, l'on note la présence d'habitations situées en plein centre-ville avec un trafic dense, des maisons avec moins d'espace où l'aération des pièces (chambres, salons, cuisines) n'est pas suffisante et parfois mal entretenues (propreté de la maison, entretien du bâtiment, présence de moisissure par endroit). Certaines de ces maisons sont dotées de climatisation. Dans ce contexte, les habitants n'ont pas pour habitude d'ouvrir les fenêtres de peur que la poussière, les gaz d'échappement et les insectes n'entrent dans leurs maisons. Elles ne perçoivent pas l'ouverture des fenêtres comme une manière d'améliorer la qualité de l'air dans leurs domiciles.

Enfin, dans certains quartier « précaires », la majorité des maisons est de type cour commune avec une aération insuffisante et très peu d'espace. Pour quelques ménages, des cuisines étaient faites en bois à proximité de la maison.

Les types d'habitations des enquêtés étant décrits, procédons à l'identification de leurs habitudes ou pratiques quotidiennes au sein de leurs ménages.

Au nombre des combustibles utilisés, nous distinguons : le gaz butane domestique, le charbon de bois et le bois de chauffe.

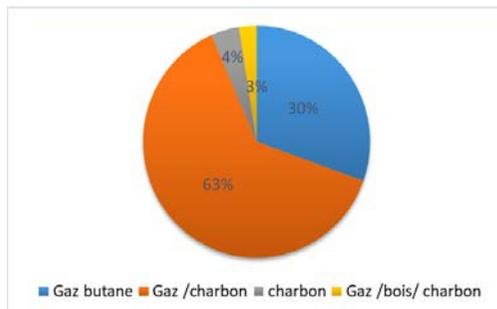


Figure 2. répartition de l'échantillon en fonction des combustibles utilisés dans les ménages de février à juillet 2018

La figure 2 montre que le combustible le plus utilisé est le couple gaz/charbon avec une proportion de 63% soit 126 patients asthmatiques de l'échantillon. Ceux utilisant exclusivement le gaz butane ou le charbon représentent respectivement 30% soit un effectif de 60 patients asthmatiques et 4% pour un effectif de 8 patients asthmatiques. Quant à la combinaison gaz/charbon/bois, elle est utilisée seulement par 6 patients asthmatiques soit 3% de la population de l'étude. Cette association de combustible s'explique par la diversité des éléments à faire cuire.

L'utilisation du gaz et du charbon, indique que 45% des patients asthmatiques priorisent le charbon contre 55% qui utilisent le plus souvent le gaz, soit une différence de 5%.

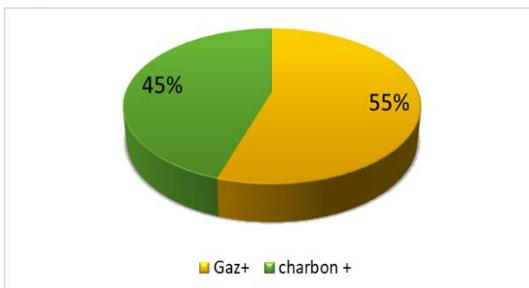


Figure 3. répartition des enquêtés en fonction de l'utilisation combinée gaz/charbon dans les ménages de février à juillet 2018

Les extraits des entretiens font ressortir dans le cadre de la gestion de la maladie, un changement de comportement dans les habitations. Il s'agit notamment de la propreté des maisons et du rangement à l'intérieur des chambres.

« Mon fils faisait beaucoup de crises, ses crises étaient fréquentes. A chaque fois on va à l'hôpital, le médecin me pose plusieurs questions pour savoir comment la maison est, pour voir ce qui est à la base des crises. Je veille en tout cas sur la propreté de la maison mais, je n'avais pas pensé aux habits sales entassés dans un panier dans la chambre. En tout cas, je ne sais pas si c'est coïncidence mais depuis que ce problème a été réglé, j'ai déplacé ce panier, il y a du mieux ». (Femme adulte, 43 ans, Lubafrique)

« Le jour où je suis à la maison lors du nettoyage, elle [servante] essuie au lieu de balayer pour ne pas soulever la poussière en ma présence, étant donné que c'est dans la maison, la poussière ne se dissipe pas rapidement » (Femme adulte, 48 ans, Wassakara)

A travers ces propos, il apparaît que ces changements de comportements ou d'habitudes interviennent à la suite d'un constat effectué par le malade lui-même ou par son entourage dans le but d'une amélioration de l'état de santé de la personne asthmatique.

En plus, l'analyse du discours des patients asthmatiques révèle des pratiques antérieures à la maladie qui favorisent toutefois la bonne gestion de l'asthme.

« Quand je me lève chaque matin avant de faire le nettoyage de la maison, j'ouvre portes et fenêtres. La fenêtre de ma chambre même je ne la ferme jamais à moins que je voyage. J'ai toujours été comme ça bien avant que cette maladie ne se déclenche. C'est une habitude depuis petite que j'ai acquise avec mes parents » (femme adulte, 39 ans, quartier Lubafrique) .

Notons que la distribution spatiale des habitations en milieu urbain avec la densité du trafic routier et l'absence de bitume contribuent largement à la gestion de l'asthme.

« Notre maison est située en bordure de cette rue non bitumée. C'est une rue fréquentée par les véhicules. Donc, la poussière ne finit pas ici. La situation de la maison nous fatigue » (Jeune homme, 27 ans, Sideci)

Le suivi du traitement de l'asthme selon les prescriptions médicales favorise la gestion de la maladie. Il atteste d'un changement de comportement du patient. Ainsi, ces propos extraits de nos entretiens relèvent :

« Mon fils a 14 ans et je lui explique comment prendre ses médicaments, mais si je ne fais pas la police derrière lui, ce n'est pas la peine. Je suis obligé de contrôler sinon il ne les prendra pas de lui-même. J'ai constaté que les moments de relâchements, quand je ne le suis pas correctement, les crises se répètent ». (Femme, 42 ans, Siporex)

Fréquence des crises d'asthme

L'asthme est une maladie qui se caractérise par des crises. La fréquence des crises chez la personne asthmatique concerne le nombre de fois que l'asthmatique fait la crise sur une période donnée. Dans ce travail, la classification suit les recommandations du Global Initiative for Asthma (GINA, 2019). L'évaluation de la fréquence des crises s'est faite par le nombre de crises survenues dans la semaine. Ce délai permettait à la personne asthmatique de pouvoir plus facilement se rappeler.

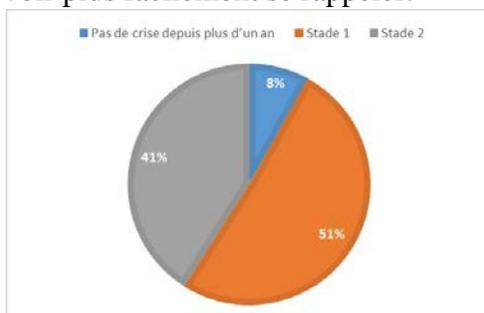


Figure 4. Répartition des enquêtés selon la fréquence des crises d'asthme (classification GINA, 2019) de février à juillet 2018

La figure ci-dessus indique que plus de la moitié des patients asthmatiques ont fait au moins une crise d'asthme par semaine soit une proportion de 51%. Ils vivent un type d'asthme intermittent. Toutefois, 41% des patients asthmatiques vivent avec un asthme persistant léger, faisant ainsi, plus d'une crise par semaine. Depuis plus d'un an, 9% des patients asthmatiques ne font plus de crises d'asthme.

Mise en relation du type de combustible et de la fréquence de crises

Tableau 2. Analyse de la fréquence des crises par rapport aux combustibles de février à juillet 2018

| | | Combustibles | | | | Total |
|------------------|---|--------------|--------------|---------|--------------------|-------|
| | | Gaz butane | Gaz /charbon | charbon | Gaz /bois/ charbon | |
| Fréquence crises | Pas de crise depuis plus d'un an | 81% | 13% | 6% | 00% | 100 % |
| | Stade 1 (moins d'une crise par semaine) | 41% | 52% | 5% | 2% | 100 % |
| | Stade 2 (environ 3 crises par semaine) | 7% | 87% | 2% | 4% | 100 % |

Les données présentées dans ce tableau sont relatives aux fréquences de crises en fonction du type de combustibles utilisés dans le ménage. Il ressort que pour les 16 asthmatiques qui ne font plus de crises depuis plus d'un an, 81% soit 13 asthmatiques utilisent exclusivement le gaz. Contrairement à eux, la majorité des asthmatiques se trouvant au stade 1 ou au stade 2 de leur maladie et qui combinent les combustibles gaz et charbon ont une proportion respective de 52% pour 53 asthmatiques et de 87% pour 71 asthmatiques.

Les asthmatiques ne faisant plus de crises depuis plus d'un an optent pour des actions susceptibles de favoriser une amélioration de leur état de santé comme en témoigne l'analyse du discours de certains :

« Je trouve que le gaz est propre et selon les conseils que j'ai reçus, il dégage moins de pollution. Il est mieux de choisir ce combustible quand on a cette maladie ». (Homme, 53 ans, Nouveau quartier)

« Avant, j'utilisais le charbon de temps en temps, quand mon fils a été déclaré asthmatique à l'âge de 11 ans et que nous avons commencé à consulter le médecin, c'est sur ces conseils même que j'ai arrêté. Notre espace n'est pas grand, donc le jour où j'utilise le charbon, la cendre s'éparpille trop et c'est possible qu'il puisse en respirer et créer des soucis ». (Femme, 40 ans, Toit Rouge)

Les 52% se trouvant au stade 1 ont une maladie contrôlée, ce qui signifie que la fréquence des crises est inférieure à une crise par semaine. Leur état de santé est stable. Par contre, les 86% du stade 2 ont un asthme non encore contrôlé, ils font 3 crises par semaine. Leur état de santé n'est pas stabilisé et les crises perturbent leurs différentes activités ; créant ainsi des

absentéismes au travail ou à l'école. Et cela se perçoit dans les propos de cet élève du secondaire :

« J'ai dû manquer des cours par moment à cause des crises, et cela joue parfois sur mes résultats scolaires car ce n'est pas tous les enseignants qui sont compréhensifs ». (Jeune homme, 21 ans, Sideci)

Choix thérapeutiques des asthmatiques

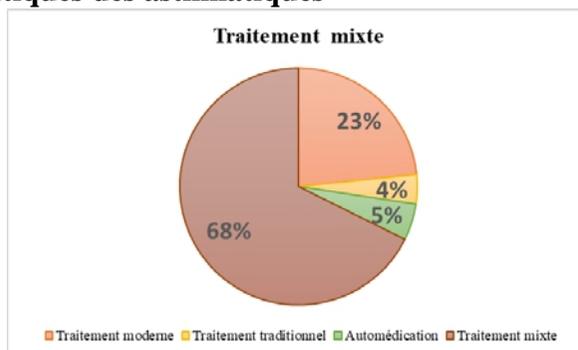


Figure 5. Choix thérapeutique des malades d'asthme de février à juillet 2018

La figure 5 indique que 68% des asthmatiques optent pour le traitement mixte (association du traitement moderne et du traitement traditionnel) tandis que 21% s'orientent uniquement vers le traitement. Le traitement traditionnel constitue le recours exclusif pour 4% des asthmatiques quand l'automédication est l'unique choix de 5% d'entre eux.

La majorité des asthmatiques soit 68% a recours au traitement mixte du fait de la méconnaissance de la maladie ou la recherche désespérée de la guérison. En effet, l'ignorance ou la non acceptation des asthmatiques du caractère chronique ou incurable de la maladie les poussent à frapper à toutes les portes dans l'espoir de trouver la panacée. Cet état de fait se traduit dans les interviews des patients asthmatiques :

« Bon.....quand la maladie a commencé c'était bizarre parce que personne ne connaissait cette maladie dans mon entourage. On ne savait pas comment soigner ça, donc je suis allé à l'hôpital, c'est là-bas qu'ils m'ont dit que c'est l'asthme. Mais, moi je pensais que j'allais être guéri et j'étais un peu déçu. J'ai alors commencé à plus me renseigner et faire des traitements traditionnels. C'est comme ça que je me suis retrouvé à faire le mélange des médicaments ». (Homme, 62 ans, Kouté)

« Il faut dire qu'au tout début, je soignais mon fils avec les médicaments prescrits uniquement par le médecin. Mais au bout d'un moment j'ai commencé à désespérer parce que son état ne s'améliorait pas, alors quand dans mon entourage on me parlait d'un médicament pour l'asthme, je me précipitais, je l'ai même envoyé chez un tradipraticien dans

une ville de l'intérieur une fois. Malgré tout ça, son état ne s'est vraiment pas amélioré. Il fait trop de crises et souvent même il s'absente aux cours. Mais, finalement nous sommes revenus aux médicaments du médecin et vraiment je suis à la lettre ses recommandations et je crois qu'il y a de l'amélioration depuis un moment ». (Femme, 41 ans, Sideci)

À travers ces propos, nous percevons que la première orientation de la majorité des asthmatiques est l'hôpital. Mais, ils voient l'asthme comme une maladie curable après avoir pris les médicaments prescrits par le médecin. Ils se retrouvent très vite face à la réalité (la chronicité de la maladie). Les asthmatiques commencent dès lors à prendre toutes sortes de médicaments et à ne plus respecter les prescriptions du médecin. Ce mélange de médicaments aggrave pour la plupart leur état de santé par la répétition des crises. Parmi les 136 soit 68% d'asthmatiques qui utilisent le traitement mixte, nous allons rechercher le traitement prioritaire.

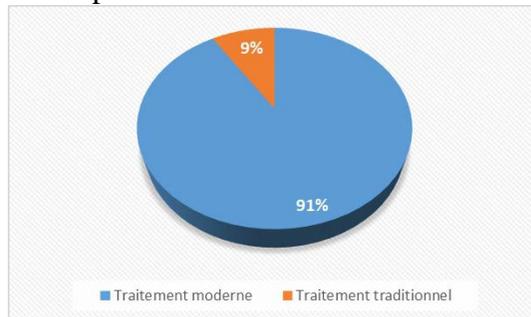


Figure 6. Répartition des enquêtés selon le choix du traitement (moderne ou traditionnel) de février à juillet 2018

L'étude du choix thérapeutique des asthmatiques a révélé que 136 asthmatiques soit 68% optaient pour le traitement mixte. En relevant leur priorité dans ce traitement, nous constatons que le traitement moderne est prioritaire avec un score de 91% pour 123 asthmatiques. Le traitement traditionnel n'est prioritaire que pour 13 asthmatiques soit 9%. La majorité des asthmatiques dans ce groupe qui a opté pour le traitement mixte a pour priorité le traitement moderne.

Discussion

Les résultats de l'étude montrent que les choix et habitudes des personnes asthmatiques concourent aussi bien à une amélioration qu'à une dégradation de leur état de santé. Il s'agit de la localisation du cadre de vie, du type de combustible utilisé dans le ménage et le choix thérapeutique adopté. Ces éléments, pour certains, sont sources de pollution de l'air intérieur. Ce résultat est corroboré par Kouao et al., (2019), qui dans leur étude effectuée dans les ménages à Lubafrique et à Andokoi dans la commune de

Yopougon, ont montré après des mesures de la qualité de l'air intérieur/extérieur que le niveau de pollution en $PM^{2.5}$ était au-dessus de la norme recommandée par l'OMS ($25 \mu g/m^3$). C'est un constat qui s'explique par l'utilisation de la biomasse pour la cuisson des repas et l'insuffisance ou l'inadaptation du système d'aération (Kouao et al., 2019).

Selon l'OMS, la pollution de source ménagère est responsable de 7,7% de la mortalité mondiale, et les combustibles utilisés y jouent un rôle (OMS, 2016). L'observation et l'analyse des données (45% d'utilisateurs du charbon uniquement contre 55% d'utilisateurs exclusifs du gaz butane) de la figure 3 donnent à croire que l'utilisation du gaz butane comme seule source de combustible représente un luxe pour la population. Nous en voulons pour preuves les déclarations suivantes de certains enquêtés :

« Hé! Je fais doucement, doucement avec ma bouteille de gaz là. C'est pourquoi j'utilise plus le charbon, parce que quand ça fini j'ai du mal à réunir l'argent pour recharger » (femme, 29 ans, Toit Rouge)

« J'utilise le gaz seulement pour des choses qui ne vont pas durer au feu. Sinon c'est charbon que j'utilise plus, c'est moins cher. Gaz là c'est bon mais souvent il n'y a pas l'argent pour recharger. C'est ce qui me fatigue » (femme, 35 ans, Loko)

« Charbon là même n'arrange pas oh, c'est salissant, c'est fatigant. Mais je fais avec ce que j'ai, en espérant avoir mieux demain ; je compte le remplacer totalement par le gaz, mais pour le moment, je fais avec ce que j'ai, un peu un peu ça va aller » (femme, 31 ans, Bouet 2)

Le manque de moyens financiers contraint ces asthmatiques à utiliser le charbon qui, selon eux, est à moindre coût. Dans ces propos : « *j'ai du mal à réunir l'argent pour recharger la bouteille* » ou « *c'est bon mais, souvent il n'y a pas l'argent pour recharger* », « *je fais avec ça* », nous percevons que le choix d'utiliser plus le charbon n'est pas opéré de gaité de cœur par les enquêtés, mais plutôt pour des raisons économiques. Pour ces enquêtés, l'utilisation du gaz butane est réservée aux personnes ayant une meilleure situation socioéconomique. Dans ce contexte, les directives données par le médecin dans la gestion du cadre de vie pour une meilleure qualité de l'air intérieur ne sont pas suffisamment respectées.

Le taux de couverture en utilisation de gaz butane comme seul combustible est bas (30%) dans la présente étude. Ce résultat va dans le même sens que l'étude de Sustainable Energy for all, où la couverture en utilisation de gaz butane est de 20% au niveau de la population ivoirienne (Sustainable Energy for all, 2012). L'utilisation du gaz butane comme seule source de combustible n'est pas suffisamment représentée en Côte d'Ivoire.

Pourtant, différentes pratiques quotidiennes permettent d'améliorer la qualité de l'air dans les domiciles. Il s'agit entre autres de choisir le combustible le moins polluant qui est le gaz butane comme le pratiquent les

30% des enquêtés, d'opter pour des méthodes moins polluantes dans le nettoyage et l'entretien de la maison et surtout de mettre l'accent sur l'aération du logement (bonne aération de toutes les pièces). L'aération concerne l'ouverture des portes et fenêtres pour le changement d'air dans la maison. L'amélioration de la qualité de l'air passe par un renouvellement d'air grâce à un système d'aération adapté à la taille du logement. C'est un geste simple et recommandé qui est à la portée de tous dans la lutte contre la pollution de l'air intérieur. Un logement mal aéré condense les polluants et représente un risque pour la santé. L'aération est perçue par les enquêtés comme une activité de routine qui est effectuée lors de l'entretien de la maison. Ce point de vue est partagé par Minoustchin et al., (2010) qui soutiennent que l'aération est généralement une pratique liée à une « habitude routinière » ou à une activité domestique « secondaire » insérée dans le cours d'une activité domestique « primaire » (faire le ménage, faire la cuisine, etc.).

Les individus ne perçoivent pas l'aération comme une forme de changement d'air, une manière d'améliorer la qualité de l'air dans leur domicile mais plutôt comme une sorte de culture, d'habitude acquise avec le temps. C'est un résultat est en congruence avec ceux de l'étude de Rosine et al., (2021). Dans cette étude, les représentations sociales de la pollution de l'air intérieur des asthmatiques étaient axées sur des éléments externes tels la poussière et la fumée qui pénètrent dans leur domicile. Les personnes asthmatiques trouvaient que maintenir les fenêtres fermées n'impactait pas la qualité de l'air dans le domicile étant donné que la pollution vient de l'extérieur. L'environnement dans lequel se situe la maison est un élément important. Certains enquêtés se plaignaient de la circulation de véhicules sur des rues non bitumées à proximité de leur domicile, de dépotoirs sauvages qui dégageaient des odeurs nauséabondes, du brûlage de déchets ou pneus qui entraînaient la fumée dans leur maison. Toutes ces activités et situations contribuent à la dégradation de la qualité de l'air dans le logement. Selon Salameh et al, le risque d'être asthmatique ou d'avoir des symptômes respiratoires est non seulement lié à la pollution intérieure mais aussi extérieure, principalement le trafic routier. La probabilité de l'asthme était plus élevée chez les résidents près d'un fort trafic routier (ORa = 4,30 [IC95% 1,45—12,71], $p < 0,05$ (Salameh et al, 2015).

L'asthme peut être contrôlé au moyen de médicaments et par l'application d'un certain nombre de mesures préventives. Il est donc important de pouvoir dépister cette maladie le plus rapidement possible, pour une prise en charge efficace qui permette d'éviter une aggravation. En termes de moyens préventifs, les combustibles utilisés jouent un rôle capital dans l'amélioration ou l'aggravation de l'état de santé de la personne asthmatique comme nous pouvons le constater dans le croisement des variables fréquence de crise et combustibles utilisés dans le ménage. De plus, le suivi et le respect

des rendez-vous sont primordiaux dans la recherche d'un bon état de santé du malade. Dans ce contexte, quel choix thérapeutique adoptent les asthmatiques ?

Concernant les choix thérapeutiques, notons qu'en Afrique la diversité des offres thérapeutiques est plus que jamais un fait avéré (Nkoma, 2015). Ce fait est relativement lié à l'existence de différentes pratiques et de croyances au sujet de la santé et de la maladie. Les malades adaptent leur parcours thérapeutique en priorité à leurs moyens financiers, à leur accès géographique aux formations sanitaires, et aux représentations sociales qu'ils se font de la maladie. Pour 68% des asthmatiques, le traitement mixte (moderne et traditionnel) est le choix prioritaire dans la quête désespérée d'une guérison. Dans ces conditions, ils ne peuvent pas suivre correctement les prescriptions du médecin et perdent ainsi le contrôle sur la maladie. Contrairement au choix du traitement mixte chez les asthmatiques dans cette étude, Adjet et al. (2017) ont montré que la médecine traditionnelle était le choix privilégié chez les parents, dans le cadre des maladies infantiles dans la ville de Daloa. Ces parents justifient leur choix par une inefficacité de la médecine occidentale. En plus, ils trouvent que la médecine traditionnelle est accessible et à moindre coût.

Dans la présente étude, le choix du traitement mixte peut s'expliquer par la non-compréhension du patient de la nature chronique de l'asthme. Il cherche à tout prix à en être guéri définitivement. Certains ont la phobie de la prise de médicaments au quotidien ou sont inquiets des conséquences de ces médicaments sur leur organisme.

Ces différentes situations présentées entraînent une insuffisance du contrôle de la maladie. Les résultats ont montré que 41% des enquêtés étaient au stade 2 de la maladie faisant plus ou moins trois crises par semaine. C'est une proportion non négligeable qui a besoin d'informations et de formations sur la gestion et la maîtrise de la maladie.

Le suivi du traitement est nécessaire dans la lutte contre cette maladie. Toutefois, il est aussi important d'éviter tout ce qui peut déclencher des crises, c'est-à-dire des stimulations provoquant des irritations ou des inflammations des voies respiratoires. Avec l'aide du médecin, chaque asthmatique doit maîtriser son environnement et apprendre à éviter ce qui déclenche les crises. C'est une démarche préventive car elle consiste à éviter toutes les conditions favorables au déclenchement de la crise.

Conclusion

L'utilisation combinée du charbon de bois/gaz butane (63%) des enquêtés et le recours au traitement mixte (traditionnel/ moderne) pour 68% des enquêtés sont des choix raisonnés effectués par les asthmatiques. Ces raisonnements sont soutenus par le déficit de moyens financiers, la phobie

d'être toujours sous traitement médicamenteux et le désir de guérir définitivement de la maladie. Cette multitude de choix thérapeutiques n'est aucunement bénéfique pour leur état de santé. A titre d'illustration, 41% d'entre eux ont un asthme persistant léger, ils font environ trois crises par semaine. Il y a nécessité d'informer et d'éduquer ces personnes asthmatiques dans la prise en charge de leur maladie.

Remerciements

Cette étude a été soutenue par la Chaire Ecosanté « Pollution urbaine de l'air, Pollution de l'air intérieur et maladies non transmissibles » (Chaire Pol) ainsi que par le Centre de Recherche en Développement International (CRDI) à travers la subvention N°107347-001.

References:

1. OMS (2017). Global, regional, and national incidence, prevalence, and years lived with disability for 328 diseases and injuries for 195 countries, 1990–2016: A systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2016 . Lancet 2017; 390: 1211–59
2. Puddu, M. ; Bayingana, K., et Tafforeau, J., (2003). L'Asthme et la Pollution de l'air. Rapport. Bruxelles (Belgique). Repéré à <http://infoairinterieur.fr/wp-content/uploads/2016/01/169.pdf>
3. Billionnet, C., (2012). Pollution de l'air intérieur et santé respiratoire: prise en compte de la multi-pollution. Santé publique et épidémiologie. (Thèse de Doctorat). Université Pierre et Marie Curie - Paris VI. <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-00827664>
4. Nicolas, M. ; Chiappini, L., et D'Anna, B., (2013). Activités domestiques et qualité de l'air intérieur: émissions, réactivité et produits secondaires. Rapport. Programme de recherche interorganisme pour une meilleure qualité de l'air, France, 149p
5. Lang, K. (2006). Indoor Air Pollution (Pollution de l'air intérieur)-Etat de connaissances et situation au Sénégal. PERACOD / FASEN, Rapport de fin de stage.
6. Dallongeville, A., (2015). Exposition cumulée aux contaminants de l'air intérieur susceptibles d'induire des affections respiratoires chroniques de l'enfant. (Thèse de Doctorat) Rennes 1. <http://www.theses.fr/2015REN1B013>
7. Liu, Q. ; Wang, W. et Jing, W., (2018). Indoor air pollution aggravates asthma in Chinese children and induces the changes in serum level of miR-155, International Journal of Environmental Health Research, 29(1), 22-30. DOI: 10.1080/09603123.2018.1506569
8. Koné, A. ; Koffi , M.O.B. ; Djegbeton, E. ; Ahui, B.J.M. ; Brou-Gode, V.C. ; Ngom, A.; Horo, K. ; Kouassi, B.A. ; Koffi, N. ; Aka-

- Danguy, E., (2018). Epidémiologie de l'asthme de l'adolescent en milieu scolaire de la ville de Bouaké.
<https://doi.org/10.1016/j.rmr.2018.10.111>
9. Koné, A. ; Koffi , M.O.B. ; Horo, K. ; Djegbeton, E. ; Ahui, B.J.M. ; Brou-Gode, V.C. ; Ngom, A.; Kouassi, B.A. ; Koffi, N. ; Aka-Danguy, E., (2018). Epidémiologie de l'asthme de l'adolescent en milieu scolaire de la ville de Korhogo.
<https://doi.org/10.1016/j.rmr.2018.10.179>
 10. Bozonnet, J.P. (2007) : Conscience écologique et pratiques environnementales, Pacte-Institut d'Etude Politique, Grenoble, pp 279-287.
 11. INS, 2014. Côte d'Ivoire : Les résultats du recensement de 2014. Repéré à <https://atlasocio.com/revue/demographie/2015/cote-d-ivoire-les-resultats-du-recensement-de-2014.php>. Le 06/06/2021
 12. Yopougon info. (2014). La commune de Yopougon. En ligne <http://yopougon-info.blogspot.com/2014/09/presentation-de-la-commune.html>. Consulté le 03/12/2018
 13. Abric, J.-C., (2005). Introduction. In J.-C. Abric, Méthodes d'étude des représentations sociales, ERES « Hors collection », 7-10.DOI 10.3917/eres.abric.2003.01.0007, pp 7-10
 14. N'Da, P., (2002). Méthodologie de la recherche : de la problématique à la discussion des résultats, Abidjan, EDUCI.
 15. GINA. (2019). Guide de poche destiné aux professionnels de santé, Révisé en 2019. Repéré à :
<https://ginasthma.org/wp-content/uploads/2019/09/GINA-2019-main-Pocket-Guide-French-wms.pdf>
 16. Kouao, A.K.R.; N'datchoh, E.T.; Yoboue, V.; Silue, S.; Attoh, H.; Coulibaly, M.; Robins, T., (2019). Exposure to indoor and outdoor air pollution among children under five years old in urban area. *Global J. Environ. Sci. Manage.*, 5(2): *-*. DOI: 10.22034/gjesm.2019.02.00*url:<http://gjesm.net/>***
 17. OMS. (2016). Preventing disease through healthy environments A global assessment of the burden of disease from environmental risks. Organisation Mondiale de la Santé. Genève.
<http://www.who.int/indoorair/>
 18. Sustainable Energy for all, 2012. Evaluation rapide et analyse des GAPS de la Côte d'Ivoire. Repéré à
https://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:e6BRbfvB_8J:https://www.seforall.org/sites/default/files/1/2015/05/Cote_dIvoire_RAGA.pdf+%cd=1&hl=fr&ct=clnk&gl=ci. Le 27/05/2021
 19. Minoustchin, M.; et Vera-Navas, G. (2010). Représentations et comportements de gestion de la qualité de l'air intérieur dans les

- logements. Pollution atmosphérique [En ligne], N° 206, mis à jour le:07/09/2015.<http://lodel.irevues.inist.fr/pollution-atmospherique/index.php?id=678>
20. Ahou Rosine K., Fulbert T. et Soualiho O. (2021). Représentations sociales de la pollution de l'air intérieur et pratiques sociales des malades d'asthme de la commune de Yopougon (Côte d'Ivoire). *European Scientific Journal, ESJ*, 17(14), 217. <https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n14p217>
 21. Salameh, P., Karaki, C., Awada, S., Rachidi, S., Al Hajje, A., Bawab, W., . . . Waked, M. (2015). Asthme, pollutions intérieure et extérieure : étude pilote chez des adolescents libanais scolarisés. *Revue des Maladies Respiratoires*, 32(7), 692-704. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.rmr.2014.11.073>
 22. Nkoma, P.P. (2015). Itinéraires thérapeutiques des malades au Cameroun : Les déterminants du recours à l'automédication. 7ème Conférence sur la Population Africaine: "Dividende Démographique en Afrique: Perspectives, Opportunités et Défis". Johannesburg, Afrique du Sud., <<http://uaps2015.princeton.edu/>>. <hal-0133941
 23. Adjet A., Zadou Z., et Mafou K. (2017). Pratiques Thérapeutiques Locales et Maladies Infantiles Dans le District Sanitaire de Daloa (Centre – Ouest Côte d'Ivoire). *European Journal of Social Sciences* ISSN 1450-2267, 55(3), pp.286-296



ESJ Natural/Life/Medical Sciences

Facteurs Associes Aux Deces Maternels A L'hôpital De Zone Saint Jean De Dieu De Tanguieta De 2015 A 2019

Atade Sèdjro Raoul

UER en gynécologie Obstétrique, Institut de Formation en Soins Infirmiers et Obstétricaux (IFSIO), Université de Parakou, Bénin

Hounkponou Ahouingnan Fanny Maryline Nouessèwa

Obossou Achille Awadé Afoukou

UER en gynécologie Obstétrique, Faculté de Médecine, Université de Parakou, Bénin

Gabkika Bray Madoué

Hôpital du district du sud Ndjamena, Tchad

Doha Sèna Mireille Isabelle

Sidi Rachidi Imorou

Vodouhe Mahublo Vinadou

Salifou Kabibou

UER en gynécologie Obstétrique, Faculté de Médecine, Université de Parakou, Bénin

[Doi:10.19044/esj.2021.v17n29p93](https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n29p93)

Submitted: 18 June 2021

Accepted: 20 July 2021

Published: 31 August 2021

Copyright 2021 Author(s)

Under Creative Commons BY-NC-ND

4.0 OPEN ACCESS

Cite As:

Atade S.R., Hounkponou Ahouingnan F.M.N., Obossou A.A.A., Gabkika B.M., Doha S.M.I., Sidi R.I., Vodouhe M.V. & Salifou K. (2021). *Facteurs Associes Aux Deces Maternels A L'hôpital De Zone Saint Jean De Dieu De Tanguieta De 2015 A 2019*. European Scientific Journal, ESJ, 17(29), 93.

<https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n29p93>

Résumé

Introduction: La mortalité maternelle est un problème de santé publique au Bénin ; Elle est estimée à 397 pour 100 000 Naissances Vivantes (NV) en 2017. Dans les pays à faible revenu le ratio de mortalité maternelle est de 239 pour 100 000 Naissances Vivantes (NV).

Objectifs: Identifier les facteurs associés aux décès maternels à l'Hôpital de Zone Saint Jean de Dieu de Tanguéta de 2015 à 2019.

Méthode d'étude: Il s'est agi d'une étude rétrospective à visée descriptive et analytique. Les dossiers des femmes ont été dépouillés pour col-

lecter les informations relatives aux variables de l'étude.

Résultat: Durant la période d'étude, nous avons recensé 222 dossiers. Le ratio de mortalité maternelle intra-hospitalière était de 1173 décès pour 100 000 naissances. L'âge moyen des femmes décédées était de 25,4 ans. Les femmes décédées étaient des ménagères dans 72,1%. Plus de la moitié des femmes décédées (55,9%) n'avaient bénéficié d'aucune consultation prénatale. La référence était le principal mode d'entrée à l'hôpital (64%). Les causes obstétricales directes des décès étaient dominées par les hémorragies (25,8%), les troubles hypertensifs (22,8%) et les infections puerpérales (21,2%). Les facteurs associés aux décès maternels étaient : le milieu de résidence ($p = 0,004$), le délai (de 5 jours et plus) entre l'apparition des symptômes et l'admission à l'hôpital ($p = 0,019$), le transport non médicalisé ($p=0,013$) et le troisième retard ($p < 0,001$).

Conclusion: Le ratio de mortalité maternelle était élevé à l'hôpital de zone Saint Jean de Dieu de Tanguieta. Il importe que des actions soient menées en agissant sur les différents facteurs en vue de réduire la mortalité maternelle dans cet hôpital.

Mots-clés: Mortalité Maternelle, Naissance Vivante, Facteurs Associés, Tanguieta, Bénin

Factors Associated With Maternal Deaths At The Saint Jean De Dieu Zone Hospital In Tanguieta From 2015 To 2019

Atade Sèdjro Raoul

UER en gynécologie Obstétrique, Institut de Formation en Soins Infirmiers et Obstétricaux (IFSIO), Université de Parakou, Bénin

Hounkponou Ahouingnan Fanny Maryline Nouessèwa

Obossou Achille Awadé Afoukou

UER en gynécologie Obstétrique, Faculté de Médecine, Université de Parakou, Bénin

Gabkika Bray Madoué

Hôpital du district du sud Ndjamen, Tchad

Doha Sèna Mireille Isabelle

Sidi Rachidi Imorou

Vodouhe Mahublo Vinadou

Salifou Kabibou

UER en gynécologie Obstétrique, Faculté de Médecine, Université de Parakou, Bénin

Abstract

Introduction: Maternal mortality is a public health problem in Benin, it is estimated at 397 per 100,000 Live Births (LB) in 2017. In low-income countries the maternal mortality ratio is 239 per 100,000 Live Births (LB).

Objectives: Identify the factors associated with maternal deaths at the Saint Jean de Dieu Zone Hospital in Tanguiéta from 2015 to 2019.

Study Method: This was a retrospective study with a descriptive and analytical aim. Women's records were searched to collect information on study variables.

Result: During the study period, we identified 222 cases. The intra-hospital maternal mortality ratio was 1,173 deaths per 100,000 births. The average age of the deceased women was 25.4 years. 72.1% of the deceased women were housewives. More than half of the women who died (55.9%) had not received any prenatal consultation. Referral was the main mode of entry to hospital (64%). The direct obstetric causes of death were dominated by haemorrhages (25.8%), hypertensive disorders (22.8%) and puerperal infections (21.2%). Factors associated with maternal deaths were: place of residence ($p = 0.004$), the time (5 days or more) between the onset of symptoms and admission to hospital ($p = 0.019$), unsafe transportation ($p = 0.013$) and The third delay ($p < 0.001$).

Conclusion: The maternal mortality ratio was high at the Saint Jean de Dieu hospital in Tanguieta. It is important that actions be taken by acting on the various factors in order to reduce maternal mortality in this hospital.

Keywords: Maternal Mortality, Live Birth, Associated Factors, Tanguiéta, Bénin

Introduction

La mortalité maternelle est un problème de santé publique (Ministère de la santé bénin, 2018). Le ratio de mortalité maternelle était de 239 pour 100 000 Naissances Vivantes (NV) dans les pays à faible revenu contre 12 pour 100 000 NV dans les pays à revenu élevé en 2015 (Castillo et al, 2017). La mortalité maternelle en Afrique occupe 57% de la mortalité maternelle à l'échelle mondiale (Yaya et al, 2017). En Afrique subsaharienne, le taux de mortalité maternelle, reste parmi les plus élevés au monde, avec des chiffres de 542 pour 100 000 naissances vivantes en 2017 (OMS, 2019). Au Bénin, le taux de mortalité maternelle est de 397 pour 100 000 naissances vivantes en 2017 (OMS, 2019). Pour réduire cette mortalité, le Bénin a pris l'engagement d'œuvrer à la réalisation de l'Objectif de Développement Durable (ODD) numéro 3 ; Cet objectif est de ramener le ratio de mortalité maternelle à moins de 70 pour 100 000 NV en 2030 (Alkema et al, 2016). Pour y arriver il convient d'identifier les facteurs sur lesquels il faut agir pour mieux adapter les

stratégies au contexte local. Le présent travail a pour objectif d'identifier les facteurs associés aux décès maternels à l'hôpital Saint Jean de Dieu de Tanguiéta (HSJD).

Méthode d'étude

L'étude s'était déroulée dans le service de Gynécologie et d'Obstétrique de l'Hôpital de Zone Saint Jean de Dieu de Tanguiéta.

Il s'agissait d'une étude descriptive et analytique avec recueil rétrospectif des données, qui s'est déroulée sur une période de cinq (05) ans allant du 1^{er} janvier 2015 au 31 décembre 2019. La population d'étude était constituée du dossier de toutes les femmes admises dans le service pour une complication en rapport avec la grossesse, l'accouchement ou le post-partum. Tous les dossiers de femmes reçues pendant la période d'étude pour complication ont été inclus dans l'étude. Pour parler de décès maternel nous avons tenu compte des critères de définition du décès maternel de l'OMS (OMS, 2016). Les dossiers inexploitable ont été exclus de l'étude. Les dossiers de toute femme décédée dans le service en dehors de la grossesse, de l'accouchement ou des suites de couches ou les dossiers de toute femme décédée d'une cause qui n'est pas en rapport avec la grossesse, l'accouchement ou le post-partum n'ont pas été inclus dans l'étude. Il en est de même pour les dossiers de toute femme décédée hors du service et dont le décès est constaté à l'admission. Nous avons procédé à un dépouillement exhaustif des dossiers de toutes les femmes répondant à nos critères d'inclusion durant notre période de collecte. La variable dépendante de l'étude a été le décès maternel ; les variables indépendantes ont porté sur les caractéristiques sociodémographiques, les antécédents, le mode d'admission des femmes à l'hôpital, le début de la symptomatologie, les causes du décès maternel et la prise en charge des patientes.

Les données ont été collectées au moyen d'une fiche d'enquête. Une fois la collecte terminée, elles ont été saisies dans le logiciel Epi data 3.1.fr. Le modèle de la régression logistique a été utilisé avec inclusion des variables ayant un seuil de significativité de 20% en analyse uni variée. La stratégie pas à pas descendante a été utilisée et les variables retenues dans le modèle final étaient celles dont le seuil de significativité était de 5%.

Résultats

Durant la période d'étude 227 dossiers ont été dépouillés. De l'année 2015 à l'année 2019, 116 décès maternels ont été enregistrés à l'HSJD de Tanguiéta. Parmi ces cas de décès maternels, 111 ont été inclus dans la présente étude ; 5 autres ont été exclus.

Ratio de mortalité maternelle à l'hôpital Saint Jean de Dieu de Tanguiéta de 2015 à 2019

Durant la période d'étude, 116 décès étaient enregistrés pour 9892 naissances vivantes. Soit un ratio de mortalité maternelle intra hospitalière de 1173 pour 100 000 naissances vivantes.

En 2015 et 2016, le ratio de mortalité maternelle tournait autour de 900 pour 100 000 NV. En 2017, nous avons connu un pic du ratio de la mortalité maternelle allant jusqu'à 1810 pour 100 000 NV avant de décroître les années suivantes jusqu'à 882 pour 100 000 NV en 2019. La figure suivante nous montre l'évolution du ratio de mortalité maternelle par année durant la période d'étude.

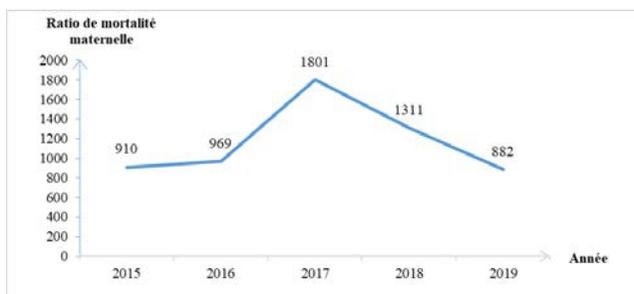


Figure 1. Répartition du ratio de mortalité maternelle de 2015 à 2019 à l'HSJD de Tanguiéta

Caractéristiques sociodémographiques

La tranche d'âge la plus représentée était celle des femmes âgées de 15 à 24 ans dans une proportion de 53,1%. Les âges extrêmes étaient de 15 et 48 ans. Les femmes décédées étaient des ménagères (72,1%) et vivaient en milieu rural (82,9%).

Tableau I. Répartition des femmes décédées en fonction des caractéristiques socio démographiques à l'HSJD de Tanguiéta

| | Effectif | Fréquence |
|-------------------------------|----------|-----------|
| Tranches d'âge (année) | | |
| 15 – 24 | 59 | 53,1 |
| 25 – 34 | 42 | 37,8 |
| >35 | 10 | 9,1 |
| Profession | | |
| Artisan | 13 | 11,7 |
| Commerçante /Revendeuse | 5 | 4,5 |
| Ménagère | 80 | 72,1 |
| Fonctionnaire | 2 | 1,8 |
| Étudiante/élève | 3 | 2,7 |
| Autre | 8 | 7,2 |
| Résidence | | |
| Rural | 92 | 82,9 |
| Urbain | 19 | 17,1 |

Caractéristiques liées à la référence

La majorité des femmes décédées (66%) venaient à l'hôpital entre le 1^{er} et le 4^{ème} jour après le début de la symptomatologie. Certaines d'entre elles (34%) consultaient 5 jours après ou même plus. La référence était le principal mode d'entrée (64%) à l'hôpital. Le moyen de transport utilisé par les femmes était l'ambulance (59,2%), la moto (34,8%) et la voiture personnelle (6%).

Caractéristiques liées aux consultations prénatales

Plus de la moitié des femmes décédées (55,9%) n'avaient bénéficié d'aucune consultation prénatale (CPN) au cours de leur grossesse. Celles ayant réalisé 4 CPN ou plus ne représentaient que 2% de l'échantillon.

Caractéristiques liées aux antécédents obstétricaux

Les primigestes (Première grossesse) étaient les plus représentées (30,7 %). La gestité moyenne était de 3,6. Quant à la parité, les nullipares (Celles qui n'ont jamais accouché) étaient les plus représentées (26,1%) ; la parité moyenne était de 2,7. Le tableau suivant résume les antécédents obstétricaux des patientes décédées.

Tableau II. Répartition des femmes décédées à l'Hôpital Saint Jean de Dieu de Tanguéta en fonction de leurs antécédents obstétricaux

| | Effectif | Pourcentage |
|--------------------------------|-----------------|--------------------|
| Gestité | | |
| Primigeste (1) | 34 | 30,7 |
| Paucigeste (2-3) | 24 | 21,6 |
| Multigeste (4-5) | 27 | 24,3 |
| Grande multigeste (≥ 6) | 26 | 23,4 |
| Parité | | |
| Nullipare (0) | 29 | 26,1 |
| Primipare (1) | 23 | 20,7 |
| Paucipare (2-3) | 20 | 18,0 |
| Multipare (4-5) | 22 | 19,9 |
| Grande Multipare (≥ 6) | 17 | 15,3 |

Caractéristiques liées à la prise en charge

Certaines femmes décédées ont été prises en charge (27,9 %) sans se référer au protocole de prise en charge des urgences établi dans le service. De plus le troisième retard a été identifié dans 33,3% des cas.

Caractéristiques relatives aux décès maternels

• Période de survenue de décès

Plus de la moitié des décès des femmes était survenue en suite de couches (54,1%). Les autres décès avaient eu lieu pendant la grossesse (27,9%), le post partum (14,44%) et pendant l'accouchement (3,6%).

• Délai entre l'admission de la patiente à l'hôpital et le décès

Après l'admission des patientes, le décès était survenu dans 10,8% avant 1 heure. Entre 1 heure et 24 heures, 44,1% des patientes admises étaient décédées. Le pourcentage de décès après 24 heures était de 45,1%.

• Causes de décès maternel

Parmi les 111 cas de décès maternel, 66 (59,5%) étaient dus à des causes obstétricales directes contre 48 (40,5%) pour les causes obstétricales indirectes. Les causes obstétricales directes étaient principalement l'hémorragie (n=17 ; 25,8%) ; les troubles hypertensifs (n=15 ; 22,8%) et les infections puerpérales (n=14 ; 21,2 %). L'anémie (n=16 ; 35,3%) était la principale cause obstétricale indirecte de décès maternel.

Facteurs associés au décès maternel

L'âge (p=0,952), et la profession (p=0,528) n'étaient pas associés au décès maternel. La non réalisation des consultations prénatales n'était également pas associée au décès maternel (p=0,375). De même il n'existait pas de lien statistiquement significatif entre les antécédents obstétricaux et la mortalité maternelle (p=0,065).

Le milieu de résidence par contre était significativement associé au décès maternel avec p = 0,018. En effet les femmes enceintes étaient 2,4 fois plus exposées au décès maternel en milieu rural qu'en milieu urbain (OR = 2,4 ; IC 95% [1,2 - 4,8]).

Le délai de 5 jours et plus entre le début de la symptomatologie et l'arrivée à l'hôpital (p = 0,003), le type de transport (p = 0,013) étaient statistiquement liés au décès maternel. En effet, les patientes qui venaient à l'hôpital plus de 4 jours après le début des symptômes étaient 3 fois plus susceptibles de décéder que celles qui venaient avant 4 jours (OR = 3 ; IC 95% : [1,3 - 6,7]).

De même, les patientes ayant bénéficié d'un transport médicalisé couraient moins le risque de décéder que ceux qui n'en avaient pas bénéficié (OR = 0,3 ; IC 95% : [0,1 - 0,8]).

Le troisième retard (p < 0,001) était associé au décès maternel ; Les femmes chez qui le troisième retard avait été noté couraient 11 fois plus de risque de décéder que les femmes chez qui aucun retard n'avait été observé (OR = 11,3 ; IC 95% : [3,5- 6,9])

Tableau III. Répartition des femmes décédées à l'Hopital Saint Jean de Dieu de Tanguiéta en fonction du milieu de résidence, du délai d'arrivée à l'hôpital, du mode d'admission, du type de transport et du troisième retard

| | Total N | Mortalité maternelle | OR [IC95] | p- value |
|--|------------------|-------------------------|-----------------|-------------|
| | | n (%) | | |
| Milieu de résidence | 0,018 | | | |
| Rural | 169 | 92 (54,44) | 1 | |
| Urbain | 53 | 19 (35,84) | 2,4 [1,2 – 4,8] | |
| Délai (jour) entre le début de la symptomatologie et l'arrivée à HSJD | | | | 0,003 |
| 1 – 4 | 149 | 68 (45,64) | 1 | |
| ≥ 5 | 52 | 35 (67,30) | 3 [1,3 – 6,7] | |
| Type de transport | | | | 0,013 |
| Médicalisé | 60 | 42 (70) | 1 | |
| Non médicalisé | 67 | 29 (43,28) | 0,3 [0,1- 0,8] | |
| Troisième retard | <0,001 | | | |
| Présent | 43 | 37 (86,04) | 11,3 [3,5– 6,9] | |
| Absent | 178 | 74 (41,57) | 1 | |

Discussion

Ratio de la mortalité maternelle

Le ratio de mortalité maternelle enregistré au cours des 05 années était de 1173 pour 100 000 naissances vivantes. Une étude réalisée au centre hospitalier régional du Niger avait observé un ratio similaire, qui était de 1198 pour 100 000 naissances vivantes (Ibrahim et al., 2006). Des ratios largement supérieurs au nôtre avaient été enregistrés par plusieurs auteurs dans différents pays ; En Guinée en 2016 lors d'une étude rétrospective portant sur la mortalité maternelle, le ratio de mortalité maternelle était de 1944 pour 100 000 NV (Balde et al., 2016). Au Niger en 2018, le ratio était de 2512 pour 100 000 NV (Alkassoum et al., 2018). Tous ces ratios retrouvés sont nettement plus élevés que ceux retrouvés en 2017 en Afrique subsaharienne (542 pour 100 000 NV), en Afrique du nord et en Océanie respectivement 100 et 229 pour 100 000 NV et dans le monde 211 pour 100 000 NV (OMS 2019).

Indicateur très important de la santé, le ratio de mortalité maternelle dans le monde présente un contraste criard entre pays développés et pays en voie de développement. Au Bénin les spécialistes sont en nombre insuffisant. L'hôpital de zone Saint Jean de Dieu de Tanguieta a deux médecins gynécologues pour 273 089 habitants ; Ils se font aider par des médecins généralités dits à "compétence chirurgicale" qui ne maîtrisent pas toujours les protocoles de prise en charge des urgences obstétricales. Or le troisième retard ($p < 0,001$) est un facteur non négligeable dans la survenue des décès maternels. Le recrutement de spécialiste pourrait donc réduire les décès

maternels liés à une prise en charge non adaptée. En outre, à Tanguieta les femmes décédées ont consulté tardivement ; Un délai de plus de 4 jours entre le début de la symptomatologie et le recours aux soins a été observé et le délai de plus de 4 jours était statistiquement lié au décès maternel. Il importe que des séances de sensibilisation soient réalisées afin de mettre un accent sur la nécessité de consulter précocement en cas d'anomalie.

Caractéristiques sociodémographiques

La tranche d'âge la plus représentée de notre étude était celle de 15 à 24 ans. Une étude réalisée au Niger sur la mortalité maternelle intra-hospitalière retrouvait un âge moyen de 26 ans (Alkassoum et al., 2018). La tranche d'âge de 15 à 24 ans retrouvée à l'Hôpital Saint Jean de Dieu s'expliquerait par les mariages précoces qui sont fréquents à Tanguieta. Selon une enquête démographique de santé (INSAE, 2018) réalisée en 2018 au Bénin, les adolescentes contribuent à 21% de la fécondité. Cette étude retrouve également que 15% des décès liés aux avortements sont retrouvés dans la tranche d'âge de 15 à 19 ans.

En ce qui concerne la profession, 72,1% des femmes décédées étaient des ménagères. Ce résultat est comparable aux données rapportées dans une étude réalisée à l'hôpital régional de Labé où 73 % des femmes décédées étaient des ménagères (Balde et al., 2020). En effet, ce sont des femmes au foyer non salariées (Nayama et al., 2006) et dont la charge financière repose le plus souvent sur leur conjoint. Ainsi lorsqu'une pathologie survient, elles sont obligées d'attendre leur époux avant de se rendre dans les formations sanitaires pour être prises en charge ; Ce qui expliquerait le délai souvent long entre le début de la symptomatologie et le recours aux soins.

Caractéristiques liées à la référence

Le principal mode d'entrée à l'hôpital dans cette étude était la référence. En effet, 64% des cas avaient été référés. Un taux similaire de référence parmi les cas de décès maternels avait été rapporté à l'hôpital régional de Kayes ; Il était de 70% (Diassana et al., 2020). Ce sont les femmes référées qui décèdent le plus souvent et ceci s'explique par un retard à l'évacuation des gestantes (Mayi-tsonga et al., 2010).

En ce qui concerne le moyen de référence 59,2% des patientes avaient bénéficié d'une référence par ambulance. Même constat fait au Niger en 2018 où 52,5% des cas décédés avaient bénéficié d'un transport par ambulance (Alkassoum et al., 2018). Ce taux élevé de référence par ambulance pourrait s'expliquer par « l'initiative femme pour femme » instaurée dans les zones sanitaires de l'Atacora, qui stipule que chaque femme enceinte qui cotise 200 Francs CFA à une Consultation prénatale bénéficiera d'un transfert gratuit par ambulance lors d'une référence. Dans la présente étude, le type de transport

lors des références avait influencé la survenue de décès maternels ($p= 0,013$). Cette initiative femme pour femme a permis de réduire les décès maternels liés à un défaut de transport car les femmes référées arrivaient au centre dans un délai très court par voie de route.

Caractéristiques liées aux paramètres de suivi de la grossesse

S'agissant des CPN, il y avait 55,9% des femmes qui n'en avaient pas bénéficié au cours de leur grossesse. Les audits de décès maternels à l'hôpital régional de Kayes aboutissaient aux mêmes conclusions : 50% des patientes décédées n'avaient réalisé aucune CPN (Diassana et al., 2020). Ceci pourrait s'expliquer par l'ignorance de l'importance des consultations prénatales. Il n'y avait pas d'association significative entre l'absence de CPN et la survenue de décès maternel dans notre étude ($p = 0,375$). Même si la consultation prénatale ne permet pas de prévenir tous les risques, la CPN bien faite permet de repérer les femmes aux antécédents majeurs pour leur orientation à temps dans une structure de référence.

Causes obstétricales directes de décès maternel

Les causes obstétricales directes étaient majoritairement responsables de 59,5% des décès dans notre étude. Cette proportion est inférieure à celle retrouvée au Tchad qui était de 75,7 % (Foumsou et al., 2014). A l'hôpital Saint Jean de Dieu de Tanguiéta, les causes directes de décès maternel étaient principalement représentées par les hémorragies (25,8 %), les troubles hypertensifs (22,8%) et les infections (21,2%).

L'hémorragie a constitué la principale cause directe de décès au Burkina Faso dans 34,3% (Ouattara et al., 2017) et au Niger dans 25,5% (Alkassoum et al., 2018). L'hémorragie en particulier celle du post-partum immédiat est une urgence qui nécessite une intervention immédiate et appropriée. Elle nécessite souvent des actions coordonnées pour une prise en charge précoce, méthodique et adaptée, donc une organisation efficace et permanente du système sanitaire. Cela implique des ressources matérielles immédiatement accessibles, des produits sanguins disponibles et un personnel compétent et dynamique car tout retard ou toute improvisation pourraient concourir à une aggravation du pronostic maternel.

Les troubles hypertensifs constituaient la deuxième cause directe de mortalité maternelle avec une proportion de 22,8% à Tanguiéta. En Tanzanie il avait été rapporté que les troubles hypertensifs étaient la première cause de décès maternel avec une proportion de 19,9% (Pembe et al., 2014). Même fait au Mali où les troubles hypertensifs dans 38% constituaient la première cause directe de décès maternel (Diassana et al., 2020). Les progrès de la réanimation et l'intégration du sulfate de magnésium dans la prise en charge des

hypertensions artérielles ont permis de réduire les issues défavorables des troubles hypertensifs associés à la grossesse.

Facteurs associés aux décès maternels

Au terme de la présente étude, une analyse multivariée a permis de ressortir les facteurs associés aux décès maternels à l'hôpital Saint Jean de Dieu de Tanguieta. Il s'agit du milieu de résidence ($p = 0,018$), du délai de 5 jours et plus entre l'apparition des symptômes et l'admission à l'hôpital ($p = 0,003$), du transport non médicalisé ($p=0,013$) et le troisième retard ($p < 0,001$). D'autres facteurs associés au décès maternel ont été retrouvés au Congo en 2015 (Yambare et al., 2017). Il s'agit de l'âge de la victime, la multiparité, l'absence de consultation prénatale et le mode d'admission. Les facteurs liés au décès maternel sont en rapport avec les compétences limitées des prestataires, dans le management clinique des urgences obstétricales ; (Mveba et al., 2018) ; Il s'agit des dysfonctionnements par rapport à l'anticipation sur la disponibilité d'intrants, la fonctionnalité des équipements, les interactions entre les membres de l'équipe de soins, l'identification et la résolution à temps des problèmes. En Ethiopie par contre les auteurs de leur côté parlaient plutôt de facteurs de risque associés au décès maternel (Godefay et al., 2015). Ils trouvaient que les femmes qui n'étaient pas membres de 'l'Armée de développement des femmes volontaires' étaient plus susceptibles de connaître la mort maternelle (OR 2,07, IC à 95% 1,04-4,11), tout comme les femmes dont les maris ou partenaires avaient des scores inférieurs à la médiane pour la participation pendant la grossesse (OR 2,19 IC à 95% 1,14-4,18). Les femmes ayant des antécédents préexistants d'autres maladies étaient également exposées à un risque accru (OR 5,58, IC à 95% 2,17-14,30), tout comme celles qui n'avaient jamais utilisé de contraceptifs (OR 2,58, IC à 95% 1,37-4,85). On en déduit que les facteurs associés au décès maternel varient d'une région à une autre d'un système sanitaire à un autre.

Conclusion

Le ratio de mortalité maternelle reste élevé à l'hôpital de zone Saint Jean de Dieu de Tanguieta. Il est de 1173 décès maternel pour 100 000 naissances vivantes. Les femmes décédées étaient jeunes ayant entre 15 et 24 ans. Elles étaient en majorité des ménagères et n'avaient suivi aucune CPN au cours de leur grossesse. Les facteurs associés au décès maternel étaient le milieu de résidence, le délai de 5 jours et plus entre l'apparition des symptômes et l'admission à l'hôpital, le transport non médicalisé et le troisième retard. Il importe que des actions soient menées en agissant sur les différents facteurs en vue de réduire la mortalité maternelle à l'hôpital de zone Saint Jean de Dieu de Tanguieta.

References:

1. Ministère de la santé DSME (2018). Plan opérationnel de réduction de la mortalité maternelle et néonatale au Bénin PO-RMMN 2018- 2022 : Bénin, Cotonou Repéré <https://www.prb.org/wp-content/uploads/2020/06/Benin-Plan-Operationnel-de-Reduction-de-la-Mortalite-Maternelle-et-Neonatale-au-Benin.pdf>
2. Castillo P., Hurtado J.C., Martinez M.J., Jordao D., Lovane L., Ismail M.R. (2017). Validity of a minimally invasive autopsy for cause of death determination in maternal deaths in Mozambique An observational study. *PLoS Med*, 14(11), 1-15
3. Yaya S., Kadio B. (2017). Risquer la mort pour donner la vie : politiques et programmes de santé maternelle et infantile en Afrique. Québec : Presses de l'Université Laval
4. OMS. (2019). Evolution de la mortalité maternelle 2000-2017: Estimations de l'OMS, de l'UNICEF, de l'UNFPA, du Groupe de la Banque mondiale et de la Division de la population des Nations Unies : Genève Repéré <https://apps.who.int/iris/handle/10665/332962>.
5. OMS. (2016). Mortalité Maternelle. Aide-mémoire N°348. Repéré www.who.int/mediacentre/factsheets/fs348/fr/.
6. Alkema L., Chou D., Hogan D., Zhang S., Moller A-B., Gemmill A. (2016). Global regional and national levels and trends in maternal mortality between 1990 and 2015, with scenario-based projections to 2030: a systematic analysis by the UN Maternal Mortality Estimation Inter-Agency Group. *Lancet* . 387, 462–74. [doi.org/10.1016/S0140-6736\(15\)00838-7](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(15)00838-7)
7. Ibrahim S. (2006). Mortalité maternelle au niveau d'une maternité d'un centre hospitalier régional du Niger : Etude rétrospective à propos de 70 cas (Thèse de doctorat en médecine). Niamey : Université Abdou Moumouni ;
8. Balde O., Balde I.S., Diallo M.H., Diallo A.B., Diallo B.S., Donamou S. (2016). Mortalité maternelle à l'hôpital régional de Kindia: facteurs épidémiologiques et axes stratégiques d'intervention. *Rev int sc méd*. 18(1), 61-65.
9. Nayama M., Djibo-koba A., Garba M., Idi N., Marafa A., Diallo F.Z., ..., Illa-Souley A. (2006) Mortalité maternelle au niveau d'une maternité de référence du Niger : Etude prospective à propos de 104 cas. *Médecine d'Afrique Noire*. 53(12), 688- 693
10. Alkassoum I., Djibo I., Hama Y., Abdoulwahabou A., Amadou O. (2018). Facteurs de risques de mortalité maternelle intra hospitalière dans la région de Maradi, Niger (2008-2010) : à propos d'une étude rétrospective réalisée dans les 7 maternités régionales. *Méd.Santé trop*. 28 (1), 86-91.

11. INSAE. (2018). Cinquième Enquête Démographique et de Santé au Bénin, 2017-2018 : Indicateurs Clés. Cotonou Repéré https://insae.bj/images/docs/insae-statistiques/enquetes-recensements/EDS/2017-2018/1.Benin_EDSBV_Rapport_final.pdf
12. Balde O., Balde I.S., Diallo M.H., Sylla I., Diallo F.B., Diallo A.B. (2020). Décès maternels à la Maternité de l'hôpital régional de Labé (Guinée). *Rev int sc med.* 22(1), 34-37.
13. Diassana M., Dembele S., Macalou B., Ndaou K., Sidibbe A., Bocoum A. (2020). Audits des décès maternels à l'hôpital regional de Kayes: Place des 3 retards et impacts dans le service de Gynécologie Obstétrique. *Health SCI Dis.* 21(10), 59-63.
14. Mayi-Tsonga S., Oksana L., Diallo T., Metogho M., Ndombi I., Mounanga M. (2010). Etude sur les décès maternels au centre hospitalier de Libreville. *Médecine d'Afrique Noire.* 56(8/9), 426-30
15. Foumsou L., Saleh A., kaïmba O., Djongali S., Djimté N., Mignagnal K. (2014). Les Déterminants de la mortalité maternelle de l'Hôpital Général de Référence Nationale de N'Djamena – Tchad. *Revue scientifique du Tchad.* 1(5), 1-7.
16. Ouattara A., Ouédraogo S., Lankoandé BCN., Kain DP., Tougma SA., Ouédraogo MC. (2017). Causes of Maternal Mortality According to Reports of Maternal Death Audits in the University Teaching Hospital Bogodogo (UTH-B) from January to December 2017. *Open Journal of Obstetrics and Gynecology.* 8:1345-353.
17. Pembe B.A., Paulo C., D'mello B.S., Van Roosmalen J. (2014). Maternal mortality at Muhimbili National Hospital in Dar-es-Salaam, Tanzania in the year 2011. *BMC Pregnancy and Childbirth.* 14(320), 1-7
18. Yambare A., Ibemba G. (2017). Analyse des déterminants de la Mortalité maternelle pré partum en République du Congo 2013-2015. [s.l.] : HAL archives-ouvertes
19. Mbeva J.B.K., Karemere H., Prudence M.N., Nyavanda L., Mundama J.P. (2018). Facteurs explicatifs des décès maternels en milieu hospitalier : Une étude au niveau de six zones de santé dans l'EST de la République Démocratique du Congo. *International Journal of Innovation and Applied Studies.* 23(4), 559-68
20. Godefay H., Byass P., Graham W.J., Kinsman J., Mulugeta A. (2015). Risk Factors for Maternal Mortality in Rural Tigray, Northern Ethiopia: A Case-Control Study. *PLoS ONE.* 10(12), 1-12



ESJ Natural/Life/Medical Sciences

Analysis Of The Variables Of Intention Of The Adoption And Acceptance Of Artificial Intelligence And Big Data Tools Among Leaders Of Organizations In Morocco: Attempt Of A Theoretical Study

Moudni Yousra (PhD Student)

Chafik Khalid (Teacher-Researcher)

Management & Information Systems Research Team

ENCG of Tangier, Abdelmalek Essaadi University, Morocco

[Doi:10.19044/esj.2021.v17n29p106](https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n29p106)

Submitted: 21 January 2021

Accepted: 20 July 2021

Published: 31 August 2021

Copyright 2021 Author(s)

Under Creative Commons BY-NC-ND

4.0 OPEN ACCESS

Cite As:

Yousra M & Khalid C. (2021). *Analysis Of The Variables Of Intention Of The Adoption And Acceptance Of Artificial Intelligence And Big Data Tools Among Leaders Of Organizations In Morocco: Attempt Of A Theoretical Study*. European Scientific Journal, ESJ, 17(29), 106. <https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n29p106>

Abstract

Artificial intelligence and big data are two emerging technologies that is now gaining ground among organizations. Their added value and their impact on business performance differ from one industry to another. Due to increased competitiveness, and in order to survive in the market, companies are led to adopt these new technologies that will enable them to be more performant and offer customers goods or services that meet their real needs since this approach is based on data collected from outside the company's environment. To do so, it is important to know and analyze beforehand the factors and variables that impact the adoption and acceptance process in order to manage them. This paper focuses on establishing a synthetic literature review to find out the current state of researches on the problems of AI and Big data adoption and acceptance, and it also argument the empirical sector's choice. The findings of this study show that agricultural and chemical industry sectors are the two most promising sectors for AI in Morocco. As a result, a comparative analysis will be conducted after the development of the research model on these two fields in order to analyze the variables of adoption and acceptance of AI. Also, the most influential variables according to the

literature were detected in this paper, which are grouped into four (4) types: technological, organizational, environmental, and behavioral variables.

Keywords: Artificial Intelligence, Big Data, Organizations, Adoption, Acceptance, Variables, Frameworks

Introduction

In 1956, the advent of artificial intelligence named by McCarthy sparked the design of systems to model the complexity of human intelligence. Researchers designed these systems as brains isolated from a body, excluding action in the development of their knowledge. Achievements seemed to prove, through their efficiency, that computers do not need sensory and motor organs to reason or communicate.

Since then, a lot of researches have been carried out and criticisms have been exposed by philosophers and researchers. Nonetheless, this has not limited the willingness to exploit the possibility of this technological revolution. Until 2010, questions have not ceased on the ethics of AI integration in many sectors. However, with the emergence of Big Data, data became so voluminous that it exceeded intuition and human analytical capabilities, and even the capacities of conventional computer tools for database or information management. It is from this moment that some companies took the lead on the world stage to implement AI as a way to understand and analyze data and obtain accurate information in real time.

Morocco, a developing African country, started its digital transition recently, and it currently ranks 4th in the Middle East and North Africa region in terms of digital competitiveness. Its main goal is to become a digital and technological hub of reference at the African level. Therefore, it has started in parallel with the data engineering phase which consists of collecting, digitizing, and facilitating access to data and then analyzing them. In addition, it has allocated a budget of 57M dollars in 2019 to cover 7 transactions related to AI, and 50M MAD to fund research projects related to this new technology in 11 different areas. Admittedly, the perspective of AI is positive, but Morocco is still ranked second to the last in the Middle East Africa region in terms of AI. This has posed various questions regarding the source of the issue. To understand this phenomenon, artificial intelligence is understood from its socio-technical and behavioral aspects through its emergence, importance, acceptance, and adoption by companies. This technology was studied from the behavioral and sociotechnical school because it looks at technologies in their management aspect, yet it does not completely dissociate itself from the technological academy.

The aim of this paper is to define the research problem which is the analysis of the variables of the intention to adopt and accept artificial

intelligence and big data tools among the leaders of organizations in Morocco. In order to do so, the emergence of Artificial Intelligence is considered. Thereafter, the two technologies were defined and their importance to companies were highlighted. After then, the literature to explore the progress of researches in this field were reviewed and the variables that may constitute the future research model was also defined. Also, the choice of empirical sector was justified and, before concluding this paper, the results was synthesized and a central research question and sub-questions were also formulated.

The benefits of this paper are to have a clear idea of the research topic, to find out what are the most influential variables and models used to analyze the adoption and acceptance of AI, and finally to determine the empirical research field so as to test the future model. If this study was not conducted, it will be difficult to see clearly the reality of each sector and there would be a high risk of conducting a study on an environment that is not fertile for AI. Thus, this will bias the results or block the study due to lack of information.

Previous Research Works

Empirical investigations and theoretical developments in AI's business application are quite restricted compared to the total number of researches conducted within this technology. The connection, collaboration, and communication between man and machine, innovative business models and ecosystems, labor market perturbations, and the creation of added value in the different sectors are the major axes dealt with during academic studies on AI application. Regarding the understanding of the use of this technology and the impact of AI's adoption on organizational and individual aspects, few academic studies with rigorous scientific research or theories exist.

Based on the aspect of adoption by companies, researchers have emphasized the importance of both innovative employee roles and working relationships between humans and machines. However, there is a noticeable gap of knowledge concerning the variables that impact the adoption and acceptance of this technology on an individual and organizational aspect. Indeed, by examining in more detail the way in which AI is adopted and the variables that will impact its acceptance by users, different public and private organizations can gain a better understanding of the phenomenon. Also, they will be able to react positively to the variables, which will allow them to adapt it easily and make more investments on this new concept.

The studies done so far have touched the acceptance of specific tools of AI such as self-driving cars, chatbots and robo-advisors, wearable payment and so on. In addition, the sectors where the studies on AI are made are especially education and higher education through e-learning, health and finance sector, media and telecom industry, and service deliveries. It appears

that this area of research lacks knowledge, particularly for Morocco, where the total number of published articles is about 730. Out of the 730 published articles, only 30 are related to business and management but are without relevance to the analysis of acceptance or adoption's variables. This, therefore, results to the origin of the research problem which is the analysis of the variables of the intention of adopting AI and Big data tools among the leaders of the organizations in Morocco.

According to Mahroof (2018), the theoretical model that the researchers must use in their investigation to understand this complex phenomenon should combine several models that exist in the literature and which aim to study the adoption of information technologies such as: Technology Acceptance Model, Unified Theory of Acceptance and Use of Technology, Technology Readiness Theory, Social Cognitive Theory, etc. The model used should be specific for each sector and each aspect of AI. Also, these models must include factors that are born with AI which are data and trust.

Three types of variables are distinguished in information systems research: technological, organizational, and behavioral. Technological variables include both internal and external technologies that cover equipment and processes. Organizational variables refer to the managerial / structural characteristics and resources of a company. Behavioral factors are the ones which stem from human behavior towards something. Thus, the literature shows the variables mostly used in the models of adoption and acceptance of artificial intelligence tools which constitutes the search model.

Artificial Intelligence and Big Data: Complex Phenomena The History of Artificial Intelligence's Emergence

The world has experienced four (4) great industrial revolutions all through the years. The first was in 1784 known as mechanization, which is characterized by the invention of the hydraulic machine, the steam engine, and mechanical production. This was followed by electrification in 1870 encompassing mass production and division of labor as well as the use of electrical energy. Automated production using electronics has led to automation in 1969 due to technology and information technology. This resulted to digitization introduced by the virtualization and interconnection of intelligent industrial objects in 2011.

This latest revolution came about as a result of successive years of inventions and innovations. It started with binary logic until it arrives at digital transformation using SMAC (Social, Mobile, Analytics and Cloud) and DARQ technologies (Distributed ledger, Artificial intelligence, Extended reality and Quantum calculation).

In fact, it was between the First and Second World Wars that binary logic was developed on the basis of Boole's work. The latter allowed the creation of the first fully electronic computer (ENIAC) in 1945 succeeded by several inventions. Finally, the IBM Company launched the first computer for sale in 1959.

In the meantime, artificial intelligence had already emerged at a conference at Dartmouth College in 1956 aiming to create computers as intelligent as humans. Between the 1960s and 1995, AI went through two important phases: the golden age during which a large number of algorithms were found, and the AI winter when investments declined due to the lack of general intelligence. Consequently, in May 1997, an event marked the world of AI which was the deep blue computer that defeated the champion, Garry Kasparov, in the game of chess. However, this did not translate into a definition of general intelligence that will answer all problems. Nevertheless, the arrival of big data tipped the balance in favor of AI.

The term “Big Data” is not recent but appeared in 1997 in a scientific article on the technological challenges for visualizing large datasets. Yet it only became globally known in 2010 when the boss of Google said that his company produces every two days as much information as they had generated since the dawn of civilization until 2003. This explosion in the volume of data is the main consequence of the combination of several factors, namely:

- The launch of 3G in 2001 allowing users mobile and fixed wireless internet access, video calls and mobile TV and the introduction of 4G in the early 2010's which enabled more advanced services such as 3D TV and video conferencing;
- The growth of the leading companies of the web such as Google, Facebook, LinkedIn, Amazon and Twitter in 2005;
- Information sharing via social networks and internet geolocation;
- The expansion of the Cloud providing access to IT services online; and
- The Internet of Things that ensures the communication between physical goods and their digital existence.

Indeed, there have been a multitude of sources that have promoted the increase of data like sensors, web, after-sales services, etc. So, to handle and analyze this huge volume of data, several technologies have emerged and have shown their effectiveness, especially artificial intelligence tools such as machine learning and deep learning.

Big Data Approach

Big data refers to voluminous and varied data collected from various digital tools, and whose processing requires complex platforms and tools. The Big Data is often described by its 3Vs: Volume, Velocity and Veracity, and it can be structured, unstructured or semi-structured. Other researchers such as

Demchenko et al. (2013) and Saggi and Jain (2018) mentioned respectively 5V's and 7 V's, adding to the literature 4 new characteristics that are variety, value, valence, and variability. The storage of this huge quantity of information cannot be done through traditional data storage, and its analysis seems impossible with conventional data analytics or business intelligence technologies. Hence, it needs new advanced technologies like those offered by artificial intelligence tools.

In business, big data is considered as a new approach that allows organization to analyze a large amount of information so as to help managers take better decisions and satisfy the customer while being efficient and effective. The new vision of organizations is based on client satisfaction. Therefore, using this approach will be useful to understand their reaction to products/services by collecting and analyzing the various information posted on different digital platforms. In addition, big data can be the best way to benchmark companies and optimize internal and external processes.

Artificial Intelligence Approach and Tendencies

The first use of artificial intelligence was in 1956 at a seminar held at Dartmouth College. The term "artificial intelligence" is used to refer to the part of computer science whose tools renounce algorithmic constructions and analytical data processing in favour of heuristics and a global approach. Hence, AI is also known as cognitive technology.

A machine is considered to be intelligent from the moment when its functioning has the appearance of that of the human intellect. Artificial intelligence is actually characterized by the ability to learn from data sets and tasks, instead of pursuing and running a set of pre-established procedures and rules, and to continually adapt its behaviors to optimize results. AI's interest also entails the development of a set of skills for companies instead of providing a specific tool or technology. It combines several technologies that can accomplish and/or enhance the actions, analysis, interventions, and decision-making that rely on human intelligence.

Confronted with AI, companies are facing the same type of challenge just like when computers or information technology were introduced, which is a structural and organizational challenge. However, they cannot prevent AI's risks through an approach tested and validated because of the rapid growth of the technology and the transformative effect of its utilities. To remain competitive in the market, they have to integrate it in order to support existing services and strengthen research and development within their structure.

Theoretical Frameworks

This work complements a series of studies carried out within the ENCGT's Management and Information Systems research team that aim to analyze the variables of adoption and acceptance of different technologies within organizations, namely: the intention of the adoption of e-commerce among the leaders of Moroccan SMEs, the adoption of ERPs in large Moroccan public enterprises, and the acceptance of audit automation software used by financial auditors on legal mission. These technologies are studied from the sociotechnical and behavioral school perspective which considers both management standpoint and technological characteristics. The research will proceed along the same path. Thus, artificial intelligence and big data will be treated from the same context. To do so, the sequence of steps shown in the following figure is followed:

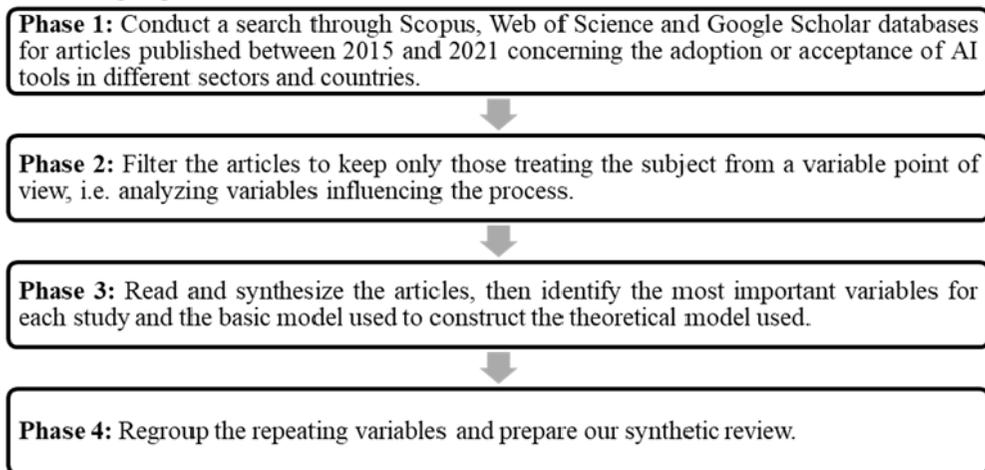


Figure 1. The phases of the framework

Frameworks Used and Variables Detected

Chen (2019) analyzes in his article the organizational factors that impact the adoption of AI in the telecom industry in China using the TOE framework. Based on his study, the technical skills, i.e., the support and knowledge needed to implement a new technology within organizations, are not related to the adoption of AI, but he mentions its potential role in other industries. On the other hand, Pillai et al. (2020) found that organizational readiness, i.e., availability of budget, resources and skills, is very important for both adoption and acceptance of technology by employees. Also, Lee et al. (2020), who based their research model on the MTAM model, fashion theory and technology readiness theory, consider the variable “technology readiness” as a significant input of their model because it is proved that it has a positive influence on the usefulness and ease of use of the wearable payment. Thus, this is a tool that is implemented with deep learning which is a form of artificial

intelligence. In addition, Ye et al. (2019) found that perceived behavioral control which also means availability of skills, resources, and opportunities to use AI is a significant variable and has influence on perceived ease of use and perceived usefulness using the TAM model.

Security and privacy concerns is considered as an initial determinant variable when analyzing the intention to adopt AI by several authors, namely: Pillai et al. (2020), Ye et al. (2019), and Alsheiabni et al. (2019). According to them, if there are issues, it will negatively influence the process of adoption and use in automated retail stores, health care sector, and organizational level in general.

According to Ullah et al. (2018) who studied AI adoption in real estate sector and Shibly (2020) who conducted a study on business intelligence adoption, the quality of the information results of the program used is very important in the choice of adoption. This is because if the output is not of good quality, it will negatively impact the quality of the decision taken and, consequently, the satisfaction of stakeholders and the benefits of the organization. Both authors based their research on TAM model as a basic one but Alshibly added the D&M model to support his analysis.

Task complexity plays a crucial role in AI adoption because according to Fan et al. (2020), it influences performance expectancy and effort expectancy for using AI tools and, consequently, the behavior of adopting changes.

Cost effectiveness, which means the net incomes from an investment, is a variable that was studied by both Adnan et al. (2018) and Pillai et al. (2020) while analyzing autonomous vehicle acceptance and AI adoption in the recruitment process of IT organizations. Both of them agree that it negatively affects the process because investors seek to benefit from each move they attempt to do. Other authors analyzed the cost variable from other perspectives. Chen (2019) called it industry investment means whether the sector is willing to invest in these technologies considering their frequent disruption or not. Alsheiabni et al. (2019) named it funding availability in the organization that he considered a low impact variable on adoption at organizational level. Instead, top management support remains critical in the latest three researches and it can form a barrier towards adoption. From this, other factors that may delay the adoption and acceptance phase can be put into consideration. This includes employee resistance to change as noted by Cruz-Benito et al. (2019) and Ye et al. (2019) when analyzing the acceptance of AI in e-learning and health care sector. Furthermore, there is perceived substitution crisis named by Fan et al. (2020) who used UTAUT model to analyze the adoption of AI-based medical diagnosis support system. As stated in their article, the fear of being replaced by machines pressures the employees.

Kencebay (2019) showed in her study that robots and driverless car's awareness are two factors that have a significant effect on the acceptance of these two technologies through their impact on the perceived enjoyment of the individual. Since the two innovations use AI to operate, and the study will focus on the adoption of AI tools in organizations, awareness can be considered as a variable that may be used in the model.

Kim and Kim (2020) identified in their paper the factors that mostly impact the adoption of AI-generated press articles. Trust in technology was among the variables they were able to detect. According to their study, trust in technology strongly impacts the decision to accept or not accept the product. Hence, this can be considered as a behavioral variable. The same variable is used in the model of Du et al. (2021) and it proves again its significant importance in the acceptance of self-driven cars. Same results appear in the study of Fernandes and Oliveira (2021) who based their research framework on sRAM model to understand the driver's acceptance of the adoption of digital voice assistants.

The variable subjective norms, which are related to personal beliefs, is a variable that comes up repeatedly in the research studies. Fernandes and Oliveira (2021), Du et al. (2021), Ye et al. (2019), and Belanche et al. (2019) have approved its direct or indirect effect during their surveys.

Last but not least, external environment has a considerable impact and influence on this process. According to Pillai and Sivathanu (2020) and Chen (2019), competitive pressure should be considered as a variable in the choice of implementing AI tools or not. As competitiveness increases, companies are forced to look for ways to gain a competitive advantage. In Chen's study, it didn't have much influence because of the Chinese market's characteristics. He also added the variables AI vendor partnership and government involvement in stimulating AI innovation to his model and he found that the hypothesis of influencing AI adoption is supported and are very critical.

Digital Transformation as One of the Intermediate Variables of the Model

To better explain the evolution and trend of Artificial Intelligence, the literature considers the variable of digital transformation. Dejoux (2018) describes digital transformation as an important and transitional step for organizations that aims to prepare entities for the next phase of AI that will replace and/or assist collaborators in the realization of many tasks with low added value for humans. In order to implement this new technology, the concerned entities must have agile and digitized processes and a data culture. As a result, employees will be prepared to use AI systems, empowering them with quality data, and educating, controlling, developing and linking them to human tasks to create new sources of added value. Henriette et al. (2016) consider that, as a result of digital transformations and developments,

organizations are forced to implement big data models within their structures, thus creating new business lines in relation to this new technology. However, Kazakçi (2017) links the wave of big data to digital transformation and considers that it can be done through data and AI. Therefore, the digital transformation can be considered as a technological variable of the predictive model for the adoption of artificial intelligence and big data tools.

Consequently, the digital transformation is a deep transformation of the organization that allows an impact on its performance in a sustainable way. Thus, it is carried out at different levels:

- Digitalization of operations / processes through the adoption of digital solutions for the field teams, which will make the processes more fluid and agile. It also tries to dematerialize as much as possible every material and make it electronic.
- Digitizing the organization by implementing digital innovation, having connected teams who collaborate digitally with each other, etc.
- Digitalization of the citizen experience through digital marketing, e-commerce, digital services, etc.
- Digitalization of products and services by conceptualizing a new digital business model, digitizing customer support through chatbots to answer customers 24/7, setting up digital R&D, etc.

Different technologies fall within the scope of digital transformation and can be divided into four categories:

- Communication, data capture, and centralization technologies such as cloud, mobile, IoT, geolocation and social networks;
- Analysis and intelligence technologies such as big data, analytics and AI;
- Technologies of increased capabilities such as robotics, 3D printing, drones and virtual and augmented reality;
- Security technologies such as blockchain and biometrics.

In summary, there are four (4) variables of this study that can be included in the research model as shown in Table 1 below:

Table 1. Variables that might impact AI adoption and acceptance

| Technological Variables | Organizational Variables | Environmental Variables | Behavioral Variables |
|---|---|--|---|
| Technical skills i.e., support and knowledge Technology readiness Security and privacy concerns Information quality Task complexity Perceived behavioral control Cost effectiveness | Digital transformation Top management support Funding availability Organization readiness Industry investment | Vendor partnership Government involvement Competitive pressure | Subjective norms Awareness Trust Resistance to change Perceived substitution crisis |

Empirical Sector Argumentation

Nowadays, the global AI market is worth \$15 billion with the expectation of reaching \$72.5 billion by 2025. Over the past decade, AI research has led to significant advances in various sectors, ranging from machine translation to decision making in all fields, including intelligence-powered applications, voice assistants, chatbots, traffic control radars, etc.

Morocco, diagnosed in 2018 as a country in the data engineering phase, an important step before the implementation of an AI system, has put in place a general budget of 57M dollars in recent years. This covers a total of 7 transactions related to AI, ranking it second to the last in the MEA region although the outlook is positive in this field.

The promising sectors in AI in Morocco are: the agricultural sector, the banking sector, and the chemical industry. To choose an empirical field of study, a comparative study was conducted between these 3 sectors in Morocco and abroad based on what exists in the literature. No fieldwork was conducted.

The Agricultural Sector

The agricultural sector constitutes for Morocco one of the most important sectors having an incontestable economic and social importance. It represents a proportion approximately around 38% in the total employment at the national level, of which 24.2% are agricultural and fishing workers and laborers. In rural areas, the sector accounts for 74% of total employment. This activity contributes by 13% to the Gross Domestic Product with a variable margin according to territories. For some regions, it accounts as a dominant part of economic activity. In 2019, the country suffered a decrease of 5.8% in the volume of value added of agricultural activity against an increase of 3.7% in 2018. Also, the agricultural activities have been down by 5% in the 1st quarter of 2020 (based on year 2007). Moreover, the value added at current prices in the 1st quarter of 2020 was 28.295M MAD against 29.797M MAD during the same period in 2019.

These variations in indicators are mainly due to climatic uncertainty and the management of rare resources such as water. This capital resource alerts the country, suffering from alarming water stress, as it is one of the regions most affected by global warming.

To confront the problems related to the agricultural sector, Morocco has put in place several strategies including sustainable agriculture based on energy efficiency and data exploitation. Towards the end of 2019 and the beginning of 2020, it began to use various tools that allow it to collect data, which was the first essential step in feeding artificial intelligence algorithms. Other actions have been put in place to facilitate the field of access to AI such as:

- The agreement signed in 2018 between the African Union and the European Commission's Copernicus program. Hence, this allows African scientists to have access to free satellite data in order to predict weather conditions.
- The INRA-SOWIT partnership signed in June 2020 to provide African farmers with decision-support tools according to the location of their fields, the type of crop to recommend, the technical itinerary to adopt, and the appropriate agricultural advice. Hence, this can be achieved using digital technology and advanced technological tools such as unmanned aerial vehicles (UAVs).
- The launch of the first cereal treatment by drone in Morocco in December 2019 on the Sidi Kacem region.
- The introduction of the OCP's @tmar mobile application for agricultural advice based on artificial intelligence.
- Essaouira Innovation Lab and "Agri Edge" selected 10 farmers in June 2020 to benefit from the new program to equip farms with precision irrigation devices (sensors) to support the agricultural sector in the region.

The country expects that in the short term, the digital should concern various areas of Moroccan agriculture through a multitude of tools including, the UAV farmer to map plots and measure water needs, the connected tractor, the probes to measure temperature, rainfall and humidity, as well as the connected barn such as automatic milking machines, supply of adapted food ration, etc.

At the global level, agriculture faces several challenges including the increasing scarcity of natural resources and the effects of climate change such as higher temperatures, variable rainfall, and the high frequency of extreme weather conditions like floods and droughts. To meet these challenges, the adoption of data-driven precision agriculture remains the only solution. Indeed, the use of data and AI tools offer several advantages to agriculture, namely:

- Achieving food safety through predictions via applications;
- Predict yields and control pests and diseases;
- Increase returns and reduce losses;
- Reduce the cost of field monitoring and accelerate response to crop threats;
- Consider new hydroponic crops for plants that grow only on the ground; and
- Access to financing and insurance.

Several countries have already started to exploit this type of agriculture. The share of AI in the agricultural market in 2018 was estimated globally at 545 million Euros and is expected to reach 2.4 billion in 2025. Since the

beginning of 2020, the volume of investment in start-ups in the field of agricultural robot development has increased by 40% compared to the same period of the previous year and has already exceeded \$600 million.

Numerous countries are using IBM's WATSON business intelligence platform, which combines predictive analysis, AI, weather data, and IoT sensors to provide farmers with information on tillage, planting, spraying, and harvesting. In addition, Microsoft's AI for earth program has awarded 110 grants to 27 countries, not to mention the \$800 million raised worldwide to fund AgriTech start-ups.

In other African countries, the use of AI data and tools in agriculture has become frequent. In Kenya, Nuru software is being used to diagnose cassava diseases, identify fall armyworm infestations in maize, predict crop growth and productivity, and protect vital food commodities from rising temperatures. Also, the AGIN mobile service connects Kenyan farmers to credit services by providing them with a credit profile based on the size, location, soil composition and crops on the farm. In Cameroon, farmers can scan, using applications of the company Agrix Tec, a sheet of the infected crop so that the AI algorithm can analyze it and recommend the appropriate treatment.

The Banking Sector

The banking system is one of the most important systems for the economic growth of a country; its profitability allows for the management of funds for development financing. A well-functioning banking system will lead to accelerated accumulation of both physical and human capital, boost innovation in technology, and thus create the conditions for economic growth and poverty reduction.

Morocco has a total of 86 credit and related institutions, 24 of them are banks. Five of these 24 are participatory banks and six are traded on the financial markets. The bank penetration rate in June 2019 reached 78% against 76% in December 2018, with 6412 bank counters, making an average of one counter for about 5500 inhabitants. The net banking income in June 2019 was 26.1 billion MAD while the net result was 7.6 billion MAD.

Banks around the world promote the use of artificial intelligence for the following reasons:

- Thanks to AI, the bank can predict a customer's future situation, thus allowing it to offer more targeted and personalized services based on their consumption practices;
- By using virtual assistants, customer complaints and questions can be handled 24/7;
- Algorithms can be modeled to identify customers who are likely to leave the bank or those at risk of over-indebtedness in order to accompany

them, to perform semantic processing of e-mails by prioritizing urgent requests, or even to promote strong regulatory compliance.

At the national level, the use of AI is not yet fully effective. Thus, some banks are trying to see the result by launching a chatbot market test, testing anti-fraud systems based on AI, but in general the banks in Morocco are still in the phase of automation and Fintech.

At the international level, chatbots represent about 13.5% of the AI providers' offer in the American banking sector: oriented functions 25% and risk management functions 56%. In France, banks cite AI as a technology that is probably 40% capable of being implemented in the next 12 months.

The Chemical Industry Sector

The industrial sector in Morocco encompasses 12 industries: automotive, aeronautics, textiles, leather, electronics, electrical, building materials, renewable energy, mechanical and metallurgical, chemical, pharmaceutical, and offshoring.

Between 2014 and 2019, this sector employed a total of 504954 people. 165000 jobs were created in the textile industry which generates for Morocco about 34.2 million MAD of export turnover, and this is followed by 116000 jobs in the automotive industry with +60% of local integration. The latter remains the first exporting sector with 72 billion MAD of export turnover.

In the chemical industry, the statistics are highly important and the turnover is worth 21 billion MAD. The value added exceeds 3.3 billion MAD and employs 15,500 people. Furthermore, the sector is a central player that supplies the raw materials for a large number of products. This sector benefits from the presence of OCP, leader in phosphate chemistry, whose activities represent 52% of the sector's turnover, 90% of exports, 67% of investments, and 22% of jobs.

The use of AI in the chemical industry covers various steps from modeling to diagnosis, optimization, process control, and fault detection. This would allow companies to estimate optimal parameters such as scale functions, universes of discourse, and membership functions so as to remove duplicative, wasteful or confusing rules. It would also help to optimize non-linear and complex chemical processes through generic population-based metaheuristic optimization algorithms so as to minimize operation and production costs or maximize energy efficiency, yields, productivity, profitability, safety, and reliability of the process. As far as control is concerned, neural networks can be used in different process areas such as thermal processes, reaction processes, separation and purification, etc.

In Morocco, the chemical industry is at the forefront of industries to better implement this technology because it uses very precise quantities at

appropriate temperatures and pressure levels. The OCP group has started the implementation of big data infrastructure to collect data. In order to move to the next stage of AI, it launched the Benguerir Data Center in 2020 and is setting up a system to predict the demand for phosphate fertilizers in Africa based on big data and new technologies such as IoT and AI. Thus, this is aimed at forecasting consumption and anticipating fluctuations in demand.

Globally, this industry accounted for \$4 trillion of sales in 2017, 19% of which were exported. However, the major challenge for producers is the customs duties imposed on chemical products, which negatively impact trade flows. This has prompted them to think about setting up an autonomous self-learning system which they believe is capable of summarizing previous incidents and anticipating new ones. This will enable any company to accurately monitor purchasing behaviors and prices in the markets and at customers' sites in order to adapt when necessary. Also, Total French oil and gas group had signed a partnership agreement in 2018 with Google in the field of AI. This is applied to the analysis of subsoil data in order to facilitate the exploration and production of oil and gas. Consequently, this means specialized companies use AI and IoT for the manufacture of autonomous devices for oil wells, simulation of deposits, oil and gas recovery and production, etc.

Research Synthesis

Based on the analysis made at the level of the 3 sectors, it is noticeable that the banking sector cannot be chosen because of the lack of vision and the lack of information. More so, the field in the banking sector is not yet mature to adopt AI and big data tools. Banks are still in the phase of automation and fintech. Also, access to information in banks remains the major issue because some actors have the information that others do not have due to the theory of information asymmetry.

In contrast, the two sectors of agriculture and chemical industry are fertile grounds for the study because the initiatives have already been launched, and the strategy for the deployment of these tools is clear and validated. The issue at stake lies in access to information because these sectors are predominantly owned by large groups. It was important to keep both sectors for the moment. Thereafter, one of the sectors will be selected based on the information accessibility in the fieldwork and there is a comparative study between the two sectors.

To this end, the definition of the study problem has been successfully done. Thus the central research question remains the following:

What are the variables of the intention of adoption and acceptance of the artificial intelligence and big data tools among the leaders of the organizations of the agricultural and chemical industrial sectors in Morocco?

From this central question, other sub-questions were derived as shown below:

- What are the technological and organizational variables that impact the adoption of AI and big data in these organizations?
- What are the behavioral variables that have a positive or negative effect on the acceptance of these two technologies among the leaders of companies in both sectors?
- Can the digital transformation be considered as a determinant variable of AI and big data adoption?

Conclusion

In conclusion, the purpose of this study can be summarized in the definition of the research problem and the choice of an empirical sector. Hence, the interest of this research project remains the understanding of the phenomenon of the adoption and acceptance of artificial intelligence and big data within organizations in Morocco and the detection of the variables that occur during this process. This is done in order to positively act upon them and succeed in the adoption and acceptance phase.

Furthermore, it is important to note that this study was carried out within the context of preparing a doctoral thesis entitled: "Analysis of variables of the intention of adoption and acceptance of artificial intelligence and big data tools among the leaders of organizations in Morocco". Therefore, the next article will focus on developing a theoretical model that will be followed by exploratory and confirmatory studies.

Acknowledgement

This work is carried out with the support of the National Center for Scientific and Technical Research in Morocco (CNRST) within the program of Research Excellence Grants.

References:

1. Adnan, N., Nordin, S., Bahruddin, M. A. bin, & Ali, M. (2018). How trust can drive forward the user acceptance to the technology? In-vehicle technology for autonomous vehicle. <https://doi.org/10.1016/J.TRA.2018.10.019>
2. Alhashmi, S. F. S., Alshurideh, M., Kurdi, B. A., & Salloum, S. (2020). A Systematic Review of the Factors Affecting the Artificial Intelligence Implementation in the Health Care Sector. AICV. https://doi.org/10.1007/978-3-030-44289-7_4
3. Alsheiabni, S., Cheung, Y., & Messom, C. (2019). Factors inhibiting the adoption of artificial intelligence at organizational-level: A preliminary investigation. AMCIS 2019 Proceedings, 2.

- <https://research.monash.edu/en/publications/factors-inhibiting-the-adoption-of-artificial-intelligence-at-org>
4. Baig, M., Shuib, L., & Yadegaridehkordi, E. (2019). Big data adoption: State of the art and research challenges. *Inf. Process. Manag.* <https://doi.org/10.1016/J.IPM.2019.102095>
 5. Belanche, D., Casaló, L. V., & Flavián, C. (2019). Artificial Intelligence in FinTech: Understanding robo-advisors adoption among customers. *Industrial Management & Data Systems*, 119(7), 1411.
 6. Canhoto, A. I., & Clear, F. (2020). Artificial intelligence and machine learning as business tools: A framework for diagnosing value destruction potential. *Business Horizons*, 63(2), 183–193.
 7. Chafik, K. (2021). Regards sur la recherche en systèmes d'information des organisations: Cas du Maroc.
 8. Chafik, K., & Abbassi, A. E. (2013). The decision to invest in information systems: Case of adopting ERP in the Moroccan Public largest companies". 14.
 9. Chafik, K., & Bannaceur, A. (2015). Les déterminants de l'intention d'adoption du commerce électronique chez les dirigeants-propriétaires des P.M.E. marocaines: Test des variables d'extension du modèle TAM.https://www.academia.edu/30419601/Les_d%C3%A9terminants_de_l'intention_d'adoption_du_commerce_%C3%A9lectronique_chez_les_dirigeants_propri%C3%A9taires_des_P_M_E_marocaines_Test_des_variables_d'extension_du_mod%C3%A8le_TAM
 10. Chan-Olmsted, S. M. (2019). A Review of Artificial Intelligence Adoptions in the Media Industry. <https://doi.org/10.1080/14241277.2019.1695619>
 11. Chatterjee, S., & Bhattacharjee, K. K. (2020). Adoption of Artificial Intelligence in Higher Education: A Quantitative Analysis Using Structural Equation Modelling. *Education and Information Technologies*, 25(5), 3443–3463. <https://doi.org/10.1007/s10639-020-10159-7>
 12. Chen, H. (2019). Success Factors Impacting Artificial Intelligence Adoption—Perspective From the Telecom Industry in China. *Theses and Dissertations in Business Administration*. <https://doi.org/10.25777/a8q8-gm13>
 13. Crevier, D. (1994). *The Tumultuous History of the Search for Artificial Intelligence*, 1993. Basic Books, New York, NY. 432 pages. ISBN: 0-465-02997-3. \$27.50, 1994. <https://journals.sagepub.com/doi/abs/10.1177/027046769401400414>
 14. Cruz-Benito, J., Sánchez-Prieto, J. C., Therón, R., & García-Peñalvo, F. J. (2019). Measuring Students' Acceptance to AI-Driven

- Assessment in eLearning: Proposing a First TAM-Based Research Model. In P. Zaphiris & A. Ioannou (Eds.), *Learning and Collaboration Technologies. Designing Learning Experiences* (pp. 15–25). Springer International Publishing.
https://doi.org/10.1007/978-3-030-21814-0_2
15. Dejoux, C. (2018). Transformation numérique et intelligence artificielle: Deux révolutions à ne pas rater pour les entreprises. *The Conversation*. <http://theconversation.com/transformation-numerique-et-intelligence-artificielle-deux-revolutions-a-ne-pas-rater-pour-les-entreprises-96598>
 16. Demchenko, Y., Grosso, P., Laat, C., & Membrey, P. (2013). Addressing big data issues in Scientific Data Infrastructure. 2013 International Conference on Collaboration Technologies and Systems (CTS). <https://doi.org/10.1109/CTS.2013.6567203>
 17. DEPF Etudes. (2019). Le secteur agricole marocain: Tendances structurelles, enjeux et perspectives de développement. <http://depf.finances.gov.ma/etudes-et-publications/>
 18. Diao, M. (2018). Robotisation/Intelligence Artificielle: Ce que les banques y gagnent. <http://fnh.ma>. <https://fnh.ma/article/-/robotisation-intelligence-artificielle-ce-que-les-banques-y-gagnent>
 19. Du, H., Zhu, G., & Zheng, J. (2021). Why travelers trust and accept self-driving cars: An empirical study. *Travel Behaviour and Society*, 22(0). <https://trid.trb.org/view/1729795>
 20. Duan, Y., Edwards, J. S., & Dwivedi, Y. K. (2019). Artificial intelligence for decision making in the era of Big Data – evolution, challenges and research agenda. *International Journal of Information Management*, 48, 63–71.
<https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2019.01.021>
 21. Ducrey, V., & Vivier, E. (2019). *Le guide de la transformation digitale: La méthode en 6 chantiers pour réussir votre transformation! EYROLLES*.
 22. Dwivedi, Y. K., Hughes, L., Ismagilova, E., Aarts, G., Coombs, C., Crick, T., Duan, Y., Dwivedi, R., Edwards, J., Eirug, A., Galanos, V., Ilavarasan, P. V., Janssen, M., Jones, P., Kar, A. K., Kizgin, H., Kronemann, B., Lal, B., Lucini, B., ... Williams, M. D. (2021). Artificial Intelligence (AI): Multidisciplinary Perspectives on Emerging Challenges, Opportunities, and Agenda for Research, Practice and Policy. *International Journal of Information Management*, 57, 101994. <https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2019.08.002>
 23. European center for digital competitiveness - ESCP Business School (2020). *Digital riser report 2020*. Retrieved from digital

- competitiveness: https://digital-competitiveness.eu/wp-content/uploads/ESCP03_Digital-Riser-Ranking_2020-09-14-1.pdf
24. Faggella, D. (2020). AI in Banking—An Analysis of America’s 7 Top Banks. *Emerj*. <https://emerj.com/ai-sector-overviews/ai-in-banking-analysis/>
 25. Fan, W., Liu, J., Zhu, S., & Pardalos, P. M. (2020). Investigating the impacting factors for the healthcare professionals to adopt artificial intelligence-based medical diagnosis support system (AIMDSS). *Annals of Operations Research*, 294(1), 567–592.
 26. Fernandes, T., & Oliveira, E. (2021). Understanding consumers’ acceptance of automated technologies in service encounters: Drivers of digital voice assistants adoption. *Journal of Business Research*, 122, 180–191. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2020.08.058>
 27. Garrier, C. (1991). *Maîtrise de l’intelligence artificielle*. Marabout.
 28. Gursoy, D., Chi, O. H., Lu, L., & Nunkoo, R. (2019). Consumers Acceptance of Artificially Intelligent (AI) Device Use in Service Delivery. *International Journal of Information Management*, 49, 157–169. <https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2019.03.008>
 29. Harbouze, R., Pellissier, J.-P., Rolland, J.-P., & Khechimi, W. (2019). Rapport de synthèse sur l’agriculture au Maroc (p. 104) [Research Report]. CIHEAM-IAMM. <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-02137637>
 30. Henriette, E., Feki, M., & Boughzala, I. (2016). Digital transformation challenges. *MCIS 2016: 10th Mediterranean Conference on Information Systems*, . <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01413172>
 31. Horacio (2020, January 13). How Will Artificial Intelligence Change The Banking Industry? *Fintech News*. <https://www.fintechnews.org/how-will-artificial-intelligence-change-the-banking-industry/>
 32. Jha, K., Doshi, A., Patel, P., & Shah, M. (2019). A comprehensive review on automation in agriculture using artificial intelligence. *Artificial Intelligence in Agriculture*, 2, 1–12. <https://doi.org/10.1016/j.aiaa.2019.05.004>
 33. Kakkar, S. (2017). A Study on Artificial Intelligence in E-commerce. *International Journal of Advances in Engineering & Scientific Research*, 4(4), 62–68. <https://doi.org/10.5281/zenodo.1123241>
 34. Kazakçi, A. (2017). Transformation digitale, par l’intelligence artificielle et la valorisation des données. *Knowledge@Wharton*. <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01791196>
 35. Kedra, J., & Gossec, L. (2020). Big Data and artificial intelligence: Will they change our practice? *Joint Bone Spine*, 87(2), 107–109. <https://doi.org/10.1016/j.jbspin.2019.09.001>

36. Kencebay, B. (2019). User acceptance of driverless vehicles and robots with aspect of personal economy. *Journal of Transnational Management*, 24(4), 283–304. <https://doi.org/10.1080/15475778.2019.1664234>
37. Kervenoael, R. de, Hasan, R., Schwob, A., & Goh, E. (2020). Leveraging human-robot interaction in hospitality services: Incorporating the role of perceived value, empathy, and information sharing into visitors' intentions to use social robots. *Tourism Management*, 78, 104042. <https://doi.org/10.1016/j.tourman.2019.104042>
38. Kim, S., & Kim, B. (2020). A Decision-Making Model for Adopting AI-Generated News Articles: Preliminary Results. *Sustainability*, 12(18), 7418. <https://doi.org/10.3390/su12187418>
39. Lee, V.-H., Hew, J.-J., Leong, L.-Y., Tan, G. W.-H., & Ooi, K.-B. (2020). Wearable payment: A deep learning-based dual-stage SEM-ANN analysis. *Expert Systems with Applications*, 157, 113477. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2020.113477>
40. Les bénéfices de l'IA sur l'agriculture. (2018). In Microsoft experiences. <https://experiences.microsoft.fr/articles/intelligence-artificielle/ia-agriculture/>
41. Les Secteurs Industriels. (n.d.). Ministère de l'Industrie, du Commerce et de l'Economie Verte et Numérique. Retrieved July 18, 2021, from <http://www.mcinet.gov.ma/fr/content/les-secteurs-industriels>
42. Maaroufi, Y. (2020). Note d'information relative à la situation de l'économie nationale en 2020 et ses perspectives d'évolution en 2021 (Note de synthèse du budget économique exploratoire 2021). Site institutionnel du Haut-Commissariat au Plan du Royaume du Maroc. https://www.hcp.ma/Note-d-information-relative-a-la-situation-de-l-economie-nationale-en-2020-et-ses-perspectives-d-evolution-en-2021-Note_a2568.html
43. Mahroof, K. (2018). A human-centric perspective exploring the readiness towards smart warehousing: The case of a large retail distribution warehouse. *International Journal of Information Management*, 45, 176–190. <https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2018.11.008>
44. McCorduck, P. (2004). *Machines Who Think* (2nd edition). Routledge.
45. Microsoft, E. C. (2019). Artificial intelligence in the Middle East and Africa: prospects for 2019 and beyond. LLC's report.
46. Ministry of Agriculture and Maritime Fisheries; World Bank (May 2011); reports on Green Morocco Plan, Framework Analysis of Social

- and Poverty Impacts and Implementation Risks. Retrieved from the portal of the High Commission for Planning, :
<http://www.agriculture.gov.ma>
47. Moor, J. (2006). The Dartmouth College Artificial Intelligence Conference: The Next Fifty Years. *AI Magazine*, 27(4), 87–87. <https://doi.org/10.1609/aimag.v27i4.1911>
 48. Osulale, A. F., Adewale, O. S., & Abimbola, O. J. (2017). Schematic Structure of National Data Harmonization System for Identity Management. *European Scientific Journal, ESJ*, 13(3), 318–318. <https://doi.org/10.19044/esj.2017.v13n3p318>
 49. Patil, K., & Kulkarni, M. S. (2019). Artificial Intelligence in Financial Services: Customer Chatbot Advisor Adoption. 9(1), 8.
 50. Pillai, R., & Sivathanu, B. (2020). Adoption of artificial intelligence (AI) for talent acquisition in IT/ITeS organizations. <https://doi.org/10.1108/bij-04-2020-0186>
 51. Pillai, R., Sivathanu, B., & Dwivedi, Y. (2020). Shopping intention at AI-powered automated retail stores (AIPARS). *Journal of Retailing and Consumer Services*, 57, 102207. <https://doi.org/10.1016/j.jretconser.2020.102207>
 52. Quan, X., & Sanderson, J. (2018). Understanding the Artificial Intelligence Business Ecosystem. *IEEE Engineering Management Review*. <https://doi.org/10.1109/EMR.2018.2882430>
 53. Russell, S. J., & Norvig, P. (2002). *Artificial Intelligence: A Modern Approach* (2nd edition). Prentice Hall.
 54. Saggi, M. K., & Jain, S. (2018). A survey towards an integration of big data analytics to big insights for value-creation. *Information Processing & Management*, 54(5), 758–790. <https://doi.org/10.1016/j.ipm.2018.01.010>
 55. Salloum, S., Alattar, S., & Abdallah, S. (2019, October 2). Critical Success Factors for Implementing Artificial Intelligence (AI) Projects in Dubai Government United Arab Emirates (UAE) Health Sector: Applying the Extended Technology Acceptance Model (TAM). https://doi.org/10.1007/978-3-030-31129-2_36
 56. Sánchez-Prieto, J. C., Cruz-Benito, J., Therón, R., & García-Peñalvo, F. J. (2019). How to Measure Teachers' Acceptance of AI-driven Assessment in eLearning: A TAM-based Proposal. *Proceedings of the Seventh International Conference on Technological Ecosystems for Enhancing Multiculturality*, 181–186. <https://doi.org/10.1145/3362789.3362918>
 57. Shibly, H. A. (2020). Investigating the Effectiveness of Business Intelligence Systems A PLS-SEM Approach. <https://doi.org/10.5281/zenodo.4978963>

58. Tableau de bord du système bancaire—Juin 2020. (2020). BANK AL-MAGHRIB. <http://www.bkam.ma/Supervision-bancaire/Indicateurs-et-publications/Tableau-de-bord-du-systeme-bancaire/Tableau-de-bord-du-systeme-bancaire-juin-2020>
59. Technologie numérique—Comment l'intelligence artificielle transforme l'agriculture. (2019). <https://spore.cta.int/fr/issue/technologie-numerique-comment-l-intelligence-artificielle-transforme-l-agriculture-sid0291dc264-f19f-4418-9738-fa6f42b7f3aa>
60. Ullah, F., Sepasgozar, S. M. E., & Wang, C. (2018). A Systematic Review of Smart Real Estate Technology: Drivers of, and Barriers to, the Use of Digital Disruptive Technologies and Online Platforms. *Sustainability*, 10(9), 3142. <https://doi.org/10.3390/su10093142>
61. Vijai, C. (2018). Artificial Intelligence in Indian Banking Sector: Challenges and Opportunities. *International Journal of Advanced Research*, 7(4), 1581.
62. Weber, F. A., & Schütte, R. (2019). State-of-the-art and adoption of artificial intelligence in retailing. <https://doi.org/10.1108/DPRG-09-2018-0050>
63. Ye, T., Xue, J., He, M., Gu, J., Lin, H., Xu, B., & Cheng, Y. (2019). Psychosocial Factors Affecting Artificial Intelligence Adoption in Health Care in China: Cross-Sectional Study. *Journal of Medical Internet Research*, 21(10), e14316. <https://doi.org/10.2196/14316>
64. Yu, K., & Huang, G. (2020). Exploring consumers' intent to use smart libraries with technology acceptance model. *Electron. Libr.* <https://doi.org/10.1108/el-08-2019-0188>



ESJ Natural/Life/Medical Sciences

Pratiques Endogènes De La Culture Des Mangues Locales (*Mangifera Indica* L, Anacardiaceae) Dans Les Départements Du Noun Et De La Lékié Au Cameroun

Christelle Flavie Mbieji Kemayou

Chercheur, Institut de Recherche Agricole pour le Développement (IRAD),
Station Polyvalente de Foumbot, Cameroun

Département de Biologie Végétale, Faculté des Sciences, Université de
Dschang, Cameroun

Grâce Annih Mbong

Maître de conférences, Département de Biologie Végétale, Faculté des
Sciences, Université de Dschang, Cameroun

Marie Caroline Momo Solefack

Maître de conférences, Département de Biologie Végétale, Faculté des
Sciences, Université de Dschang, Cameroun

Jean Kuate

PhD, Chercheur, Institut de Recherche Agricole pour le Développement
(IRAD), Direction Générale, Yaoundé, Cameroun

[Doi:10.19044/esj.2021.v17n29p128](https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n29p128)

Submitted: 29 June 2021

Accepted: 03 August 2021

Published: 31 August 2021

Copyright 2021 Author(s)

Under Creative Commons BY-NC-ND

4.0 OPEN ACCESS

Cite As:

Mbieji Kemayou C.F., Mbong G.A., Momo Solefack M.C. & Kuate J. (2021). *Pratiques Endogènes De La Culture Des Mangues Locales (Mangifera Indica L, Anacardiaceae) Dans Les Départements Du Noun Et De La Lékié Au Cameroun*. European Scientific Journal, ESJ, 17(29), 128.

<https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n29p128>

Résumé

La présente étude s'inscrit dans le cadre de la valorisation des mangues locales et de la perception endogène des pratiques culturelles associées. Cette étude a été menée entre mars et juin 2020, dans les Départements du Noun et de la Lékié, dans onze (11) villages à fort potentiel de manguiers. L'enquête s'est faite par administration des questionnaires et par des observations directes auprès de 300 producteurs de mangues locales. Il en ressort que les producteurs sont en majorité des hommes (82,66%) mariés, de plus de 50 ans (59,3%), de niveau primaire (60%) pour le Noun et secondaire (59,3%) pour

la Lékié. Les surfaces exploitées sont de moins de 1000 m², localisées au bord de leurs concessions. Dans les deux Départements, l'itinéraire technique telle que recommandée par les experts n'est pas respecté et les techniques de récolte pratiquées sont inappropriées. Elles se font soit par la grimpe, la secousse de l'arbre ou l'utilisation des crochets. Les fruits récoltés sont mal conditionnés et vendus dans les différents contenants. L'antracnose (*Colletotrichum gloeosporioides*) et la chute de fruits immatures sévissent dans les vergers. Huit variétés locales ont été identifiées. Pour une bonne production des mangues locales dans le Noun et la Lékié il est important pour les producteurs d'améliorer leur capacité, d'utiliser les variétés locales greffées et de se former en techniques de conservation des mangues.

Mots clés: Mangu Local, Enquête, Itinéraire Technique, Système De Production, Cameroun

Endogenous Practices Of Local Mango (*Mangifera Indica* L, Anacardiaceae) Cultivation In The Noun And Lékié Divisions In Cameroun

Christelle Flavie Mbieji Kemayou

Chercheur, Institut de Recherche Agricole pour le Développement (IRAD),
Station Polyvalente de Foumbot, Cameroun

Département de Biologie Végétale, Faculté des Sciences, Université de
Dschang, Cameroun

Grâce Annih Mbong

Maître de conférences, Département de Biologie Végétale, Faculté des
Sciences, Université de Dschang, Cameroun

Marie Caroline Momo Solefack

Maître de conférences, Département de Biologie Végétale, Faculté des
Sciences, Université de Dschang, Cameroun

Jean Kuate

PhD, Chercheur, Institut de Recherche Agricole pour le Développement
(IRAD), Direction Générale, Yaoundé, Cameroun

Abstract

This study is part of the valorisation of local mangoes and the endogenous perception of associated cultivation practices. This study was carried out between March and June 2020, in the Noun and Lékié Divisions, in eleven (11) villages with high potential for mango trees. The survey was carried out by administering questionnaires and by direct observations with 300 local mango producers. It appears that the majority of producers are

married men (82.66%), over 50 (59.3%), primary (60%) for the Noun and secondary (59.3%) for the Lékié. The areas exploited are less than 1000 m², located at the edge of their concessions. In both Divisions, the technical itinerary as recommended by the experts is not followed and the harvesting techniques practiced are inappropriate. They are done either by climbing, shaking the tree or using the hooks. The harvested fruits are poorly packaged and sold in the various containers. Anthracnose (*Colletotrichum gloeosporioides*) and immature fruit drop are rampant in orchards. Eight local varieties have been identified. For a good production of local mangoes in Noun and Lékié it is important for producers to improve their capacity, to use grafted local varieties and to be trained in mango conservation techniques.

Keywords: Local Mango, Survey, Technical Itinerary, Production Systems, Cameroon

Introduction

La mangue est le septième fruit le plus cultivé dans le monde. Appréciée pour ses qualités gustatives, la mangue est une ressource alimentaire intéressante dont les qualités énergétiques, aromatiques et nutritionnelles (Provitamine A, Vitamine C et Potassium) sont reconnues (Brustel, 2018). C'est un arbre fruitier de la famille des Anacardiacees, originaire d'une vaste zone allant du Nord-Est de l'Inde jusqu'aux Philippines. Son fruit, la mangue, est à mésocarpe charnu contenant un seul noyau central. (Kosterman et Bompard, 1993).

Le Cameroun, regorge un potentiel exceptionnel en matière de diversité variétale de mangues locales. C'est sans doute pour cela que le gouvernement en a décidé de faire un pays exportateur au niveau du marché Européen à l'horizon 2025 (Mballa, 2015). Les demandes sont sans cesse croissantes au niveau des marchés locaux et sous régionaux (Gabon, Guinée Equatoriale et Congo).

Certains producteurs avisés et déçus de la chute drastique des prix du cacao (*Theobroma cacao L.*) et du café (*Coffea Sp*), ont reconverti leur plantation en verger de manguiers (Mballa, 2015). Cependant, beaucoup reste à faire particulièrement dans le Noun et la Lékié qui sont deux grands bassins de production, où la culture des mangues reste rudimentaire, réduite au verger de case et conduite sans respect de l'itinéraire technique (Rey et al., 2004).

Ce système de culture conduit malheureusement à des pertes importantes avant, pendant et après la récolte. En vue d'améliorer ce système de culture, il apparait important d'évaluer les perceptions paysannes en matière de culture de la mangue locale afin de déterminer les variétés locales existantes, les pratiques paysannes et les différents itinéraires techniques de production et de récolte. L'amélioration du système de culture des mangues

locales est sans conteste une voie pour accroître les performances de cette importante filière et de réduire la pauvreté en milieu rural.

Matériel et méthodes

Description de la zone d'étude

Cette étude s'est réalisée dans le Département du Noun et celui de la Lékié, deux des grands bassins de production de mangues locales. Le Département du Noun qui a pour Chef-lieu Foumban est situé à l'Ouest du Cameroun (Figure 1) dans la zone agro écologique des hauts plateaux. Il s'étend sur une superficie de 7 687 km², il couvre 55.35% de la superficie totale de la région de l'Ouest (Boukar, 2015). Les coordonnées géographiques sont 5°18'15'' de latitude Nord et 10°35'04'' de Longitude Est. Son climat de type tropical Soudano – Guinéen est influencé par des vents dominants qui soufflent et amènent l'humidité de l'océan. Son altitude est comprise entre 1000 et 1600m. La température moyenne annuelle est comprise entre 20 et 22°C, et la pluviométrie varie entre 1500 et 2200 mm (Boukar, 2015).

Le Département de la Lékié est situé dans la région du Centre (Figure 1) dans la zone forestière humide à pluviométrie bimodale, avec une pluviométrie comprise entre 1500 et 2000 mm/an. Les coordonnées géographiques sont 4°12'0'' de latitude Nord et 11°24'0'' de longitude Est. Il à une altitude comprise entre 500 et 600 m, les sols sont ferrallitiques (rouge et jaune), le climat est de type équatorial. Les températures sont comprises entre 19 et 28°C (Pompidou, 2000).

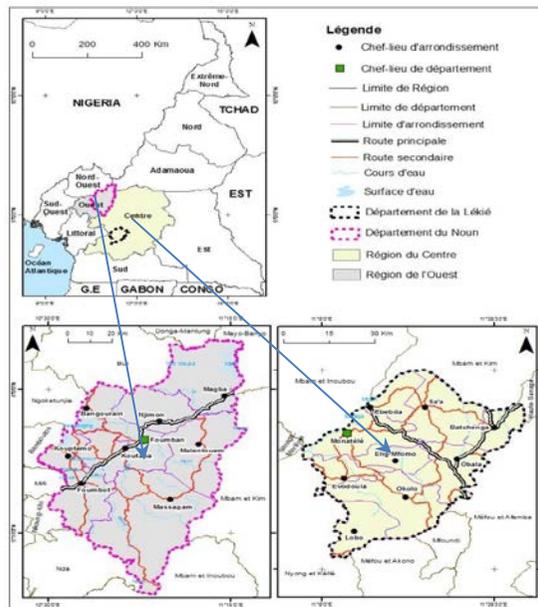


Figure 1. Localisation de la zone d'étude

Collecte des données

L'enquête s'est déroulée entre mars et juin 2020, auprès de 300 propriétaires (soit 150 enquêtés par département) d'au moins deux pieds de manguiers en production. L'interview standardisé ou entretien structuré (l'entretien structuré utilise des questions prédéfinies, qui sont posées à tous les enquêtés) a été utilisé au moyen des questionnaires. Cette méthodologie permet un plus grand contrôle des réponses reçues. Cette approche quantitative permet de faire facilement un check-up sur les informations reçues auprès de l'enquêté ou entre les informateurs. En effet, les questions ont porté sur le profil du producteur, l'itinéraire technique, le système de production, les variétés locales existantes produites, les méthodes de vente et les potentiels ennemis de la culture. L'enquête s'est faite dans cinq villages de la Lékié et six villages du Noun, Ces localités représentent les principales zones de production de mangues.

Analyse des données

La conception du masque et la saisie des données a été faite avec le logiciel Epi Infos 7. Les résultats présentés sous forme de fréquence ont été obtenus suite à une analyse descriptive effectuée à l'aide du logiciel IBM SPSS 22, et représentés sous forme de graphique par le tableur Microsoft Excel 2013.

Résultats

Caractéristiques sociodémographiques des producteurs

Les informations reçues auprès des 300 producteurs de mangues dans les deux Départements montrent que dans le Noun et la Lékié, les hommes sont les principaux propriétaires avec une proportion estimée à 82.66 % de la population enquêtées.(Figure 2). Dans le Département du Noun les producteurs appartiennent à deux obédiences religieuses à savoir les religions musulmane (76%) et chrétienne (24%). Par contre dans la Lékié, quatre appartenances ont été répertoriées à savoir: les chrétiens (70%), les animistes (28%), les musulmans (0.7%) et d'autres (1,3%). Il s'agit des producteurs témoins de Jéhovah et ceux qui ne pratiquent aucune religion et ou croyance. Très peu de producteurs ont moins de 30 ans (3,3%) dans le Noun.

Cependant 82,7 % des producteurs enquêtés ont plus de 50 ans et 17,3% ont une classe d'âge comprise entre 30 et 50 ans. Dans la Lékié, 82,7% des producteurs enquêtés ont plus de 50 ans et 17,3% de ceux-ci ont entre 30 et 50 ans. En outre concernant la situation matrimoniale, dans le Noun, 91,3% des populations interrogées sont mariés indépendamment du type de mariage, très peu sont célibataires (1,3%), divorcés (2%) et veufs (ves) (5,3%). Par contre dans la Lékié, les répondants sont mariés (56,7%), veufs(ves) (40,7%) et très peu sont divorcés (0,7%) ou célibataires (2%).

L'analyse de la figure 4 nous montre que du côté alphabétisation, dans le Noun 60% des producteurs ont un niveau primaire, 17,3% ont un niveau secondaire, 13,3% ont un niveau supérieur, 8% n'ont aucun niveau et le reste ont une alphabétisation fonctionnelle comme l'école coranique (Tableau 1). Dans la Lékié, 59,3% ont un niveau secondaire, 36,7% ont un niveau primaire et 1,3% ont un niveau supérieur.

L'activité principale dans la Lékié est l'agriculture (64 %), ensuite vient le commerce (26,7%), les salariés (4%), l'arboriculture fruitière (1,3%) et enfin les autres activités (2,7%) comme la maçonnerie, la menuiserie et cordonnerie. Dans le Noun, l'activité principale est également l'agriculture (41,3%) suivie des salariées (28,7%), le commerce (22%) et l'artisanat (8%).

Comme activités secondaires dans le Noun, il y'a le commerce (43,3%), l'agriculture (54%), l'élevage (1,3%), l'arboriculture fruitière (1,3%). Dans la Lékié le commerce est le plus pratiqué (62,7%) ensuite vient l'agriculture (34%), les salariés (0,7%) l'élevage (0,7%), et les autres (2%).

Pour les producteurs de mangue dans le Noun, leurs principales sources de revenus proviennent des activités agricoles pour 41,3% et 58% des activités extra agricoles. Dans la Lékié, 90% de ceux-ci ont des revenus provenant de l'agriculture et 10% viennent des activités extra agricoles. Toutes les 300 personnes enquêtées n'appartiennent pas à des GIC (Groupement d'Initiative Commune), et ne bénéficient pas d'un projet et ne sont encadrées par aucun service technique.

Tableau 1. Caractéristiques sociodémographiques des enquêtés

| Caractéristiques | Département | Catégories | Nombre | Pourcentage (%) |
|----------------------|-------------|-------------|--------|-----------------|
| Genre | Noun | Masculin | 123 | 82,0 |
| | | Féminin | 27 | 18,0 |
| | Lékié | Masculin | 122 | 81,3 |
| | | Féminin | 28 | 18,7 |
| Obédience religieuse | Noun | Musulman | 114 | 76,0 |
| | | Chrétien | 36 | 24,0 |
| | Lékié | Musulman | 1 | 0,7 |
| | | Chrétien | 105 | 70,0 |
| | | Animistes | 42 | 28,0 |
| Autres | 2 | 1,3 | | |
| Statut matrimonial | Noun | Marié | 137 | 91,3 |
| | | Célibataire | 2 | 1,3 |
| | | Divorcé | 3 | 2,0 |
| | | Veuf | 8 | 5,3 |
| | Lékié | Marié | 85 | 56,7 |
| | | Célibataire | 3 | 2,0 |
| | | Divorcé | 1 | 0,7 |
| | | Veuf | 61 | 40,7 |

| Niveau d’instruction | Noun | Primaire | 90 | 60,0 |
|----------------------|------------|------------|------|------|
| | | Secondaire | 26 | 17,3 |
| | Supérieur | 20 | 13,3 | |
| | Coranique | 2 | 1,3 | |
| | Aucun | 12 | 8,0 | |
| Lékié | Primaire | 55 | 36,7 | |
| | Secondaire | 89 | 59,3 | |
| | Supérieur | 6 | 4,0 | |

Méthode d’acquisition de la parcelle

Dans le Département du Noun, les modes d’acquisition des parcelles sont l’achat sans titre foncier (45,3%), l’attribution coutumière (22%), l’achat avec titre foncier (15,3%), domaine appartenant à l’Etat (11,3%). C’est généralement les fonctionnaires qui habitent les logements de l’Etat ou les espaces autour de certains services publics, et enfin 2% des terrains sont acquis par d’autres moyens comme des legs. Dans la Lékié, 60,7% des producteurs ont acquis les parcelles par attribution coutumière, 37,3 % des parcelles sont issues des biens de l’Etat et 2% sont acquises par d’autres moyens (figure 2).

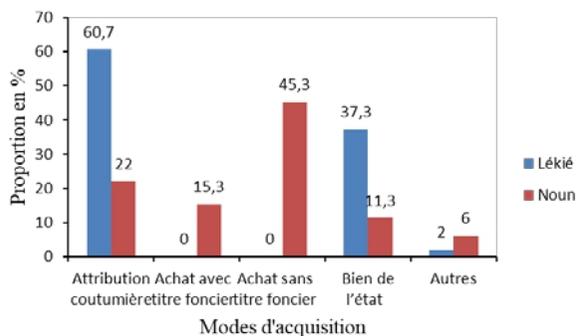


Figure 2. Modes d’acquisition des parcelles en fonction des localités

Système de production des manguiers

Dans le Noun, les vergers sont situés beaucoup plus dans les concessions familiales (64%), dans les champs (28%), dans d’autres lieux (6%) comme les places publiques et au bord de la route ou des rues (2%). Dans la Lékié les vergers de manguiers se retrouvent pour la majorité dans les concessions familiales (81,3%), dans les champs (14%), au bord de la route (3,3%) et dans d’autres endroits (1,3%).

Les parcelles exploitées par les populations pour cette culture de mangues sont généralement de petites surfaces de moins de 1000m² pour 70% des enquêtés dans le Noun et 80 % dans la Lékié. Cependant 12% des producteurs dans la Lékié et 8% dans le Noun exploitent des superficies allant

de 1000 m² à 1/2 ha. Il est remarqué également qu'uniquement dans le Noun 12,7% des enquêtés exploitent des champs ayant une superficie comprise entre ½ ha et 1ha et 9,3% exploitent les superficies de plus d'un hectare.

Le relief des parcelles où se trouvent les manguiers dans le Noun est constitué des plaines (86,7 %), des collines (11,3%), les bas-fonds (1,3%) et les versants (0,7%). Dans la Lékié, le relief des parcelles est beaucoup plus les plaines (91,3%) et on retrouve très peu les manguiers plantés sur les collines (4,7%), les bas-fonds (2,7%) et les versants (1,3%). Les sols dans le Noun et particulièrement dans les villages ciblés sont latéritiques (82%), sableux (14%), argileux (2,7%), et gravillonnaires (1,3%). Dans la Lékié les sols des vergers sont latéritiques (34,7%), sableux (33,3%) et gravillonnaires (32%).

L'âge des exploitations de mangue varie entre 3 et 50 ans . Dans le Noun, 44% des plantations sont âgées entre 25 et 50 ans, 20,7% des arbres ont entre 15 et 25 ans, 15,3 % ont plus de 50 ans, 18 % ont entre 5 et 15 ans et 2% des plantations ont entre 3 et 5 ans. Dans la Lékié, 38,7% des plantations ont entre 25 et 50 ans, 28% des plantations ont entre 15 et 25 ans, 24% ont plus de 50 ans, 8,7% ont entre 5 et 15 ans et 0,7% ont entre 3 et 5 ans (figure 3).

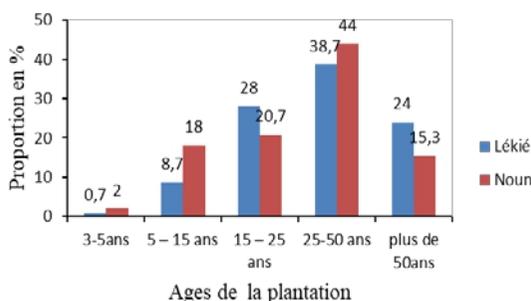


Figure 3. Age des plantations en fonction des localités

Itinéraires techniques

L'itinéraire technique pour la mise en place des manguiers diffère d'un producteur à un autre, la distance de plantation 10 m x 10 m telle que recommandée par les experts est respecté par 14% des producteurs dans la Lékié et 14,7% dans le Noun. Cependant plusieurs ne tiennent pas compte des dimensions des écarts, ainsi observe-t-on des écartements épars d'un pied à un autre avec des dimensions variant entre 1 et 5 m. Il s'agit de 46% des enquêtés dans le Noun et 33,3% dans la Lékié. Une autre partie des producteurs soit 22,7% dans le Noun et 45,3% dans la Lékié préfèrent les dimensions 8mx8 m et une minorité ont des espacements de 6mx6 m ceux-ci représente respectivement 7,3% et 16,7% des producteurs de la Lékié et du Noun (Figure 4).

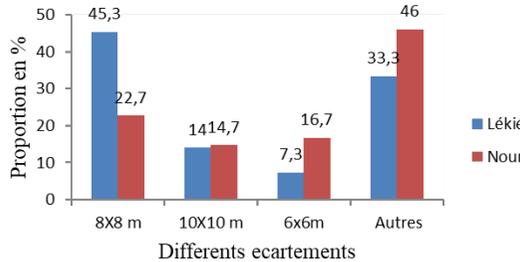


Figure 4. Ecartement entre plants en fonction des localités

La plupart des arbres ne sont pas alignés ce qui traduit un défaut de piquetage, il s’agit de 74,7% dans le Noun et 87,3% dans la Lékié et d’autres manguiers sont disposés en ligne ou en rangées. Il s’agit de 12,7% des enquêtés dans la Lékié et 24,7% dans le Noun. Les producteurs n’utilisent pas de matériel (motopompe, arrosoirs, pulvérisateur et autres), n’arrosent pas leurs plants, n’utilisent aucun intrant agricole et les différents vergers visités n’ont pas de clôture. Contre les incendies dans la Lékié, 94% des producteurs ne font aucune pratique pour prévenir des feux de brousse et 6% seulement des producteurs font des cultures intercalaires pour lutter contre les mauvaises herbes. Dans le Noun 36% des populations font des cultures intercalaires et 64 % ne font aucune pratique.

Variétés, méthode de mûrissement et ravageurs

Dans le Noun quatre variétés (04) locales ont été identifiées à savoir: les Mangues Dame ou Améliorée du Cameroun, les Mangues Bamouns, les Mangues Américaine et les Mangues Allemande. Dans la Lékié sept variétés de mangues ont été répertoriées, il s’agit des Mangues Dames, Koussa Dog, Mangues papayes, Dog Beti, Dshang Dshang 1, Dshang Dshang 2 et Mangues Garoua (Figure 5).



Figure 5 : Photo illustrant les variétés de mangues rencontrées dans les deux Départements : Mangue Allemande ou Mangue Papaye (A), Mangue Americaine (B), Mangue Bamoun ou Dog Beti (C), Mangue Garoua (D), Améliorée du Cameroun (E), Dshang Dshang 2 (F), Kousa dog (G), Dshang dshang 2 (H).

Le mode méthode de mûrissement est le mûrissement sur l'arbre, dont l'élément indicateur est l'évolution de la coloration de l'épiderme. Cependant les paysans font face à certaines maladies et ravageurs qui accroissent les pertes post récolte comme l'antracnose (*Colletoricum gloeosporiodes*) sur feuille. Cette maladie fongique touche beaucoup plus les producteurs de la Lékié (91,3%) et 37,3% des populations du Noun. Les mouches de fruits et les cochenilles blanches ont été observées uniquement dans les vergers du Noun en raison de 2 et 8,7% respectivement. Les autres phénomènes observés ou relevant des plaintes des producteurs comme le dépérissement du manguiier et la chute des fruits immatures ont été observés chez 52% des populations dans le Noun et 8,7 % dans la Lékié (Figure 6).

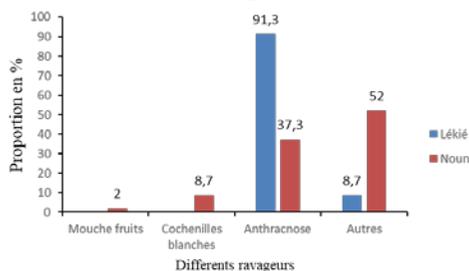


Figure 6. Fréquence des bios agresseurs du manguiier dans le Noun et la Lékié

Période de récolte, méthode de récolte, période de vente et type de conservation

La période de récolte pour plusieurs variétés de mangues se situe au mois de mars dans la Lékié (86,7%) et dans le Noun (71,3%). Les variétés précoces commencent à produire en Janvier dans la Lékié et Février dans le Noun. Il s'agit des mangues Bamouns ou Dog Beti (Tableau 2). Les mangues sont récoltées principalement avec les crochets. Ceci concerne 85,3% des producteurs dans la Lékié et 65,3% dans le Noun. D'autres moyens comme la grimpe et la lance des projectiles sont également employés pour récolter les mangues pour 14,7% des populations dans la Lékié et 34% de celle du Noun (Figure 7). Les méthodes de vente diffèrent d'une zone à une autre. Dans la Lékié les producteurs vendent leurs fruits beaucoup plus en cageots (72,7%) et en tas (27,3%). Dans le Noun, la méthode de vente en contenant varié est la plus utilisée (44,7%), d'autres méthodes telles que les sacs ou les caisses (27,3%), en tas (19,3%) et en cageots (8,7%) sont également employées (Figure 8). Les fruits invendus qui se détériorent avec le temps sont généralement jetés (98,6%) et parfois très peu de personnes les transforment

en fumure. Il concerne 1,4% des producteurs dans la Lékié et 0,7% dans le Noun. Aucune méthode de conservation n'est employée par les producteurs. Cependant dans le Noun, il existe une usine de séchage de mangues pour l'export, et une unité de transformation de mangues en confiture chez les moines de Koutaba. Ces différentes unités de transformation s'approvisionnent en tant que commerçants grossistes chez les producteurs. La vente des fruits a une incidence financière dans le porte-monnaie des producteurs, 98 % des enquêtés dans la Lékié et 81,3% dans la Noun affirment que les revenus ne sont pas assez. 18% des producteurs du Noun et 2% de ceux de la Lékié trouvent que les revenus sont moyens et 0,7% des répondants du Noun avouent que les revenus issus de la vente sont assez consistants. C'est pour la plupart ceux qui ont une grande superficie d'exploitation. L'argent issu des ventes des fruits permet de subvenir aux besoins de première nécessité pour 93,3% des producteurs dans la Lékié et 77% dans le Noun. Bien plus, 22% des producteurs du Noun et 6,7% de ceux de la Lékié utilisent les revenus issus de la vente des mangues pour investir dans les domaines divers et 3,7% des producteurs du Noun agrandissent leur exploitation avec leurs revenus (Figure 9).

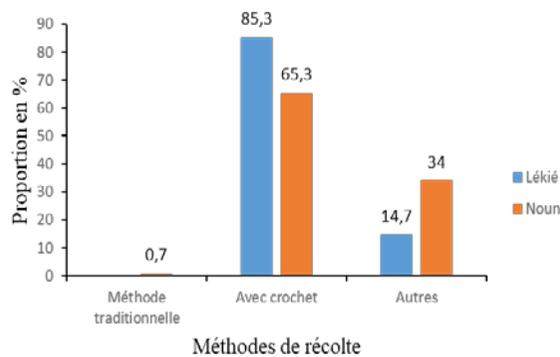


Figure 7. Regroupement en fonction de la méthode de récolte utilisée

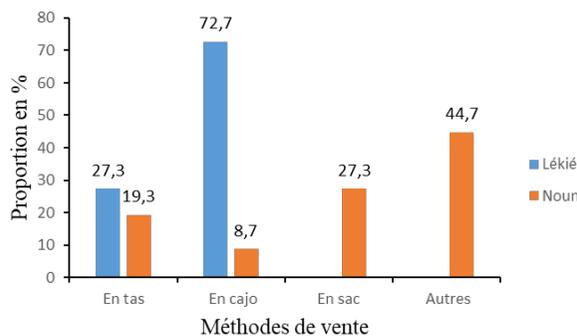


Figure 8. Regroupement des producteurs en fonction des méthodes de conditionnement pour la vente

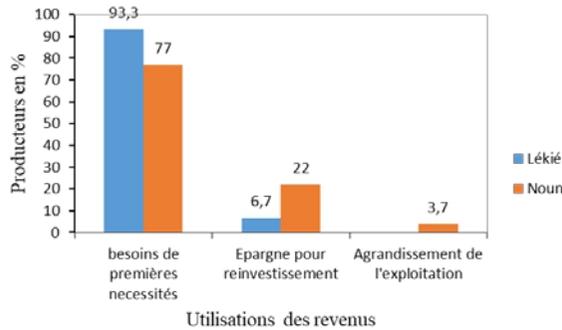


Figure 9. Regroupement des producteurs en fonction de l'utilisation des revenus

Tableau 2. Période de production des mangues locales dans le Noun et la Lékié

| Variétés | Janvier | Février | Mars | Avril | Mai | Juin | Juillet |
|--|---------|---------|------|-------|-----|------|---------|
| Mangues Améliorée du Cameroun | | | → | | | | |
| Mangue Américaines (Noun) ou Mangue papaye (Lékié) | | | → | | | | |
| Mangue Allemandes | | | → | | | | |
| Mangue Bamoun (Noun) ou Dog Beti (Lékié) | → | | | | | | |
| Dshang Dshang 1 | | | → | | | | |
| Dshang Dshang 2 | | | → | | | | |
| Kousa Dog | | | → | | | | |
| Mangue Garoua | | | → | | | | |

Discussion

Caractéristiques sociodémographiques des producteurs

L'enquête a révélé que 82.66 % des enquêtés sont des hommes et 17.33% sont des femmes. En effet les femmes s'intéressent beaucoup plus aux travaux ménagers, à l'agriculture dans le domaine des cultures annuelles, semis annuelle et le commerce. Les hommes quant à eux ont beaucoup plus une vision pérenne dans l'agriculture. Les rares femmes propriétaires sont généralement les veuves ou les héritières. Ces résultats sont en parfait accord avec ceux trouvés par Kuate et *al.* (2006) ; Mballa, (2015) ; Passannet et *al.* (2017) où dans leurs différentes études, ont trouvé que moins de 13% des propriétaires des vergers sont les femmes. La religion dominante dans le Noun pour les villages enquêtés est la religion musulmane avec comme ethnie prédominante les Bamouns, les Bamilékés et les Tikars. Par contre dans la

Lékié c'est beaucoup plus les chrétiens avec comme ethnies prédominantes les Manguissa'a et les Bassa'a pour les zones enquêtées. La grande majorité des producteurs soit 67,3% ont plus de 50 ans, ceci traduit le fait que cette activité intéresse les personnes assez âgées. En effet, cette situation serait la cause du problème de pérennité de cette culture, étant donné que très peu de jeunes (3.3%) s'intéressent à cette culture au profit des métiers moins salissants et/ou rentables à court terme comme la moto taxi ou la pratique des cultures maraichères.

Ces résultats sont analogues à ceux trouvés par AFRISTAT (2001) au Mali et Passannet et al. (2017) au Tchad lors d'une enquête test sur l'estimation de la culture fruitière où 56,7 % des enquêtés avaient plus de 50 ans. Les producteurs pour la plupart sont mariés et très peu sont célibataires et où divorcés, ce qui corrobore avec les résultats de Kuaté et al. (2006) dans les zones péri urbaines de Yaoundé au Cameroun où une enquête diagnostic a été faite sur les exploitations fruitières et où 77% des enquêtés sont mariés. En outre le niveau d'instruction est primaire dans le Noun (60%) et secondaire dans la Lékié (59,3%). Ces résultats sont similaires à ceux trouvés par Kuaté et al. (2006) où 69,4% des producteurs des fruits ont un niveau primaire. Leur activité principale est l'agriculture, et en second plan le commerce. Il est à noter que cette tendance serait due au fait que l'enquête s'est déroulée dans les zones rurales et où ces deux activités sont courantes. Ces résultats sont en accord avec ceux de Bourou et al. (2019) et Sougnabe et al. (2010).

Aires et relief d'exploitation

La superficie exploitée est généralement de moins de 1000 m² car la plupart des arbres se trouvent en bordure des maisons d'habitation des propriétaires et le mode d'acquisition est l'achat sans titre foncier pour le Noun (45,3%), et l'attribution coutumière (60,7%) pour la Lékié. Donc les exploitants sont propriétaires des terres cultivées, ce qui est en accord avec les résultats observés dans la région du Nord Cameroun par Bourou et al. (2019). La majorité des manguiers ont un âge compris entre 25 et 50 ans. Ces arbres sont donc vieillissants et posent un problème de la pérennité de la culture.

Le relief des parcelles où sont plantés les manguiers est pour la majorité des plaines et les sols sont pour la plupart latéritiques ce qui est un atout car les sols ferrallitiques ont un effet favorable sur la coloration externe de la mangue et sur leur qualité interne (Vannier et al, 2004).

Matériels utilisés, type d'arrosage et intrants agricoles

Les enquêtés affirment également qu'ils n'utilisent aucun matériel particulier pour l'entretien de leurs arbres, car les arbres sont des variétés polyembryonnés âgées qui sont des variétés assez rustiques adaptées au sol et résistants à certaines maladies et ne nécessitant pas des soins particuliers. De

ce fait, l'arrosage est essentiellement pluvial et en saison sèche les racines assez développées s'alimentent en eaux et éléments minéraux dans la nappe phréatique. Aucun intrant n'est utilisé pour ces plants à part la seule fumure issue des feuilles mortes et des fruits décomposés tombant en dessous de l'arbre. Ces résultats sont similaires à ceux trouvés par Mballa (2015) où 74% en moyenne des exploitants fruitiers ne font rien pour maintenir la fertilité de leurs champs. Passannet et al.(2017) ont également trouvé qu'au Tchad l'utilisation des intrants chimiques et fumier est peu répandu. Et pourtant, les agronomes conseillent aux producteurs de faire le premier apport en fumure un mois après la plantation, et les années suivantes apporter la moitié de la dose en juin, l'autre en septembre et pendant la nouaison (Normand et Hamasselbe, 1991).

Les observations sur le terrain ont également montré que l'écartement entre les manguiers ne respecte pas un ordre logique. Ils sont épars et varient d'une plantation à une autre. Certains producteurs pratiquent des cultures intercalaires comme les légumineuses et céréales. Aucun des vergers de case observés n'a de manguiers alignés. Ceci traduit l'ignorance de l'itinéraire technique. Or un écartement de 10 mètres est recommandé entre les manguiers (Vannierre et al, 2004) pour pouvoir circuler entre les arbres, éviter l'encombrement des frondaisons et éviter l'étiollement causé par le manque de soleil.

Lutte contre les incendies

Pour lutter contre les incendies, les producteurs du Noun pratiquent des cultures intercalaires pour entretenir les intervalles, ce qui est une pratique à encourager car les cultures intercalaires permettent de protéger le sol contre l'érosion, apportent la matière organique, favorisent la porosité et diminuent le tassement du sol (Vannierre et al, 2004). Par contre, dans la Lékié les producteurs n'utilisent ni herbicide, ni défrichage et culture intercalaire, pour la simple raison qu'aucune culture ne pousse en dessous des manguiers. Cela se justifie par le fait qu'aucune pratique de taille de formation et de croissance n'est pratiquée. Cela induit un couvert fermé, bloquant ainsi la pénétration des rayons lumineux dans les intervalles. Ces résultats sont similaires à ceux trouvés par Passannet et al (2017) où 51% des producteurs du Tchad ne pratiquent de taille par méconnaissance des bienfaits de cette pratique et aussi par peur des taxes infligées par les agents de protection de l'environnement. Les différents vergers n'ont pas d'enclos particuliers que ce soit avec les haies et fil barbelé, cela est dû à une certaine assurance des propriétaires, car les arbres étant adultes ne sont plus à la portée des animaux domestiques et des bêtes en divagation.

Variétés, récolte et murissement

Les accessions locales identifiées sont au nombre de huit. Il faut noter que dans la Lékié certaines variétés n'ont pas pu être décrites à cause de l'absence des fruits sur l'arbre. Certaines accessions sont communes aux deux Départements et diffèrent uniquement par les appellations locales. C'est le cas des Améliorées du Cameroun ou *Mangues Dames* dans les deux Départements, *Dog Béti* dans la Lékié et *Mangue Bamoun* dans le Noun, *Mangue Américaine* dans le Noun et *Mangue Papaye* dans la Lékié. Le nombre de variété obtenue dans cette étude est supérieur à ceux trouvés au Tchad par Passannet et al. (2017) qui ont identifiés quatre variétés locales, et Ternoy et al. (2006) au Sénégal qui ont identifié six variétés locales.

La période de production des mangues est de fin janvier pour certaines variétés précoces qui sont les variétés qui ont la capacité de produire les fruits avant les autres (Rey et al, 2004) comme les *Mangues Bamoun* dans le Noun, *Dog Béti* dans la Lékié, et s'étendent jusqu'à juillet pour la variété Améliorée du Cameroun. Ces résultats sont similaires à ceux de Kuaté et al, (2006), dans les zones périurbaines de Yaoundé qui ont trouvé que les mangues vertes produisent entre février et mai. De même au Tchad, Passannet et al. (2017) au cours d'une enquête ont remarqué que les mangues locales commencent à produire de fin janvier et s'étendent jusqu'à début août.

Les récoltes sont programmées lorsqu'il y'a évolution de la coloration de l'épiderme qui passe du vert foncé au vert pâle. La récolte se fait beaucoup plus avec les crochets, la grimpe (méthode traditionnelle), la lance des cailloux, et le ramassage des fruits tombés au sol. Ces différentes pratiques, particulièrement la méthode traditionnelle est la plus pratiquée au Tchad d'après Passannet et al. (2017).

Le mûrissement se fait généralement sur l'arbre et aucune pratique de conservation n'est utilisée. La méthode de vente la plus utilisée est la mise en cageot et en contenant varié quel que soit la zone. Les revenus servent à assurer les besoins de première nécessité. Les fruits avariés sont jetés. Il est à noter que beaucoup de fruits ne sont pas destinés à la vente et servent beaucoup plus de dessert ou d'amuse-gueule. Des observations similaires ont été faites par Kuaté et al. (2006) et Bourou et al. (2019). Les maladies les plus répandues sont beaucoup plus l'anthracnose sur feuille et celles causant la chute des fruits immatures et le dépérissement du manguier. Les résultats pareils ont été trouvés par (Vannier et al, 2004).

Conclusion

A l'issue de cette enquête dans le Département du Noun et de la Lékié qui sont deux Départements situées dans deux zones agro écologiques différentes et ayant un fort potentiel de mangues locales, on constate que la culture de la mangue reste rudimentaire et pratiquée par les personnes âgées

ayant un niveau intellectuel primaire et ne bénéficiant d'aucun encadrement technique. Cependant on note que les pratiques sont nettement meilleures dans le Noun, à cause du marché très développé de ce fruit vers certains pays de la sous-région et la présence d'une grande usine de séchage de mangues à Foubot. Huit accessions locales ont été répertoriées mais elles sont produites sans respect de l'itinéraire technique tel que recommandé par les spécialistes. Il serait plus intéressant de mettre en valeur ces différentes accessions en les caractérisant morphologiquement et physiquement. Les techniques de récolte sont à améliorer et les méthodes de conservation sont à penser. Malgré la présence de certains ravageurs causant d'énormes pertes, l'activité procure des revenus modestes permettant d'assouvir les besoins de première nécessité. Toutefois, on conseille aux différents producteurs :

- D'agrandir leur surface d'exploitation en créant des véritables vergers sur des surfaces appropriées ;
- De respecter l'itinéraire technique de plantation des arbres fruitiers en se rapprochant des instituts de recherche comme l'IRAD (station de Foubot dans le Noun et Nkolbisson dans la Lékié) en vue d'un meilleur suivi ;
- Il serait bénéfique pour eux de se regrouper en GIC ou en Coopérative pour trouver des stratégies afin de mieux écouler leur produit ;
- D'étaler leur production en se procurant les variétés locales greffées auprès des instituts de recherche, qui produiront en un temps relativement court (03 ans) et en contre saison.

References:

1. AFRISTAT, (2001). Rapport final d'enquête test sur l'estimation de la production fruitière. Observatoire Economique et Statistique d'Afrique Subsaharienne. Mali, série méthode numéro 5, 146p.
2. Boukar, O. (2015). Caractéristiques socio-économiques et techniques de l'élevage bovin à viande dans le département du Noun, région de l'ouest Cameroun, mémoire d'ingénieur FASA Dschang, 88p.
3. Bourou, S., Adamou, I., Madou, C., Kuate, J. (2019). Diagnostic du mode d'exploitation et contraintes majeures des vergers fruitiers et autres espèces arboricoles dans la région du Nord Cameroun. *Int. J. Biol. Chem. Sci*, 13(1) : 215-264.
DOI :<https://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v13i1.21>
4. Brustel, L. (2018). Evaluation de l'effet de pratiques culturales (paillage / enherbement du sol / récolte prophylactique précoce) en vergers de manguier (*Mangifera indica* L.) sur la régulation de bio agresseurs de la floraison et de la fructification : les cas de la cécidomyie des fleurs (*Procontarinia mangiferae*) et des mouches des

- fruits (Diptera : Tephritidae), mémoire d'ingénieur, INP de Toulouses, p.117.
5. Kosterman, AJ., Bompard, JM. (1993). The mangoes, their botany, nomenclature, horticulture and utilization. Academic Press. London, p. 233.
 6. Kuate , J ., Bella, M ., Damesse, F., Kouodiekong, L., Atanga, SN., David, O., Parrot, L. (2006). Enquête sur les cultures fruitières dans les exploitations familiales agricoles en zone humide du Cameroun. *Fruits*, 61(6): 373–387.
DOI: 10.1051/fruits:2006037 www.edpsciences.org/fruits.
 7. Mballa-Mbarga, CY. (2015). Etude diagnostique sur le développement de la culture fruitière dans le Centre, l'Adamaoua et le Nord Cameroun. Rapport de mission de l'organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture, p.55.
 8. Normand, F., Hamasselbe, A. (1991). Fiche technique manguier. IRFA.CIRAD, N°21.IRA Section fruits, Garoua, p.12.
 9. Passannet-Schinzoumka, A., Aghofack-Nguemezi, J., Gatsing, D.(2017). Diversité de variétés, de production et de conservation des mangues au Tchad. *Int. J. Biol .Chem. Sci*, 11 (3).1145-1164.DOI : <https://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.u11i318>
 10. Pompidou, D. (2000). Analyse économique de l'intégration de l'élevage du poulet de chair dans les systèmes de production agricole de la Léké : cas de Nkometou III, mémoire de master II, Université de Dschang, p.95.
 11. Rey, JY., Diallo, TM., Vannière, H., Didier, C., Kéita, S., Sangaré, M. (2004). La mangue en Afrique de l'Ouest francophone: variétés et composition variétale des vergers. *Fruits*, 59(3): 191–208. DOI: 10.1051/fruits:2004018.
 12. Sougnabe, SP., Woin, N., Lyannaz, J P., Rey, JY., Sali B. (2010). Caractérisation des bassins et des systèmes de production fruitière dans les savanes d'Afrique centrale. Acte du Colloque des Savanes africaines en développement : innover pour durer, Garoua, Cameroun. Cirad, 10 p.
 13. Ternoy, J., Austin, JE., Poublanc, C., Diop, M., Nugawela, P., Dioh S. (2006). La chaîne de valeurs de la mangue au Sénégal. Analyse et cadre stratégique d'initiatives pour la croissance de la filière. Rapport du Programme USAID/Croissance économique, 91p.
 14. Vanniere, H., Didier, C., Rey, JY., Diallo, M., Keita, S., Sangaré, M. (2004). La mangue en Afrique de l'ouest francophone : les systèmes de production et les itinéraires techniques. *Fruits*, vol .59(6) : 383-398. DOI : 10.1051 /fruits : 2005001.



ESJ Natural/Life/Medical Sciences

Etude Phytochimique Des Écorces De Racines Et Des Feuilles De *Securidaca longipedunculata* (Fresen), *Polygalaceae* Au Mali

Dembele Daouda L

Haidara Mahamane

Denou Adama

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

Sanogo Rokia

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

Département de Médecine Traditionnelle, Bamako, Mali

[Doi:10.19044/esj.2021.v17n29p145](https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n29p145)

Submitted: 03 June 2021

Accepted: 06 July 2021

Published: 31 August 2021

Copyright 2021 Author(s)

Under Creative Commons BY-NC-ND

4.0 OPEN ACCESS

Cite As:

Dembele D.L., Haidara M., Denou A & Sanogo R. (2021). *Etude Phytochimique Des Écorces De Racines Et Des Feuilles De Securidaca Longipedunculata (Fresen), Polygalaceae Au Mali*. European Scientific Journal, ESJ, 17(29), 145.

<https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n29p145>

Résumé

Securidaca longipedunculata est une plante largement utilisée en Médecine Traditionnelle Africaine. L'objectif de ce travail est de caractériser les constituants chimiques et anti-radicalaires des feuilles et des écorces de racines de la plante. Les échantillons ont été récoltés et contrôlés, des extraits ont été préparés et les rendements déterminés, les constituants ont été caractérisés par des réactions colorées et de précipitation et par la chromatographie sur couche mince. Les caractères macroscopiques des organes sont entre autres : lisse, épaisse et jaune clair, tortueuse, rugueuse avec une odeur caractéristique pour l'écorce et la racine ; alternes, entières, simples, oblongues-elliptiques, sommet arrondi avec un pétiole mince pour les feuilles. La poudre des échantillons est de couleur blanche sale, d'odeur forte repoussante et de saveur piquante pour les écorces de racines ; couleur verdâtre, odeur faible non repoussante et de saveur légèrement piquante pour

les feuilles. Le meilleur rendement de l'extraction est 33,24% pour le décocté 20% des écorces de racines et 36,37% pour l'extrait hydroalcoolique de feuilles. Les constituants chimiques communs aux deux organes sont les composés triterpéniques et les coumarines ; plus particulièrement les flavonoïdes, tanins et les alcaloïdes sont les constituants majoritaires des feuilles. En plus les mucilages, oses et holosides sont modérément présents dans les deux organes. La richesse des échantillons des deux organes en ses constituants peut justifier certaines utilisations traditionnelles de la plante.

Mots clés: *Securidaca longipedunculata*, *Polygalaceae*, Composés Triterpéniques, Coumarines, Substances Antiradicalaires, Mali

Phytochemical Study Of Root Bark And Leaves Of *Securidaca longipedunculata* (Fresen), *Polygalaceae* In Mali

Dembele Daouda L

Haidara Mahamane

Denou Adama

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

Sanogo Rokia

Faculté de Pharmacie, Université des Sciences des Techniques et des
Technologies de Bamako (USTTB), Mali
Département de Médecine Traditionnelle, Bamako, Mali

Abstract

Securidaca longipedunculata is a plant widely used in African Traditional Medicine. The objective of this work was to characterize the chemical constituents of the leaves and root bark of the plant. Samples were collected and checked, extracts were prepared and the yield were determined. The chemical and anti-free radical constituents were characterized by color and precipitation reactions and by thin layer chromatography. The macroscopic characters of the organs are, among others: smooth, thick and light yellow, twisted, rough with a characteristic odor to the root bark; alternate, entire, simple, oblong-elliptical, rounded top and a thin petiole for the leaves. The powder of the samples is dirty white, with a strong repulsive odor and pungent flavor for the root bark; greenish color, faint non-repulsive odor and slightly pungent flavor for the leaves. The best extraction yield was 33.24% for the aqueous extract 20% of the root bark and 36.37% for the hydroalcoholic extract of the leaves. The chemical constituents common to both organs are triterpene compounds and coumarins; while flavonoids, tannins and alkaloids are the major constituents of the leaves. In addition,

mucilages, oses and holosides are moderately present in both organs. Samples from both organs were found to be rich in anti-free radical constituents. The richness of organ samples in these constituents may justify certain traditional uses of the plant.

Keywords: *Securidaca longipedunculata*, *Polygalaceae*, Triterpene Compounds, Coumarins, Anti-Free Radicals, Mali

Introduction

Securidaca longipedunculata est une plante largement utilisée en médecine traditionnelle africaine dans la prise en charge de nombreuses maladies incluant l'inflammation, les maux de tête, la polyarthrite rhumatoïde, le rhumatisme chronique, les douleurs abdominales etc. (Joseph *et al.*, 2006). Les feuilles et les écorces de racines sont les organes les plus utilisés entre autres dans le traitement de la polyarthrite rhumatoïde, le rhumatisme chronique (OOAS, 2013). Au Mali, la poudre de racine est utilisée contre les migraines, pour chasser les serpents des habitations et contre les mauvais esprits.

De nombreux travaux ont permis de caractériser les constituants chimiques de *S. longipedunculata* notamment les saponines, tanins, anthraquinones, alcaloïdes, terpènes, stérols, sucres, (Mitaine-Offer *et al.*, Muanda, *et al.*, 2010). Certains constituants chimiques comme le salicylate de méthyle, l'ergotine, l'elymoclavine, le dihydroelymoclavine et les saponines triterpéniques, l'acide sinapique et l'acide caféique ont été respectivement isolés des racines et des écorces de racines de la plante (Belmain *et al.*, 2002 ; Stevenson *et al.*, 2009).

Des études ont montré différentes propriétés des feuilles et des écorces de racines de la plante notamment antalgiques, anti-inflammatoires et anti-oxydantes (Ojewole *et al.*, 2008 ; Muanda, *et al.*, Akinmoladun *et al.*, 2010 ; Alafe *et al.*, 2015).

Des travaux ont permis de déterminer la toxicité aiguë des extraits aqueux et éthanoliques des racines et des écorces de racines et de tige (Kamba and Hassan, Ajiboye *et al.*, 2010). Au Département Médecine Traditionnelle (DMT) du Mali, des études ont permis de démontrer les propriétés antalgiques, anti-inflammatoires et de déterminer la toxicité des extraits aqueux des racines de *S. longipedunculata* (Tolo, 2001).

Les objectifs de ce travail sont de (i) contrôler la qualité des organes des échantillons ; (ii) caractériser leurs constituants chimiques et antiradicalaires.

Matériel

Les échantillons des écorces de racines et de feuilles ont été récoltés respectivement en mars et mai 2010 à Blendio (11° 37' 06" nord, 6° 20' 34" ouest) et à Kati (12° 44' 48.001" nord 8° 4' 17" ouest). Ils ont été identifiés au Département Médecine Traditionnelle (DMT) par Mr Seydou DEMBELE, ingénieur des eaux et forêts et un spécimen a été déposé à l'herbier de cette structure pour des raisons de référence. Les échantillons ont été séchés pendant deux semaines puis pulvérisés au moulin pour obtenir une poudre grossière qui a servi pour les analyses.

Méthodes

Contrôle de qualité botanique

Les caractères macroscopiques des échantillons ont été observés à l'œil nu. Les caractères organoleptiques des poudres ont été déterminés par appréciation de la couleur à l'œil nu ; l'odeur en approchant les poudres aux narines et la saveur en mettant sur le bout de la langue environ 2 g de poudres pendant 10 à 30 minutes. Selon la monographie de la plante décrite dans la pharmacopée de l'Afrique de l'Ouest (OOAS, 2013), la racine est tortueuse, rugueuse, jaune-claire, très épaisse avec une odeur particulière ; les feuilles sont de couleur verte, simple et peu pétiolées, oblongues. La poudre de feuille est de couleur verdâtre avec une odeur particulière.

Dosages

Les référentiels de tests d'identité et de pureté des drogues de la plante selon la monographie de la plante décrite dans la pharmacopée de l'Afrique de l'Ouest (OOAS, 2013) sont : teneur en humidité ($\geq 4,59\%$), cendres totales ($2,33\%$), substances extractibles par l'eau ($\leq 19,29\%$).

Teneur en eau

La teneur en eau a été effectuée par la méthode volumétrique : 100 mL de toluène et 1mL d'eau distillée ont été introduits dans un ballon. L'ensemble a été distillé pendant une heure puis refroidi pendant 30 minutes. Après une première lecture avec précision à 0,05 mL près, le volume a été noté. 5 g de poudre des échantillons ont été ensuite introduits dans le ballon puis chauffés à une température constante de 100°C pendant une heure pour entraînement complet de l'eau. Après refroidissement pendant 30 minutes, une deuxième lecture du volume a été effectuée.

Les volumes obtenus ont permis de calculer la perte de volume et de calculer la teneur en eau de chaque poudre exprimée en pourcentage.

Teneur en cendres totales

Les poudres débarrassées d'eau et séchées au cours de la détermination de la teneur en eau ont été calcinées dans un four à 600°C pendant 6 heures. Après refroidissement dans un dessiccateur, les cendres ont été pesées. Les quantités obtenues ont permis de déterminer les masses de cendres et de calculer la teneur en cendres totales, exprimée en pourcentage.

Teneur en cendres sulfuriques

Les poudres sont calcinées comme précédemment en présence d'acide sulfurique dilué.

La teneur en cendre sulfurique est donnée par le rapport de la masse de cendre sur la prise d'essai, exprimé en pourcentage.

Teneur en cendres insolubles dans l'acide chlorhydrique à 10%

Les cendres totales obtenues ont été reprises avec 20 mL d'acide chlorhydrique à 10%. L'ensemble a été porté à l'ébullition au bain-marie pendant 15 minutes. La solution obtenue a été filtrée. Le résidu a été recueilli sur un filtre sans cendre placé dans un creuset taré et calciné au four à 600°C pendant 6 heures. Le creuset a été refroidi dans un dessiccateur.

La masse de cendres insolubles dans l'acide chlorhydrique est exprimée en pourcentage.

Dosage des substances extractibles par l'eau

Sur un décocté de 1 g de poudre de drogue dans 20 mL d'eau distillée, le filtrat obtenu a été évaporé à sec dans une capsule puis repesée. Le pourcentage (%) de substances extractibles par l'eau a été obtenu en appliquant la formule suivante :

$$\text{Pourcentage de substances extractibles} = \frac{\text{masse après étuve-tare}}{\text{nombre de capsules}} \times 100$$

Préparation des extraits

Décoction 20%

Un total de 200 grammes de poudre de drogue a été bouillie dans 1000 mL d'eau distillée pendant 30 minutes. Après refroidissement, le mélange a été filtré en utilisant le coton et les feuilles de compresse. Le filtrat a été concentré à l'évaporateur rotatif (Rotavapor) puis congelé et lyophilisé. Dix gouttes d'octanol ont été ajoutées au filtrat des écorces de racines en raison de l'abondance de mousse pour faciliter la concentration.

Extraction avec l'éthanol à 70%

Un total de 200 grammes de poudre de drogue a été mis en macération dans 1000 mL d'éthanol à 70% pendant 24 heures. Après refroidissement, le

mélange a été filtré en utilisant le coton et les feuilles de compresse. Le filtrat a été évaporé à sec en utilisant un évaporateur rotatif (Rotavapor) et repris avec un peu d'eau puis congelé et lyophilisé.

Le rendement des extraits (décocté et macéré éthanolique) a été déterminé.

Extraction par les solvants à polarité croissante

Une extraction avec les solvants à polarité croissante a été effectuée. Cinq grammes de poudre des échantillons ont été successivement traités jusqu'à épuisement avec 100 mL d'éther de pétrole, de dichlorométhane (DCM), d'acétate d'éthyle, de méthanol, d'eau distillée chauffée à 50°C et à 100°C. Pour chaque solvant organique, il a été procédé une macération sous agitation magnétique à la baguette pendant 1 heure. Le marc obtenu après chaque extraction organique a été repris avec 100 mL du solvant suivant selon sa polarité et ainsi de suite. Le marc obtenu après l'extraction avec le méthanol a été soumis pendant 15 minutes respectivement à une digestion et une décoction épuisée pour récupérer les constituants qui passent dans l'eau à 50°C et à 100°C.

Le digesté 50%, le décocté épuisé 100%, le décocté 20% et l'extrait éthanolique 70% ont été utilisés pour la chromatographie sur couche mince.

Caractérisation des principaux constituants

Les constituants chimiques et antiradicalaires des extraits des échantillons ont été caractérisés en utilisant des réactions colorées et de précipitation en tube selon les méthodes générales d'analyse des matières végétales selon OUA (1988) et par la chromatographie sur couche mince (CCM) selon Wagner et Bladt, (1996) ; Sanogo *et al.*, (2014). Ainsi, ont été caractérisés les constituants comme les **alcaloïdes** (réactif de Dragendorff), les **tanins** (chlorure ferrique à 1%), flavonoïdes (réaction à la Cyanidine), les **saponosides** (détermination de l'indice de mousse), les **coumarines** (ammoniaque).

Les résultats ont été exprimés en nombre de croix selon l'intensité des constituants.

La chromatographie sur couche mince a été utilisée pour confirmer la présence de certains constituants. Un volume d'environ 10 µL des extraits aqueux et éthanolique 70% (10 mg/mL) a été déposé à l'aide de micropipettes sur une plaque de gel de silice 60GF254 de 0,25 mm d'épaisseur. Les plaques ont été migrées dans le système de solvants : Butanol - Acide acétique - Eau (60-15-25). Elles ont été ensuite séchées et observées à la lampe UV à 254 nm pour observer les taches visibles à la lampe ultraviolette et à 366 nm pour les taches qui donnent des fluorescences. Pour la révélation, divers réactifs ont été utilisés dont le Réactifs de Godin : Solution A (Vanilline 1g + 100 mL Ethanol

95°) + Solution B (Acide perchlorique 3 mL + q.s.p 100 mL H₂O) et Solution C (Acide sulfurique 10 mL + 90 mL Ethanol 95°).

Pour la caractérisation des constituants antiradicalaires, les plaques ont été révélées avec la solution méthanolique de 1-1 Diphényl-2-Picryl-Hydrazine (DPPH), dans la proportion 2 mg/10 mL. Les constituants antiradicalaires apparaissent sous forme de taches de couleur jaune sur fond violet. Le Rapport frontal (Rf) des taches a été calculé.

Résultats et discussion

Qualité botanique des échantillons

Caractères macroscopiques

L'écorce est lisse, épaisse, de couleur jaune clair et couvre une fibre de bois jaune. La racine est très épaisse avec une odeur caractéristique de salicylate de méthyle. Les feuilles sont alternes, entières, simples, oblongues-elliptiques, avec des poils très fins. Elles ont un sommet arrondi, une base étroite effilée avec un pétiole mince.

Caractères organoleptiques

La poudre des écorces de racines est de couleur blanche sale, d'odeur caractéristique forte repoussante et de saveur piquante. Celle de feuilles est de couleur verte, d'odeur faible non repoussante et de saveur légèrement piquante.

Les caractères botaniques des échantillons sont analogues à ceux rapportés par la littérature, notamment sur la monographie de la plante décrite dans la Pharmacopée de l'Afrique de l'Ouest (OOAS, 2013).

Dosages

Les pourcentages des différents dosages sont indiqués dans le Tableau 1. Les teneurs en eau, cendres sulfuriques, cendres insolubles dans l'acide chlorhydrique 10% sont inférieures à celles obtenues par Sanogo (1989) qui avait travaillé sur les feuilles, les écorces de tronc et de la racine de la plante. Les valeurs ci-démontrés ici, respectent les normes selon la Pharmacopée de l'Afrique de l'Ouest (OOAS, 2013). Ces faibles teneurs témoignent respectivement les bonnes conditions de séchage et la moindre présence de corps étrangers comme la poussière, le sable dans nos échantillons qui sont souvent préjudiciables à leur qualité (Paris et Hurabielle, 1981).

Par ailleurs, la teneur en substances extractibles par l'eau indique le passage d'un grand nombre de constituants dans l'eau et confirme ainsi la pertinence des formes d'utilisations traditionnelles en tisanes des feuilles et des écorces de racines.

Tableau 1. Dosages sur les matières premières

| Substances dosées | Teneurs (%) | |
|--|--------------------|----------|
| | Ecorces de racines | Feuilles |
| Eau | 6,00 | 8,00 |
| Cendres totales | 3,80 | 2,68 |
| Cendres insolubles dans HCl (10%) | 1,83 | 0,32 |
| Substances extractibles par H ₂ O | 26 | 26 |

Rendement des extractions

Les meilleurs rendements des extractions ont été de **33,24%** pour le décocté 20% des écorces de racines et **36,37%** pour l'extrait éthanol 70° des feuilles (Tableau 2).

Le résultat de l'extraction aqueux (décoction) est semblable à celui obtenu par Tolo (2001) qui avait travaillé sur les racines de la même plante.

Tableau 2. Rendement de l'extraction avec l'eau et l'éthanol 70%

| Extraits | Organes | Rendement (%) |
|------------------------|--------------------|---------------|
| Éthanol alcoolique 70° | Ecorces de racines | 23,36 |
| | Feuilles | 36,37 |
| Décocté 20% | Ecorces de racines | 33,24 |
| | Feuilles | 31,97 |

Constituants chimiques et antiradicalaires

Tous les deux échantillons sont riches en coumarines, mucilages, saponosides, oses et holosides (Tableau 3). Les tanins et les flavonoïdes étaient plus abondants dans les feuilles alors que les saponosides l'étaient dans les écorces de racines. La chromatographie sur couche mince (CCM) a confirmé la présence de certains composés tels que les coumarines et les flavonoïdes. L'apparition des taches bleues dans les extraits des écorces de racines et des taches jaunes dans les extraits des feuilles pourrait indiquer la présence respective des coumarines et de flavonosides (Figure 1).

Ces résultats sont similaires à ceux obtenus par Sanogo (1989) à la différence de la présence de leucoanthocyanes détectés dans son échantillon de feuilles.

L'apparition de taches jaunâtres sur fond violet pour les extraits pourrait être due à la présence de constituants antiradicalaires. Les extraits des feuilles sont plus riches en constituants antiradicalaires que les extraits des écorces de racine (Figure 2). Le rapport frontal (Rf) des taches correspondantes à ces composés sont présentés dans le Tableau 4. Cette activité antiradicalaire pourrait être due à la présence des composés polyphénoliques et des saponosides (Bruneton, 2016).

La richesse des échantillons en ces constituants chimiques et antiradicalaires pourrait justifier les nombreux usages traditionnels,

l'isolement de molécules cibles comme principes actifs (Belmain *et al.*, 2002 ; Stevenson *et al.*, 2009) et de confirmer les activités pharmacologiques démontrées de la plante par les travaux antérieurs (Ojewole *et al.*, 2008 ; Muanda, *et al.*, Akinmoladun *et al.*, 2010 ; Alafe *et al.*, 2015).

Tableau 3. Données du criblage phytochimique des feuilles et des écorces de racines

| Groupes chimiques | Écorces de racines | Feuilles |
|---------------------|--------------------|----------|
| Alcaloïdes | - | ++ |
| Coumarines | ++ | ++ |
| Flavonoïdes | - | +++ |
| Tanins | Traces | +++ |
| Mucilages | ++ | ++ |
| Oses et Holosides | ++ | ++ |
| Saponosides (IM) | +++ (2000) | + (166) |
| Stérols et Terpènes | ++ | - |

+++ : présence plus abondante ; ++ : présence modérée ; - : absence ; IM : indice de mousse

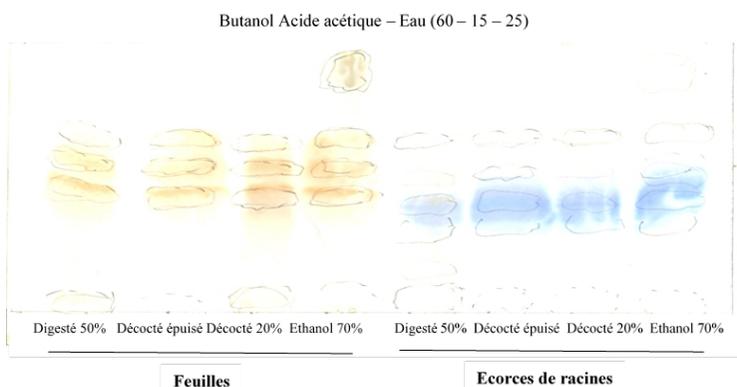


Figure 1. Plaques CCM des extraits aqueux et éthanol 70° de feuilles et des écorces de racines après révélation au Godin (mise en évidence de triterpènes et de coumarines)

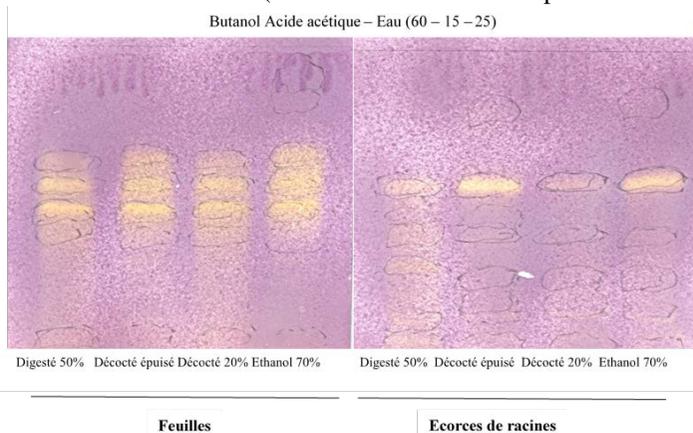


Figure 2. Plaques CCM des extraits aqueux et éthanol 70° de feuilles et des écorces de racines après révélation au DPPH (mise en évidence des constituants antiradicalaires)

Tableau 4. Rapport frontal (Rf) des constituants possédant une activité antioxydante contre le DPPH des extraits aqueux et éthanol 70° des écorces de racines et des feuilles ; Système de solvant : Butanol - Acide acétique – Eau (60-15-25)

| Drogue | Nature des extraits | Rf des constituants |
|--------------------|---------------------|---|
| Ecorces de racines | Digested 50% | 0,06 ; 0,17 ; 0,31 ; 0,40 ; 0,48 ; 0,65 |
| | Décocté 20% | 0,05 ; 0,33 ; 0,52 |
| | Décocté épuisé 100% | 0,05 ; 0,65 |
| | Ethanol 70° | 0,03 ; 0,35 ; 0,41 ; 0,51 ; 0,55 ; 0,66 |
| Feuilles | Digested 50% | 0,43 ; 0,55 ; 0,63 |
| | Décocté 20% | 0,42 ; 0,55 ; 0,63 |
| | Décocté épuisé | 0,42 ; 0,53 ; 0,62 |
| | Ethanol 70° | 0,43 ; 0,53 ; 0,65 |

Conclusion

Au terme de ce travail, il ressort que les feuilles et les écorces de racines de *S. longipedunculata* récoltées respectivement à Kati et Blendio (Mali) sont de qualité et contiennent des constituants chimiques et antiradicalaires pouvant justifier les diverses utilisations traditionnelles de l'espèce locale. Des études expérimentales supplémentaires sont nécessaires pour confirmer les activités pharmacologiques.

References:

1. Ajiboye, T.O., Salau, A.K., Yakubu, M.T., Oladiji, A.T., Akanji, M.A., and Okogun, J.I. (2010). Aqueous extract of *Securidaca longipedunculata* root induce redox imbalance in male rat liver and kidney. *Human and Experimental Toxicology* 29(8) 679–688.
2. Akinmoladun, A.C., Obuotor, E.M., Farombi, E.O. (2010). Evaluation of antioxidant and free radical scavenging capacities of some Nigerian indigenous medicinal plants. *Journal of Medicinal Food* 13(2):444-451.
3. Alafe, A.O., Elufioye, T.O., Faborode, O.S., Moody, J.O. (2015): Anti-inflammatory and Analgesic Activities of *Securidaca longipedunculata* Fers (Polygalaceae) Leaf and Stem Bark Methanolic Extract, *Afr. J. Biomed. Res.* Vol.17 (September, 2014); 187- 191.
4. Belmain, S.R., Jayasekara, T.K., Stevenson, P.C., Farman, D.I., and Hall, D.R. (2002). Identification of methyl salicylate as the principal volatile component in the methanol extract of root bark of *Securidaca longipedunculata* Fers. *J. Mass Spectrom.* 2002; 37: 577–580.
5. Bruneton, J. (2016). *Pharmacognosie, phytochimie, plantes médicinales*, 5^{ème} édition, Éditions Lavoisier Tec & Doc, 2016, 1 488 p.

6. Joseph, C.C., Moshi, M.J., Sempombe, J., & Nkunya, M.H.H. (2006). (4-Methoxy-benzo [1, 3] dioxol-5-yl)-Phenylmethanone: an antibacterial benzophenone from *Securidaca longepedunculata*. *African Journal of Traditional, Complementary and Alternative Medicines*, 3(3), 80-86.
7. Kamba, A.S., and Hassan, L.G. (2010). Antibacterial Screening and Brine Shrimp (*Artemia salina*) Toxicity of *Securidaca longepedunculata* (Polygalaceae) Root Bark. *African Journal of Pharmaceutical Sciences and Pharmacy* 2010 ;1 :1.
8. Mitaine-Offer, A.C., Pénez, N., Miyamoto, T., Delaude, C., Mirjolet, J.F., Duchamp, O., Lacaille-Dubois, M.A. (2010). Acylated triterpene saponins from the roots of *Securidaca longepedunculata*. *Phytochemistry* 71(1):90-94.
9. Muanda, F.N., Dicko, A., Soulimani, R. (2010). Assessment of polyphenolic compounds, in vitro antioxidant and anti-inflammation properties of *Securidaca longepedunculata* root barks. *Comptes Rendus de Biologie* 333(9):663-669.
10. Ojewole, J.A. (2008): Analgesic, anti-inflammatory and hypoglycaemic effects of *Securidaca longepedunculata* Fresen (Polygalaceae) root bark aqueous extract : *Inflammatory pharmacology*. 16 (4): 174-181.
11. Organisation Ouest-Africaine de la Santé (OOAS, 2013). *Pharmacopée d'Afrique de l'Ouest. Securidaca longepedunculata. Fresen (Polygalaceae)*. p173-177.
12. OUA, (1988). *Pharmacopée africaine. Méthodes générales d'analyses*, Lagos, Vol.2. p264.
13. Paris, M., Hurabielle, M. (1981). *Abrégé de matière médicale, pharmacognosie. Tome 1, Généralités. Monographies : plantes à glucides (holosides, hétérosides), à lipides, à huiles essentielles, à protides et à alcaloïdes*. Paris : Masson, 1981. 1 vol. (XV-339 p).
14. Sanogo, R., Doucouré, M., Fabre, A., Diarra, B., Dénou, A., Kanadjigui, F., ... & Diallo, D. (2014). Standardisation et essai de production industrielle d'un sirop antipaludique à base d'extraits de *Argemone mexicana* L. *Pharmacopée et médecine traditionnelle africaine*, 17(1).
15. Sanogo, R. (1989) : *Méthodes traditionnelles de contraception en milieu Bamanan, Soninké et Senoufo au Mali*. Thèse de Pharmacie – Bamako, n° 27. 224 pages.
16. Stevenson, P.C., Dayarathna, T.K., Belmain, S.R., and Nigel C.V. (2009). Bisdesmosidic Saponins from *Securidaca longepedunculata* Roots: Evaluation of Deterrence and Toxicity to Coleopteran Storage Pests. *J. Agric. Food Chem*, 57, 8860–8867.

17. Tolo. D, (2001). Etude des activités biologiques et de la toxicité des écorces de racines de *Securidaca longipedunculata* Fresen; Thèse en pharmacie – Bamako, 110 pages.
18. Wagner, H., & Bladt, S. (1996). Plant drug analysis : a thin layer chromatography atlas. Springer Science & Business Media.



ESJ Natural/Life/Medical Sciences

Analyse Structurale De La Déformation Dans Les Granitoïdes Éburnéens De La Région De Doropo (Nord-Est De La Côte d'Ivoire)

Ziandjêdé Hervé Siagné

Laboratoire de Géologie, Ressources Minérales et Energétiques, Université Félix Houphouët-Boigny, Abidjan-Cocody, Abidjan, Côte d'Ivoire
Univ Rennes, Géosciences Rennes, Campus de Beaulieu, France

Tahar Aïfa

Univ Rennes, Géosciences Rennes, Campus de Beaulieu, France

Alain Nicaise Kouamelan

N'Guessan Nestor Houssou

Wilfried Digbeu

Laboratoire de Géologie, Ressources Minérales et Energétiques, Université Félix Houphouët-Boigny, Abidjan-Cocody, Abidjan, Côte d'Ivoire

[Doi:10.19044/esj.2021.v17n29p157](https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n29p157)

Submitted: 01 July 2021

Accepted: 03 August 2021

Published: 31 August 2021

Copyright 2021 Author(s)

Under Creative Commons BY-NC-ND

4.0 OPEN ACCESS

Cite As:

Siagné Z.H., Aïfa T., Kouamelan A.N., Houssou N. N. & Digbeu W. (2021). *Analyse Structurale De La Déformation Dans Les Granitoïdes Éburnéens De La Région De Doropo (Nord-Est De La Côte d'Ivoire)*. European Scientific Journal, ESJ, 17(29), 157.

<https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n29p157>

Résumé

Les travaux réalisés dans la région de Doropo, au Nord-Est de la Côte d'Ivoire dans le domaine paléoproterozoïque, ont permis de mettre à jour les informations géologiques préexistantes. C'est une zone caractérisée par un socle granito-gneissique et affectée par une importante couverture latéritique. Cela a rendu cette région longtemps inaccessible pour y mener des travaux de recherche.

Les récentes campagnes de terrain réalisées au cours de cette étude ont révélé une lithologie constituée de granite à biotite, granite gneissique et migmatitique, granodiorite, gabbro, amphibolite et rhyolite. Ces formations ont été affectées par des structures majeures telles que les foliations, fractures, couloirs de cisaillements, plis et fractures. Ces structures sont pour la plupart

orientées principalement NE-SW. Ce qui suggère que la déformation ayant prévalu dans la région est une compression NW-SE.

Mots-clés: Tectonique, Granitoïdes, Craton Ouest Africain, Nord-Est Côte d'Ivoire, Doropo

Structural Analysis Of The Deformation In The Eburnean Granitoids Of The Doropo Region (Northeast Côte d'Ivoire)

Ziandjêdé Hervé Siagné

Laboratoire de Géologie, Ressources Minérales et Energétiques, Université Félix Houphouët-Boigny, Abidjan-Cocody, Abidjan, Côte d'Ivoire
Univ Rennes, Géosciences Rennes, Campus de Beaulieu, France

Tahar Aïfa

Univ Rennes, Géosciences Rennes, Campus de Beaulieu, France

Alain Nicaise Kouamelan

N'Guessan Nestor Houssou

Wilfried Digbeu

Laboratoire de Géologie, Ressources Minérales et Energétiques, Université Félix Houphouët-Boigny, Abidjan-Cocody, Abidjan, Côte d'Ivoire

Abstract

The work carried out in the Doropo region, located in the northeast of Côte d'Ivoire in the Paleoproterozoic domain, has allowed the updating of pre-existing geological information. It is an area characterized by a granite-gneissic basement and affected by an important lateritic cover. This has made the area inaccessible for a long time for any exploration work.

The recent field trip carried out during this study revealed a lithology that includes biotite granite, gneissic and migmatitic granite, granodiorite, gabbro, amphibolite and rhyolite. These lithologies have been affected by major structures such as foliations, fractures, shear bands, folds and fractures. These structures are mostly oriented mainly NE-SW. This suggests that the deformation that has prevailed in the region is a NW-SE compression.

Keywords: Tectonic, Granitoids, West African Craton, Northeastern Côte d'Ivoire, Doropo

Introduction

L'assemblage des ceintures de roches vertes et des granitoïdes constituent les principaux terrains paléoprotérozoïques du Craton Ouest Africain (Baratoux *et al.*, 2011 ; Perrouty *et al.*, 2012 ; Block *et al.*, 2016 ; Masurel *et al.*, 2017). Les études structurales sur les granitoïdes de la dorsale

de Man (partie Sud du Craton Ouest Africain) bien que peu nombreuses, se sont multipliées ces dernières années. Cela a permis de comprendre le rôle joué par la mise en place des granitoïdes sur la structuration des ceintures de roches vertes, ainsi que les mécanismes de mise en place des différentes générations de granitoïdes (Lompo *et al.*, 1995 ; Naba *et al.*, 2004 ; Sawadogo *et al.*, 2018).

C'est le cas de la région de Doropo au Nord-Est de la Côte d'Ivoire où on note un manque d'informations géologiques depuis plus d'une décennie. Ce manque serait dû à la mauvaise qualité des affleurements et à l'importante couverture latéritique. L'intérêt porté à cette région résulte de la découverte d'indice d'or dans les zones avoisinantes ainsi que l'importante d'activité d'orpaillage qui s'y déroule (Aïfa, 2021). Ceci a conduit à porter un regard sur cette région en y menant des études géologiques plus poussées afin de comprendre son organisation structurale, et ainsi mettre à jour les données géologiques préexistantes.

La présente étude vise à décrire les différentes formations rencontrées sur le terrain et les déformations les ayant affectées.

Cadre géologique

Le Craton Ouest Africain est constitué des dorsales de Réguibat et de Man situées respectivement au Nord et au Sud (Fig. 1a). Elles sont séparées d'une part par le bassin de Taoudéni d'âge Néoprotérozoïque à Dévonien et d'autre part les fenêtres d'âge Paléoprotérozoïque de Kédougou-Kéniéba et de Kayes (Bessoles, 1977 ; Liégeois *et al.*, 2005 ; Begg *et al.*, 2009 ; Aïfa et Merabet, 2020). Les dorsales de Réguibat et de Man sont dominées dans leur ensemble par des terrains d'âge Paléoprotérozoïque dans la partie Est (Milési *et al.*, 1989 ; Feybesse et Milési, 1994 ; Gasquet *et al.*, 2003 ; Feybesse *et al.*, 2006 ; Pouclet *et al.*, 2006 ; Hein, 2010 ; Baratoux *et al.*, 2011 ; de Kock *et al.*, 2011, 2012 ; Perrouy *et al.*, 2012 ; Block *et al.*, 2016 ; Lebrun *et al.*, 2016 ; Masurel *et al.*, 2017) ainsi que des terrains d'âge Archéen à l'Ouest (Beckinsale *et al.*, 1980 ; MacFarlane *et al.*, 1981 ; Camil *et al.*, 1983 ; Kouamelan *et al.*, 1997a,b ; Bering *et al.*, 1998 ; Thiéblemont, 2005).

La zone d'étude est située au Nord-Est de la Côte d'Ivoire (Fig. 1b). Elle appartient au domaine paléoprotérozoïque de la dorsale de Man. Les travaux antérieurs qui y ont été effectués font mention d'une géologie plus ou moins monotone comprenant les granitoïdes (Lüdtke *et al.*, 1998 ; Vidal *et al.*, 2009 ; Block *et al.*, 2016). Ces granitoïdes ont été recoupés par des filons pegmatitiques et doléritiques.

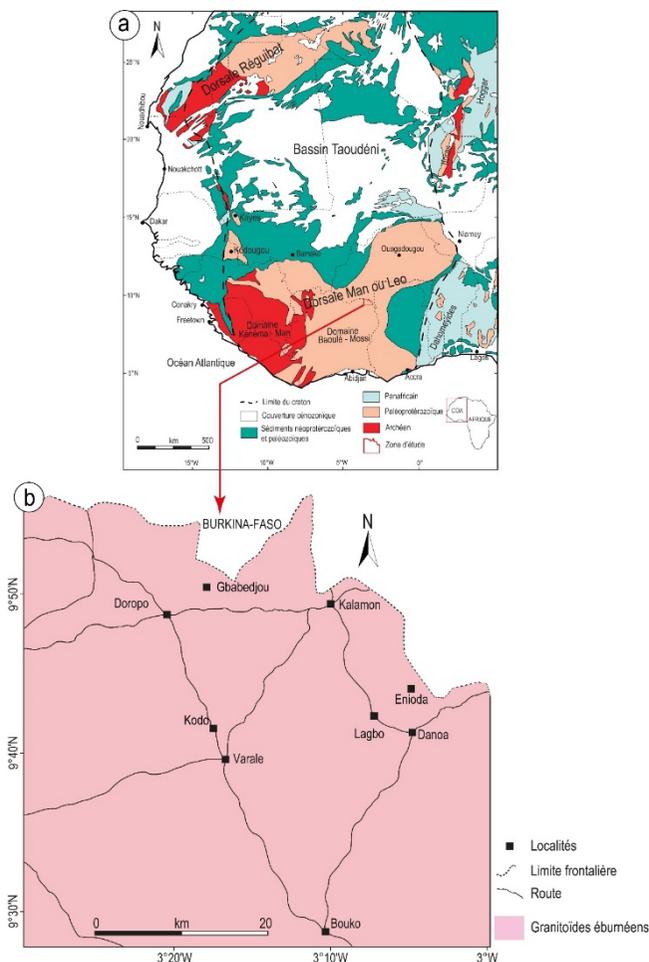


Figure 1. Carte de localisation de la zone d'étude. (a) Carte géologique schématique du Craton Ouest Africain. (b) Carte géologique de la région de Doropo (modifiée, d'après Tagini, 1971).

Méthodologie

Elle a consisté en la description des unités pétrologiques rencontrées. Par la suite, des analyses descriptives et cinématiques ont été effectuées sur les différents éléments structuraux (foliations, couloirs de cisaillement, plis, failles, etc.) les ayant affectées. L'ensemble de ces données structurales collectées sur le terrain a permis de réaliser des rosaces directionnelles de ces structures ce qui a facilité leur interprétation dans la suite du travail.

Des échantillons prélevés sur certaines lithologies ont également servi à la confection de trois lames minces afin d'étudier les déformations intracristallines. Ainsi, l'analyse de la déformation intracristalline a été basée essentiellement sur l'observation au microscope polarisant de la fabrique des

minéraux tels que le quartz, les feldspaths et la biotite. Ces lames minces ont été réalisées dans les zones fortement déformées.

Résultats

Pétrographie macroscopique

La description pétrographique des formations rencontrées dans la zone d'étude a permis d'identifier plusieurs formations. Il s'agit de :

- granite à biotite, granite gneissique et migmatitique, granodiorite (Fig. 2a-d) : Ces formations se présentent sous forme de dômes, dalles et parfois de petits blocs isolés. Leur composition minéralogique est caractérisée par le quartz, feldspaths, biotites, amphiboles et souvent de muscovites et oxydes (Pyrite, etc.).
- gabbro et amphibolite (Fig. 2e-f) : Ces formations sont rencontrées le plus souvent au contact des granites ou sous forme de blocs ou enclaves. Leur minéralogie comprend principalement des amphiboles, feldspaths et pyroxènes.
- rhyolite (Fig. 2g) : Celle-ci se fait rare dans la zone d'étude et se présente sous forme de petits blocs. Elle est constituée de gros cristaux de quartz et feldspaths.

Analyse structurale

Les éléments structuraux ayant affectés les formations de la région de Doropo ont été subdivisés en trois groupes :

- éléments structuraux issus de la déformation ductile : comprenant les foliations et schistosité, les couloirs de cisaillements et les plis ;
- éléments structuraux issus de la déformation fragile ou cassante : comprenant les fractures et les failles.
- structures filoniennes.

Structures de la déformation ductile

Foliation et schistosité

La foliation dans la zone d'étude est pénétrative et se manifeste par une alternance de lits clairs quartzo-feldspathiques et de lits sombres constitués de biotites, amphiboles et chlorites (Fig. 3a). Elle a affecté la majorité des formations rencontrées dans la zone d'étude mais aussi les filons de quartz à Kodo et Enioda. Elle présente une orientation majeure NE-SW et NW-SE avec un pendage subvertical.

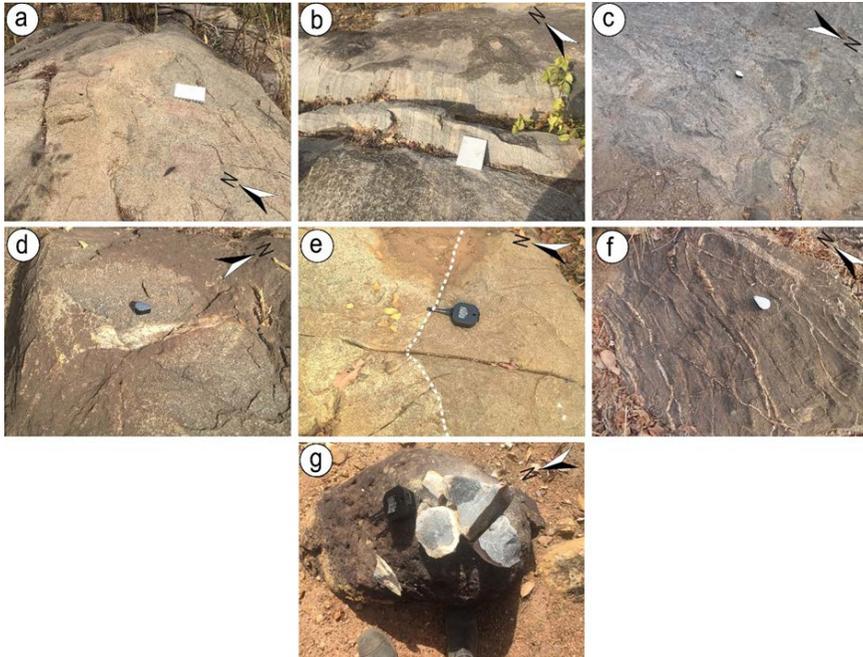


Figure 2. Principales formations de la région de Doropo. (a) Granite à biotite observé dans le secteur de Varale, (b) et (c) Granites gneissiques et migmatitiques observés dans les secteurs de Bouko et Danoa, respectivement ; (d) Granodiorite à grains fins (à droite du trait en pointillé blanc) au contact du granite à biotite observé dans le secteur de Doropo ; (e) Gabbro observé dans le secteur Doropo, (f) Amphibolite observée dans le secteur de Doropo et (g) Rhyolite observée dans le secteur de Varale

Couloirs de cisaillement

Les Couloirs de cisaillement ont été rencontrés sur l'ensemble de la zone d'étude avec une prédominance au centre, au Sud et à l'Est. Elles ont affecté principalement le granite à biotite, le granite gneissique, le granite migmatitique et la granodiorite (Fig. 3b). A l'affleurement, elles peuvent s'étendre sur plusieurs dizaines de mètres avec une puissance qui varie du millimètre au décimètre quelque fois au mètre (à l'Est et au Sud de la zone d'étude). L'analyse de la rosace directionnelle a permis de mettre en évidence les directions majeures de couloirs de cisaillement à la fois ductiles et cassantes suivantes : NW-SE, NE-SW et E-W.

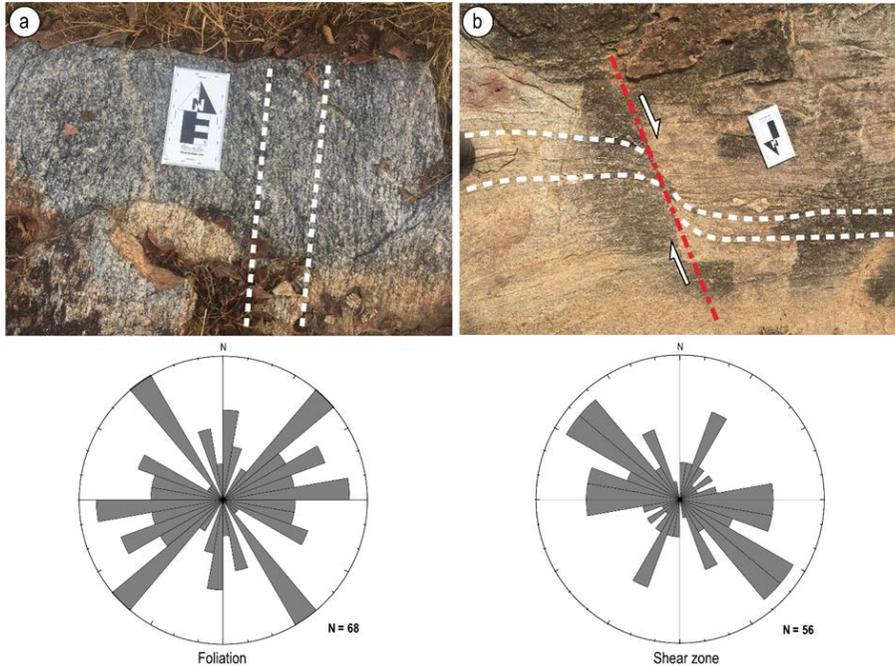


Figure 3. Foliation et couloirs de cisaillement de la région de Doropo et leurs rosaces directionnelles respectives. (a) Foliation orientée N-S dans le granite gneissique de Doropo et (b) Cisaillement orienté N-S à jeu dextre dans le granite gneissique de Doropo. Traits en pointillés blancs et rouges désignent respectivement les trajectoires de cisaillement et foliation

Plis

Ces plis sont visibles dans les secteurs de Bouko, Danoa et Doropo (Fig. 4). Ce sont des plis d'épaisseur millimétrique à centimétrique. Il s'agit de pli avec un plan axial orienté E-W et NW-SE observé respectivement dans le granite gneissique de Bouko et le granite de Gbatedjou. Tous ces plis sont accompagnés par endroits de plis d'entraînements de type Z, S et M (Fig. 4a-b). Des plis dans l'amphibolite ainsi que des plis ptygmatisés ont également été observés (Fig. 4c-d).

Plusieurs autres structures de la déformation ductile sont à signaler notamment les boudins et figures sigmoïdes. Ces structures ont été observées majoritairement dans le granite migmatitique de Lagbo et le granite gneissique de Bouko et Doropo.



Figure 4. Plis dans les granitoïdes de la région de Doropo. (a) et (b) plis d'entraînement, respectivement de type Z, M et S dans le granite gneissique de Bouko, (c) Plis et (d) plis ptygmatices dans l'enclave d'amphibolite

Structures de la déformation cassante

Fractures

Les fractures sont très fréquentes dans la région de Doropo. Elles ont affecté quasiment toutes les formations, en particulier les formations granitiques. Sur le terrain, on les rencontre sous forme de fractures *s.s.*, fractures conjuguées, fractures décrochantes (Fig. 5a). Ces fractures, orientées dans tous les sens, présentent statistiquement plusieurs familles de directions et de pendages variés : (i) fractures orientées E-W ($N080^{\circ}$ - $N100^{\circ}$) et NNE-SSW ($N010^{\circ}$ - $N020^{\circ}$) : sont les plus dominantes de la région. On les rencontre pratiquement sur toute la zone d'étude ; (ii) fractures orientées NW-SE et NE-SW et enfin (iii) fractures orientées N-S.

Certaines de ces fractures présentent souvent des remplissages de minéraux tels que la chlorite, l'épidote, le quartz et les feldspaths (Fig. 5b). Ce type de fracture se rencontre dans la partie centrale et est de la zone d'étude.

Failles et décrochements

Sur le terrain, des failles et des décrochements ont été mis en évidence sur l'ensemble de la zone d'étude, d'une part grâce aux différents miroirs de failles observés et d'autre part grâce aux déplacements centimétriques à décimétriques entre les lithologies affectées (Fig. 5c). Les plans de failles sont des plans sur lesquels on observe des stries qui permettent d'indiquer le sens du déplacement. Ces plans de failles sont généralement orientés ENE-WSW à

E-W avec des stries subhorizontales à horizontales traduisant des failles décrochantes senestres mais parfois dextres sur l'ensemble de la zone d'étude (Fig. 5d).

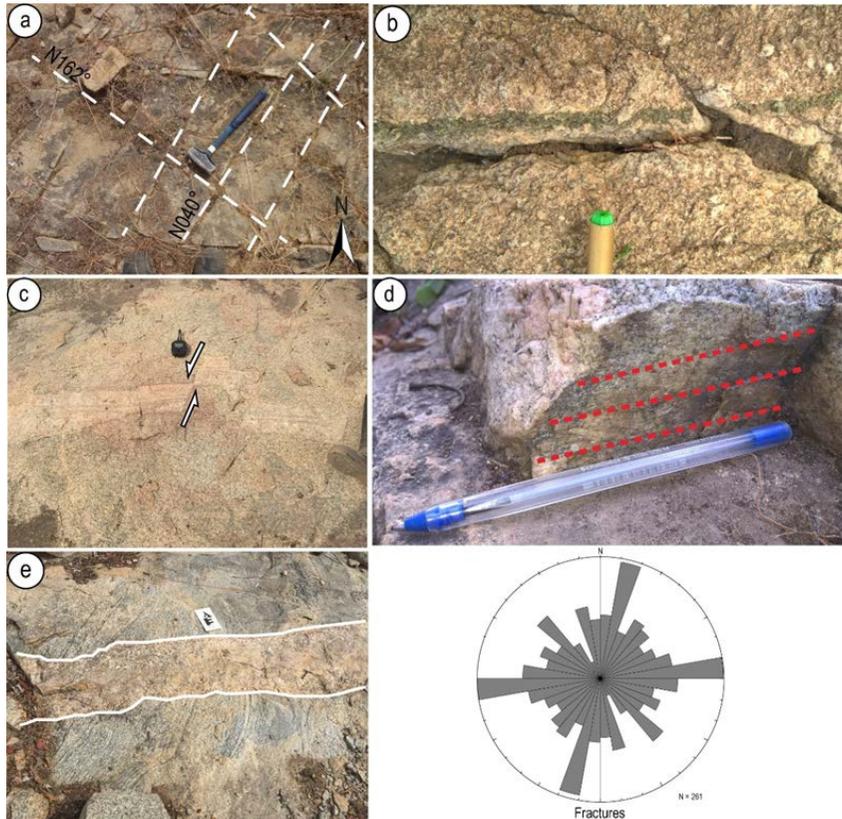


Figure 5. Structures fragiles et filoniennes de la région de Doropo. (a) Fractures conjuguées N162° et N040° dans le granite à biotite ; (b) Fractures avec des remplissages de chlorite et épidote ; (c) Faille décrochantes à jeu senestre dans le granite gneissique de Doropo ; (d) Miroir de faille présentant des stries subhorizontales et (e) Filon de pegmatite dans le granite gneissique de Doropo. La rosace indique les différentes directions de fracture mesurées sur le terrain

A côté de ces plans, on note également d'autres directions de plans qui sont peu représentatifs à savoir les plans orientés NW-SE, NE-SW et N-S. Tous présentent des stries subhorizontales à horizontales. Ces failles ont affecté la majorité des lithologies de la région.

Structures filoniennes

Plusieurs filons de natures différentes ont également été observés. Il s'agit des filons de quartz, de pegmatite et d'aplite. Les filons de quartz et de pegmatite sont les plus fréquents dans la région. Ils recoupent pratiquement toutes les autres structures de la région. On les retrouve dans toutes les formations où ils peuvent être discontinus et de puissance centimétrique à

métrique. Ces filons sont parfois plissés ou même boudinés, c'est le cas pour certains qu'on rencontre dans les granites gneissiques et migmatitiques de Bouko, Danao et Doropo. Mais aussi dans l'amphibolite de Gbatedjou et de Kakota dans laquelle ils sont plissés. Ils présentent plusieurs familles de direction dont les principales sont NW-SE et NE-SW suivies des directions N-S et E-W (Fig. 5e).

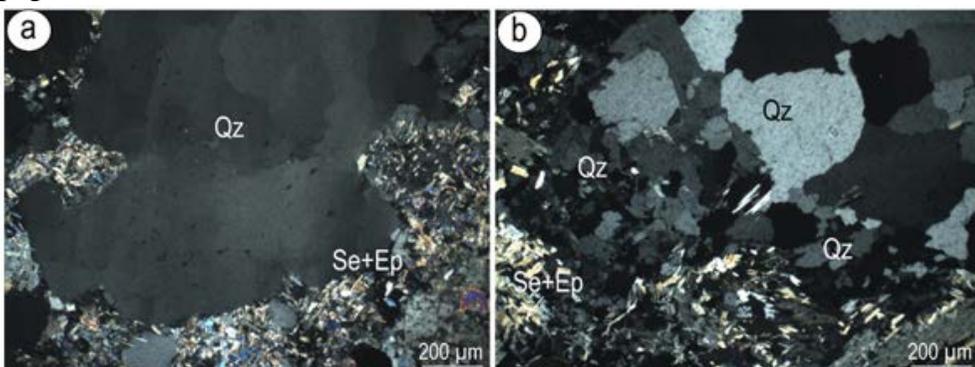
Déformations intracristallines

Il ressort des observations que les minéraux de quartz observés se présentent dans leur ensemble sous forme polygonale. On les rencontre également sous forme de rubans, où ils présentent des microstructures de déformation variables. Ces microstructures sont principalement (i) une extinction onduleuse observée dans les minéraux de taille moyenne à grossière (Fig. 6a), (ii) les contours dentelés et parfois des microfractures submagmatiques (Fig. 6b) et (iii) les sous-grains (Fig. 6c).

Les plagioclases sont affectés par des microfractures submagmatiques avec des remplissages principalement en quartz, mais aussi de feldspaths, de micas (biotite chloritisé, muscovite) d'épidote et parfois de séricite (Fig. 6d). On observe souvent que les feldspaths sont plissés ou tordus, ce qui atteste qu'ils ont subi un certain degré de déformation plastique (Fig. 6d). Certaines plages de plagioclases montrent des zonations avec un cœur présentant des altérations en séricite (Fig. 6e). Les minéraux de biotite sont pour la plupart chloritisés et plissés, tout comme les plagioclases (Fig. 6f).

Discussion

Les formations rencontrées dans la région de Doropo sont constituées principalement de granitoïdes et de quelques formations basiques. Ces formations ont été signalées dans les secteurs voisins à la zone d'étude où Block *et al.* (2016) ont suggéré qu'elles pourraient être rattachées aux granitoïdes de Bole Boulenga. De plus, ces différentes formations présentent souvent des déformations et sont recoupées par des filons de quartz et pegmatites.



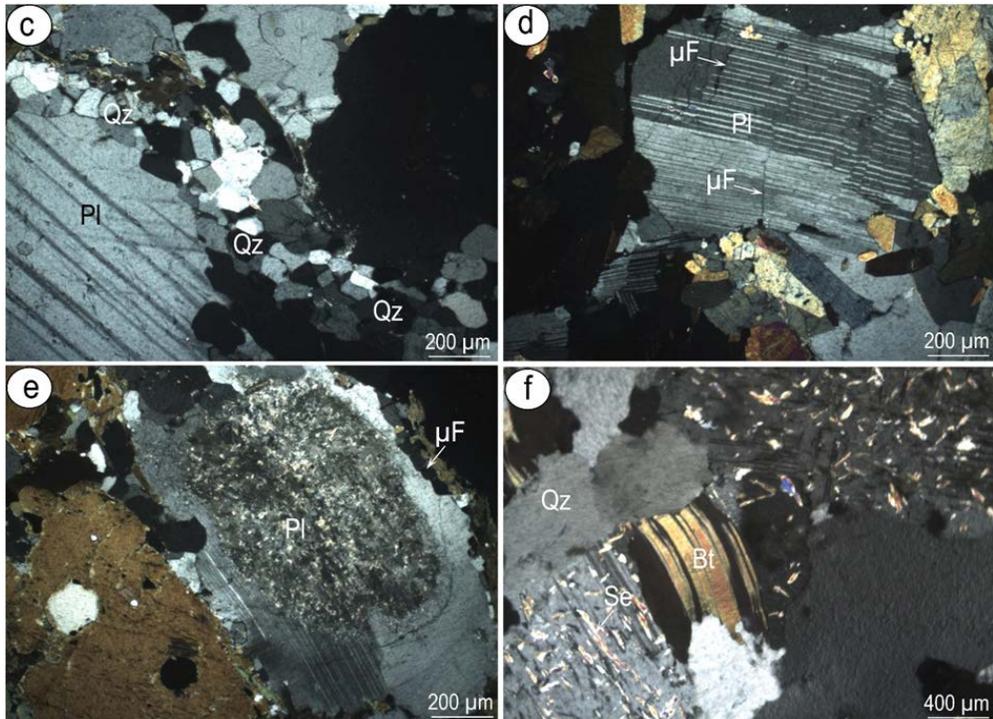


Figure 6. Déformations intracrystallines observées dans les granitoïdes de la région de Doropo. (a) Quartz avec une extinction onduleuse ; (b) et (c) Quartz présentant des sous-grains et sous-structures en damier ; (d) Plagioclase en "kink" avec des microfractures, (e) Plagioclase zoné avec à son cœur des altérations en séricite et épidote ; et (f) Biotite parfois chloritisée en "kink". Qz : Quartz, Pl : Plagioclase, Bt : Biotite, Se : Séricite, Ep : Epidote et μF : Microfractures

Les déformations rencontrées sur le terrain montrent dans leur ensemble une orientation préférentielle NE-SW. Ce qui correspond à la direction birimienne qui résulte d'une compression régionale NW-SE (Dabo et Aïfa, 2011 ; Baratoux *et al.*, 2011, 2015 ; Masurel *et al.*, 2017 ; Grenholm *et al.*, 2019). Cette compression est responsable de la foliation NE-SW ainsi que de structures orientées principalement NE-SW. Dans le Craton Ouest Africain, cette compression est également responsable des cisaillements, failles et plissements (Metelka *et al.*, 2011 ; Perrouy *et al.*, 2012 ; McFarlane *et al.*, 2019). Les plis observés dans les granitoïdes de la région de Doropo pourraient s'expliquer par l'intensité de la déformation qui y a prévalu, ce qui va contraindre ces derniers à se plisser.

Toutes les microstructures observées dans les lames minces traduisent des déformations à l'état solide dont la manifestation est variable. En effet, les extinctions onduleuses et les sous-grains observés dans les minéraux de quartz sont dus à une déformation de basse température et/ou de forte contrainte. Cette déformation correspond à une reprise tectonique indépendante de

l'histoire de mise en place du massif, ce qui fera apparaître les extinctions onduleuses comme premières sous-structures à s'imprimer dans le quartz (Nédélec et Bouchez, 2015). En outre, les torsions (ou déformations) des plagioclases ainsi que des biotites et les sous-structures de quartz en damier témoignent d'une faible déformation de haute température (Bouchez *et al.*, 1990 ; Bouchez *et al.*, 1992 ; Gleizes *et al.*, 1998 ; Nédélec et Bouchez, 2015). C'est le cas si le pluton se met en place dans un encaissant chaud, fortement plastique : la déformation à l'état solide du quartz se poursuit alors après la cristallisation du pluton, en général à sa périphérie sur quelques dizaines à quelques centaines de mètres, en même temps que son encaissant qui continue à se déformer (Bouchez *et al.*, 1990 ; Bouchez *et al.*, 1992 ; Gleizes *et al.*, 1998 ; Nédélec et Bouchez, 2015).

Conclusion

Les formations de la région de Doropo sont essentiellement constituées de granite à biotite, granite gneissique et migmatitique, granodiorite, gabbro, amphibolite et rhyolite. Ces lithologies sont composées dans l'ensemble de quartz, feldspaths, biotites, amphiboles et parfois de cristaux de pyrites.

En outre, les structures mises en évidence : foliations, couloirs de cisaillements, plis, fractures montrent que la zone fut l'objet de plusieurs phases de déformations dont la phase majeure est la compression régionale NW-SE.

Enfin, l'analyse de la déformation intracristalline montre que la majorité des formations granitoïdiques de la région de Doropo ont subi une déformation à l'état solide.

Remerciements

Ce travail fait partie des travaux de doctorat financé par Ampella-Centamin, l'Union Economique et Monétaire Ouest Africain (UEMOA) et le Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique de la Côte d'Ivoire (MESRS). Les auteurs remercient M. Fidèle KakoU (Ampella-Centamin) et Pierrick Couderc (Ex-Manager Ampella-Centamin) pour le soutien logistique lors des missions de terrain dans le Nord-Est de la Côte d'Ivoire. C'est une contribution du projet UNESCO-IGCP638.

References:

1. Aïfa, T. et Merabet, N.E. (2020). Rock magnetic study on the Yetti-Eglab intrusions, Sahara: Contribution to the West African Craton geology. Geol. Soc. London sp. publ., SP 502, in press, doi: 10.1144/SP502-2019-198.

2. Aïfa, T. (2021). Mineralization and sustainable development in the West African Craton: From field observations to modelling. *Geol. Soc. London, Sp. Publ., SP 502*, 1-30, doi: 10.1144/SP502-2021-21.
3. Baratoux, L., Metelka, V., Naba, S., Jessell, M.W., Gregoire, M., Ganne, J. (2011). Juvenile Paleoproterozoic crust evolution during the Eburnean orogeny (2.2-2.0 Ga), western Burkina Faso. *Precambrian Research*, 191, 18-45.
4. Baratoux, L., Metelka, V., Naba, S., Ouyi, P., Siebenaller, L., Jessell, M.W., Nare, A., Salvi, S., Beziat, D., Franceschi, G. (2015). Tectonic evolution of the Gaoua region, Burkina Faso: Implications for mineralization. *Journal African Earth Sciences*, 112, 419-439.
5. Beckinsale, R.D., Gale, N.H., Pankhurst, R.J., Macfarlane, A., Crow, M.J., Arthurs, J.W., Wilkinson, A.F. (1980). Discordant Rb–Sr and Pb–Pb whole rock isochron ages for the Archean basement of Sierra Leone. *Precambrian Research*, 13, 63-76.
6. Bessoles, B. (1977). *Géologie de l'Afrique ; le craton ouest africain. Mémoire BRGM, n°88, Orléans (France), 402p.*
7. Begg, G.C., Griffin, W.L., Natapov, L.M., O'Reilly, S.Y., Grand, S.P., O'Neill, C.J., Hron-sky, J.M.A., Poudjom Djomani, Y., Swain, C.J., Deen, T., Bowden, P. (2009). The lithospheric architecture of Africa : seismic tomography, mantle petrology, and tectonic evolution. *Geosphere*, 5, 23-50.
8. Bering, D., Brinckmann, J., Camara, N., Diawara, M., Gast, L., Keita, S. (1998). *Etude Evaluation de l'Inventaire des Ressources Minérales de Guinée, No de Projet : 94.2025.8, 109p. cartes géologiques et indices à 1:200 000, 1:1 000 000 et cartes géologique et tectonique du sud de l'Afrique de l'Ouest. Banque de données avec indices et gites métallifères et diamantifères, 51p.*
9. Block, S., Jessell, M., Ailleres, L., Baratoux, L., Bruguier, O., Zeh, A., Bosch, D., Caby, R., Mensah, E. (2016). Lower crust exhumation during Paleoproterozoic (Eburnean) orogeny, NW Ghana, West African Craton: interplay of coeval contractional deformation and extensional gravitational collapse. *Precambrian Research.*, 274, 82-109.
10. Bouchez, J.L., Gleizes, G., Djouadi, T., Rochette, P. (1990). Microstructures and magnetic susceptibility applied to emplacement kinematics of granites : the example of the Foix pluton (French Pyrennées). *Tectonophysics*, 184, 157-171.
11. Bouchez, J.L., Delas, C., Gleizes, G., Nédélec, A., Cuney, M. (1992). Submagmatic microfractures in granites. *Geology*, 20, 35-38.
12. Camil J., Tempier P., Pin C. (1983). Ages libérien des quarzites à magnétite de la région de Man (Côte d'Ivoire) et leur place dans

- l'orogénèse libérienne. *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences de Paris*, 296, 149-151.
13. Dabo M. et Aïfa, T. (2011). Late Eburnean deformation in the Kolia-Boboti sedimentary basin, Kédougou-Kéniéba Inlier, Sénégal. *Journal of African Earth Sciences*, 60, 106-116, doi:10.1016/j.jafrearsci.2011.02.005.
 14. de Kock, G.S., Armstrong, R.A., Siegfried, H.P., Thomas, E. (2011). Geochronology of the Birim supergroup of the West African craton in the Wa-Bole region of west-central Ghana : Implications for the stratigraphic framework. *Journal of African Earth Sciences*, 59, 1-40.
 15. de Kock, G.S., Théveniaut, H., Botha, P.M.W., Gyapong, W. (2012). Timing the structural events in the Paleoproterozoic Bole-Nangodi belt terrane and adjacent Maluwe basin, West African craton, in central-west Ghana. *Journal of African Earth Sciences*, 65, 1-24.
 16. Feybesse, J.-L., Milési, J.-P. (1994). The Archean/Paleoproterozoic contact zone in West Africa : a mountain belt of decollement thrusting and folding on a continental margin related to 2.1 Ga convergence of Archean cratons? *Precambrian Research*, 69, 199-227.
 17. Feybesse, J.-L., Billa, M., Guerrot, C., Duguey, E., Lescuyer, J.-L., Milesi, J.-P., and Bouchot, V. (2006). The paleoproterozoic Ghanaian province: Geodynamic model and ore controls, including regional stress modeling. *Precambrian Research*, 149, 149-196.
 18. Gasquet, D., Barbey, P., Adou, M., Paquette, J.L. (2003). Structure, Sr–Nd isotope geochemistry and zircon U–Pb geochronology of the granitoids of Dabakala area (Côte d'Ivoire) : evidence for a 2.3 Ga crustal growth event in the Palaeoproterozoic of West Africa? *Precambrian Research*, 127, 329-354.
 19. Gleizes, G., Leblanc, D., Santana, V., Olivier, P., Bouchez, J.L. (1998). Sigmoidal structures featuring dextral shear during emplacement of the Hercynian granite complex of Caunterets-Panticosa (Pyrenees). *Journal of Structural Geology*, 20, 1229-1245.
 20. Grenholm, M., Jessell, M., Thébaud, N. (2019). A geodynamic model for the Paleoproterozoic (ca. 2.27–1.96 Ga) Birimian Orogen of the southern West African Craton : Insights into an evolving accretionary-collisional orogenic system. *Earth-Science Reviews*, 192, 138-193.
 21. Hein, K.A.A. (2010). Succession of structural events in the Goren greenstone belt (Burkina Faso) : Implications for West African tectonics. *Journal of African Earth Sciences*, 56, 83-94.
 22. Kouamelan, A.N., Peucat, J.J., Delor, C. (1997a). Reliques archéennes (3.15 Ga) au sein du magmatisme Birimien (2.1 Ga) de Côte d'Ivoire, craton Ouest-Africain. *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences, Paris*, 324, 719-727.

23. Kouamelan, A.N., Delor, C., Peucat, J.J. (1997b). Geochronological evidence for reworking of Archean terrains during the Early Proterozoic (2.1 Ga) in the western Côte d'Ivoire (Man Rise – West African Craton). *Precambrian Research*, 86, 177-199.
24. Lebrun, E., Thebaud, N., Miller, J., Ulrich, S., Bourget, J., Terblanche, O. (2016). Geochronology and lithostratigraphy of the Sigui district: Implications for gold mineralisation in the Sigui Basin (Guinea, West Africa). *Precambrian Research*, 274, 136-160.
25. Liégeois, J.P., Benhallou, A., Azzouni-Sekkal, A., Yahiaoui, R., Bonin, B. (2005). The hoggar swell and volcanism: reactivation of the precambrian twareg shield during alpine convergence and West African cenozoic volcanism. In: Foulger, G.R., Natland, J.H., Presnall, D.C., Anderson, D.L. (Eds.), *Plates, Plumes and Paradigms*. Geological Society of America, Special Papers, 388, 379-400.
26. Lompo, M., Bourges, F., Debat, P., Lespinasse, P., Bouchez J. L. (1995). Mise en place d'un pluton granitique dans la croûte birimienne fragile : fabrique magnétique du massif de Tenkodogo (Burkina-Faso). *C. R. Acad. Sci. Paris*, 312, 1211-1218.
27. Lüdtke, G., Hirdes, W., Konan, G., Koné, Y., Yao, C., Zamblé, Z. (1998). Géologie de la région Haute Comoé Nord. Ministère des ressources minières et pétrolières de Côte d'Ivoire, Direction de la Géologie Abidjan, 178p.
28. MacFarlane, A., Crow, M.J., Arthurs, J.W., Wilkinson, A.F., Ancott, J.W. (1981). The geology and mineral resources of Northern Sierra Leone. *Overseas Memoir Institute of Geological Sciences*, 110p.
29. Masurel, Q., Thebaud, N., Miller, J., Ulrich, S. (2017). The tectono-magmatic framework to gold mineralisation in the Sadiola-Yatela gold camp and implications for the paleotectonic setting of the Kedougou-Kenieba inlier, West Africa. *Precambrian Research*, 292, 35-56.
30. McFarlane, H.B., Ailleres, L., Betts, P., Ganne, J., Baratoux, L., Jessell, M.W., Block, S. (2019). Episodic collisional orogenesis and lower crust exhumation during the Palaeoproterozoic Eburnean Orogeny : Evidence from the Sefwi Greenstone Belt, West African Craton. *Precambrian Research*, 325, 88-110.
31. Metelka, V., Baratoux, L., Naba, S., Jessell, W.M. (2011). A geophysically constrained litho-structural analysis of the Eburnean greenstone belts and associated granitoid domains, western Burkina Faso. *Precambrian Research*, 190, 48-69.
32. Milési, J.P., Feybesse, J.L., Ledru, P., Dommanget, A., Ouedraogo, M.F., Marcoux, E., Prost, A., Vinchon, C., Sylvain, J.P., Johan, V., Tegye, M., Calvez, J.Y., Lagny, P. (1989). Minéralisations aurifères de l'Afrique de l'Ouest, leurs relations avec l'évolution litho-

- structurale au Protérozoïque inférieur. Carte géologique au 1/2000000. *Chronique de la Recherche Minière*, 497, 3-98.
33. Naba, S., Lompo, M., Debat, P., Bouchez, J.L., Beziat, D. (2004). Structure and emplacement model for lateorogenic Paleoproterozoic granitoids: Tenkodogo-yamba elongate pluton (eastern Burkina Faso). *Journal of African Earth Sciences*, 38, 41-57.
34. Nédélec, A., et Bouchez, J.L. (2015). *Granites: petrology, structure, geological setting, and metallogeny*. Publisher : Oxford University Press, 348p.
35. Perrouy, S., Ailleres, L., Jessell, M.W., Baratoux, L., Bourassa, Y., Crawford, B. (2012). Revised Eburnean geodynamic evolution of the gold-rich southern Ashanti belt, Ghana, with new field and geophysical evidence of pre-Tarkwaian deformations. *Precambrian Research*, 204-205, 12-39.
36. Pouclet, A., Doumbia, S., Vidal, M. (2006). Geodynamic setting of the Birimian volcanism in Central Cote d'Ivoire (western Africa) and its place in the Palaeoproterozoic evolution of the man shield. *Bulletin de la Société Géologique de France*, 177, 105-121.
37. Sawadogo, S., Naba, S., Ilboudo, H., Traoré, A.S., Nakolendoussé, S., Lompo, M. (2018). The Belahourou granite pluton (Djibo greenstone belt, Burkina-Faso) : Emplacement mechanism and implication for gold mineralization along a shear zone. *Journal of African Earth Sciences*, 148, 58-68.
38. Tagini, B. (1971). *Esquisse structurale de la Côte d'Ivoire. Essai de géotectonique régionale*. Thèse de doctorat ès sciences, Fac. Sci., Univ. Lausanne, Rapport SODEMI, Abidjan, 266p.
39. Thiéblemont, D. (2005). *Géologie et pétrologie de l'Archéen de Guinée: une contribution régionale à la formation de la croûte continentale*. Unpublished PhD thesis, University of Brest, France, 149p.
40. 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.



ESJ Natural/Life/Medical Sciences

Second États Des Lieux Des Facteurs De Décompensation Cétosique Du Diabète Au Centre National Hospitalier Universitaire De Cotonou

Comlan Jules Gninkoun (MD.)

Ogountchoro Edwige

Département de Médecine et Spécialités Médicales,
Faculté des Sciences de la Santé, Université d'Abomey Calavi

Diallo Mamadou Mansour

Service d'Endocrinologie Diabétologie Hôpital Donka CHU de Conakry,
Guinée

Alassani Adébayo

Département de Médecine et Spécialités Médicales,
Faculté de Médecine, Université de Parakou, Bénin

Diallo Alpha Mamadou

Service d'Endocrinologie Diabétologie Hôpital Donka CHU de Conakry,
Guinée

[Doi:10.19044/esj.2021.v17n29p173](https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n29p173)

Submitted: 31 March 2021

Accepted: 24 June 2021

Published: 31 August 2021

Copyright 2021 Author(s)

Under Creative Commons BY-NC-ND

4.0 OPEN ACCESS

Cite As:

Gninkoun C.J., Edwige O., Mansour D.M., Adébayo A. & Mamadou D.A. (2021). *Second États Des Lieux Des Facteurs De Décompensation Cétosique Du Diabète Au Centre National Hospitalier Universitaire De Cotonou*. European Scientific Journal, ESJ, 17(29), 173.

<https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n29p173>

Résumé

Introduction: Le diabète est une pathologie métabolique chronique en pleine expansion dans le monde. La décompensation cétosique constitue l'une de ses complications métaboliques qui dépend de plusieurs variables. L'objectif de ce travail était de décrire les facteurs de décompensations cétosiques du diabète chez des patients hospitalisés au CNHU de Cotonou.

Méthode: Il s'agit d'une étude rétrospective, descriptive et analytique qui s'est déroulée du 1er Juin 2016 au 31 Mai 2019. Elle a porté sur les patients diabétiques hospitalisés dans le service d'endocrinologie au cours de la

période d'étude et ayant une hyperglycémie supérieure ou égale à 2,5 g/l, une cétonurie au moins égale à deux croix associée à une glycosurie positive.

Résultats: Au total, 196 patients ont été inclus. L'âge moyen était de 43,73 ans \pm 16,2 ans. On notait une légère prédominance féminine avec un sex ratio de 0,960,96. La prévalence des décompensations cétosiques était de 28,99 %. Les principaux facteurs de survenue des décompensations cétosiques étaient les infections dans 67,86 % des cas et l'inobservance dans 29,59 % des cas. Les foyers infectieux les plus fréquents étaient génito-urinaires dans 23,30 %, respiratoires dans 18,04 % et le paludisme dans 32,33 % des cas. Le sexe féminin était statistiquement plus souvent associé aux infections urogénitales.

Conclusion: Les principaux facteurs de décompensation n'ont pas évolué et demeurent de façon prépondérante les infections. L'étude des déterminants de ces infections pourrait servir à une prévention plus ciblée.

Mots-clés: Diabète, Cétoacidose, Infections, Complications Aiguës

Second Status Report Of Diabetes Ketoacidosis Precipitating Factors At The Centre National Hospitalier Universitaire De Cotonou

Comlan Jules Gninkoun (MD.)

Ogountchoro Edwige

Département de Médecine et Spécialités Médicales,
Faculté des Sciences de la Santé, Université d'Abomey Calavi

Diallo Mamadou Mansour

Service d'Endocrinologie Diabétologie Hôpital Donka CHU de Conakry,
Guinée

Alassani Adébayo

Département de Médecine et Spécialités Médicales,
Faculté de Médecine, Université de Parakou, Bénin

Diallo Alpha Mamadou

Service d'Endocrinologie Diabétologie Hôpital Donka CHU de Conakry,
Guinée

Abstract

Introduction: Diabetes is a chronic metabolic disease with a rapidly increasing incidence worldwide. Diabetic ketoacidosis (DKA) is one of its metabolic complications, depending on several factors. Our objective was to describe the factors that trigger DKA in patients hospitalized at the CNHU of Cotonou.

Methods: This was a retrospective, descriptive and analytical study that took place from June 1, 2016 to May 31, 2019. It focused on diabetic patients hospitalized in the endocrinology department during the study period and presenting with hyperglycemia greater than or equal to 250mg/dL, ketonuria at least equal to two crosses associated with positive glycosuria.

Results: A total of 196 patients were included. The mean age was 43.73 ± 16.2 years. There was a slight female predominance with a sex ratio (M/F) of 0.96. The prevalence of DKA was 28.99%. The main factors associated with DKA were infections in 67.86% of cases and non-compliance with treatment in 29.59% of cases. The most frequent infections were genitourinary in 23.30% of cases, respiratory in 18.04% of cases and malaria in 32.33% of cases. Female gender was statistically more often associated with urogenital infections.

Conclusion: The main factors associated with DKA did not change over time and remained mainly infections. The study of the determinants of these infections could be used for more targeted prevention.

Keywords: Diabetes, Ketoacidosis, Infections, Acute Complications

Introduction

Le diabète sucré constitue un véritable problème de santé notamment dans les pays en voie de développement du fait des difficultés diagnostiques et thérapeutiques [Bonkougou P et al. 2017]. Au Bénin entre 2001 et 2015, la prévalence du diabète a connu une évolution exponentielle passant de 1,1 % [Wild S et al. 2004] à 2,6 % en 2008 [Gning SB et al. 2007] et à 12,4 % en 2015 [Djrolo et al. 2015]. L'évolution du diabète sucré peut être émaillée de complications aiguës ou chroniques [Tchaou BA et al. 2014]. L'acidocétose diabétique (ACD) et le syndrome hyperglycémique hyperosmolaire (SHH) sont les complications aiguës hyperglycémiques les plus fréquentes [Bonkougou P et al. 2017, Tchaou BA et al. 2014]. La prévalence hospitalière de ces complications aiguës est élevée dans les pays en voie de développement. En effet, en Côte d'Ivoire et au Burkina-Faso la prévalence de l'ACD était respectivement de 30,7 % [Lokrou A et al. 2014] et 59,1 % [Bonkougou P et al. 2017]. C'est une complication potentiellement grave, et la mortalité par ACD varie de 14 % à 50 % selon les études [Bonkougou P et al. 2017, Tchaou BA et al. 2014]. Les principaux facteurs de décompensation décrits sont dominés par les infections, la mauvaise observance thérapeutique, et la méconnaissance de la maladie [Bonkougou P et al. 2017, Tchaou BA et al. 2014, Kakoma PK et al. 2014]. Au Bénin, une étude réalisée dans le service d'endocrinologie du CNHU sur les décompensations céto-siques en 2009 avait permis de retrouver une prévalence des décompensations céto-siques de 21,40 %. Les principaux facteurs de décompensations étaient

les infections dans 51,49 % des cas, l'inobservance thérapeutique dans 25,74 % des cas et dans 24,8 % des cas, aucun facteur n'a été retrouvé [Gninkoun et al. 2016]. Les foyers infectieux étaient prédominants dans cette étude.

L'objectif de ce travail était de faire une mise à jour des connaissances sur les facteurs favorisant les décompensations céto-siques chez les patients hospitalisés.

Patients et méthode

Il s'agit d'une étude rétrospective, descriptive et analytique ayant porté sur des patients diabétiques hospitalisés dans le service d'endocrinologie du Centre National Hospitalier Universitaire Hubert Koutoukou Maga (CNHU-HKM) du 1^{er} Juin 2016 au 31 Mai 2019. Les malades diabétiques hospitalisés ayant une cétonurie, au moins égale à deux croix, associée à une glycosurie positive et une hyperglycémie supérieure ou égale à 2,5 g/L [Gninkoun et al. 2016] ont été inclus dans notre étude.

Les variables suivantes ont été collectées : l'âge, le sexe, la profession, l'ancienneté du diabète, le type de diabète, les facteurs de décompensation, l'indice de masse corporelle (IMC), la glycémie, la glycosurie, la cétonurie, la kaliémie, la natrémie, la goutte épaisse, la densité parasitaire, l'examen cytobactériologique des urines (ECBU), la radiographie pulmonaire, l'hémoculture.

En ce qui concerne les facteurs de décompensation, il a été défini deux catégories:

- les causes infectieuses qui regroupaient les foyers pulmonaires, génito-urinaires, digestifs, cutanés, le pied diabétique et le paludisme
- les causes non infectieuses regroupant l'inobservance thérapeutique, la méconnaissance du diabète et les affections intercurrentes en particulier l'infarctus du myocarde et l'accident vasculaire cérébral.

Les foyers infectieux ont été définis comme suit :

La pneumonie a été retenue devant des symptômes cliniques évocateurs dont la fièvre, une douleur à type de point de côté, une toux avec expectoration, une diminution de l'ampliation thoracique, une sub-matité thoracique, l'augmentation des vibrations vocales à la palpation combinée à la percussion, diminution ou abolition du murmure vésiculaire avec râles crépitants à l'auscultation. Sur le plan paraclinique des opacités systématisées, à contours bien délimités, non rétractiles avec ou sans bronchogramme aérien à la radiographie pulmonaire.

Le foyer urinaire a été retenu devant des brûlures mictionnelles, une pollakiurie, une dysurie, des douleurs hypogastriques, un ECBU mettant en évidence une leucocyturie $\geq 10^4$ et bactériurie $\geq 10^5$.

Le foyer génital a été retenu chez une femme devant un prurit vulvaire, des leucorrhées et l'identification du germe à la culture après prélèvement vaginal et/ou identification d'un germe à l'hémoculture.

Le paludisme a été retenu devant une fièvre, des frissons, des courbatures, des céphalées intenses, des nausées et vomissements. Sur le plan paraclinique une goutte épaisse / frottis sanguin positif.

Les données ont été collectées à l'aide d'un questionnaire électronique conçu à partir de l'application Kobocollect basée sur le système CAPI (Computer Assisted Personal Interview). La source de données était les dossiers des patients diabétiques hospitalisés et le registre d'hospitalisation. La cohérence des données a été vérifiée et les données aberrantes ainsi que les doublons ont été supprimés. L'analyse a été faite à l'aide des logiciels SPSS version 21 et R version 3.6.1. Les mesures de fréquences ont été utilisées pour décrire et analyser les données collectées. Ainsi, la variable qualitative avait été décrite sous forme de proportions et les variables quantitatives sous forme de paramètres de position. Les comparaisons des moyennes ont été faites à l'aide du t test et celles des proportions ont été faites à l'aide du test de Khi 2 ou du test de Fisher selon le cas. Le seuil de significativité a été fixé à 0,05.

Résultats

Caractéristiques de la population d'étude

Au total 676 dossiers de patients diabétiques hospitalisés ont été dépouillés au nombre desquels ont été identifiés 196 dossiers de patients diabétiques hospitalisés pour une décompensation cétosique. Notre population était composée de 37 diabétiques de type 1 (18,87%) ; 157 diabétiques de type 2 (80,10%) et de 2 cas de diabète gestationnel (1,02%). L'âge moyen était de 43,73 ans \pm 16,2 ans avec des extrêmes de 13 et de 100 ans. Il y avait une légère prédominance féminine avec un sex-ratio de 0,96. La durée moyenne d'évolution du diabète était de 6,1 années.

Caractéristiques des décompensations cétosiques

Prévalence des décompensations cétosiques

La prévalence des décompensations cétosiques était de 28,99 % [25,57-32,41] IC95% .

Tableau I. Principaux facteurs déclenchant des décompensations cétosiques Cotonou 2019, N=196

| | Effectifs (N=196) | Pourcentage (%) |
|-----------------------------------|-------------------|-----------------|
| Infection | 133 | 67,9 |
| Inobservance thérapeutique | 58 | 29,6 |
| Affection intercurrente | 06 | 3,1 |
| Méconnaissance diabète | 14 | 7,1 |
| Facteur non identifié | 18 | 9,2 |
| Autres | 01 | 0,5 |

Facteurs déclenchant des décompensations cétosiques

Les infections (67,9 %) et l'inobservance du traitement (29,6 %) étaient les principaux facteurs retrouvés. (Tableau I)

Foyers infectieux

Les foyers infectieux étaient principalement ceux génito-urinaires (23,3 %), respiratoires (18%) et le paludisme (32,3 %) (Tableau II) *Tableau II: Répartition des foyers infectieux chez les patients hospitalisés pour décompensation cétosique, Cotonou 2019, N=196.*

| Foyers | Effectifs (N=133) | Pourcentage % |
|-----------------|-------------------|---------------|
| Pulmonaire | 24 | 18,0 |
| Urogénital | 31 | 23,3 |
| Digestif | 05 | 3,8 |
| Cutané | 20 | 15,0 |
| Pied diabétique | 10 | 7,5 |
| Paludisme | 43 | 32,3 |
| ORL | 03 | 2,2 |
| Non retrouvé | 07 | 5,3 |

Evolution temporelle des foyers infectieux

La fréquence du paludisme était croissante pendant la période d'étude et représentait respectivement 19 %, 21 % et 37 %. La figure 1 nous présente l'évolution annuelle des foyers infectieux.

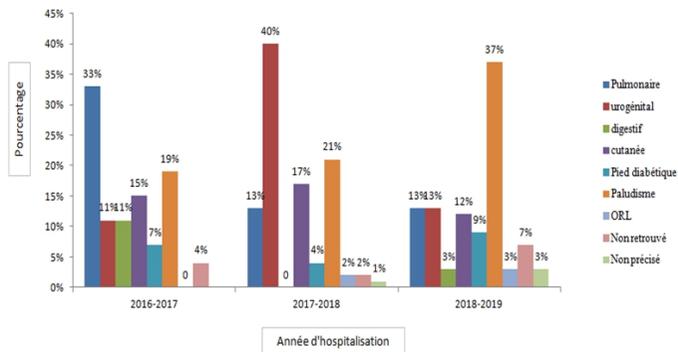


Figure 1. Evolution temporelle des foyers infectieux chez les patients admis pour décompensation cétosique Cotonou 2019, N=196

Influence du sexe sur les foyers infectieux

Il y a une association statistiquement significative entre le sexe féminin et le foyer urogénital. En effet, 23 femmes avaient une infection urogénitale soit 34,9 % des cas versus 6 hommes soit 9,0 % des cas (Tableau III)

Tableau III. Répartition des facteurs de décompensation selon le sexe Cotonou 2019, N=196

| | Sexe | | p-value |
|-----------------------------|-------------------|------------------|---------|
| | Masculin N (%) | Féminin N (%) | |
| Facteurs de décompensations | | | |
| Autres facteurs | 29 (30,2) | 34 (34) | 0,678 |
| Infectieux | 67 (69,8) | 66 (66) | |
| Pied diabétique | | | |
| Oui | 6 (8,9) | 4 (6,0) | 0,744 |
| Non | 61 (91,0) | 62 (94,0) | |
| Urogénital | | | |
| Oui | 6 (9,0) | 23 (34,8) | 0,001 |
| Non | 61 (91,0) | 43 (65,1) | |
| Pulmonaire | | | |
| Oui | 13 (19,4) | 11 (16,7) | 0,853 |
| Non | 54 (80,6) | 55 (83,3) | |
| Cutané | | | |
| Oui | 09 (13,4) | 11 (16,7) | 0,780 |
| Non | 58 (86,6) | 55 (83,3) | |

Discussion

Cette étude est une évaluation à partir de données hospitalières rétrospectives sur une période de trois années de la prévalence et les facteurs associés à la décompensation cétosique chez les patients diabétiques suivis au centre hospitalo-universitaire à Cotonou, au Bénin. Ce travail permet d'actualiser les données dix ans après une première étude réalisée dans le même centre.

Dans le présent travail, l'âge moyen des patients était de 43,7 ans \pm 16,2 ans. Ce résultat est superposable à celui retrouvé dans le même service il y a une décennie [Gninkoun et al. 2016] et à celui de KAKOMA et al. en 2014 [KAKOMA et al. 2014] en république démocratique du Congo. En revanche dans la série de LEYE et al. en 2016 au Sénégal [LEYE et al. 2016], les patients étaient légèrement plus âgés avec un âge moyen de 46,78 ans. Il apparaît donc que les décompensations cétosiques surviennent de façon générale chez les sujets relativement jeunes. Les sujets de sexe féminin étaient modestement prédominants dans notre travail comme déjà rapportés par certains auteurs [LEYE et al. 2016, Sarr A et al. 2011, Guira O et al. 2013], à contrario d'une étude réalisée au Benin en 2009 [Gninkoun et al. 2009] où il a été retrouvé une prédominance masculine. Dans une autre étude réalisée par DJROLO et al. [Djrolo et al. 2012] en 2012 sur la prévalence du diabète sucré aucune différence significative n'avait été retrouvée entre les deux sexes.

Dans la littérature, il n'a pas été rapporté de façon formelle l'association du sexe à l'acidocétose.

Le taux de prévalence hospitalière des décompensations cétosiques reste élevé dans certains pays. En effet, la prévalence de 28,99 % retrouvée dans notre travail est comparable aux données rapportées par différents auteurs. BAZIN et al.[Bazin et al. 2016] ont retrouvé en 2014 en France une fréquence de 30,1 %, de même que LOKROU et al.[Lokrou A et al. 2014] en 2014 en Côte d'Ivoire qui rapportaient une fréquence de 30,7%. Cette prévalence élevée des décompensations cétosiques dans ces études récentes citées pourrait s'expliquer probablement par la prévalence élevée et croissante du diabète dans le monde [International Diabetes Federation, 2017].

Sur le plan des facteurs de décompensation, les infections et l'inobservance thérapeutique occupaient une place de choix comme ce fut le cas il y a dix ans dans le même service. Nos données sont comparables à la plupart des études réalisées en Afrique notamment au Sénégal en 2013 [LEYE et al. 2016] et en Côte d'Ivoire en 2014 [Lokrou A et al. 2014]. Néanmoins, certains auteurs avaient rapporté des fréquences légèrement inférieures à celles retrouvées dans ce travail. En 2014, en Inde, SUWARTO et al. [Suwanto et al. 2014] avaient noté que les infections représentaient les facteurs de décompensations dans 58,3 % des cas. En Syrie, ALOURFI et al. [Alourfi et al. 2012] avaient rapporté une fréquence de 55 % pour les infections. En ce qui concerne l'inobservance thérapeutique, KAKOMA et al.[Kakoma et al. 2014] en république démocratique du Congo avaient rapporté qu'elle était responsable des décompensations cétosiques dans 29,4 % des cas. NDEBELE et al.[Ndebele et al. 2018] en Afrique du Sud avaient retrouvé un résultat similaire avec 28% d'inobservance thérapeutique . Toutefois, des fréquences plus élevées ont été rapportées par certains auteurs. POUYE A. [Pouye et al. 2003] au Sénégal a rapporté 82,3% de cas d'infection ; BALDE et al.[Baldé et al. 2007] en Guinée avaient noté que les erreurs de traitement étaient les principaux facteurs de décompensation dans 66% des cas et RANDALL et al. [Randall et al. 2011] notèrent aux Etats Unis, que la mauvaise observance thérapeutique était responsable des décompensations cétosiques dans 68% des cas.

Dans notre échantillon le foyer génito-urinaire étaient présents dans 23,30 % des cas, suivi de celui respiratoire dans 18,04% des cas et cutané dans 15,03 % des cas. Le paludisme était retrouvé dans 32,33% des cas.

Les foyers infectieux restent invariables avec une répartition diversement rapportée dans la littérature. SARR et al.[Sarr et al. 2011] au Sénégal, UMPIERREZ et al. [Umpierrez et al 2002] aux USA avaient retrouvé une prédominance des infections urogénitales et broncho-pulmonaires. Les mêmes observations ont été faites dix ans plus tôt dans le même service au Bénin [Gninkoun et al. 2016]. La fréquence des infections urogénitales était

significativement plus fréquente chez les femmes. Il s'agit d'une donnée bien rapportée dans la littérature. En effet, dans une étude dans le service en 2019 ayant porté sur les infections urinaires chez le patient diabétique [Gninkoun et al. 2019] les auteurs avaient rapporté une fréquence de l'infection urinaire de 62,2 % chez les femmes contre 37,8 % chez les hommes. Girard et al. [Girard et al. 2006] avaient retrouvé une fréquence d'infection urinaire de 84,6 % chez les femmes contre 15,4% chez les hommes. La nette prédominance de l'infection urinaire chez les patientes diabétiques pourrait s'expliquer par certains facteurs physiologiques favorisant tels que la brièveté de l'urètre féminin et le déséquilibre du diabète.

La prédominance de l'étiologie infectieuse dans les régions africaines est due à la forte prévalence des maladies infectieuses souvent endémiques. Le paludisme, principale infection endémique a toujours une forte fréquence même après une décennie [Gninkoun et al. 2016]. LOKROU et al. [Lokrou et al 2014] en Côte d'Ivoire avaient aussi rapporté une fréquence similaire de cas de paludisme (33%). Malgré les efforts de lutte, la présente étude a montré que la fréquence du paludisme était croissante pendant la période d'étude et représentait respectivement 19,00 % entre 2016-2017, 21,00 % entre 2017-2018 et 37,00 % pour 2018-2019, et correspondait à une fréquence moyenne de 25,67 % sur l'ensemble de la période d'étude. La fréquence moyenne de paludisme semble donc avoir été constante au Bénin. Cette évolution croissante du paludisme dans les facteurs de décompensation pourrait s'expliquer par la fréquence élevée des cas dans la population béninoise. En effet, selon l'annuaire des statistiques sanitaires de 2017 au Bénin le paludisme était la première affection rencontrée en consultation et représentait 30,5 % des cas [Ministère de la santé du Bénin, 2017].

Conclusion

Ce travail a montré que la prévalence des décompensations cétosiques reste encore élevée. Les principaux facteurs de décompensation restent identiques dominés par les infections. Les foyers pulmonaire, génito-urinaire et le paludisme restent prédominant après la décennie. Une étude ultérieure des déterminants de l'infection tels que l'influence du climat pourrait être utile pour la prévention ciblée des décompensations.

References:

1. Alourfi Z, Homsy H. Precipitating factors, outcomes, and recurrence of diabetic ketoacidosis at a university hospital in Damascus. *Avicenna Journal of Medicine*. 2015;5(1): 11-15.
2. Baldé M.N, Barry A.Y, Diallo M.M, Kaké A, Bah D, Diallo A.O. Identification des facteurs de décompensation du diabète à Conakry en

- vue d'une éducation ciblée des patients. *Diabetes and Metabolism*. 2007;3:89.
3. Bazin A, Meillet L, Schillo F, Desmettre T, Borot S. Admissions aux urgences pour hypoglycémie ou décompensation hyperglycémique chez les patients diabétiques: un passage obligé? *Médecine des Maladies Métaboliques*. 2016;10(3):275–279.
 4. Bonkougou P, Lankoandé M, Guira O, Saloukou KE, kaboré RA, Zinsou A et al. Complications aiguës métaboliques du diabète sucré dans le Service de Réanimation Polyvalente du Centre Hospitalier Universitaire Yalgado Ouédraogo de Ouagadougou au Burkina Faso. *Revue Africaine et Malgache de Recherche Scientifique/Sciences de la Santé*. 2017;5(1): 36-41.
 5. Djrolo F, Houinato D, Gbary A, Akoha R, Djigbéoudé O, Sègnon J. Prévalence du diabète sucré dans la population adulte à Cotonou, Bénin. *Médecine des maladies Métaboliques*. 2012;6(2):167–169.
 6. Djrolo F, Adoukonou T, Houehanou C, Houinato JD, Houinato D. Diabetes in Borgou Department in Benin: Prevalence and associated factors. *Journal of Diabetes Mellitus*. 2015;5(02):90 6.
 7. Girard R, de Montclos M, Bournaud C, Orgiazzi J. Dépistage des bactériuries à l'admission chez les patients diabétiques : peut-on abandonner les examens cyto bactériologiques urinaires systématiques? *Médecine et maladies infectieuses* 2006 ;36 ; 219–222.
 8. Gning SB, Thiam M, Fall F, Ba-Fall K, Mbaye PS, Fourcade L. Le diabète sucré en Afrique subsaharienne. Aspects épidémiologiques, difficultés de prise en charge. *Médecine tropicale*. 2007;67(6):607 11.
 9. Gninkoun CJ, Mushaniko-Bita D, Alassani SCA, Sylla SD, Dedjan AH. Infection urinaire chez le patient diabétique à Cotonou : aspects épidémiologiques et facteurs associés. *Journal de la Société de Biologie Clinique du Bénin*, 2019 ; 032 : 126-130
 10. Gninkoun CJ, Alassani AS, Sagna Y, Adjagba P, Djrolo F. Diabetic Ketosis Decompensations at the National Hospital in Benin (West Africa), What Did We Learn about the Precipitating Factors? *Journal of Diabetes Mellitus*. 2016;6(04):301 6.
 11. Guira O, Tiéno H, Bagbila A, Sagna Y, Nikiéma P, Yanogo D, et al. Typologie des cétooses diabétiques et facteurs associés aux dysnatrémies à la phase initiale de leur prise en charge à Ouagadougou (Burkina Faso). *Médecine des Maladies Métaboliques*. 2013;7(6):539–542.
 12. International Diabetes Federation. Atlas du diabète. 8è Edition. 2017;138:271 81.
 13. Kakoma PK, Kadiebwe DM, Kayembe AM, Makonga PK, Bugeme M, Mukuku O. Acidocétose diabétique chez l'adulte à l'Hôpital

- Sendwe de Lubumbashi: à propos de 51 cas. Pan African Medical Journal. 2014;17(1):1-5.
14. Leye MY, Leye A, Ndiaye N, Ngo VB, Touré PS, Ndour M, Fall B. Aspects épidémiologiques et diagnostiques de la cétoacidose diabétique en milieu hospitalier à Dakar. Analyse de 102 cas au CHU de Pikine. Revue Africaine de Médecine Interne. 2016;3(2):8 11.
 15. Lokrou A, Kouassi F. Bilan de 9 années de prise en charge de l'acidocétose du diabétique africain adulte en Côte-d'Ivoire. Médecine des maladies métaboliques. 2014;8(3):330–334.
 16. Ministère de la santé du Bénin. Annuaire des statistiques sanitaires 2017. Bénin; 2017. 135.
 17. Ndebele NFM, Naidoo M. The management of diabetic ketoacidosis at a rural regional hospital in KwaZulu-Natal. Afr J Prim Health Care Fam Med. 2018; 10(1): 1612.
 18. Pouye A, Leye A, Ndongo S, Ka MM, Dia D, Fall S, et al. Acidocétose diabétique dans un service de Médecine interne. Dakar médical 2003 ; 48:108-111.
 19. Randall L, Begovic J, Hudson M, Smiley D, Peng L, Pitre N, et al. Recurrent diabetic ketoacidosis in inner-city minority patients: behavioral, socioeconomic, and psychosocial factors. Diabetes care. 2011;34(9):1891–1896.
 20. Sarr A, Diedhiou D, Ndour-Mbaye N.M, Leye Y.M, Ka-Cisse M.S, Leye A, et al. Ketoacidosis in type 1 diabetes mellitus: 73 cases in Dakar. Le Mali medical. 2011;26(4):50–54.
 21. Suwanto S, Sutrisna B, Waspadji S, Pohan H.T. Predictors of five days mortality in diabetic ketoacidosis patients: a prospective cohort study. Acta Medica Indonesiana. 2014;46(1): 18-23.
 22. Tchaou BA, Gomina M, Agbo AHM, Akpona SA. Complications aiguës métaboliques du diabète sucré dans l'Unité de réanimation de l'Hôpital Universitaire de Parakou (Bénin). European Scientific Journal, ESJ. 2014;10(24): 208-218.
 23. Umpierrez GE, Murphy MB, Kitabchi AE. Diabetic Ketoacidosis and Hyperglycemic Hyperosmolar Syndrome. Diabetes Spectrum. 2002;15(1):28 36.
 24. Wild S, Roglic G, Green A, Sicree R, King H. Global prevalence of diabetes: estimates for the year 2000 and projections for 2030. Diabetes care. 2004; 27(5):1047 53.



ESJ Natural/Life/Medical Sciences

Effets De *Cyperus Articulatus L. (Cyperaceae)* Sur La Memoire Des Souris Blanches Suisses (*Mus Musculus Swiss.*)

Salomon Taah Yamndou, (Msc)

Elysée Djedoubouyom Name, (Msc)

Centre de Recherche Agricole de Wakwa, Ngaoundéré
Institut de Recherche Agricole pour le Développement (IRAD), Cameroun

Asta Madi, (MSc)

Centre de Recherche Agricole de Wakwa, Ngaoundéré
Institut de Recherche Agricole pour le Développement (IRAD), Cameroun

Maxwell Nguedjo Wandji, (Msc)

Centre de Recherche en Alimentation et Nutrition (CRAN),
Institut de Recherche Médicale et d'Etude des plantes Médicinales,
Cameroun

Francine Mediesse Kengne, (Ph.D)

Centre de Recherche en Plante Médicinale et Médecine Traditionnelle
(CRPMT),

Institut de Recherche Médicale et d'Etude des plantes Médicinales,
Cameroun

Alain Loabe Pahimi, (Ingénieur environnementaliste / Biologiste)

Institut de Recherche Agricole pour le Développement (IRAD), Cameroun

Elisabeth Ngo Bum, (Professeur)

Université de Maroua, Cameroun,

Alexandre Michel Njan Nlôga, (Maître de Conférences)

Université de Ngaoundéré, Cameroun

[Doi:10.19044/esj.2021.v17n29p184](https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n29p184)

Submitted: 11 July 2020

Accepted: 09 September 2020

Published: 31 August 2021

Copyright 2021 Author(s)

Under Creative Commons BY-NC-ND

4.0 OPEN ACCESS

Cite As:

Taah Yamndou S., Djedoubouyom Name E., Asta Madi, Nguedjo Wandji M., Mediesse Kengne F., Loabe Pahimi A., Ngo Bum E. & Njan Nlôga A.M. (2021). *Effets De Cyperus Articulatus L. (Cyperaceae) Sur La Memoire Des Souris Blanches Suisses (Mus Musculus Swiss.)*. European Scientific Journal, ESJ, 17(29), 184.

<https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n29p184>

Résumé

Le but de la présente étude était d'évaluer l'effet de l'extrait aqueux des rhizomes de *Cyperus Articulatus* L. (Cyperaceae) sur l'apprentissage et la mémoire des souris blanches *Mus musculus* Swiss. Les tests du Labyrinthe en T avec ou sans induction de perte de mémoire ont été réalisés une heure après administration orale de différentes doses d'extrait (52,4, 131, 262 et 524 mg/kg) de *C. Articulatus* obtenu par décoction. Concernant le test du Labyrinthe en T, l'extrait aux doses tests a entraîné l'augmentation significative de la latence et du nombre d'entrée dans le bras préféré à la phase d'acquisition en comparaison aux souris non traitées. Cependant, seule la dose 131 mg/kg a significativement réduit le nombre d'entrée dans le bras préféré à la dose 131 mg/kg. Dans le test du labyrinthe en T avec induction de perte de mémoire, l'extrait à toutes les doses a montré une réduction significative du temps de latence pour entrer dans le bras préféré, du temps passé dans le bras discriminé et du nombre de retour dans le bras de départ. En conclusion, l'extrait aqueux de rhizome de *C. Articulatus* possède des propriétés qui facilitent la mémorisation et corrigent les déficits de mémoire chez les souris. Les résultats obtenus dans cet article justifient l'utilisation de *C. Articulatus* en Médecine traditionnelle. Il conviendrait de faire une expérience sur les humains. Le screening phytochimique préliminaire réalisé a montré la présence de flavonoïdes, d'alcaloïdes, de tannins, de saponines, d'antraquinones, de triterpènes et de polyphénols.

Mots clés: *Cyperus Articulatus* ; Décoction, Apprentissage, Mémoire, Souris Blanches (*Mus musculus* Swiss)

Effets Of *Cyperus Articulatus* L. (Cyperaceae) On The Memory Of White Mice (*Mus Musculus* Swiss)

Salomon Taah Yamndou, (Msc)

Elysée Djedoubouyom Name, (Msc)

Centre de Recherche Agricole de Wakwa, Ngaoundéré
Institut de Recherche Agricole pour le Développement (IRAD), Cameroun

Asta Madi, (MSc)

Centre de Recherche Agricole de Wakwa, Ngaoundéré
Institut de Recherche Agricole pour le Développement (IRAD), Cameroun

Maxwell Nguedjo Wandji, (Msc)

Centre de Recherche en Alimentation et Nutrition (CRAN),
Institut de Recherche Médicale et d'Etude des plantes Médicinales,
Cameroun

Francine Mediesse Kengne, (Ph.D)

Centre de Recherche en Plante Médicinale et Médecine Traditionnelle
(CRPMT),

Institut de Recherche Médicale et d'Etude des plantes Médicinales,
Cameroun

Alain Loabe Pahimi, (Ingénieur environnementaliste / Biologiste)

Institut de Recherche Agricole pour le Développement (IRAD), Cameroun

Elisabeth Ngo Bum, (Professeur)

Université de Maroua, Cameroun,

Alexandre Michel Njan Nlôga, (Maître de Conférences)

Université de Ngaoundéré, Cameroun

Abstract

The purpose of this study was to evaluate the effect of the water extract of *Cyperus Articulatus* rhizomes on the learning capacity and memory of *Mus musculus* Swiss white mice. T-maze tests with or without memory loss induction were performed one hour after oral administration of different doses of extract (52.4, 131, 262 and 524 mg/kg) of *C. Articulatus* obtained by decoction. For the T-maze test, the extract at the various test doses resulted in a significant increase in latency and the number of entries into the preferred arm in the acquisition phase compared to the untreated mice group. However, only the 131 mg/kg dose significantly reduced the number of entries into the preferred arm. In the T maze test with memory loss induction, the extract at all doses showed a significant reduction in latency to enter the preferred arm, time spent in the discriminated arm and the number of returns to the starting arm. In conclusion, the water extract of *C. Articulatus* rhizome has properties that facilitate memory and correct memory deficits in mice. Preliminary phytochemical screening showed the presence of flavonoids, alkaloids,

tannins, saponins, anthraquinones, triterpenes and polyphenols. The results obtained in this article justify the use of *C. articulatus* in Traditional Medicine. It would be necessary however to conduct similar studies on humans so that these findings can be used to improve memory issues in patients and persons with special needs.

Keywords: *Cyperus Articulatus*, Decoction, Learning, Memory, *Mus musculus Swiss*, White Mouse

Introduction

Les maladies neurodégénératives entraînent la détérioration des cellules nerveuses, affectent le fonctionnement du système nerveux de façon progressive au cours de son évolution. De plus, en fonction des régions atteintes, les troubles pourront affecter la motricité, le langage, la perception, la cognition et la mémoire (Deschamps et Moulignier, 2005). La mémoire qui est la faculté d'enregistrer, de coder, de conserver et de restituer une information en la situant dans le temps est la plus affectée (Atkinson et Shiffrin, 1968). Ces différentes fonctions affectées peuvent modifier l'état de santé d'un individu, sachant que la santé est un état de bien être physique, mental et social (OMS, 2002) qui peut être déséquilibré suite à des perturbations d'origine interne ou externe.

Selon l'OMS, les troubles mentaux et comportementaux représentent 12 % de la charge mondiale de morbidité et si rien n'est fait, cette charge atteindrait les 15% en 2020 ; ceci entraîne d'importantes conséquences économiques et sociales pour un individu, sa famille et la société. Bien que de nombreuses stratégies de diagnostic et de traitement à base de médicaments conventionnels efficaces aient été établies (quels que soient les traitements mis sur pieds, ces derniers sont moins accessibles dans les pays africains en raison des conditions socioculturelles et économiques telles que le coût élevé (OMS, 2001). De plus, ces médicaments présentent des effets secondaires majeurs sur la mémoire (OMS, 2004). Dans le monde, près de 80 % de la population ont recours aux plantes médicinales pour leur problème de santé (OMS, 2008). Cependant, l'adoption de la médecine traditionnelle par les populations pose de nombreux problèmes dus au manque de données scientifiques sur l'innocuité et l'efficacité des préparations traditionnelles consommées. Les propriétés thérapeutiques de certaines plantes restent hypothétiques ou tout simplement, agissent comme des placebos (Ngo Bum, Taiwe, 2004). C'est dans cette optique que les enseignants du Département de Biologie et Physiologie Animales de la Faculté des Sciences de l'Université de Ngaoundéré ont entrepris de répertorier les plantes médicinales pour déterminer leurs propriétés pharmacologiques, donner des appréciations objectives des propriétés connues, révéler les propriétés inconnues, informer

la population des méfaits de certaines plantes médicinales et produire des traitements meilleurs sur le marché (Ngo Bum, 2010).

Des études pharmacologiques ont été menées sur *Cyperus articulatus* (Cypéracées) dans le but de trouver des molécules actives pour lutter efficacement contre les troubles de la mémoire. Des études ont révélé que la décoction de cette plante est utilisée dans le traitement de plusieurs pathologies telles que la toux, la fièvre, la coqueluche (Walker et Silans, 1961 ; Vergiat, 1970 ; Schultes et Raffaud, 1990), les bactéries (Duarte, 2005). Elle a également fait ses preuves dans le traitement de certaines maladies du système nerveux central telles que l'épilepsie (Nkantchoua, 2004 et Ngo Bum, 2010), l'insomnie (Rakotonirina, 2001) et la dépression. Cependant, aucune recherche n'a jamais été faite sur la mémoire.

Ainsi, il est principalement question de mettre en évidence des effets de la décoction des rhizomes de *Cyperus Articulatus* sur les capacités mnésiques chez les souris blanches Suisses *Mus musculus* L. (Muridae).

Matériel et Méthodes

Préparation de la décoction des rhizomes de *Cyperus Articulatus*

Les racines de rhizomes collectées dans une banlieue de Yaoundé, ont été séchées à l'ombre pendant 2 semaines et ensuite pilés dans un mortier en bois. La poudre de rhizomes (2,5 g) de *C. articulatus* obtenue est introduite dans un bécher contenant 25 mL d'eau distillée. Le mélange a été macéré pendant 18 h puis porté à ébullition pendant 20 min sur une plaque chauffante réglée à 100 °C. Après refroidissement le mélange a été filtré à l'aide d'un papier filtre Wattman n°4 et le filtrat récupéré constituait la solution mère. A partir de la solution mère, des dilutions au 1/2, 1/4, 1/8, 1/10 ont été réalisées pour obtenir les différentes doses test.

Le filtrat (solution mère) dont le volume mesuré 21 mL a été récupéré et porté à évaporation à l'étuve (80 °C) pendant 24 h. Nous avons obtenu 1,31 g d'extrait sec de *C. articulatus* soit un rendement de 0,524 % dont la concentration est 100 mg/mL. Le volume d'administration étant de 10 mL/kg, les différentes doses test étaient de 524; 262; 131 et 52,4 mg/kg.

Tests de caractérisation phytochimique

Les tests préliminaires de caractérisation phytochimique de la décoction de *C. Articulatus*, ont été réalisés par des méthodes qualitatives colorimétriques (Harbone, 1973), pour la détermination des principaux groupes chimiques.

1. Test des alcaloïdes. Un millilitre de décoction des rhizomes de *C. Articulatus* a été mélangé à quelques gouttes d'acide sulfurique (2 %) et quelques gouttes de réactif de Meyer. La formation d'un précipité blanc indiquait la présence d'alcaloïdes dans le milieu.

2. Test des saponines. Un millilitre de décoction a été vigoureusement agité. Après agitation, la formation d'une mousse persistante après une durée de 15 min rendait compte de la présence de saponine dans le milieu.

3. Test des flavonoïdes. Deux millilitres de la décoction de *C. Articulatus* ont été mélangés à 2 mL de soude à 1N. La présence d'une coloration jaune qui disparaît aussitôt après addition de l'acide chlorhydrique a confirmé la présence des flavonoïdes dans le milieu.

4. Test des tanins. Deux millilitres de la décoction de *C. Articulatus* ont été mélangés à 2 mL de sulfate de cuivre. Au mélange, est ajouté 2 gouttes d'ammoniaque. La formation d'un précipité noir, bleu ou vert indique la présence de tanins dans le milieu.

5. Test des triterpènes. Trois millilitres de la décoction sont mélangés à quelques gouttes d'anhydride acétique puis à ajouter quelques gouttes d'acide sulfurique. La formation d'une coloration rouge violacée indique la présence des triterpènes dans le milieu.

6. Test des anthraquinones. Un millilitre de la décoction est mélangé au NaOH 50 %, et nous avons le développement d'une coloration rouge ou violette indiquant la présence effective des anthraquinones dans notre extrait.

Tests pharmacologiques

Préparation des animaux

Les souris blanches *Mus musculus Swiss*, naïves, adultes, des deux sexes, pesant entre 18 et 30 g ont été utilisées pour réaliser les différents tests. Les animaux ont été acclimatés pendant 72 heures à la température ambiante (20 ± 1 °C) du laboratoire avant le début des manipulations et étaient nourris matin et soir à base de granulés. Ces animaux étaient soumis à un cycle de 12 heures de lumière et 12 heures d'obscurité. Les différents tests ont été effectués entre 9 heures et 15 heures.

Effet de la décoction de *Cyperus articulatus* sur la mémoire des souris dans le labyrinthe en T

Les effets de *C. Articulatus* sur le niveau d'exploration, l'apprentissage et la mémoire chez la souris naïve (souris non manipulée) placée dans le labyrinthe en T ont été évalués. Deux jours avant le début des expériences, les animaux sont progressivement privés de nourriture pour les maintenir à 80-85 % de leur poids. Ces derniers sont réparties en 6 lots homogènes de 5 animaux chacun. Ces animaux ont reçu de l'eau distillée pour le lot contrôle négatif, le diclofénac (5 mg/kg) pour le lot contrôle positif et les différentes doses de la décoction de *C. Articulatus* pour les lots tests. Les souris sont placées les unes après les autres dans le bras de départ du labyrinthe en T une heure après l'administration des différentes substances. Cette tâche s'est déroulée en trois phases : l'habituation, l'acquisition et la rétention.

Dans la première phase ou phase d'habitation, les souris sont familiarisées avec l'appareil pendant une période de 5 minutes. De la nourriture est placée dans chacun des couloirs pour favoriser l'exploration. L'expérimentateur met la souris dans le compartiment de départ. Après 15 sec, il ouvre toutes les portes à guillotines. L'animal peut alors choisir l'un ou l'autre couloir des bras de l'appareil indiquant ainsi sa préférence. Les paramètres enregistrés étaient les suivants : le temps de latence pour choisir un bras (le bras qui constituera le bras préféré de l'animal tout au long du test), le temps passé et le nombre d'entrées dans le bras préféré et le bras discriminé, et le nombre de retour dans le bras de départ.

La deuxième phase ou phase d'acquisition, commence 24 heures après la phase d'habitation. Le couloir du bras discriminé par l'animal est fermé, puis un renforçateur (nourriture) est placé dans le bras choisi par l'animal. L'expérimentateur met la souris dans le compartiment de départ et la laisse se déplacer vers le couloir ouvert (couloir préféré pendant l'habitation). Cette phase s'effectue en 5 min pour chaque animal. Les paramètres suivants sont notés: le temps de latence pour retrouver la nourriture, le temps passé et le nombre d'entrées dans les bras préférés le nombre de retour dans le bras de départ.

Enfin vient la phase de rétention 24 heures après la phase d'acquisition. Chaque animal est placé pour une durée de 5 min dans l'appareil, cette fois-ci tous les bras du dispositif sont ouverts. L'expérimentateur place la nourriture dans les deux bras du labyrinthe. Les paramètres enregistrés sont : le temps de latence pour retrouver le bras préféré, le temps passé et le nombre d'entrées dans le bras préféré et le bras discriminé, et le nombre de retour dans le bras de départ. Après les 5 min d'expérimentation

Effet de la décoction de *Cyperus Articulatus* sur la mémoire des souris ayant reçu la scopolamine dans le Labyrinthe en T

Les effets de *C. Articulatus* sur la perte de mémoire induites par la scopolamine ont été évalués chez la souris naïve placée dans le labyrinthe en T, les animaux sont répartis en 6 lots homogènes de 5 souris. Ils sont répartis comme suit : 1 lot contrôle négatif qui a reçu seulement de l'eau distillée (10 mg/kg) , 1 lot contrôle scopolamine qui a reçu de l'eau distillée (10 mg/kg) et de la scopolamine (0,1 mg/kg) une heure plus tard, 1 lot contrôle positif qui a reçu de la scopolamine (0,1 mg/kg) une heure plus tard, les lots tests qui ont reçu les différentes doses de la décoction de de *C. articulatus* (52.4, 131, 262,524 mg/kg) et de la scopolamine (0,1 mg/kg) une heure plus tard. Toutefois, ces administrations n'ont eu lieu que pendant la phase de rétention. Pendant la phase d'habitation et d'acquisition les animaux ont été soumis à l'entraînement. Les souris sont placées les unes après les autres dans le bras de départ du labyrinthe en T, 30 minutes après l'administration de la

scopolamine pour les animaux du contrôle positif et les lots tests et 30 minutes après l'administration de l'eau distillée pour les animaux du contrôle négatif.

Les mêmes paramètres sont enregistrés comme dans le labyrinthe T normale pour la phase d'habitation et d'acquisition. Quant à la phase de rétention, le pourcentage de réussite n'est pas enregistré.

Analyse des Résultats

Un test de normalité et d'homoscédasticité à été effectué. Les données ont été exprimées en moyennes \pm écart-types. L'analyse de la variance (ANOVA) a été utilisée pour la comparaison des moyennes suivie du test de comparaison des variables de Dunnett et Turkey effectué à l'aide du logiciel XL.Stat version 2007. Les différences ont été considérées comme significatives à partir de $p \leq 0,05$.

Résultats

Phase d'habitation.

Effets sur le temps de latence pour entrer dans le bras d'arrivée

Une réduction de temps de latence par des souris traitées par les différentes doses de la décoction de *C. Articulatus* par rapport à celles du lot témoin négatif est observée (Figure 1). Le temps de latence pour trouver le bras d'arrivée pour la première fois qui passe de $22,6 \pm 5,1$ secondes chez les souris du lot témoin négatif à $10,6 \pm 2,7$ secondes chez celles traitées par la dose 131 mg/kg de *C. Articulatus*.

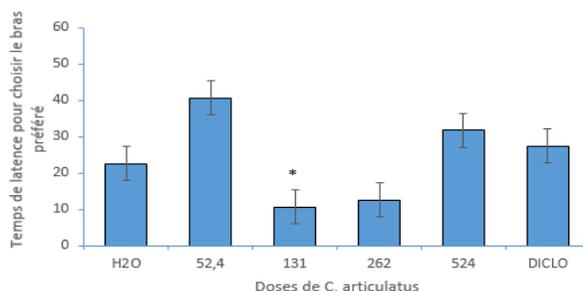


Figure 1. Effet de la décoction de *Cyperus Articulatus* sur le temps de latence. Chaque barre représente la moyenne \pm écart type ; n = 5. H2O: Eau distillée (contrôle négatif); DICLO=diclofenac (contrôle positif). * $p \leq 0,05$; *** $p \leq 0,001$ différence significative par rapport au contrôle négatif

Effet de *C. Articulatus* sur le nombre de retour dans le bras de départ

Une réduction significative du nombre de retour dans le bras de départ est également notée à la Figure 2 ci-contre. Ce nombre qui passe de $6,4 \pm 2,0$ secondes pour le control négatif à $1,6 \pm 0,5$ seconde pour les souris traitées par la dose 262 mg /kg; et $2,8 \pm 1,4$ secondes pour le diclofenac qui induit aussi

une diminution significative par rapport au lot témoin qui est de $6,4 \pm 2,0$ secondes.

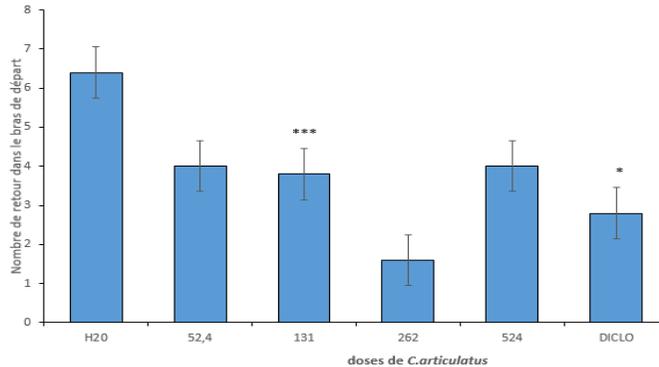


Figure 2. Effet de la décoction de *Cyperus Articulatus* sur le nombre de retour dans le bras de départ

Chaque barre représente la moyenne \pm ESM ; $n = 5$. * $p \leq 0,05$, *** $p \leq 0,001$ différence significative par rapport au contrôle négatif. ED = eau distillée, Diclo = diclofénac 5 mg/kg (contrôle positif).

Effet de la décoction de *C. articulatus* sur le temps passé dans le bras préféré du labyrinthe en T

La décoction de *C. Articulatus* provoque une augmentation significative sur le temps passé dans le bras préféré. Ce nombre passe de $153,8 \pm 30,2$ secondes pour le lot témoin négatif à 217 ± 36 secondes pour la dose 524 mg /kg et 233 ± 27 secondes pour le diclofénac 5 mg/kg.

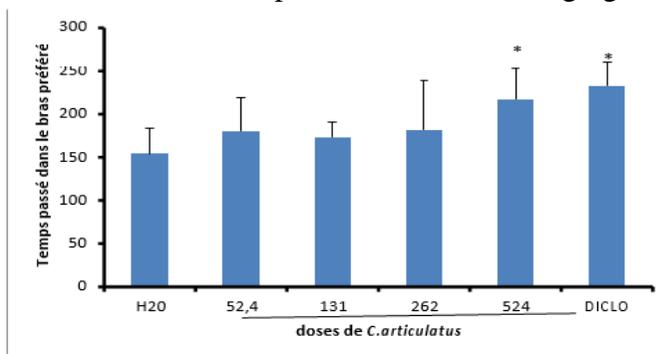


Figure 3. Effet de *Cyperus Articulatus* sur le temps passé dans le bras préféré

Effet de la décoction de *Cyperus Articulatus* sur le nombre d'entrée dans le bras préféré du labyrinthe en T

Une augmentation significative du nombre d'entrée dans le bras préféré du labyrinthe est notée (Figure 4). Ce nombre qui passe de $2 \pm 0,7$ secondes

pour le control négatif à $2,6 \pm 0$ secondes et $4,8 \pm 0,8$ secondes pour les doses 262 et 524 mg / kg respectivement de la décoction de *C. Articulatus*.

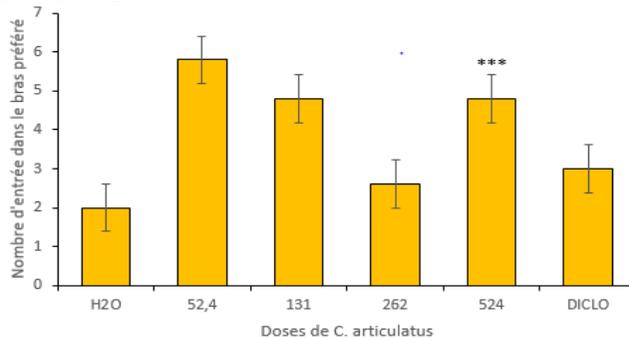


Figure 4. Effet de la décoction de *Cyperus Articulatus* sur le nombre d'entrée dans le bras préféré du labyrinthe en T

Effet de la décoction de *C. Articulatus* sur le nombre de retour dans le bras de départ

Le nombre de retour dans le bras de départ diminue significativement de $6,2 \pm 0,8$ secondes pour le lot négatif à 5,4 et à $5,6 \pm 0,5$ secondes pour les doses respectives 52,4 et 131 mg/kg et $4 \pm 0,7$ secondes pour le diclofénac qui induit une diminution significative par rapport au lot négatif (Figure 5).

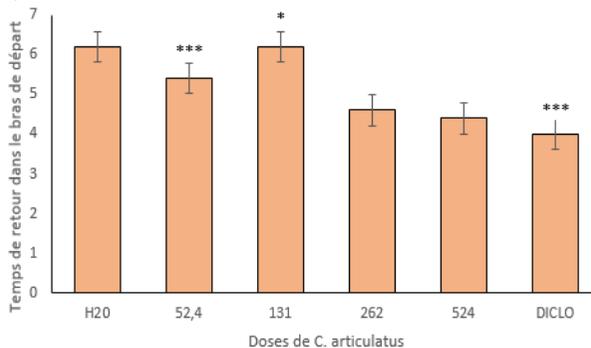


Figure 5. Effet de *Cyperus Articulatus* sur le nombre retour dans le bras de départ dans le labyrinthe en T

Phase de rétention

Effet de *Cyperus Articulatus* sur le temps de latence du premier choix du bras d'arrivée

On note ici une diminution du temps de latence du premier choix du bras d'arrivée. Ce temps qui va de $51,4 \pm 3,36$ secondes pour le controle négatif à $20,6 \pm 5,50$ secondes pour la dose 131mg/kg.

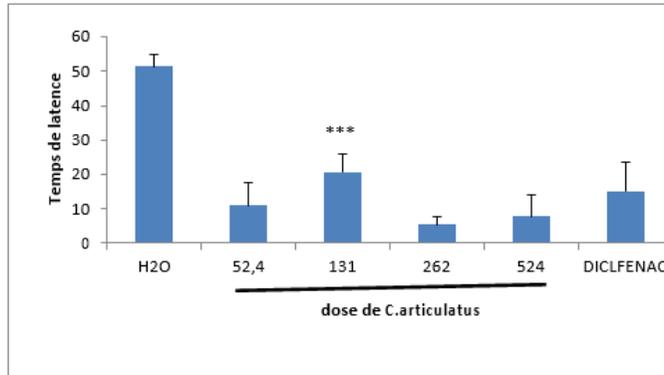


Figure 6. Effet de la décoction de *Cyperus Articulatus* sur le temps de latence du choix du bras d'arrivée

Effet de la décoction de *Cyperus Articulatus* sur le temps passé dans les bras d'arrivée (préférés et discriminés) dans le labyrinthe en T

Le temps d'entrée dans le bras discriminé par rapport au contrôle négatif diminue significativement (Figure 7). Ce temps passe pour le contrôle négatif à 120 ± 20 secondes et $128,25$ secondes pour les doses 131 et 524 mg/kg et augmente de $108,8 \pm 22,0$ secondes pour le contrôle négatif à $135,4 \pm 35,3$ secondes et pour le diclofénac 5 mg/kg.

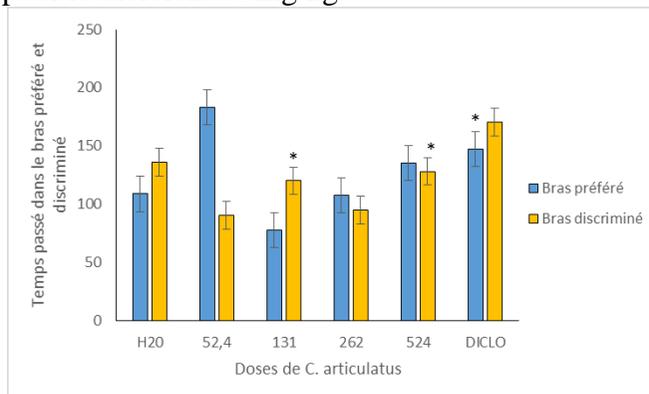


Figure 7. Effet de la décoction de *Cyperus Articulatus* sur le temps passé dans le bras préféré et discriminé du labyrinthe en T

Chaque barre représente la moyenne \pm ESM ; $n = 5$. * $p \leq 0,05$, *** $p \leq 0,001$ différence significative par rapport au contrôle négatif. ED = eau distillée, Diclo = diclofénac 5 mg/kg (contrôle positif).

Effet de la décoction de *Cyperus Articulatus* sur la mémoire avec induction de la scopolamine dans le test du labyrinthe en T pendant la rétention

Effet de la décoction de *Cyperus Articulatus* sur le temps de latence du bras préféré du labyrinthe en T

Le temps de latence du bras préféré pendant la rétention est réduit significativement (Figure 8). Ce temps passe de $26,8 \pm 3,9$ secondes pour le contrôle négatif scopolamine à $17,4 \pm 3,2$ seconde pour la dose 524 mg/kg.

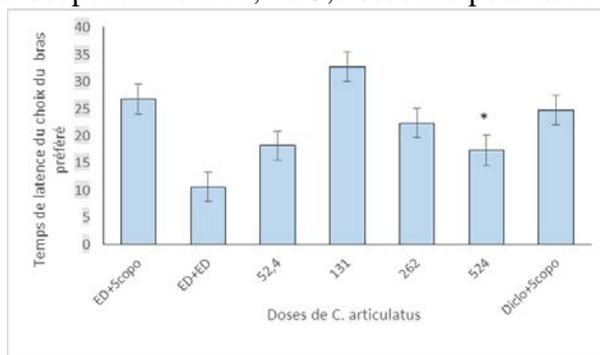


Figure 8. Effet de la décoction de *Cyperus Articulatus* sur le temps de latence induit par scopolamine pendant la rétention

Chaque barre représente la moyenne \pm ESM ; $n = 5$. * $p \leq 0,05$, différence significative par rapport au contrôle négatif. ED = eau distillée, Diclo = diclofénac 5 mg/kg (contrôle positif), scopo = scopolamine 0,3 mg/kg (ANOVA suivie du test de comparaison multiple de Dunnett).

Effet de *Cyperus Articulatus* sur le nombre de retour dans le bras de départ pendant la phase de rétention

La décoction du rhizome de *C. Articulatus* ne montre aucun effet (il n'est tout de même pas nul) pour toutes les doses sur le nombre de retour dans le bras de départ.

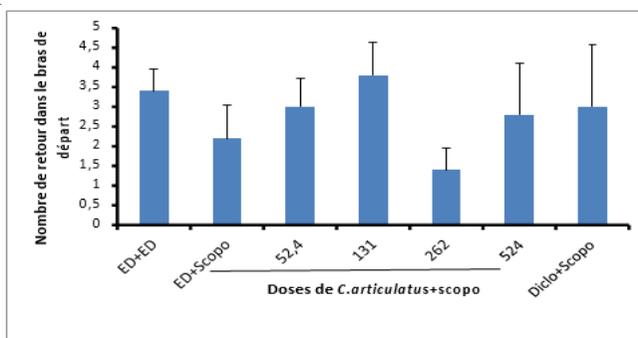


Figure 9. Effet de *Cyperus Articulatus* sur le nombre de retour dans le bras de départ pendant la phase de rétention.

Effet *Cyperus Articulatus* sur le temps passé dans les bras d'arrivée (bras préféré et discriminé) du labyrinthe en T pendant la phase de rétention

Une augmentation et une diminution significatives de temps passé dans les bras d'arrivée (préférés et discriminés) par les souris traitées par les différentes doses de *C. Articulatus* sont notées. Cette augmentation qui passe de $39,4 \pm 3,9$ secondes pour le lot témoin négatif à $120,8 \pm 29,8$ secondes et $137 \pm 20,7$ secondes; et $114,6 \pm 11$ secondes pour les doses 52,4; 262; et 524 mg/kg (Figure 10). Pourtant, ces mêmes doses induisent une diminution significativement du temps passé dans le bras discriminé, y compris le contrôle positif.

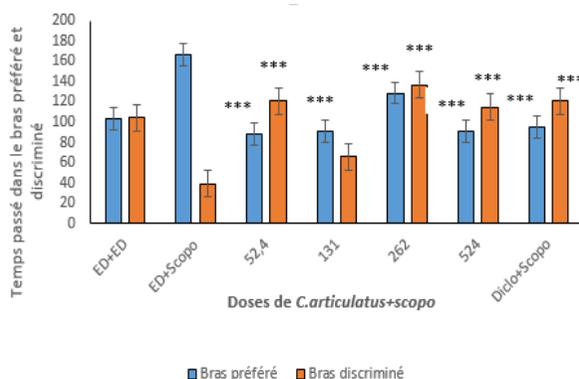


Figure 10. Effet de la décoction de *Cyperus Articulatus* sur le temps passé dans bras d'arrivée (préférés et discriminés) du labyrinthe en T

Chaque barre représente la moyenne \pm ESM ; *** $p \leq 0,001$ différence significative par rapport au contrôle négatif scopolamine (ED + Scopo). ED = eau distillée, Scopo = scopolamine 0,3 mg/kg, Diclo = diclofénac 5 mg/kg (contrôle positif).

Effet de *Cyperus Articulatus* sur le nombre d'entrées dans les bras d'arrivée (bras préféré et discriminé) du labyrinthe en T pendant la phase de rétention

La scopolamine diminue le nombre d'entrées dans le bras préféré et la décoction de *C. Articulatus* lève cette diminution en augmentant significativement ce nombre qui passe de $1,8 \pm 0,85$ secondes (bras préféré) chez les souris du lot témoin scopolamine à $4,8 \pm 1,9$ secondes pour la dose 262 mg/kg ; pourtant le diclofenac 5 mg/kg induit une augmentation significative qui est de $5 \pm 1,5$ secondes et toutes les autres doses de décoction y compris le contrôle positif dans le bras discriminé sont sans effet (Figure 11).

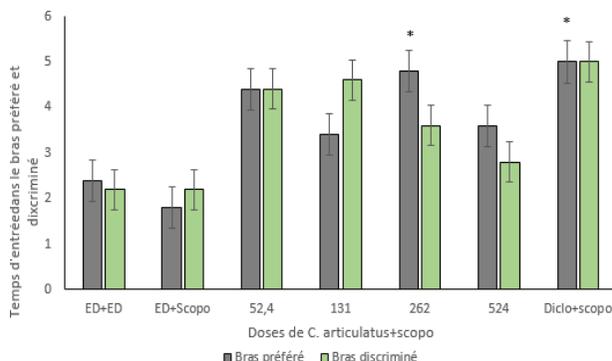


Figure 11. Effet de la décoction de *Cyperus Articulatus* sur le nombre d'entrées dans les bras d'arrivées (préférée et discriminée)

Chaque barre représente la moyenne \pm ESM ; $n = 5$. * $p \leq 0,05$ différence significative par rapport au contrôle négatif scopolamine (ED + Scopo). ED = eau distillée, Scoposcolamine 0,3 mg/kg, Diclo = diclofénac 5 mg/kg (contrôle positif).

Discussion

Les résultats obtenus lors du test du labyrinthe en T ont montré une diminution à la fois du temps de latence, du temps passé dans le bras discriminé, du nombre de retour dans le bras de départ d'une part, d'autre part une augmentation du nombre d'entrée et du temps passé dans le bras préféré, du nombre d'entrée dans le bras discriminé chez les souris ayant reçu la décoction de *C. Articulatus*. Cette diminution du temps de latence pour retrouver la nourriture suggère une amélioration de la mémoire de référence. En même temps l'augmentation du nombre d'entrées dans les bras d'arrivées montre qu'il y a eu augmentation de l'exploration. Par ailleurs, l'amélioration des capacités mnésiques et la réduction de stress par la présence des renforçateurs alimentaires sont favorables pour un bon fonctionnement de la mémoire. Des résultats similaires ont été obtenus par Farshchi et Ghiasi (2010) ; Heru *et al.* (2017). Des études ont montré que le stress peut détériorer ou améliorer la mémoire selon Song Li et Ya-Xin F. (2012). On peut donc dire que la décoction du rhizome de *C. Articulatus* aurait des propriétés qui facilitent l'apprentissage et la mémorisation après administration au cours des différentes phases du test.

Pour confirmer ces effets positifs de la décoction de *C. Articulatus* sur la mémoire, le test d'induction de la perte de mémoire par la scopolamine (antagonisme muscarinique) a été utilisé. La diminution remarquable du nombre de retour dans le bras du départ, du temps passé dans les bras et du temps de latence pour retrouver la nourriture chez les souris par rapport à celles qui ont reçu l'eau distillée et la décoction des différentes doses de *C.*

Articulatus, montrent que *C. Articulatus* antagoniserait l'effet de la scopolamine et aurait une action sur l'amélioration de la mémoire. De même, l'augmentation du nombre d'entré et du temps passé dans les bras d'arrivées suppose un accroissement de l'exploration dans le test du labyrinthe en T chez les souris ayant reçu les différentes doses de *C. Articulatus*.

Conclusion

La présente étude menée sur la décoction des rhizomes de *Cyperus Articulatus* nous a permis de mettre en évidence ses effets sur le système nerveux central précisément sur la mémoire. Les effets de la décoction de *C. Articulatus* entraînent une augmentation des capacités mnésiques, ainsi que des composés antagonistes de la scopolamine (antagoniste des récepteurs muscariniques). L'ensemble de ces observations laisse penser que *C. Articulatus* possède des propriétés améliorant les capacités mnésiques. Propriétés qui seraient dues à la présence dans la décoction des flavonoïdes, des alcaloïdes, des saponines, des tanins, tri terpènes, poly-phénols dont les tanins et flavonoïdes et des anthraquinones qui agiraient par fixation sur certains récepteurs du système nerveux central. Tous ces effets nous permettent de comprendre au moins en partie l'utilisation des rhizomes de *C. Articulatus* en médecine traditionnelle. Bien que d'autres investigations soient nécessaires, ces résultats montrent que la décoction de *C. Articulatus* peut être utilisée comme traitement des atteintes de la mémoire comme en médecine traditionnelle.

Recommandations

Pour les analyses ultérieures, les chercheurs recommandent:

- D'utiliser différents agonistes et antagonistes des récepteurs impliqués dans les atteintes de la mémoire pour mettre en évidence le mécanisme d'action des composés contenus dans la décoction de *Cyperus Articulatus*;
- D'étudier et quantifier les familles chimiques présentes dans la décoction de *Cyperus Articulatus* ;
- D'étudier la toxicité aiguë et chronique et subchronique de la décoction de *C. Articulatus*.

References:

1. Atkinson R. & Shiffrin R. (1968). Human memory: A proposed system and its control processes. K W Spence, J T Spence Edition Psychology of Learning and Motivation: Advances in Research and Theory., 2, 89-195 doi: 10.1016/S0079-7421(08)60422-3.
2. Deschamps R. & Moulignier A. (2005). La mémoire et ses troubles. Memory and related disorders. EMC-Neurologie2. J. Neuroscience., 2: 505-525, doi: 10.1016/j.emcn.2005.07.003.

3. Duarte M. (2005). Anti-Candida activity of Brazilian medicinal plants. *J. Ethnopharmacol.*, 97: 305-311, doi : 10.1016/j.jep.2004.11.016.
4. Farshchi A., Ghiasi G., Farshchi S. & Khatabi M. (2010). Effects of *Boswellia Papyrifera* Gum Extract on Learning and Memory in Mice and Rats. *Iran. J. Basic. Med. Sci.* ; 13(2), 9-15.
5. Taiwe G., Ngo Bum E. & Théophile, Dima T., Weiss N. (2010). Antidepressant, myorelaxant and anti-anxiety-like effects of *Nauclea latifolia* smith (Rubiaceae) roots extract in murine models. *Int. J. Pharmacology.*, 6 (4), 364-371, doi : 10.3923/ijp.2010.364.371.
6. Harborne J.B. (1973). *Phytochemical Methods: A guide to modern techniques of plant analysis*. Chapman & Hall, London. D'action des extraits des rhizomes de *Cyperus articulatus* (cypéracée). Thèse doctorat, en neuropharmacologie. Université de Yaoundé1.Cameroun, 278 p.
7. Heru S. (2017). The effect of *Cyperus Rotundus* on Memory and the Numbe of Hippocampus Cells on Alcohol Administration. *ARC Journal of Nursing and Healthcare*, 3(2) : 15-17.
8. Ngo Bum E. (2004). Détermination des effets anticonvulsants et certains mécanismes d'action des extraits des rhizomes de *Cyperus articulatus* (cypéracée). Thèse Doctorat, en neuropharmacologie. Université de Yaoundé1.Cameroun.
9. Ngo Bum E., Nkantchoua, G.- N., Njifutie Njikam., Taiw, G.- S., Ngoupaye G.- T., Pelanken M.- M., Manga L., Maidawa F., Rakotonirina A., Rakotonirina S.- V. (2010). Anticonvulsant and sedative activiçty of leaves of *Senna spectzbilis* in mice. *Int. J. Pharmacol*, (6) :123-128, doi : 10.3923/ijp.2010.123.128.
10. OMS. (2001a). Communiqué de presse numéro 18. Genève: Organisation Mondiale de la Santé.
11. OMS. (2001b). Communiqué de presse numéro 18. Genève: Organisation Mondiale de la Santé.
12. OMS. (2001). Communiqué de presse numéro 18. Genève: Organisation Mondiale de la Santé.
13. OMS. (2002). Médecine traditionnelle : besoins croissants et potentiels. *Bulletin Organisation Mondiale de la Santé*.
14. OMS. (2004). Médecine traditionnelle: besoins croissants et potentiels. *Bulletin*
15. Organisation Mondiale de la Santé.
16. OMS. (2008).Stratégie de l'OMS sur la médecine Traditionnelle; Organisation Mondiale de la Santé; Genève.
17. Rakotonirina S.-V., Ngo Bum E., Rakotonirina A. & Bopelet M. (2001). Sedatives properties of the total extract of the rhizomes of

- Cyperus articulates. L. *Fitoterapia*, 72 (1): 22-29, doi: 10.1016/S0367-326X (00)00243-4.
18. Schultes, R.-E & Raffaud R.-F. (1990). *The hearling forest: Medicinal plants of the Northwest Amazonia*. Dioscorides Press, Portland, p.156, ISBN13: 9780931146145.
 19. Song Li, Ya-Xin F., Wei W. & Yi-Yuan T. (2012). Effects of acute restraint stress on different components of memory as assessed by object-recognition and object- location tasks in mice. *Behavioural BrainResearch*. 227 (1): 199-207, doi: 1016/j.bbr.2011.10.007.
 20. Vergiat A.- M. (1970). Plantes magiques et médicinales des féticheurs de l'Oubangui (Région de Bangui). *J. Agri. Trop. Bot. Appli*, 17 (5-6): 295-339, doi: 10/3406/jatba.1970.3071.
 21. Walker A. R. & Silans R. (1961). *Les plantes Utiles du Gabon*. Paul Lechevalier, Paris. pp : 19-132, ISBN-13 : 978-2907888721.



ESJ Natural/Life/Medical Sciences

Profil Des Infections Osteo-Articulaires A Germes Banals En Hospitalisation Au Service De Rhumatologie Du Chu De Cocody

Djaha Kouassi Jean-Mermeze

Ouattara Baly

Massi Gbètondji Michel

Hounsounou Mariano

Gbané Mariam

Diomandé Mohamed

Eti Edmond

Service de rhumatologie CHU de Cocody, Abidjan, Côte d'Ivoire

[Doi:10.19044/esj.2021.v17n29p201](https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n29p201)

Submitted: 10 May 2021

Accepted: 01 July 2021

Published: 31 August 2021

Copyright 2021 Author(s)

Under Creative Commons BY-NC-ND

4.0 OPEN ACCESS

Cite As:

Djaha Kouassi J-M., Ouattara B., Massi Gbètondji M., Hounsounou M., Gbané M., Diomandé M. & Eti E. (2021). *Profil Des Infections Osteo-Articulaires A Germes Banals En Hospitalisation Au Service De Rhumatologie Du Chu De Cocody*. European Scientific Journal, ESJ, 17(29), 201.

<https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n29p201>

Résumé

Objectif: Déterminer les aspects épidémiologiques, cliniques, étiologiques et thérapeutiques des infections ostéo-articulaires à germes banals.

Matériels et méthode: Il s'est agi d'une étude transversale sur une période de 5 ans allant de janvier 2014 à décembre 2018. Tous les patients hospitalisés dans le service de rhumatologie du CHU de Cocody pour une infection ostéoarticulaire à germe banal ont été inclus dans l'étude. Les données recueillies à l'aide d'une fiche d'enquête ont été analysées grâce au logiciel Epi Info 7.

Résultats: Sur 2046 patients hospitalisés, 71 infections ostéo-articulaires à germes banals ont été recensées soit une fréquence hospitalière de 3,4 %. Il y avait 36 femmes et 35 hommes soit un sex-ratio de 0,97. L'âge moyen était de 47,6 ans [25-68 ans]. Les facteurs de risque retrouvés étaient

le diabète (19,7 %), l'infection par le VIH (11,2 %), l'alcool (14,1 %) et la drépanocytose (8,4 %). Il y avait une porte d'entrée dans 71,7 % des cas. Les portes d'entrée étaient cutanées (39,4 %), urogénitales (28%), otorhinolaryngologiques (22%) et bucco dentaires (10,6%). Les rachialgies (34 %) et les gonalgies (28%) représentaient plus de la moitié des motifs de consultations. La fièvre (85,9 %) était le principal signe général. L'arthrite septique (59,1%) et la spondylodiscite à germe banal (33,8 %) étaient les formes cliniques les plus représentées. Les localisations de l'infection prédominaient aux genoux (39,4 %) et au rachis lombaire (23,9 %). La recherche de germe avait été infructueuse dans 84,6 % des cas . Les germes ont été isolés chez seulement 11 patients (15,4 %). Les germes isolés étaient le Staphylocoque aureus dans 36,4 % des cas. Tous les patients ont eu une double antibiothérapie probabiliste et réajusté secondairement par l'antibiogramme dans 15,4 % des cas. La double antibiothérapie probabiliste était faite de l'association de quinolones-aminoside et de quinolones-bêta lactamines. Les aminosides étaient données sur une durée maximum de 10 jours à cause de l'atteinte rénale. La durée du traitement antibiotique était de 6 semaines en l'absence d'atteinte osseuse et était d'au moins 3 mois en cas d'atteinte osseuse. Il y avait 07 patients (10 %) qui ont eu une intervention chirurgicale. L'évolution a été favorable chez tous les patients.

Conclusion: Les infections ostéo-articulaires à germes banals sont peu fréquentes en hospitalisation de rhumatologie à Abidjan et touchent les adultes d'âge mur.

Elles se présentent le plus souvent sous forme d'une arthrite septique et d'une spondylodiscite à germe banal. L'évolution était favorable chez tous les patients.

Mots-clés: Arthrite Septique, Spondylodiscite À Germe Banal, Antibiotique

Profile Of Osteo-Articular Infections With Banal Germs In Hospitalization In The Rheumatology Department Of Cocody Chu

Djaha Kouassi Jean-Mermoze

Ouattara Baly

Massi Gbètondji Michel

Hounsounou Mariano

Gbané Mariam

Diomandé Mohamed

Eti Edmond

Service de rhumatologie CHU de Cocody, Abidjan, Côte d'Ivoire

Abstract

Objective: To determine the epidemiological, clinical, etiological and therapeutic aspects of osteo-articular infections caused by banal germs.

Materials and method: This was a cross-sectional study over a 5 year period from January 2014 to December 2018.

All patients hospitalized in the rheumatology department of Cocody University Hospital for an osteoarticular infection caused by germs banals were included in the study. The data collected using a survey sheet was analyzed using Epi Info 7 software.

Results: Out of 2,046 hospitalized patients, 71 osteoarticular infections with banal germs were identified, either a hospital frequency of 3.4 %. There were 36 women and 35 men either a sex ratio of 0.97. The mean age was 47.6 years [25-68 ans]. The risk factors found were diabetes (19.7 %), HIV infection (11.2%), alcohol (14.1 %) and sickle cell disease (8.4 %). There was a front door 71.7 % of the time. The gates to the front door were cutaneous (39.4%), urogenital (28%), otorhinolaryngological (22%) and oral dentistry (10.6%). Back pain (34%) and gonalgia (28%) accounted for more than half of the reasons for consultations. The main general sign was fever (85.9 %). Septic arthritis (59.1 %) and spondylodiscitis caused by Germs Banals (33.8 %) were the most common clinical forms. The sites of infection predominated in the knees (39.4 %) and the lumbar spine (23.9 %). The search for germs was unsuccessful in 84.6 % of cases. The germs were isolated from only 11 patients (15.4 %). The organisms isolated were *Staphylococcus aureus* in 36.4 % of cases. All the patients underwent a double probabilistic antibiotherapy and secondarily readjusted by the antibiogram in 15.4 % of cases. The double probabilistic antibiotic therapy consisted of a combination of quinolones-aminoglycoside and quinolones-beta-lactams. Aminoglycosides were given for a short period of up to 10 days because of kidney damage. The duration of

antibiotic treatment was 6 weeks in the absence of bone involvement and was at least 3 months in the case of bone involvement. There were 07 patients (10 %) who had surgery. The outcome was favorable in all patients.

Conclusion: Bone and joint infections caused by banal germs are infrequent in rheumatology hospitalizations in Abidjan and affect mature adults. They most often present as septic arthritis and spondylodiscitis with common germs. The outcome was favorable in all patients.

Keywords: Septic Arthritis, Common Germ Spondylodiscitis, Antibiotic

Introduction

L'infection ostéo-articulaire est une affection sévère surtout lorsqu'elle intéresse le rachis (Valérie & al, 2014). Les infections ostéoarticulaires demeurent un problème de santé publique en Afrique (Nzenze & al, 2001 ; N'tsiba & al, 2006 ; Ouédraogo & al, 2014) . Les infections ostéoarticulaires à germes banals constituent une urgence médicale car le pronostic vital est mis en jeu. Le traitement antibiotique doit débuter immédiatement dès la suspicion diagnostique et doit être adapté secondairement à l'antibiogramme pour éviter les complications pouvant entrainer la mort du patient.

L'objectif de notre travail est de déterminer le profil épidémiologique, clinique, étiologique et thérapeutique des infections ostéoarticulaires à germes banals.

Matériels et méthodes

Il s'est agit d'une étude transversale sur une période de 5 ans allant de janvier 2014 à décembre 2018. Tous les patients hospitalisés dans le service de rhumatologie du CHU de Cocody à Abidjan en Côte d'Ivoire pour une infection ostéoarticulaire à germe banal ont été inclus dans l'étude. Les patients n'ayant pas un minimum d'examen paraclinique (Numération Formule Sanguine, C réactive protéine, radiographie standard) et les infections ostéoarticulaires tuberculeuses n'ont pas été inclus dans l'étude. Les données étudiées étaient épidémiologiques (âge, sexe), cliniques (les facteurs de risques, le mode de vie, la porte d'entrée, le siège des atteintes, les signes généraux et les signes physiques), paracliniques (la numération formule sanguine, la vitesse de sédimentation, la C réactive protéine, l'hémoculture, l'analyse du liquide articulaire, l'analyse de la ponction d'abcès, la radiographie standard, l'échographie articulaire, le scanner et l'imagerie par résonance magnétique), étiologiques (germes isolés) et thérapeutiques (antibiotique, chirurgie). Les données recueillies à l'aide d'une fiche d'enquête ont été analysées grâce au logiciel Epi Info 7.

Résultats

Données socio-démographiques

Sur 2046 patients hospitalisés, 71 infections ostéo-articulaires à germes banals ont été recensées soit une fréquence hospitalière de 3,4 %. Il y avait 36 femmes et 35 hommes soit un sex-ratio de 0,97. L'âge moyen était de $47,6 \pm 18,1$ [extrêmes 25-68] ans.

Données cliniques

Les facteurs de risque retrouvés étaient le diabète (19,7 %), l'infection par le VIH (11,2 %), l'alcool (14,1 %) et la drépanocytose (8,4 %). Il y avait une porte d'entrée dans 71,7 % des cas. Les portes d'entrée étaient cutanées (39,4 %), urogénitales (28%), otorhinolaryngologiques (22%) et bucco dentaires (10,6%). Les rachialgies (34 %) et les gonalgies (28%) représentaient plus de la moitié des motifs de consultations. La fièvre (85,9%) était le principal signe général.

L'arthrite septique (59,1 %) et la spondylodiscite à germe banal (33,8%) étaient les formes cliniques les plus représentées (tableau I).

Tableau I. Répartition des patients selon les formes cliniques des infections

| | Effectif | Pourcentage (%) |
|-------------------------------|----------|-----------------|
| Arthrite septique | 42 | 59,1 |
| Spondylodiscite à germe banal | 24 | 33,8 |
| Ostéo-arthrite | 8 | 11,2 |
| Ostéomyélite | 2 | 2,8 |
| Ostéite | 1 | 1,4 |

Les localisations de l'infection prédominaient aux genoux (39,4 %) et au rachis lombaire (23,9 %) (tableau II).

| | | Effectif | Pourcentage (%) |
|------------------------|------------------------|----------|-----------------|
| Squelette périphérique | Genou | 28 | 39,4 |
| | Epaule | 9 | 12,6 |
| | Cheville | 7 | 09,8 |
| | Hanche | 7 | 09,8 |
| | Mains | 3 | 04,2 |
| | Poignet | 3 | 04,2 |
| | Pieds | 2 | 2,8 |
| | Coudes | 2 | 2,8 |
| | Jambes | 2 | 2,8 |
| | Cuisse | 1 | 1,4 |
| | Bras | 1 | 1,4 |
| Squelette axial | Rachis lombaire | 17 | 23,9 |
| | Charnière lombo-sacrée | 7 | 09,8 |
| | Rachis cervical | 6 | 08,4 |
| | Rachis dorsal | 3 | 04,2 |

Tableau II. Répartition des patients selon le siège de l'infection

Données paracliniques

La recherche de germe avait été infructueuse dans 84,6 % des cas .Les germes ont été isolés chez seulement 11 patients (15,4 %). Les germes isolés étaient le staphylocoque aureus dans 36,4 % des cas (tableau III).

Tableau III. Répartition des patients selon les germes isolés

| | Effectif | Pourcentage (%) |
|-----------------------|-----------------|------------------------|
| Staphylocoque aureus | 4 | 36,4 |
| Streptocoque SPP | 2 | 18,2 |
| Eschérichia coli | 2 | 18,2 |
| Salmella SPP | 2 | 18,2 |
| Enterococcus faecalis | 1 | 9,1 |

Données thérapeutiques

Tous les patients ont eu une double antibiothérapie probabiliste et réajusté secondairement par l'antibiogramme dans 15,4 % des cas. La double antibiothérapie probabiliste était faite de l'association de quinolones-aminoside et de quinolones-bêtalactamines. Les aminosides étaient données sur une durée maximum de 10 jours à cause de l'atteinte rénale. La durée du traitement antibiotique était de 6 semaines en l'absence d'atteinte osseuse et était d'au moins 3 mois en cas d'atteinte osseuse . Il y'avait 07 patients (10 %) qui avait eu une intervention chirurgicale. L'évolution a été favorable chez tous les patients.

Discussion

La fréquence hospitalière était de 3,4 %. Cette fréquence basse a été observée par certains auteurs en Afrique subsaharienne (Houzou & al, 2017 ; Zomaletho & al, 2014). Il y'avait une prédominance féminine. Houzou & al, 2017 et Oniankitan & al, 2011 ont également trouvé une prédominance féminine. Par contre Ledoux & al, 2012 avait noté une prédominance masculine. L'âge moyen était de 47, 6 ans. L'âge moyen inférieur à 50 ans a été décrite dans la littérature (Ogunlusi & al, 2006 ; Eti & al, 2000 ; Houzou & al, 2013) . Les facteurs de risque étaient le diabète, l'infection par le VIH, l'alcool et la drépanocytose. Ces mêmes facteurs de risques se retrouvent dans les études d'Oniankitan & al, 2011 , d'Eti & al, 2000 et de N'tsiba & al, 2004. Il y'avait une porte d'entrée dans 71,7 % des cas. La porte d'entrée était présente dans 60 % dans l'étude d'Aymeric & al, 2006. La porte d'entrée cutanée prédominait avec 39,4 % des cas. Dans l'étude de Dubost & al, 2004 la porte d'entrée cutanée a également été mis en évidence. La fièvre (85,9 %) était présente chez la majorité des patients.

L'absence de fièvre chez 14, 1 % des patients pouvait retarder le diagnostic. L'absence de fièvre a été décrite dans l'étude Nolla & al, 2003.

L'arthrite septique (59,1 %) et la spondylodiscite à germe banal (33,8 %) étaient les formes cliniques les plus représentées. Houzou & al, 2017 avait

également trouvé une prédominance des spondylodiscites infectieuses et des arthrites infectieuses.

Le germe a été mis en évidence chez seulement 15,4 % des patients. Dans l'étude d'Oniankitan & al, 2011 au Togo, les germes ont été isolés chez seulement 19,7 % des patients.

Les infestions ostéo-articulaires étaient peu documentées en Afrique. Cela pourrait s'expliquer par la faiblesse du plateau technique dans les pays africains. Dans les pays développés le germe est mis en évidence dans 66 à 86 % des cas (Schattner & al, 1998). Le staphylocoque aureus représentait 36,4 % des germes isolés. Le Staphylocoque aureus est le germe le plus souvent isolé (Eder & al, 2005 ; Favero & al, 2008 ; Khan & al, 2013). Le traitement d'attaque nécessite une association bactéricide de deux antibiotiques synergiques (Grados & al, 2007) comme dans notre étude. Il se fait par voie intraveineuse surtout s'il existe une bactériémie associée pendant 2 à 3 semaines selon l'évolution (Ahmad & al, 2002). Une intervention chirurgicale a été faite chez 10 % de nos patients. Le drainage percutané permet une meilleure récupération fonctionnelle (Broy & al, 1986 ; Maneiro & al, 2015).

Conclusion

Les infections ostéo-articulaires à germes banals sont peu fréquentes en hospitalisation de rhumatologie à Abidjan et touchent les adultes d'âge mur. Elles se présentent le plus souvent sous forme d'une arthrite septique et d'une spondylodiscite à germes banals. L'évolution était favorable chez tous les patients.

References:

1. Valérie B., Valérie C., Béatrice B. & Jean-L. (2014). Infection rachidienne : du germe lent au staphylocoque. Rev Rhum monographie; 81 : 27-35.
2. Nzenze JR., Belembaogo E., Magne C., Sanou AS., Coniquet S. & al. (2001). Panorama des arthropathies inflammatoires à Libreville. Analyse de 57 observations. Med Afr Noire; 48 (10) : 399-402.
3. N'tsiba H., Makosso E., Ngandeu-Singwé M. & Yala F. (2006). Les arthrites septiques en zone tropicale. Apropos de 176 cas observés à Brazaville. Mali Med; 21 : 49-53.
4. Ouédraogo DD., N'tsiba H., Tiendrébéogo Zabsonré J., Tiéno H., Bokassa & al. (2014). Clinical spectrum of rheumatologic diseases in department of rheumatology in Ouagadougou (Burkina Faso). Clin Rheumat; 33(3) : 385-9.
5. 5-Houzou P., Kakpovi K., Fianyo E., Viwalé ESKT., Komi CT. & al. (2017). Profil des infestions ostéoarticulaires en consultation

- rhumatologique au CHU de Kara (Togo). *Europ Scient Journ*; 13 (27) : 251-7.
6. Zomaletho Z., Gounougbe M. & Avimadjè M. (2014) . Affections rhumatologiques en milieu africain à l'ère du 21^{ème} siècle. *Medecine d'Afrique noir*; 61 : 449-53.
 7. Oniankitan O., Bagayoko Y., Fianyo E., Koffi TV., Kakpovi K., Tagbor KC. & al. (2011). Arthrites infectieuses en consultation rhumatologique à Lomé. *Medecine tropicale*; 71 : 61-2.
 8. Ledoux JE., Toumadre A., Mathieu S., Mrozek N. & Soubrier M. (2012). Arthrite septique à bactériologie négative chez l'adulte. *Rev Rhum*; 79 : 137-41.
 9. Ogunlusi JD. (2006). Septic arthritis in a Nigerian tertiary hospital . *Lowa Orthop Journ*; 26 : 45-7.
 10. Eti E., Daboiko JC., Debauly S., Ouali B., Ouattara B., Yao N., Gabla A. & Kouakou NM. (2000). Arthrites à pyogène des membres au CHU de Cocody. A propos de 79 cas. *Rhumatologie*; 52 : 18-21.
 11. Houzou P., Oniankitan O., Kakpovi K, Koffi-Tessio VES., Tagbor KC., Fianyo E. & Mijiyawa M. (2013). Profil des affections rhumatismales chez 13517 patients ouest africains. *Tunis Med*; 91 : 16-20.
 12. N'tsiba H., Bazebissa R., Lamini N. & Yala F. (2004). Cent cas d'arthrites septiques du genou en zone intertropicale. *Bull Soc Path*; 97 : 244-6.
 13. Aymeric B., Valérie D., Katel G., Sandrine J. & Alain S. (2006). Arthrites à streptocoque du groupe B. *Revue du rhumatisme*; 73 : 766-9.
 14. Dubost JJ., Soubrier M., Dechamp C., Ristori JM. & Souvezie B. (2004). Streptococcal septic arthritis in adults. A study of 55 cases with literature review *joint Bone. Spine*; 71 : 303-11.
 15. Nolla JM., Gomez-Vaquero C., Corbella X., Ordonez S., Garcia-Gomez C., Perez A. & al. (2003). Group B streptococcus (*Streptococcus agalactiae*) Pyogenic arthritis in non-pregnant adults. *Medecine [Baltimore]*; 82 : 119-28.
 16. Schattner A., Kenneth L. & Vosti K. (1998). Bacterial arthritis due to beta-hemolytic streptococci of serogroups A, B, C, F and G. *Medicine [Baltimore]*; 77 : 122-39.
 17. Eder L., Zisman D., Rozenbaum M. & Rosner I. (2005). Clinic al features and etiology of septic arthritis in northern Israel. *Rheumatology (Oxford)*; 44 :1559-63.
 18. Favero M., Schiavon F., Riato L., Carraro V. & Punzi L. (2008). Septic arthritis : a 12 years retrospective study in a rheumatological University clinic. *Rheumatismo*; 60 : 260-7.

19. Khan FY., Abu-Khattab M., Baagar K., Mohamed SF., Elgendy I., Anand D., Malallah H. & Sanjay D. (2013). Characteristics of patients with definite septic arthritis at Hamat General Hospital Qatar : a hospital based study from 2006 to 2011. *Clin Rheumatol* ; 32 : 969-73.
20. Franck G., François-Xavier L., Eric Seneville., René-Marc Flipo., Jean-Luc S. & Patrice F. (2007). Proposition pour la prise en charge thérapeutique des spondylodiscites bactériennes non tuberculeuses de l'adulte. *Rev Rhum*; 74 : 225-31.
21. Ahmed R., Daoudi Y., Lescure FX., Daneluzzi V., Vidal B., Clavel G., & al. (2002). Etude des spondylodiscites infectieuses au CHU d'Amien sur une période de 5 ans. *Rev med interne* ; 5 (Suppl) : 582s.
22. Broy SB. & Schmid FR. (1986). A comparison of medical drainage (needle aspiration) and surgical drainage (arthrotomy or arthroscopy) in the initial treatment of infected joints. *Clin Rheum Dis*; 12 : 501–22.
23. Maneiro JR., Souto A., Cervantes EC. & al. (2015). Predictors of treatment failure and mortality in native septic arthritis. *Clin Rheumatol*; 34 : 1961–7.

Evaluation De La Satisfaction Des Patientes Hospitalisées En Suites De Couches À La Maternité De L'hôpital De Bè (Togo)

Ajavon D.R.D.

Département de Gynécologie obstétrique, Université de Kara

Kakpovi K.

Daketse Y.M.S.

Département de médecine et spécialités, Université de Kara

Ketevi A.A.

Douaguibe B.

Département de Gynécologie obstétrique, Université de Lomé

Logbo-Akey K.E.

Département de Gynécologie obstétrique, Université de Kara

Bassowa A.

Département de Gynécologie obstétrique, Université de Lomé

Aboubakari A.S.

Département de Gynécologie obstétrique, Université de Kara

[Doi:10.19044/esj.2021.v17n29p210](https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n29p210)

Submitted: 05 February 2021

Accepted: 06 July 2021

Published: 31 August 2021

Copyright 2021 Author(s)

Under Creative Commons BY-NC-ND

4.0 OPEN ACCESS

Cite As:

Ajavon D.R.D., Kakpovi K., Daketse Y.M.S., Ketevi A.A., Douaguibe B., Logbo-Akey K.E., Bassowa A. & Aboubakari A.S.(2021). *Evaluation De La Satisfaction Des Patientes Hospitalisées En Suites De Couches À La Maternité De L'hôpital De Bè (Togo)*. European Scientific Journal, ESJ, 17(29), 210.

<https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n29p210>

Résumé

Introduction: L'évaluation de la satisfaction montre l'adéquation entre les attentes des patients et la qualité des soins reçus.

Objectif: évaluer la satisfaction des accouchées hospitalisées en suites de couches à la maternité de l'hôpital de Bè.

Patientes et méthode: Il s'est agi d'une étude transversale à visée descriptive et analytique menée du 1er juillet au 31 août 2018 soit une durée de 2 mois. Elle a eu pour cadre, le secteur des suites de couches de la maternité de l'hôpital de Bè. La collecte des données par interview directe a été faite à l'aide d'une fiche d'enquête anonyme sur le modèle Saphora-MCO

questionnaires Project COMPAQH et adapté à nos réalités. Le traitement et l'analyse des données ont été réalisées grâce aux logiciels Epi data et Epi info.

Résultats: Au total 300 accouchées ont accepté participer à l'étude. L'âge moyen était de $29 \pm 6,2$ ans. La satisfaction globale était de 94%. Les principaux éléments de satisfaction étaient : l'accueil (94,7%), le respect de l'intimité (96,7%), la prise en charge des soins (94%), le délai d'attente (86,7%). L'insatisfaction était due à l'insuffisance de communication des soignants (65,7%) et de propreté des chambres et des sanitaires (57%). L'âge, le niveau d'instruction, la parité, le mode d'accouchement avaient influencé significativement l'insatisfaction des patientes.

Conclusion: Cette étude a permis de relever les éléments d'insatisfaction des clientes. Il est opportun d'associer les clients dans le processus de la qualité des soins à l'hôpital de Bè.

Mots clés: Satisfaction, Qualité Des Soins, Accouchées, Togo

Assessment Of The Satisfaction Of Patients Hospitalized At Maternity Of Bè Hospital (Togo)

Ajavon D.R.D.

Département de Gynécologie obstétrique, Université de Kara

Kakpovi K.

Daketse Y.M.S.

Département de médecine et spécialités, Université de Kara

Ketevi A.A.

Douaguibe B.

Département de Gynécologie obstétrique, Université de Lomé

Logbo-Akey K.E.

Département de Gynécologie obstétrique, Université de Kara

Bassowa A.

Département de Gynécologie obstétrique, Université de Lomé

Aboubakari A.S.

Département de Gynécologie obstétrique, Université de Kara

Abstract

Introduction: Satisfaction assessment shows the match between patient expectations and the quality of care received.

Objective: to assess the satisfaction of women hospitalized in the maternity ward of the obstetrics and gynecology department of the Bè hospital in order to contribute to the improvement of the quality of care in the maternity ward.

Patients and method: This was a cross-sectional study with descriptive and analytical aims conducted from July 1 to August 31, 2018, i.e., a duration of 2 months. It took place in the puerperium section at the maternity of the Bè hospital. Data collection by direct interview was done using an anonymous survey form on the Saphora-MCO questionnaires Project COMPAQH model and adapted to our realities. Data processing and analysis were carried out using Epi data and Epi info software.

Results: A total of 300 women agreed to participate in the study. The average age was 29 ± 6.2 years. Overall satisfaction was 94%. The main elements of satisfaction were: reception (94.7%), respect for privacy (96.7%), management of care (94%), waiting time (86.7%). Dissatisfaction was due to insufficient communication from caregivers (65.7%) and cleanliness of rooms and toilets (57%). Age, level of education, parity and mode of delivery had a significant influence on the respondent's dissatisfaction.

Conclusion: This study identified factors that led to patient's dissatisfaction. It is appropriate to involve patients in the quality of care process at the Bè hospital.

Keywords: Satisfaction, Quality Of Care, Deliveries, Togo

Introduction

La satisfaction est l'écart entre deux notions évolutives : la qualité perçue et la qualité attendue. La satisfaction des patientes est donc un indicateur de la qualité des soins. La qualité des soins tient compte de l'expérience des femmes, des nouveau-nés et de leurs familles (OMS 2017). La satisfaction du patient est ainsi le reflet des préférences personnelles du patient, de ses attentes, et de la réalité de la prise en charge (OMS 2017, Kotler P, 2005). Selon le plan national de développement sanitaire du Togo, la réduction de la mortalité maternelle passe par les soins obstétricaux de qualité pour l'atteinte des objectifs du développement durable (PNDS 2017).

L'évaluation de la satisfaction des patients est influencée par plusieurs facteurs. Selon certaines études, l'information reçue et la communication avec les soignants sont les facteurs de satisfaction les plus importants (Detlef Saal T et al. 2006 ; Collet 2008 ; Bougzima I et al 2011). D'autres études ont souligné une prise en charge adaptée et efficace de la douleur ainsi que l'assurance d'un bon confort (Detlef Saal T et al. 2006 ; Adamou H et al. 2017). La satisfaction des patients serait fonction du contexte culturel (Beninguisse G et al. 2004 ; Mendoza Aldana J et al. 2001 ; Bernitz S 2016). Peu d'études sur la satisfaction des patientes ont été réalisées au Togo, pourtant ce type de travail contribue à l'amélioration de la qualité des soins (OMS 2017, Adamou H. et al. 2017). L'objectif de cette étude était d'évaluer

la satisfaction des accouchées en suites de couches à la maternité de l'hôpital de Bè.

Patientes et méthodes

Il s'est agi d'une étude transversale à visée descriptive et analytique réalisée du 1^{er} juillet au 31 août 2018 soit une durée de 2 mois. Notre étude s'est déroulée dans le secteur des suites de couches de la maternité de l'Hôpital de Bè au Togo. L'hôpital de Bè compte 112 lits avec un taux d'occupation de 44 % en 2016. Trois sages-femmes, une accoucheuse auxiliaire et deux accoucheuses permanentes se relayent de jour comme de nuit pour le suivi des femmes hospitalisées en suites de couches (Données SMI 2017).

Etaient incluses les accouchées hospitalisées dans le secteur des suites de couches de la maternité, quel que soit l'issue de la grossesse, ayant bénéficié d'un exéat pendant la période d'étude.

La collecte des données a été faite à l'aide d'une fiche d'enquête anonyme comportant 27 questionnaires et 6 déterminants. La fiche a été réalisée sur le modèle Saphora-MCO questionnaires Project COMPAQH et adaptée à nos réalités. Le consentement oral de chaque accouchée ou de ses parents était obtenu avant l'administration des questionnaires par entretien direct. Pour les patientes qui ne comprenaient pas français, les questions ont été traduits en mina (langue vernaculaire parlé au Togo) par l'enquêteur.

Les paramètres étudiés étaient les caractéristiques socio démographiques (âge, statut marital, niveau d'instruction, provenance, statut de la grossesse), les antécédents obstétricaux (parité, mode d'accouchement et issue de la grossesse), l'accueil des patientes et/ou leurs accompagnateurs, le délai d'attente avant consultation, le respect de l'intimité et de la dignité, les informations reçues par la patiente (identification du prestataire, écoute du personnel, obtention d'une information claire sur le déroulement des examens cliniques et paracliniques et sur l'organisation sur la sortie de la patiente), les prestations des soins (soins médicaux et paramédicaux et prise en charge de la douleur) et les conditions de séjour (confort des chambres, propreté des chambres et des sanitaires).

Les différentes réponses obtenues auprès des enquêtés ont permis de classer le niveau de satisfaction en trois catégories : très satisfait, satisfait, pas satisfait.

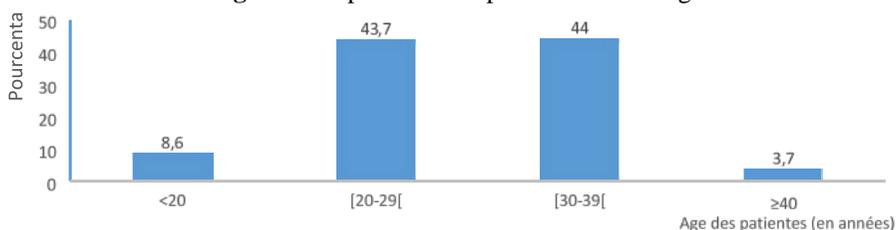
Le traitement et l'analyse des données ont été réalisés grâce aux logiciels Epi data version 3.1 et Epi Info 2000 version 3.5.6. Le test statistique de Khi-deux de Pearson avec $p < 0,05$ (valeur de signifiante) était utilisé pour faire les liens entre les variables et le niveau de satisfaction.

Résultats

Caractéristiques socio démographiques

Du 1^{er} juillet au 31 août 2018, sur 351 accouchées en suites de couches, 300 ont accepté participer à l'enquête soit un taux de réponse de 85,5%. L'âge moyen des accouchées était de $29 \pm 6,2$ ans (extrêmes de 16 et 49 ans). La figure 1 donne la répartition par tranche d'âge. Aussi 84,7% (254) provenaient de Lomé et 15,3% (46) hors de Lomé. Pour le niveau d'instruction : 53,3% (n=160) avaient un niveau secondaire ; 22% (n=66) niveau primaire, 13% (n=39) non instruites et 11,7% (n=35) niveau supérieur. Plus de 86% (n=259) étaient mariées et 13,7% (n=41) célibataires. Les grossesses étaient désirées dans 67,7% (n=203) et non désirées dans 32,3% (n=97).

Figure 1. Répartition des patientes selon l'âge



Antécédents obstétricaux

Parité : les multipares représentaient 66,7% (n=200) et les primipares 33,3% (n=100).

Mode d'accouchement : l'accouchement était réalisé par voie basse eutocique dans 41% (n=125), instrumental dans 1% (n=2). La césarienne d'urgence représentait 33% (n=99) et la césarienne programmée 25% (n=74).

Issue de la grossesse : les nouveaux nés étaient vivants dans 97,3% (n=292) et mort-nés ou décédés à la naissance dans 2,7% (n=8) des cas.

Satisfaction globale

A l'issue de leur séjour, 94% des accouchées étaient satisfaites dont 4% (n=12) étaient très satisfaites et 90% (n=270) étaient satisfaites. Par contre 6% (n=18) n'étaient pas satisfaites. Parmi les accouchées satisfaites 96,7% (n=290) avaient affirmé qu'elles pourraient revenir à l'hôpital de Bè pour les mêmes motifs.

Satisfaction spécifique des accouchées hospitalisées

Accueil des patientes et de leurs familles

Notre échantillon révélait que 94,7% (n=284) étaient satisfaites de l'accueil. Aussi 95,7% (n=287) patientes hospitalisées ont apprécié l'attitude du personnel envers leurs parents lors de leur visite durant leur séjour en hospitalisation, voir tableau I.

Délai d'attente

Quatre-vingt-six virgule sept pour cent (n=260) étaient satisfaites du délai d'attente inférieur à 30 minutes avant la consultation, voir tableau I.

Respect de l'intimité et dignité des patientes

Dans notre échantillon, 96,7% (n=290) des patientes étaient satisfaites des précautions prises pour respecter leur intimité et leur dignité tout au long de leur séjour, voir tableau I.

Informations reçues par la patiente sur son état

Identification du prestataire : plus de 34% (n=104) des accouchées ne connaissaient pas le profil du personnel ayant assisté à leur accouchement tandis que 196 (65,3%) ont cité les médecins, assistants médicaux, sages-femmes, accoucheuses comme les membres du personnel soignant ayant assisté à 'accouchement.

Concernant les informations données sur le déroulement des examens para cliniques et le traitement, 90% (n=270) des accouchées étaient satisfaites
Écoute des plaintes : Sur les 91 accouchées qui avaient des plaintes, 82 patientes hospitalisées soit 90% avaient déclaré que leurs plaintes ont été écoutées par le personnel.

Obtention de réponses aux questions : la plupart des accouchées n'avait pas posé des questions au personnel (73,3%, n=220). Sur les 80 qui avaient posé des questions, 7,5% (n=6) étaient très satisfaites des réponses et 17,5% (n=14) satisfaites, voir tableau I.

Soins médicaux et paramédicaux

La qualité de la prise en charge par les équipes médicales et paramédicales a été satisfaisante selon 94% (n=282) accouchées. Aussi la prise en charge de la douleur était satisfaisante chez 86,3% (n=259) des patientes hospitalisées, voir tableau I.

Conditions du séjour

La durée moyenne d'hospitalisation des accouchées était de $4,5 \pm 2,4$ jours avec des extrêmes de 2 jours et 15 jours. Le séjour est d'autant plus long que l'accouchement a été fait par césarienne d'urgence. Dans notre échantillon, 259 accouchées soit 63,3% étaient satisfaites du confort de la chambre (mobilier, calme, température, télévision, moustiquaire). Cependant 171 accouchées (57%) n'étaient pas satisfaites de la propreté des chambres et des sanitaires lors de leur séjour en hospitalisation, voir tableau I.

Organisation sur la sortie de la patiente

Elle a concerné l'obtention d'une information sur les symptômes d'alerte, le suivi des consultations post natales et le coût d'hospitalisation. L'organisation de la sortie de l'hôpital était satisfaisante selon 94% (n=282) des patientes hospitalisées. Le coût d'hospitalisation par jour est fixé à 1500 francs CFA et la durée moyenne était de 4,5 jours ; soit le coût moyen d'hospitalisation était de 6750 francs CFA. Près de 96% (n=287) des patientes étaient satisfaites du coût de l'hospitalisation, voir tableau I.

Tableau I. Répartition des accouchées selon les éléments de satisfaction

| | Très satisfait | Satisfait | Pas satisfait | Total |
|-------------------------------|-----------------------|--------------------|----------------------|--------------|
| | n (%) | n (%) | n (%) | |
| Accueil | 108 (36%) | 176 (58,7%) | 16 (5,3%) | 300 |
| Délai d'attente | 186 (62%) | 74 (24,7%) | 40 (13,5%) | 300 |
| Soins | 121 (40,3%) | 161 (53,7%) | 18 (6%) | 300 |
| Prise en charge douleur | 87 (29%) | 172 (57,3%) | 41 (13,7%) | 300 |
| Respect intimité | 99 (33%) | 191 (63,7%) | 10 (3,3%) | 300 |
| Confort des chambres | 19 (6,3%) | 171 (57%) | 110(36,7%) | 300 |
| *Propreté chambres | 13 (4,3%) | 119 (39,7%) | 168 (56%) | 300 |
| Organisation sortie | 28 (9,3%) | 254 (84,7%) | 18 (6%) | 300 |
| Information sur les soins | 161 (53,7%) | 109 (36,3%) | 30 (10%) | 300 |
| Réponses aux questions | 06 (7,5%) | 14 (17,5%) | 60 (75%) | 80 |
| Ecoute des plaintes | 00 | 82 (27,3) | 9 (3%) | 91 |

*propreté des chambres et sanitaires

Raisons d'insatisfaction

Les principales raisons d'insatisfaction étaient la relation avec les soignants : identification du prestataire (65,3%), réponses aux questions (75%), plaintes (3%) et les conditions de séjour : propreté des chambres et sanitaires (57%), confort des chambres (32,7%).

Facteurs influençant la satisfaction des accouchées hospitalisées

L'âge, le niveau d'instruction, la parité et le mode d'accouchement, le statut ainsi que l'issue de la grossesse ont influencé significativement la satisfaction des accouchées hospitalisées. (Tableau II).

Tableau II. Répartition des facteurs influençant la satisfaction des accouchées hospitalisées sur les conditions de séjour (confort des chambres, propreté des chambres/sanitaires)

| | Satisfait (n) | Pas satisfait (n) | p |
|---|----------------------|--------------------------|---------------|
| Confort des chambres | (n=190) | (n=110) | 0.007 |
| Age (ans) | | | |
| <20 (n=26) | 23 | 3 | |
| 20-29 (n=131) | 88 | 43 | |
| 30-39 (n=132) | 73 | 59 | |
| ≥40 (n=11) | 6 | 5 | |
| Niveau d'instruction | | | 0.0000 |
| Non instruite (n=39) | 31 | 8 | |
| Primaire (n=66) | 48 | 18 | |
| Secondaire (n=160) | 102 | 58 | |
| Supérieur (n=35) | 9 | 26 | |
| Mode d'accouchement | | | 0.001 |
| Normal (n=125) | 91 | 34 | |
| Urgence (n=99) | 63 | 36 | |
| Programmée (n=74) | 36 | 38 | |
| Instrumental (n=2) | 0 | 2 | |
| Statut de grossesse | 119 | 84 | 01 |
| Desirée (n=203) | 71 | 26 | |
| Non désirée (n=97) | | | |
| Issue de la grossesse | 182 | 182 | 0,02 |
| *Nné vivant (n=292) | | | |
| *Nné décédé (n=8) | 8 | 0 | |
| Propreté des chambres/sanitaires | (n=132) | (n=168) | 0,004 |
| Parité | | | |
| Primipares (n=100) | 55 | 45 | |
| Multipares (n=200) | 77 | 123 | |
| Niveau d'instruction | | | |
| Non instruite n=39 | 21 | 18 | |
| Primaire n=66 | 36 | 30 | |
| Secondaire n=160 | 68 | 92 | |
| Supérieur n=35 | 7 | 28 | |

P: valeur de signifiante (< 0,05) **Nné:** nouveau-né **n:** effectif

Discussion

La majorité des enquêtées (94%) était satisfaite de leur séjour à l'hôpital de Bè. D'autres études ont retrouvé des taux élevés de satisfaction : Collet, France 2006 (95%) ; Doumbia, Côte d'ivoire 2016 (93,1%) ; Melese, Ethiopie 2014 (85,4%) (Collet M. 2008, Doumbia M et al. 2016, Melese T et al. 2014) tandis que Bougmiza, Tunisie 2011, avait retrouvé un taux plus faible de 51% (Bougmiza I et al. 2011). L'appréciation de la qualité des soins

suppose une connaissance préalable des standards de prise en charge (OMS 2017, Mategic B et al. 2014).

L'âge, le niveau d'instruction, la parité et le mode d'accouchement avaient influencé significativement la satisfaction des accouchées hospitalisées. Ce constat a été fait par d'autres auteurs (Bougmiza I et al. 2011, Melese T et al. 2014, Traoré SO et al. 2019). Ainsi le taux de satisfaction décroît quand le niveau d'instruction s'améliore donc les non instruites étaient plus satisfaites.

La plupart des accouchées hospitalisées (94,7%) et leurs parents (95,7%) étaient satisfaits de l'accueil. Le délai d'attente avant la consultation a été jugé satisfaisante (86,7%). Notre résultat se rapproche de celui de Melese (Melese T et al. 2014) qui avait trouvé 88,2%.

Le respect de la dignité fait référence au standard 5 de la qualité des soins de l'OMS (OMS 2017). Dans notre étude, 96,7% des patientes étaient satisfaites des précautions prises pour garantir leur intimité et leur dignité tout au long de leur séjour. Nos résultats sont largement au-dessus de ceux de Melese et al (Melese T et al. 2014) qui avaient trouvé 78,9% de satisfaction du fait d'une insuffisance dans le respect des politiques et stratégies de soins aux patients dans le système de santé.

Parmi les patientes hospitalisées, deux cent quatre-vingt-deux (94%) étaient satisfaites par rapport à la qualité de la prise en charge médicale et paramédicale. La prise en charge de la douleur est un élément essentiel de la satisfaction des soins (Detlef Saal T et al.2006, Melese T et al. 2014, OMS 2018). Notre étude révélait que 86,3% des patientes étaient satisfaites de la prise en charge de la douleur tandis que 13,4% ne l'étaient pas. Cette insatisfaction pourrait s'expliquer par le fait que cette expérience est vécue seule par les patientes qui ne sont pas soutenues par leurs accompagnants dans la salle de travail où l'accès est interdit à toute personne autre que le personnel soignant. Selon l'OMS, la présence des accompagnants est indispensable pour une expérience positive des soins intrapartum (OMS 2018).

L'insatisfaction des accouchées était liée principalement à l'insuffisance de communication et les conditions de séjour.

Peu d'accouchées étaient satisfait des conditions de séjour lors de l'hospitalisation. Les accouchées satisfaites de la propreté des chambres et des sanitaires étaient primipares, avaient un âge compris entre 20-29ans, un niveau d'instruction primaire et accouché par césarienne en urgence. Mategic en Serbie avait noté que les mères jeunes et les multipares étaient moins préoccupées par les conditions environnementales (Mategic B et al. 2014). D'autre part, les accouchées insatisfaites des conditions de séjour avaient accouché par une césarienne de convenance. Aussi, la durée de séjour était plus longue en cas d'accouchement par césarienne. Il existe un lien significatif entre le confort de la chambre et l'issue de la grossesse. Selon l'étude de

Dombia en Côte d'Ivoire, les insatisfactions liées aux conditions de séjour ont porté généralement sur la commodité des suites de couches (la propreté de la salle, l'étroitesse des lits et la propreté des couvertures), le niveau de bruit et la température (chaleur excessive) (Dombia M et al. 2016).

La satisfaction des femmes à l'égard des soins prénatals, intrapartum et postnatals était associée à une plus grande empathie (Bougmiza I et al. 2011, Mendoza Aldana J et al. 2001, Bazant E S et al. 2009, Tesfaye R et al. 2016, Okonofua F et al. 2017, Mehata S et al. 2017). La communication avec les femmes et leur famille répond aux besoins et aux préférences des intéressés. Une communication efficace entre les soignants et les patientes permet d'éviter l'anxiété (OMS 2017). Selon notre étude, 90% des patientes étaient satisfaites des informations données sur le déroulement des examens para cliniques et le traitement. Bougzima avait également retrouvé que l'évaluation des soins médicaux et paramédicaux était généralement bonne (Bougmiza I et al. 2011). Par contre, 65,3% ne connaissaient pas l'identité du prestataire de soins. Aussi 75% n'ont pas eu de réponses à leurs questions et 3% n'ont pas eu de satisfaction à leurs plaintes. Melese avait trouvé que ce faible taux de satisfaction était dû à la surcharge de travail des prestataires. La mauvaise communication soignant-soigné est un facteur incriminé dans l'insatisfaction (Adamou H et al. 2017). Dans l'étude de Collet en France, une femme sur dix juge les informations fournies insuffisantes et une sur vingt inexistantes en cas de césarienne (programmée ou non). L'insuffisance de la communication est à l'origine de la plupart des litiges voire des conflits entre soignants et soignés. Il est urgent de veiller à la formation de tous les acteurs de santé et en leur permettant de consacrer l'essentiel de leur temps aux malades. La communication est gage d'une qualité essentielle de la relation soignant-soigné (Okonofua F et al. 2017, Mantz JM 2006).

Avoir l'occasion de poser des questions était positivement associé à la satisfaction des clients (Mehata S et al. 2017). Dans notre étude, 73,3% n'avaient pas posé de question. La majorité des patientes hospitalisées (69,7%) n'avaient pas d'opinion. Cela démontre une fois de plus l'insuffisance dans la relation d'aide. La satisfaction des patients serait fonction du contexte culturel (Beninguisse G et al. 2001, Mendoza Aldana J et al. 2001). L'étude de Jorge avait retrouvé que les soins qui satisfont tous les besoins médicaux ne répondent pas forcément aux besoins affectifs et sociaux des patients et que l'on se trouve donc devant un dilemme. Il suggère que les pays en développement qui privilégient les services de santé axés sur les malades entreprennent des recherches plus approfondies sur les déterminants de la satisfaction des patients dans leurs cultures respectives (Mendoza Aldana J et al. 2001). Il importe de placer la responsabilité de donner des soins de qualité au cœur de la relation de soins patient-soignant (Mehata S et al. 2017).

La plupart des patientes (95,7%) étaient satisfaites du coût de leur séjour. Le coût élevé des prestations constitue un facteur d'insatisfaction (Tesfaye R et al. 2016, Okonofua F et al. 2017, Mehata S et al. 2017, Hurissa BF et al. 2017). Cependant la qualité des services dans le secteur privé de la santé qui ne reçoit pas de subvention est satisfaisante à cause des commodités et de la prise en charge (Andaleeb SS, 2000). Les aspects interpersonnels des soins et l'éducation sont des éléments importants de la satisfaction maternelle (Matejic B et al. 2014, Bazant E S et al. 2009). L'amélioration de la qualité passe donc nécessairement par une adéquation de l'offre aux attentes et préférences et fait appel à une complémentarité dans l'action entre les systèmes traditionnel et biomédical pour la définition d'un paquet minimum consensuel de soins obstétricaux qui garantit à la fois l'efficacité clinique et la satisfaction des clients (Beninguisse G et al. 2001). Une formation initiale ou continue du personnel sur la communication hospitalière permettrait d'améliorer les soins de maternité (Okonofua F et al. 2017, Mantz JM 2006).

Conclusion

Cette étude permet de dire que les accouchées, dans leur majorité, étaient satisfaites au cours de leur hospitalisation en suites de couches. Cependant un tiers d'entre elles n'était pas satisfait de la prise en charge médicale et paramédicale mais aussi de la communication avec le personnel et des conditions de séjour. La satisfaction des clientes est corrélée à plusieurs facteurs. L'évaluation de la satisfaction devrait avoir un impact sur la prise en charge globale des accouchées. Il serait important d'associer les clients pour trouver des interventions adaptées à leurs besoins. Ceci permettra de réduire leur insatisfaction en vue d'améliorer la qualité des soins en suites de couches à l'hôpital de Bè.

References:

1. Organisation Mondiale de la Santé (2017). Standards pour l'amélioration de la qualité des soins maternels et néonataux dans les établissements de santé. Genève : Organisation Mondiale de la Santé, p 2-6
2. Kotler P., Dubois B. (2005) « Satisfaire et fidéliser le client ». In Marketing Management. Paris, France: Pearson; p 68
3. Ministère de la Santé et de la Protection sociale (2017). Plan National de Développement Sanitaire PNDS 2017-2022, République Togolaise, pp 23-26
4. Detlef Saal T., Heidegger M., Nuebling M. (2006). L'évaluation de la satisfaction a-t-elle un sens ? Le praticien en anesthésie réanimation, 10(4) : 305-310.

5. Collet M. (2008). Satisfaction des usagères des maternités à l'égard du suivi de la grossesse et du déroulement de l'accouchement. Direction de la recherche, des études, de l'évaluation et des statistiques (DRESS), Études et Résultats, N° 660, 6pages. République Française.
6. Bougmiza I., EL Ghardallou M., Zedini C., Lahouimel H., Nabli-Ajmi T., Gataa R., Touati I., Khairi H., Mtiraoui A. (2011). Evaluation de la satisfaction des patientes hospitalisées au service de gynécologie obstétrique de Sousse, Tunisie. Pan African Medical Journal, 8:44 - 49
7. Adamou H., Adamou Maigagi I., Habou O., Halidou M., Karimou S., Sani R., Abarchi H. (2017). Satisfaction des patients, élément important dans la globalité des soins : cas d'un service des urgences chirurgicales au Niger. Mali medical Tome XXXII,32(2):20-26
8. Beninguisse G., Nikièma B., Fournier P., Haddad S. (2004). L'accessibilité culturelle : une exigence de la qualité des services et soins obstétricaux en Afrique. African Population Studies Sup, 19(2) : 251-264
9. Mendoza Aldana J., Piechulek H., et Al-Sabir A. (2001). Satisfaction des patients et qualité des soins dans les zones rurales du Bangladesh. Bulletin de l'organisation mondiale de la Santé : recueil d'articles, 5 : 65-70
10. Bernitz S., Oian P., Sandvik L., Blix E. (2016). Evaluation of satisfaction with care in a midwifery unit and an obstetric unit: a randomized controlled trial of low risk women. BMC Pregnancy Childbirth: 16: 143
11. District sanitaire N°3 (2017). Rapport annuel d'activités. Données SMI-PF DISH 2, République du Togo
12. Projet COMPAQH (2006). Questionnaire © Saphora-MCO modifié ©. Tous droits réservés Page 65pages. Satisfaction du patient hospitalisé (consulté le 07/6/2018). Disponible à partir de : URL: <https://fr.cceca.asso.fr/default-image>.
13. Dumbia M., Andoh Kouakou H., Zeregebe T., Achy A., Seka S., Abhe-Gnangoran E. (2016). Suivi de la grossesse et satisfaction des patientes en suites de couche en côte d'ivoire. Revue ivoir anthropol social KASA BYA KASA EDUCI, N°33 :63-83
14. Melese T., Gebrehiwot Y., Bisetegnè D., Habte D. (2014). Assessment of client satisfaction in labor and delivery services at a maternity referral hospital in Ethiopia. Pan African Medical Journal, 17 : 76
15. Mategic B., Santric Milicevic M., Vasic V., Djikanovic B. (2014). Maternal satisfaction with organized perinatal care in Serbian public hospital. BMC Pregnancy and Childbirth, 14: 14.

16. Traoré S.O., Doumbia S., Samaké A., Traoré A., Tall S., Dembélé Y., Traoré O.M., Albachar A., Camara D., Traoré M.A., Coulibaly S., Camara K., Traoré M., Dolo A. (2019). Étude de la satisfaction des soins du post-partum immédiat (SSOPPI) au centre de santé de référence de la commune V de Bamako. Mali Médical Tome XXXIV, 34(2) : 23-29
17. Organisation Mondiale de la Santé (2018). Recommandations de l'OMS sur les soins intrapartum pour une expérience positive de l'accouchement, 8pages. WHO/RHR/18.12
18. Bazant E.S., Koenig M.A. (2009). Women's satisfaction with delivery care in Nairobi's informal settlements. Int J Qual Health Care, 21: 79 - 86.
19. Tesfaye R., Worku A., Godana W., Lindtjorn B. (2016). Client satisfaction with delivery care service and associated factors in the public health facilities of Gamo Gofa zone, southwest Ethiopia: in a resource limited setting". Hindawi Publishing Corporation, Obstetrics and Gynecology International :1-8
20. Okonofua F., Ogu R., Aholor K., Okike O., Abdus- Salam R., Gana M. (2017). Qualitative assessment of women's satisfaction with maternal health care in referral hospitals in Nigeria". Reproductive Health,; 14 : 44.
21. Mantz J.M. (2006). Importance de la communication dans la relation soignant-soigné. Bulletin de l'Académie Nationale de Médecine, Sciences Direct, Elsevier, 190(9) :1999-2011.
22. Mehata S., Paudel Y.R., Dariang M., Aryal K.K., Paudel S., Mehta R. (2017). Factors determining satisfaction among facility-based maternity clients in Nepal". BMC Pregnancy and Childbirth, ; 17 : 319.
23. Vissandjée B. (2011). Communication, qualité des soins. Entre-vues, 2(5): 4pages
24. Hurissa B.F., Getinet T. (2017). Assessment of Provision of Women Friendly Care and Associated Factors among Postnatal Mothers at Three Public Hospitals of Jimma zone, Oromia Region, Ethiopia, 2016. J Biomedical Sc ; 6: 26.
25. Andaleeb S.S. (2000). Service quality in public and private hospitals in urban Bangladesh: a comparative study". Health policy, 53: 25-37.

Evaluation De L'efficacité De L'analgésie Postopératoire Procurée Par 100 µg De Morphine Versus 25 µg De Néostigmine Après Rachianesthésie Pour Fracture Du Fémur À Propos De 60 Cas

Magagi Amadou

Service D'anesthésie Réanimation, Hôpital National de Zinder

Maikassoua Mamane

Service D'anesthésie Réanimation, Hôpital Référence De Maradi, Niger

Service D'anesthésie Réanimation De L'hôpital National de Niamey

Taoufik Moussa

Service De Traumatologie - Orthopédie, Hôpital National De Zinder

Boukari M. Bawa

Daddy H.

Chaibou M. Sani

Service D'anesthésie Réanimation De L'hôpital National de Niamey

Service D'anesthésie Réanimation, Hôpital Référence De Maradi, Niger

[Doi:10.19044/esj.2021.v17n29p223](https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n29p223)

Submitted: 08 January 2021

Accepted: 02 July 2021

Published: 31 August 2021

Copyright 2021 Author(s)

Under Creative Commons BY-NC-ND

4.0 OPEN ACCESS

Cite As:

Magagi A., Magagi M., Taoufik M., Boukari M.B., Daddy H. & Chaibou M.S. (2021). *Evaluation De L'efficacité De L'analgésie Postopératoire Procurée Par 100 µg De Morphine Versus 25 µg De Néostigmine Après Rachianesthésie Pour Fracture Du Fémur À Propos De 60 Cas*. European Scientific Journal, ESJ, 17(29), 223.

<https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n29p223>

Résumé

Les morphiniques par voie intrathécale renforcent l'analgésie peropératoire et participent à celle postopératoire. Des molécules comme la néostigmine ont été testées comme adjuvants aux anesthésiques locaux pour une meilleure analgésie postopératoire. La supériorité de la néostigmine par rapport à la morphine administrée par voie intrathécale n'a pas été prouvée. Nous proposons de comparer l'efficacité de l'analgésie postopératoire que procuraient 100 µg de morphine en intrathécale à celle de 25 µg de

néostigmine au cours de rachianesthésie chez des patients proposés pour une chirurgie de fémur.

L'objectif était de montrer que la gestion de la douleur postopératoire peut se faire par des adjuvants sans risque.

Il s'agissait d'une étude prospective descriptive et analytique portant sur une période de trois mois allant du 1er septembre au 30 novembre 2019 à propos de soixante patients de sexe masculin randomisés en double aveugle repartis en deux groupes :

Groupe M : Les patients ont reçu un mélange de 15 mg de bupivacaine 0,5% isobare + 25 µg de fentanyl + 100 µg de morphine.

Groupe N : Les patients ont reçu un mélange de 15 mg de bupivacaine 0,5% isobare + 25 µg de fentanyl + 25 µg de néostigmine.

Les variables étudiées étaient les données démographiques, hémodynamiques, la douleur postopératoire, les effets indésirables (prurit, vomissement, dépression respiratoire) la qualité du bloc sensitif et moteur. L'analyse a été faite à l'aide du logiciel SPSS 10.0. Le test de Ki-2 a été utilisé pour comparer les variables qualitatives et le test t student pour celles quantitatives. Le seuil de signification était fixé à 5%.

Durant la période d'étude un total de 401 actes chirurgicaux a été pratiqué dont 63,34 % sous anesthésie générale et 36,50 % sous rachianesthésie. L'étude portait sur soixante patients opérés sous rachianesthésie. L'âge moyen était de 30 ± 6 ans dans le groupe N et 32 ± 4 ans dans celui M. La classe ASA était comparable dans les deux groupes. L'hypertension artérielle était le principal antécédent (13, 3% pour le groupe N contre 20% pour celui M.). La durée moyenne de la chirurgie était de 90 ± 8 minutes. A la sortie du bloc opératoire le score EVA était nul chez tous les patients. A la première heure postopératoire le score EVA était de 08 ± 3 mm dans le groupe N versus 06 ± 3 mm dans celui M ($p = 0,852$). A la quatrième heure postopératoire le score EVA était de $15,6 \pm 20$ mm dans le groupe N contre $3,3 \pm 8$ mm dans le M ($p = 0,003$). Mais à la huitième heure postopératoire dans le groupe N le score EVA était de $33,6 \pm 33$ mm contre 4 ± 9 mm ; la différence était statistiquement significative ($p < 0,001$). Par contre dans le groupe M l'acmé de la douleur n'a été observée qu'à la 24ème heure.

Dans le groupe N, le recours à un complément d'analgésie par la morphine intraveineuse pendant les 24 premières heures postopératoires était observé chez 16 patients (5,33%) alors qu'aucun complément d'analgésie n'a été jugée nécessaire dans le M. La différence était significative ($p < 0,001$). La consommation moyenne de morphine intraveineuse dans le groupe N était de $2,6 \pm 1$ mg avec des extrêmes de 2 à 4 mg. Le délai moyen de la première demande d'analgésie supplémentaire était de 3 heures avec des extrêmes de 1 à 8 heures. Dans le groupe N, 56,7% des patients avaient présentés des nausées et vomissements contre 16,7% dans le groupe M, la différence était

significative ($p = 0,0001$). Nous avons enregistré 23,3% des cas de prurit dans le groupe N versus 33,3% dans celui M, la différence était non significative ($P= 0,39$).

La néostigmine en intrathécale à la dose de 25 μg procurait une analgésie postopératoire moins efficace que celle de 100 μg de morphine en intrathécale. La néostigmine par voie intrathécale reste limitée du fait de la forte incidence des nausées vomissements.

Mots clés: Intrathécal, Analgésie Postopératoire, Morphine, Néostigmine

Evaluation Of The Efficacy Of Postoperative Analgesia Provided By 100 Ug Of Morphine To 25ug Of Neostigmine After Spinal Anaesthesia For Fracture Of The Femur About 60 Cases

Magagi Amadou

Service D'anesthésie Réanimation, Hôpital National de Zinder

Maikassoua Mamane

Service D'anesthésie Réanimation, Hôpital Référence De Maradi, Niger

Service D'anesthésie Réanimation De L'hôpital National de Niamey

Taoufik Moussa

Service De Traumatologie - Orthopédie, Hôpital National De Zinder

Boukari M. Bawa

Daddy H.

Chaibou M. Sani

Service D'anesthésie Réanimation De L'hôpital National de Niamey

Service D'anesthésie Réanimation, Hôpital Référence De Maradi, Niger

Abstract

Intrathecal morphinics reinforce intraoperative analgesia and participate in postoperative analgesia. Other molecules, such as neostigmine, have been tested as adjuvants to local anesthetics for a better postoperative analgesia. The superiority of neostigmine over morphine administered intrathecally has not been proven. We propose to compare the effectiveness of postoperative analgesia provided by 100 μg Intrathecal morphine to that of 25 μg of neostigmine during spinal anaesthesia in patients proposed for femur surgery. Show that the management of postoperative pain can be done with safe adjuvants.

This was a prospective and analytical study over a three-month period from September 1 to November 30, 2019. There were sixty randomized double-blind male patients divided into two groups:

Group M: received a mixture of 15 mg bupivacaine 0.5% isobaric acid + 25 µg fentanyl + 100 µg morphine.

Group N: received a mixture of 15 mg bupivacaine 0.5% isobaric acid + 25 µg fentanyl + 25 µg neostigmine.

The variables studied were demographic, hemodynamic, postoperative pain, adverse effects, quality of sensory and motor block. The analysis was done using the SPSS 10.0 software. The Ki-2 test was used to compare the qualitative variables and the student t test for the quantitative ones. The significance threshold was set at 5%.

During the study period 401 patients were operated on. General anaesthesia was performed in 63.34% of cases and rachianesthesia in 36.50%. The mean age was 30 ± 6 years in the N group and 32 ± 4 years in the M. The ASA class was comparable in both groups. Arterial hypertension was the main antecedent (13.3% for the N group versus 20% for the M.).

The average duration of the procedure was 90 ± 8 minutes. At the exit of the operating room the EVA score was nil in all patients. At the first postoperative hour the EVA score was 08 ± 3 mm in the N group versus 06 ± 3 mm in the M group ($p = 0.852$). At the fourth postoperative hour the EVA score was 15.6 ± 20 mm in the N group versus 3.3 ± 8 mm in the M ($p = 0.003$). But at the eighth postoperative hour in the N group the EVA score was 33.6 ± 33 mm versus 4 ± 9 mm; the difference was statistically significant ($p < 0.001$). On the other hand, in group M, the acme of pain was observed only at the 24th hour. In group N, the use of supplemental intravenous morphine analgesia during the first 24 postoperative hours was observed in 16 patients (53.3%), whereas no additional analgesia was considered necessary in the M. The difference was significant ($p < 0.001$). The average intravenous morphine consumption in the N group was 2.6 ± 1 mg with extremes of 2 to 4 mg.

The average interval of the first request for additional analgesia was 3 hours with extremes of 1 to 8 hours. In group N, 56.7% of patients had nausea and vomiting compared to 16.7% in group M, the difference was significant ($p = 0.0001$). We recorded 23.3% of the pruritic cases in the N group versus 33.3% in the M group, the difference was not significant ($P = 0.39$). Intrathecal neostigmine at a dose of 25 µg provides less postoperative analgesia than intrathecal morphine 100 µg. Intrathecal neostigmine remains limited because of the high incidence of nausea and vomiting.

Keywords: Intrathecal, Analgesia, Postoperation , Morphine, Neostigmine

Introduction

La rachianesthésie reste un protocole anesthésique de choix pour la chirurgie d'une fracture de fémur. Elle a l'avantage d'éviter l'intubation et donc le risque d'inhalation et de poussée hypertensive. Dans le cas d'une

rachianesthésie, plusieurs modalités d'analgésie postopératoire existent depuis l'introduction de la morphine en intrathécale dans les années 80 [5 16]. Les morphiniques par voie péri médullaire agissaient en synergie avec les anesthésiques locaux en renforçant l'analgésie peropératoire et participant à celle postopératoire. Cependant ces morphiniques possèdent quelques effets indésirables comme le risque de dépression respiratoire, le prurit, les nausées et les vomissements [21 5].

De ce fait, d'autres molécules ont été testées comme adjuvants aux anesthésiques locaux dans le but d'obtenir une meilleure analgésie postopératoire. C'est le cas de la néostigmine, agent anticholinestérasique, classiquement utilisée par voie intraveineuse en fin d'intervention pour accélérer la décurarisation. En effet l'intérêt pour cette molécule est apparu en raison de la mise en évidence de son effet analgésique lorsqu'elle est administrée par voie intrathécale [5]. Cette action est sous la dépendance d'une interaction avec les voies descendantes antinociceptives qui exercent un effet modulateur puissant sur les messages nociceptifs afférents périphériques [5]. Le neuromédiateur principal de ces inhibiteurs endogènes est la noradrénaline. Une partie de l'action inhibitrice de la noradrénaline est transmise par l'acétylcholine qui est rapidement inactivée par une cholinestérase endogène. La néostigmine inhibe cette enzyme (cholinestérase) et amplifie donc l'action de l'acétylcholine libérée en prévenant sa dégradation au niveau de la synapse spinale [5,4]. La néostigmine a l'avantage de procurer une analgésie dose – dépendante chez les volontaires sains, les patients présentant des douleurs aiguës postopératoires ou chroniques sans pour autant exposer les patients au risque d'une dépression respiratoire [4].

Cependant, la supériorité de la néostigmine par rapport à la morphine, administrée par voie intrathécale, n'a pas été prouvée, tant sur la qualité d'analgésie, que sur la réduction des effets indésirables. Nous proposons dans cette étude de comparer l'efficacité de l'analgésie postopératoire que procurent 100 µg de morphine en intrathécale à celle produite par 25 µg de néostigmine chez des patients opérés pour fracture du fémur sous rachianesthésie.

Objectif général

Montrer que la prise en charge de la douleur postopératoire peut se faire avec de la morphine et d'autres adjuvants sans risque et à faible coût.

Objectifs spécifiques

Prouver l'efficacité de la morphine en analgésie postopératoire
Présenter de nouvelles molécules notamment la néostigmine
Comparer l'analgésie postopératoire procurée par les deux molécules : morphine , néostigmine.

Cadre du travail

L'étude s'était déroulée à l'hôpital national de Zinder. Il s'agissait d'une étude prospective, descriptive et analytique randomisée en double aveugle en deux groupes portant sur soixante patients programmés pour une chirurgie du fémur, allant du 1^{er} septembre au 30 novembre 2019.

Patients et méthode

Soixante patients de sexe masculin ont été randomisés en double aveugle en deux groupes :

Groupe M : ont reçu un mélange de 15 mg de bupivacaine 0,5% isobare + 25 µg de fentanyl + 100 µg de morphine.

Groupe N : ont reçu un mélange de 15 mg de bupivacaine 0,5% isobare + 25 µg de fentanyl + 25 µg de néostigmine.

Après un remplissage systématique par 500 ml de cristalloïde (ringer lactate ou salé 0,9%) à travers un cathéter veineux court 18G, la rachianesthésie a été réalisée en position assise par le médecin anesthésiste réanimateur ou un technicien d'anesthésie.

La ponction lombaire a été faite à l'aide d'une aiguille 25 G pointe crayon munie de son introducteur. Nous avons vérifié la bonne position de l'aiguille par la présence de reflux du LCR. L'injection intrathécale de l'un ou l'autre des mélanges selon le groupe a été réalisée lentement et immédiatement après réalisation de la rachianesthésie, le patient était mis en décubitus dorsal et une perfusion de cristalloïde était systématiquement poursuivie pendant l'intervention.

Le débit de la perfusion était modifié en fonction de l'état hémodynamique. L'oxygène nasal a été administré systématiquement à un débit de 3 l / mn jusqu'à la fin de l'intervention.

La dépression respiratoire a été définie par une SPO2 inférieure à 95% et / ou une fréquence respiratoire inférieure à 10 cycles par minute. Tous les patients ont bénéficié d'un monitoring électrocardioscopique tout au long de l'intervention. Un monitoring automatique de la pression artérielle et de la saturation pulsatile en oxygène a été également instauré.

La douleur postopératoire a été évaluée à l'aide de l'échelle visuelle analogique (EVA).

Nous avons utilisé une réglette graduée de 0 à 100 mm. Le score EVA a été évalué au repos.

Un score EVA supérieur à 30 mm a été considéré comme une douleur nécessitant un complément d'analgésie. L'analgésie a été alors assurée par des bolus de 2mg de morphine par voie intraveineuse toutes les dix minutes jusqu'à obtention d'un score EVA inférieure ou égale à 30 mm. Ensuite le relais a été assuré par l'administration de la morphine par voie sous cutané à la dose de 5 mg toutes les huit (8) heures.

Les variables démographiques étudiées étaient l'âge, le poids, la taille, les antécédents médicaux, la classe ASA, le délai ponction – incision, la durée totale de l'intervention.

Le score EVA a été relevé à la sortie du bloc opératoire, puis une heure postopératoire et enfin toutes les quatre (4) heures pendant les premières 24 heures. L'heure de la première demande d'analgésie complémentaire a été noté et la quantité totale de morphine consommée par voie intraveineuse.

Les variables hémodynamiques peropératoires: la fréquence cardiaque (FC), les pressions artérielles systolique (PAS), diastolique (PAD) et moyenne (PAM) ainsi que la saturation en oxygène (SPO2) ont été relevés avant l'induction anesthésique, puis toutes les deux minutes pendant les trente (30) premières minutes, puis toutes les cinq (5) minutes pendant le reste de l'intervention. L'hypotension peropératoire était définie par la chute de la PAS inférieure à 100 mmHg et / ou une chute de la PAS de plus de 30% de sa valeur initiale. Des bolus d'éphédrine de 3 à 6 mg ont été alors administrés par voie intraveineuse jusqu'à obtention d'une PAS supérieure ou égale à 100 mmHg ou d'une PAS diminuée de moins de 30% par rapport à la valeur de base. La quantité totale de liquide reçu et celle d'éphédrine ont été notées.

La qualité du bloc: le bloc sensitif a été testé par l'épreuve au froid, toutes les minutes jusqu'à stabilisation, c'est-à-dire l'obtention d'un même niveau sensitif pendant quatre minutes successives. Nous avons utilisés pour le test, une compresse imbibée d'éther. Un bloc sensitif atteignant T4 a été considéré comme suffisant pour le déroulement de l'intervention.

L'intensité du bloc moteur a été évaluée par le score de Bromage modifié juste avant l'incision chirurgicale.

La survenue de nausée, vomissements, prurit, dépression respiratoire, rétention d'urine ainsi que les céphalées ont été relevés.

L'analyse des données a été effectuée à l'aide d'un Logiciel SPSS 10.0.

Le test de Ki-2 a été utilisé pour la comparaison des variables qualitatives. Le test t student a été utilisé pour la comparaison des variables quantitatives. Le seuil de signification est fixé à 5 %.

Résultats

Au cours de la période d'étude, un total de 401 patients ont été opérés dont 63,34 % sous anesthésie générale et 36,50 % sous rachianesthésie. Soixante patients ont été retenus pour l'étude. Dans le groupe N, l'âge moyen a était de 30 ± 6 ans, contre 32 ± 4 ans dans le groupe M. La différence n'était pas significative ($p= 0,087$). Les âges extrêmes étaient 20 à 45 ans.

| Tranche d'âge | 20 - 25 | 26 - 30 | 31 - 35 | 36 - 40 | 41 - 45 | Total |
|---------------|---------|---------|---------|---------|---------|-------|
| Groupe N n= | 9 | 8 | 7 | 5 | 1 | 30 |
| Groupe M n= | 2 | 8 | 14 | 4 | 2 | 30 |

La répartition des malades selon la classe ASA était comparable dans les deux groupes. Dans le groupe N, 90% des patients appartenait à la classe ASA I contre 77% dans le groupe M. La différence n'était pas statistiquement significative ($p = 0,16$).

| Groupe | ASA I | ASA II | P |
|--------|-------|--------|------|
| N | 90% | 10% | 0,16 |
| M | 76,7% | 23,3% | |

L'hypertension artérielle représentait le principal antécédent de nos patients. Elle était représentée dans 133% des cas dans le groupe N contre 20% des cas dans le groupe M.

La différence n'était pas statistiquement significative ($p = 0,12$). Les autres antécédents, plus rares par le diabète.

| Groupe | Antécédent RAS | Antécédent HTA | Autres antécédents | P |
|--------|----------------|----------------|--------------------|------|
| N | 76,7% | 13,7% | 10% | 0,12 |
| M | 73,3% | 20% | 6,7% | |

Dans le groupe N, la ponction a été réalisée au niveau de l'espace L3-L4 chez tous les patients. Dans le groupe M, la ponction a été réalisée au niveau de l'espace L3 -L4 chez 86,7% des cas, et au niveau de l'espace L4 -L5 chez 13,3% des cas. La différence n'était pas significative statistiquement ($p = 0,056$).

Le délai entre l'induction et l'incision a été de 7 ± 3 minutes dans le groupe N contre 9 ± 4 minutes dans le groupe M, la différence n'était pas statistiquement ($p = 0,15$). Les extrêmes de ce délai variaient de 3 à 20 minutes.

| Groupe | 3 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 17 | 20 | Total |
|----------|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|----|-------|
| Groupe N | 2 | 9 | 1 | 3 | 6 | 1 | 5 | 0 | 2 | 0 | 1 | 0 | 30 |
| Groupe M | 1 | 5 | 3 | 2 | 4 | 4 | 6 | 1 | 1 | 1 | 0 | 2 | 30 |

La durée moyenne de l'intervention a été de 90 ± 8 minutes dans le groupe N ; la même durée a été retrouvée dans le groupe M. La différence était non significative ($p = 0,87$).

A la sortie du bloc opératoire, le score EVA était nul chez tous les patients. A la première heure postopératoire le score EVA était à $0,8 \pm 3$ mm dans le groupe N contre $0,6 \pm 3$ mm dans le groupe M, la différence était non statistiquement significative ($p = 0,852$).

Dès la quatrième heure postopératoire, le score EVA moyen était de $15,6 \pm 20$ mm dans le groupe N contre $3,3 \pm 8$ mm dans celui M. La différence n'était pas significative ($p = 0,003$).

Mais la douleur avait atteint son paroxysme dès la huitième heure postopératoire dans le groupe N avec un score EVA moyen à $33,6 \pm 33$ mm versus 4 ± 9 mm dans celui M.

La différence était statistiquement significative ($p < 0,001$). Par contre dans le groupe M, l'acmé de la douleur n'a été observée qu'à la 24^{ème} heure postopératoire où le score EVA était égal à $21,6 \pm 13$ mm versus $15,5 \pm 13$ mm dans le groupe N ($p = 0,082$). A la 16^{ème} heure postopératoire le score EVA était à $17,33 \pm 26$ mm dans le groupe N versus $15,6 \pm 15$ mm dans celui M ($p = 0,764$). A la 20^{ème} heure postopératoire le score EVA était de 19 ± 24 mm dans le groupe N contre 20 ± 14 mm dans celui M, la différence était non significative ($p = 0,727$).

Dans le groupe N, le recours à un complément d'analgésie par la morphine intraveineuse pendant les premières 24 heures postopératoires était observé chez 16 patients soit 53,3 % des cas, alors que dans le groupe M aucun complément d'analgésie n'a été jugée nécessaire. La différence était largement significative ($P < 0,0001$). Par ailleurs dans le groupe N, la consommation moyenne de morphine intraveineuse était de $2,6 \pm 1$ mg avec des extrêmes allant de 2 à 4 mg. Le délai moyen de la première demande d'analgésie supplémentaire était de 3 heures avec des extrêmes allant de 1 à 8 heures. La PAS moyenne était de $128,7 \pm 11$ mmHg avant l'induction dans le groupe N versus $130,9 \pm 15$ mmHg dans le groupe M ($P = 0,526$). En fin d'intervention, la PAS moyenne était de $122,4 \pm 16$ mmHg dans le groupe N contre $124,7 \pm 16$ mmHg dans celui M. La différence était statistiquement non significative ($P = 0,599$).

Avant l'induction anesthésique la PAD était de 76 ± 86 mmHg dans le groupe N versus 74 ± 16 mmHg dans le M ($P = 0,357$). A la fin de l'intervention la PAD moyenne était de 58 ± 46 mmHg dans le groupe N contre 60 ± 5 mmHg dans le groupe M. La différence était non significative ($P = 0,487$).

Dans le groupe N, l'hypotension peropératoire a été enregistrée chez 26,7% des cas versus 43,3% dans le groupe M. La différence n'était pas significative ($P = 0,17$).

Dans le groupe N, la SPO2 avant l'induction était de $98 \pm 5\%$ contre $98 \pm 2\%$ dans le groupe M ($P = 0,270$). Elle était de $99 \pm 06\%$ à la fin de l'intervention dans le groupe N contre $99 \pm 20\%$ dans le groupe M. La différence était non significative ($P = 0,059$).

La quantité moyenne de cristalloïde reçu durant l'intervention, en tenant compte du pré remplissage était de 2233 ± 285 ml dans le groupe N versus 2266 ± 285 ml dans le M ($P = 0,65$). La consommation moyenne d'éphédrine dans le groupe N était de 26 ± 21 mg versus 14 ± 10 mg dans celui M ($P = 0,16$).

Le niveau sensitif, dans le groupe N, les sensitifs T4 et T6 étaient atteints respectivement dans 53,3% et 46,7% versus 33,3% et 66,7% dans le groupe M. La différence était non significative ($P = 0,19$). Le bloc moteur

évalué juste avant l'incision chirurgicale était intense chez tous les patients dans les deux groupes avec un score de Bromage égal à 3.

Dans le groupe N, 56,7% des patients ont présentés des nausées et vomissements contre 16,7% dans le groupe M. La différence était significative ($P = 0,0001$).

Nous avons notés 23,3% des cas de prurit dans le groupe N versus 33,3% dans celui M, la différence n'était pas significative ($P = 0,39$).

Aucun cas de céphalée ni de rétention d'urine postopératoire n'ont été notés dans les deux groupes.

Discussion

La douleur postopératoire constituait une préoccupation pour l'anesthésiste réanimateur. L'intensité de la douleur au décours d'une fracture de fémur était comparable à celle d'une hystérectomie. Elle se situait juste après la douleur postopératoire en chirurgie cardiovasculaire et thoracique. Ce profil douloureux justifiait pleinement l'emploi des morphiniques ou autres adjuvants afin de couvrir la période critique [39].

La découverte à la fin des années 70 de récepteurs morphiniques dans la corne postérieure de la moelle épinière a été la base d'une approche sélective des voies de la douleur. La morphine était le plus utilisé de tous les analgésiques centraux et était le principal composé naturel extrait de l'opium. Ses propriétés pharmacologiques étaient connues des civilisations anciennes (sumériennes, puis grecques et romaines) [16]. Le renouveau de l'emploi de la morphine intrathécale depuis le début des années 1990 tenait à deux facteurs :

Un facteur technique essentiel, qui était la disposition en routines des aiguilles pointe crayon de calibre inférieure ou égale à 25 gauge, réduisant le taux de céphalées par brèche de la dure - mère. Un facteur était le désir grandissant de procurer une analgésie postopératoire de qualité. Ainsi, la morphine s'était imposée dans la rachianesthésie dans plusieurs domaines tels que la chirurgie ambulatoire, en ortho traumatologie et en obstétrique. Cohen et al [11] ont montré que l'injection intrathécale de la morphine en cas de césarienne procurait une analgésie de longue durée et bien supérieure en qualité à celle produite par l'administration systémique de cette morphine en mode PCA ou intramusculaire [16].

Chadwick et al [7] ont pu montrer que la morphine intrathécale donnait un effet analgésique d'emblée maximal « effet plafond ». La durée de l'analgésie était dépendante de la dose [16].

C'est ainsi qu'avec 100 µg, la durée moyenne d'analgésie puissante était de 15 heures [16].

Dans notre étude, la durée d'une analgésie postopératoire efficace procurée par 100 µg de morphine était au moins 24 heures. Cependant, une

dose de 200 µg pouvait être utilisée sans risque de dépression respiratoire [1]. A l'inverse, d'autres études avaient montré qu'une dose inférieure à 100 µg (50 à 80 µg) était aussi efficace [30]. En fait, ce qui tendait à proposer la posologie la plus faible possible était la relation directe qui existait entre la dose et la survenue des effets indésirables [36].

La néostigmine était depuis longtemps utilisé pour la décurarisation en fin de l'intervention. La première étude qui avait montré l'effet analgésique des substances cholinomimétiques injectées en intrathécale était celle réalisée par Yaksh et al [4] en 1985.

Ces auteurs, ont étudié l'effet de l'administration intrathécale du carbuchol chez le rat et le chat et avaient montré un allongement du temps de latence qui sépare l'application du stimulus nociceptif thermique et le retrait de la patte de l'animal.

L'effet analgésique de la néostigmine en intrathécale était montré quelques années plus tard chez le rat en 1989 par Gordh et al [20] et chez le mouton en 1993 par Detweiler et al [14].

Hood et al [22,18] ont mené la première étude chez les volontaires sains. Cette étude avait permis d'apprécier l'effet analgésique ainsi que les effets indésirables de la néostigmine. Ils ont démontré que la néostigmine avait un effet analgésique dose- dépendant. Dans cette étude, des doses aussi importantes que 750 µg de néostigmine ont été administrées ; le délai d'action était de 30 à 60 minutes et sa durée de 4 à 6 heures.

Dans une autre étude clinique réalisée chez des patientes bénéficiant d'une vaginoplastie antérieure et postérieure, les auteurs ont injectés des doses de 50 – 100 et 200µg de néostigmine en intrathécale ; l'analgésie obtenue était dose dépendante et tout à fait enthousiasmante [25]. Lauretti et al [25], ont montré l'intérêt de trois doses de néostigmine en intrathécale dans la chirurgie orthopédique : 25, 50, 100 µg associée à la bupivacaine hyperbare. Ils avaient montré que la néostigmine provoquerait une baisse de la consommation en morphine postopératoire et des scores EVA [4].

Parmi les premières études menées en obstétrique, celle réalisée par PAM et al [4] a été arrêtée après inclusion de 15 patientes uniquement dans le groupe néostigmine et ce du fait de l'importance des effets indésirables. Les auteurs ont utilisés 100 µg de néostigmine associés à 12 mg de tétracaine en intrathécale chez des patientes devant bénéficier de césarienne réglées. Par la suite des études se sont intéressées à la recherche de la plus faible dose qui soit efficace tout en entraînant le moins d'effets indésirables. Ikrukowski et al [24], dans une étude pilote de petite taille (n=6 par groupe) ont évalué les effets de doses croissantes de néostigmine 10, 30 et 100 µg, par rapport à un placebo, associées à un anesthésique local au cours de la rachianesthésie pour césarienne. L'analgésie procurée par la néostigmine était nettement supérieure à celle du placebo. Cependant, cette analgésie n'était pas

corrélée avec la dose (10 et 30 µg). En plus, la dose de 10 µg de néostigmine n'a pas été associée à une réduction significative des besoins de morphine postopératoire

Par ailleurs, Eisenach et al [4] ont montré que la néostigmine était deux fois plus puissante chez les sujets de sexe féminin aux différentes doses utilisées. Ils ont émis l'hypothèse de mécanismes physiopathologiques différents dans les deux sexes.

Plusieurs études comparant l'efficacité analgésique de la néostigmine et de la morphine lors de la rachianesthésie pour césarienne ont été réalisées.

Ainsi dans une étude portant sur les vaginoplasties antérieure et postérieure réalisés sous anesthésie générale, les auteurs ont comparés des doses de 50, 100 et 200 µg de néostigmine à des doses similaires de morphine, administrées par voie intrathécale. L'analgésie obtenue avec la néostigmine était dose dépendante et comparable à celle obtenue avec la morphine en intensité et en durée [25].

Cependant, en comparant des doses de 100 µg de néostigmine et de morphine administrées par voie intrathécale, Klamt et al [23] ont montré que la durée de l'analgésie était plus courte avec la néostigmine qu'avec la morphine.

Dans notre étude, la douleur postopératoire, était manifeste dans le groupe N, dès la huitième heure postopératoire avec un score EVA moyen égal à 36 ± 33 mm. Nous avons fait recours à la morphine dans 53,3% des cas dans le groupe N, par contre, aucun recours d'analgésie complémentaire dans les 24 heures postopératoires n'a été fait dans le groupe M.

Ainsi, il paraît selon notre étude que la durée d'analgésie procurée par la morphine intrathécale à la dose de 100 µg était nettement supérieure à celle procurée par 25 µg de néostigmine.

Nos résultats rejoignent ceux de Klamt et al [23]. Dans leur étude portant sur 19 patientes proposées pour césariennes et réparties en trois groupes : un groupe recevant 25 µg de néostigmine, un groupe recevant 25 µg de néostigmine plus 50 µg de morphine et un troisième groupe recevant 100 µg de morphine, l'analgésie procurée par la néostigmine était dose – dépendante, mais demeure faible par rapport à celle procurée par la morphine.

De toutes ces séries d'études, il ressort que par voie intrathécale, la néostigmine pourrait exercer un effet analgésique même à faible dose telle que 25 µg. Mais cette analgésie demeure d'intensité moindre et de durée plus courte que celles procurées par la morphine aux doses usuelles. Néostigmine versus morphine par voie épidurale :

La néostigmine a été également testée par voie épidurale. En effet, Kaya et al [31], dans une étude portant sur 80 patientes randomisées en quatre groupes pour recevoir par voie péridurale soit 75, soit 150, soit 300 µg de néostigmine, soit enfin un placebo, ont rapporté une durée d'analgésie

respectives de $126 \pm 6,6$ minutes, $135 \pm 8,3$ et $107 \pm 4,3$ minutes. L'analgésie très modeste ainsi procurée par la néostigmine par voie péridurale n'était pas dose – dépendante.

Dans le but d'optimiser la qualité d'analgésie postopératoire, d'autres adjuvants ont été testés par voie intrathécale au cours de la rachianesthésie pour césarienne.

Ainsi, la clonidine par voie intrathécale a fait l'objet de nombreuses études. Elle potentialise les effets des opioïdes. Benhamou et al [5], dans une étude randomisée en double aveugle utilisant $30 \mu\text{g}$ de clonidine associé à $5 \mu\text{g}$ de sufentanil au cours de la rachianesthésie pour césarienne, ont trouvé une augmentation de la durée d'analgésie. Cependant, l'adjonction de la clonidine était associée à une incidence élevée d'hypotension.

Par ailleurs, dans une étude comparant $50 \mu\text{g}$ de clonidine à $10 \mu\text{g}$ de néostigmine administrée par voie intrathécale, chez des patientes césarisées sous rachianesthésie, D'Angelo et al [33] ont rapporté une durée moyenne d'analgésie équivalente : 205 ± 62 minutes dans le groupe néostigmine contre 215 ± 60 minutes dans le groupe clonidine ($P = 0,01$). D'autres adjuvants ont été également testés. C'est le cas du midazolam, qui a fait l'objet d'une étude. Les auteurs ont pu montrer que l'injection intrathécale de 1mg de midazolam associé à la bupivacaine au cours d'une césarienne sous rachianesthésie réduisait les besoins postopératoires en morphiniques de façon significative [5]. La dose adéquate et l'absence d'effet neurotoxique sont encore sujettes à des controverses. L'adrénaline a été utilisée par voie intrathécale à la dose de $25 \mu\text{g}$ à $200 \mu\text{g}$ combinée avec 5 à $10 \mu\text{g}$ de sufentanil au cours de la rachianalgésie pour le travail obstétrical [3]. Il ressortait une controverse quant à la durée d'analgésie.

En effet, la dose de $200 \mu\text{g}$ avait peu ou pas d'effet sur la durée d'analgésie. Cependant, dans une autre étude, Gautier et al [18] ont démontré une prolongation de la durée d'analgésie, de 104 à 142 minutes en moyenne, avec une dose de $25 \mu\text{g}$.

Nous ne disposons pas d'études concernant l'utilisation de l'adrénaline par voie intrathécale lors de la rachianesthésie pour césarienne. Quant à la kétamine, son administration seule par voie intrathécale pourrait produire une baisse des besoins en morphiniques. Les études récentes suggéraient sa combinaison avec d'autres agents analgésiques [5].

Récemment, le sulfate de magnésium par voie intrathécale a fait l'objet de quelques études [5, 28]. Il paraît être un agent prometteur, mais une information plus détaillée sur la dose adéquate et l'absence d'effet neurotoxique s'avère nécessaire.

Dans notre étude, l'incidence des nausées – vomissements était plus élevée dans le groupe N que dans le groupe M.

En effet, ces nausées et vomissements sont en rapport avec l'action centrale de la néostigmine, secondaire à sa progression rostrale [5,4].

Kaya et al [31] ont rapporté des incidences de nausées – vomissements, à 30 et 50% pour des doses de 75, 150 et 300 µg de néostigmine intrathécale.

Benhamou et al [5] ont rapporté 38% de cas de nausées vomissements pour des doses de 30 et 100 µg de néostigmine contre seulement 3% dans le groupe placebo.

Krukowski et al [24], dans une étude comparant des doses croissantes de néostigmine intrathécale (10 ,30 et 100 µg) versus placebo, ont trouvé que l'incidence des nausées – vomissements était proportionnelle à la dose.

Dans une étude plus large randomisée et en double aveugle [5], une dose de 10 µg de néostigmine intrathécale était associé à une augmentation importante de l'incidence des nausées ayant nécessité un traitement en salle de soins post interventionnels : 38% versus 3% seulement dans le groupe contrôle.

De même, l'étude de PAM et al [32] menée en anesthésie obstétricale, a été arrêtée après inclusion de 15 patientes uniquement dans le groupe néostigmine (100 µg), et ce du fait de l'importance des effets indésirables. En effet 86% des patientes avaient présentées des nausées, vomissements et vertige.

Balma et al [4] ont rapporté 86% des cas de nausées vomissements avec une dose de 100 µg de néostigmine administrée par voie intrathécale au cours de la césarienne. Le taux le plus faible retrouvé dans notre étude pourrait s'expliquer par la faible dose de néostigmine utilisée (25 µg). En fait, la néostigmine n'était pas la seule à provoquer des nausées – vomissements.

Uchiyama et al [36] ont montré qu'une dose de morphine intrathécale dépassant 100 µg, produisait après une césarienne un taux de nausées vomissements moindre que celui observé avec 100 µg ; de plus la sévérité des nausées était réduite.

Dans notre étude, l'incidence des nausées – vomissements a été de 13% dans le groupe M.

Dans notre série, nous n'avons pas retrouvé de différence entre les deux groupes quant à l'incidence du prurit. En effet, le prurit a été noté chez 23,3% des patients du groupe N versus 33,3% dans le groupe M. Dans l'étude de Chung et al [10] portant sur 80 patientes ayant bénéficié d'une césarienne sous rachianesthésie , l'incidence de prurit a été de 30% dans le groupe ayant reçu de la néostigmine contre 65% dans le groupe ayant reçu de la morphine (P < 0,03).

D'Angelo et al [33] ont retrouvé un prurit chez 87% des patientes ayant reçu 10 µg de néostigmine en intrathécale. Ce taux a été de quatre fois plus

élevé que celui retrouvé dans notre étude, pour une dose de néostigmine deux fois plus faible.

Pour Balma et al [4], la néostigmine à des doses plus faibles permettrait d'abolir ou de moins réduire l'hypotension peropératoire engendrée par les anesthésiques locaux. Ceci grâce à la stimulation du système sympathique. Cependant, cet effet n'a pas été retrouvé dans d'autres études. Chung et al [10] ont comparé l'efficacité de l'analgésie procurée par 25 µg de néostigmine et 100 µg de morphine chez 80 patientes proposées pour césarienne sous rachianesthésie. Les patientes étaient réparties en quatre groupes (placebo versus 25 µg néostigmine versus 100 µg de morphine versus 25 µg de néostigmine + 50 µg de morphine). Sur le plan hémodynamique, aucune différence statistiquement significative entre les groupes n'a été retrouvée. La variation de la PAS a été de $-21,2 \pm 1,7\%$ versus $-23,5 \pm 1,9\%$. L'incidence d'hypotension était de 60% dans le groupe placebo versus 78,9% dans les autres groupes. De même la quantité d'éphédrine utilisée n'avait pas varié entre les groupes ($8,5 \pm 1,8$ mg versus $11,1 \pm 1,9$ mg). Dans leur étude portant sur 30 patientes randomisées en deux groupes (10 µg de néostigmine versus placebo) et devant subir une analgésie intrathécale au cours du travail obstétrical, D'Angelo et al [33] ont trouvé une incidence d'hypotension similaire entre les deux groupes. De plus, la quantité d'éphédrine utilisée était comparable entre les deux groupes (19 ± 13 mg dans le groupe placebo entre 18 ± 17 mg dans le groupe néostigmine).

Klamt et al [23] dans une étude portant sur 25 patientes ont comparé l'analgésie et les effets secondaires que peut provoquer la néostigmine et la morphine par voie intrathécale. Ils ont trouvé une similarité hémodynamique entre les deux groupes.

Kaya et al [31] ont mené une étude portant sur 80 patientes devant subir une césarienne sous anesthésie péridurale. Les patientes étaient randomisées en quatre groupes de 20 (placebo versus 75 µg de néostigmine, versus 150 µg de néostigmine versus 300 µg de néostigmine). L'incidence d'hypotension artérielle était similaire dans les quatre groupes. De même la quantité d'éphédrine pour traiter cette hypotension était équivalente dans les différents groupes. Dans notre étude, nous avons également trouvé cette similarité hémodynamique entre les groupes M et N. En effet, nous avons trouvé 26,7% de cas d'hypotension dans le groupe N versus 43, 3% dans le groupe M et ceci malgré le pré – remplissage et l'administration de l'éphédrine.

Nous n'avons noté aucun cas de dépression respiratoire dans les deux groupes.

Dans la littérature la dépression respiratoire était dose dépendante. De fortes doses (0,5 à 2 mg) de morphine par voie intrathécale se sont avérées à haut risque de dépression respiratoire [16]. Cependant, avec des doses faibles

de morphine (100 à 150 µg ou même de 200 µg) ou de néostigmine (10 à 100 µg), la dépression respiratoire serait inexistante chez des patientes classées ASA I [5]. En effet, avec ces doses, aucun accident respiratoire retardé n'a été décrit chez les patientes jeunes et en bonne santé, ce qui avait permis une simple surveillance en postopératoire. Qualité du bloc :

L'effet de la morphine intrathécale ne se limitait pas à l'analgésie postopératoire. En effet, Abouleish et al [1] ont montré que contrairement à l'idée traditionnelle acceptant une longue latence d'action, 200 µg de morphine en intrathécale potentialisaient l'analgésie peropératoire induite par la bupivacaine et limitait significativement la douleur viscérale lors de l'exploration de la cavité abdominale au cours de la césarienne. Selon Cohen et al [11], cette analgésie peropératoire risque de diminuer nettement si on réduit la dose de morphine de 100 µg. Dans notre étude, nous n'avons pas pu démontrer la supériorité de la morphine à la dose de 100 µg par rapport à la néostigmine quant à la qualité du bloc sensitif peropératoire.

Conclusion

La gestion de la douleur postopératoire faisant appel à de nombreux adjuvants notamment les morphiniques, a vu apparaître d'autres molécules.

C'est ainsi que récemment la néostigmine a vu sa prescription s'élargir en intrathécale dans le cadre de l'analgésie postopératoire. En effet, la néostigmine procure une analgésie satisfaisante, sa durée est d'environ huit heures. Cette durée est moindre que celle de la morphine qui couvre parfaitement les premières 24 heures.

A la dose de 100 µg, la morphine intrathécale ne provoquait pas de dépression respiratoire, de même pour la néostigmine à la dose de 25 µg. Enfin l'utilisation de la néostigmine par voie intrathécale reste limitée du fait de la forte incidence des nausées vomissements.

References:

1. Abouleish .E, Rawal.N, Rashod .M.N The addition of 02 mg subarachnoid morphine to hyperbaric bupivacaine for caesarean delivery, a prospective study of 856 cases. Reg Anesth 1991 ; 16 : 137 -40.
2. Anesthésie locorégionale Recueil des communications scientifiques congrès MAPAR 98, p 129-185.
3. Ankorne .C, Kumassi Ghana Spinal anesthesia. Update innanesthesia 1993 ; 3 : 1 - 12.
4. Balma.A, Abderrahim .N, Lamine.K. Recueil des conférences STAAR, 1999 ; p 139 – 145.
5. Benhamou .D. Adjuvants de l'anesthésie locorégionale en obstétrique. Conférence d'actualisation 1999, p 43 - 52. Edition Elsevier.

6. Benhamou .D. Place de la morphine intrathécale dans l'analgésie post opératoire. Recueil des communications scientifiques congrès MAPAAR, 2000 ; p 258 - 263.
7. Chadwick K.S, Ready .L.B. Intrathecal and epidural morphine sulfate for post caesarean analgesia :a clinical comparaison.Anesthesiology, 1988 ; 68 (6) : 925 - 9.
8. Chérif .K, Dhahri .S, Hichri .N, Lamine .K, Labbane .I ; Ferjani .M. Audit sur l'efficacité de la rachianalgésie postopératoire après une césarienne. Journal Maghrébin d'anesthésie – réanimation et de médecine d'urgence. Mai 2004, 11 ; p 124.
9. Christophe .D, Simone. A. Hôpital avienne, Bobigny. Développement et santé ; 2003 ; n° 134, Médecin du monde.
10. Chung .C.J, Kim .J.S, Parck .H.S, Chin.Y. The efficacy of intrathecal neostigmine; intrathecal morphine and their combination for post caesarean section analgesia. Anesth. Analg. 1998; 87: 341 - 6.
11. Cohen S.F, Desai .J.B, Ratner .E.F, Riley.E.T; Halpern.J. Ketorolac and spinal morphine for post caesarean analgesia. Intern J obstet Anesth 1996; 5: 14 -18.
12. Colins .C, Gurrung. A. Anaesthesia for caerean section. Update in anesthesia, 1998; 9: 1 -18.
13. De W.F. Casey Spinal anaesthesia a pratical guide. Update in anesthesia 2000; 12: 1-21
14. Det Weiller.D .J , Eisenach J.C, Tong .C , Jackson .A. A cholinergic interaction in alpha 2 adrenoceptor mediated antinociception in sheep. J pharm. Exp Therap 1993 ; 265 : 536 - 42.
15. Douglas J, Choi. D. La rachianesthésie en obstétrique : découverte et redécouverte. Canadian journal anesthesia 2000, 47- 9 : 833 - 836.
16. Duraldestin .P, Benhamouda .S. Nouveautés à propos de la morphine. Presented in world congress of anesthesia 2004.
17. Fabienne Roelants, M. Rizzo, Patrica The effect of epidural neostigmine combined with ropivacaine and sufentanil en neuroxial analgesia during labor. A nesthesia – analgesia 2003; 96: 1161- 6.
18. Gautier .P.E, Debry .F, Fanard .L; Vanssteenberge.A, Hody .J.L. Ambulatory combined spinal – epidural analgesia for labor influence of epinephrine on bupavacaine – sufentanil combination. Reg Anesth 1997 ; 22 : 143 -9.
19. 19 – Gentile .M, Bonnet .F. Rachianesthésie et chirurgie ambulatoire. Journées d'enseignements post universitaire (JEPU), 2003: p 387 - 395.
20. Gordh .T.J.R, Jansson .I, Hartvig.P , Gilberg.P.G , Post.C. Interaction between noradrenergic and cholinergic mechanisms involed in spinal nociceptive processing. Acta anesthesiol Scand 1989 ; 33 : 39 -47.

21. Hamza .J. Souffrance fœtale aigue : point de vu de l'anesthésiste. Cah anesthesiol 1996; 44: 309 - 26.
22. Hood.D.D , Eisenach.J.C, Tuttle .R. Phase I safety assessment of intrathecal neostigmine in humans. Anaesthesiology 1995; 82: 331 - 43.
23. Klamt .J.G, Slullited.A, Garcia. I.V, Prado. W.A. Postoperative analgesic effect of intrathecal neostigmine and its influence on spinal anaesthesia. Anaesthesia 1997; 52: 547 - 51.
24. Krukowski .J.A, Hood .D.D, Eisenach .J.C, Mallaak.A, Parker.R.L. Intrathecal neostigmine for post caesarean section analgesia: dose reponse . Anesth Analg 1997; 84: 1269 - 75.
25. Lauretti G.R, Reis .M.P, Prado.W.A, Klamt.J.G. Dose – reponse study of intrathecal morphine versus intrathecal neostigmine , their combination or placebo for postoperative analgesia in patients undergoing anterior and posterior vaginoplasty. Anesth Analg 1996 ; 82 : 1182- 7.
26. Leon .V.Epidural anesthesia. Update in anaesthesia, 2001 ; 13 : 1 - 14.
27. Malinovsky .J.M, Pinaud .M. Neurotoxication médullaire des agents utilisés en anesthésie : implication pratiques. Conférence d'actualisation, 1997, p 211 - 9 Edition Elsevier.
28. Martin .C. La rachianesthésie en obstétrique recueil des conférences, congrès de la société d'anesthésie réanimation d'Afrique francophone, Dakar 2002.
29. Mercier .F.J, et S.Roger Christophe Rachianesthésie pour césarienne, remplissage, vasopresseur et hypotension. Presented in world congress of anesthesia 2004.
30. Milner .A.R, Bogod .D.G, Harwood.R.J. Intrathecal administration of morphine for elective caesarean section. A comparaison between 0,1mg and 0, 2 mg. Anesthesia 1996; 51: 871 - 3.
31. Nur Kaya .F, Sukran Sahin, M.D .Owen, James.E, Eigenach. Epidural neostigmine produce analgesia but also sedation in women after caesarean delivery. Anesthesiology 2004; 100: 381- 5.
32. PAM.P.M, Mok.M.S. Efficacy of intrathecal neostigmine for the relief of post caesarean pain. Anaesthesiology 1995, 83 : A- 786.
33. Robert D'Angelo, Lauvas, Dear, Meister, and Kenneth E, Nelson wake. Neostigmine combined with bupivacaine, clonidine and sufentanil for spinal labor analgesia. Anesthesia –analgesia 2001 ; 93 : 1560 – 4.
34. 34 – Roger.S, Mercier .F.J. Rachianesthésie au cours du travail. SFAR 2001, Edition Elsevier, p 65 -76.
35. Smaoui .I, Ayedi.M, Ben Ayed.S.nMorphine versus neostidmine versus placebo for post-operative analgesia in patients operated an for lumbar disk herniation. Journal Maghrébin d'anesthésie réanimation et de médecine d'urgence. Mai 2004, 1 : p 124.

36. Uchiyama.A , Ueyama.H, Nishimurat.M, Tashiro.C. Low dose intrathecal morphine and pain relief following caesarean section. Intern J Obstetr Anesth 1994, 3 : 87 -91.
37. Van Steenberge.A, Joos .S. Anesthésie péridurale, caudale et rachidienne in anesthésie réanimation chirurgicale. K Samii, Edition Flammarion, 2ème édition, 2004, p 528 - 533.
38. Vandam Randey ? Bk Mohindra. Comparative evaluation of different doses of intrathecal neostigmine as adjuvant to bupivacaine for postoperative analgesia. Aout 2016, vol 10, issue3, page 538-545.
39. Warwick .D, Ngan.Kee. Rachianesthésie, remplissage, vasopresseurs et hypotension : aspects fœtaux. Presented in world congress of anesthesia 2004.
40. Yassin. M. Hany et col. The efficacy of neostigmine as an adjuvant to bupivacaine for intrathecal block in reducing the incidence and severity of post dural ponction headache for parturient scheduled for elective caesarean section . U.S National library of medicine, aout 2018, M335, Egypt.
41. Yves Auroy, Dan benhamou, Laurent Bragues, Claude Ecoffey, Frédéric .M, Hervé Bouaziz, Kamran Samii. Major Complications of regional anesthesia in France. Anesthesiology, 2002 ; 97 : 1274 - 1280.
42. Yoganarasimha, Tr Raghavendra et col. A comparative study between intrathecal clonidine and neostigmine with intrathecal bupivacaine for lower abdominal surgeries. Clinical investigation, 2014, vol 58, issue 1 page 43 – 47.
43. Y. Olurantia Akinyemi et col. Does the addition of neostigmine to intrathecal bupivacaine, fentanyl provide significant haemodynamic stability in patient undergoing surgery under spinal anesthesia ? African journal of anesthesia and intensive care, vol 16, n°1, 2016.

Étude Ethnobotanique Des Plantes Spontanées Comestibles Dans Le Département De Zuénoula (Centre-Ouest De La Côte D’Ivoire)

Vanié-Bi Irié Germain

Laboratoire d’Agro-physiologie, UFR Biosciences,
Université Félix Houphouët-Boigny, Abidjan, Côte d’Ivoire

Béné Kouadio

UFR des Sciences de la Nature (SN), Université Nangui Abrogoua, Abidjan,
Côte d’Ivoire

Zouzou Michel

Laboratoire d’Agro-physiologie, UFR Biosciences,
Université Félix Houphouët-Boigny, Abidjan, Côte d’Ivoire

[Doi:10.19044/esj.2021.v17n29p242](https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n29p242)

Submitted: 06 February 2021

Accepted: 27 April 2021

Published: 31 August 2021

Copyright 2021 Author(s)

Under Creative Commons BY-NC-ND

4.0 OPEN ACCESS

Cite As:

Germain V-B.I., Kouadio B. & Michel Z.(2021). *Étude Ethnobotanique Des Plantes Spontanées Comestibles Dans Le Département De Zuénoula (Centre-Ouest De La Côte D’Ivoire)*. European Scientific Journal, ESJ, 17(29), 242.

<https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n29p242>

Résumé

Cette étude a été conduite à Zuénoula, dans le but d’évaluer la disponibilité et le niveau de connaissance des plantes sauvages comestibles pouvant servir d’alternatives aux populations locales et contribuer ainsi à leur valorisation. Pour cela, des investigations ethnobotaniques ont été réalisées à l’aide de fiches d’enquête dans 5 localités auprès de 368 individus. Les plantes et les organes comestibles récoltés ont été identifiés au Centre National de Floristique (CNF) d’Abidjan. Ainsi, les 76 espèces recensées appartiennent à 36 familles et 62 genres et représentent 32,34 % des plantes sauvages comestibles recensées en Côte d’Ivoire. Les Fabaceae (33,34 %) et les Malvaceae (22,23 %) sont les familles les plus rencontrées et sont majoritairement sous forme d’arbres (38,16 %) et d’herbes (26,32 %). Concernant les parties utilisées, ce sont les feuilles (38,85 %) et les graines

(07,45 %) qui sont plus consommées en repas contrairement aux fruits (40,43 %) souvent consommés comme friandise au lieu de cueillette. Les populations (62,23 %) qui ont une bonne connaissance de la flore locale comestible sont aujourd'hui confrontées à la disparition progressive d'espèces autrefois prisées comme *Glyphaea brevis*, *Irvingia gabonensis* et *Telfairia occidentalis*. Enfin, la consommation de *Bixa orellana* et de *Gymnema sylvestre*, espèces très utilisées dans l'alimentation humaine et la médecine en Asie, a pour la première fois été révélée en Côte d'Ivoire. La poursuite de cette étude par des analyses des valeurs nutritives des espèces les plus sollicitées est vivement souhaitée en vue de leur valorisation au plan nutritionnel.

Mots-clés: Ethnobotanique, Comestibles, Sauvages, Zuénoula, Côte d'Ivoire

Ethnobotanical Study Of Spontaneous Edible Plants In The Department Of Zuenoula (Center-West Of Côte D'ivoire)

Vanié-Bi Irié Germain

Laboratoire d'Agro-physiologie, UFR Biosciences,
Université Félix Houphouët-Boigny, Abidjan, Côte d'Ivoire

Béné Kouadio

UFR des Sciences de la Nature (SN), Université Nangui Abrogoua, Abidjan,
Côte d'Ivoire

Zouzou Michel

Laboratoire d'Agro-physiologie, UFR Biosciences,
Université Félix Houphouët-Boigny, Abidjan, Côte d'Ivoire

Abstract

This study was conducted in Zuénoula with the aim of assessing the local people's level of knowledge on wild edible plants and the availability of these plants to serve as alternatives for the local population and thus contribute to their development. To achieve this, botanical surveys were carried out in 5 localities involving 368 persons. Plants and edible organs collected were identified at the Centre National de Floristique (CNF) in Abidjan. All 76 species recorded belong to 36 families and 62 genera, and they represent 32.34% of wild edible plants identified in Côte d'Ivoire. Fabaceae (33.34%) and Malvaceae (22.23%) were the most common families and are mainly trees (38.16%) and herbs (26.32%). Concerning the part of the plants used, leaves (38.85%) and seeds (07.45%) were the most consumed in meals, which is contrary to fruits (40.43%) often consumed as sweets at the harvesting sites. The majority of the population (62.23%), which has a good knowledge of the local edible flora, is today confronted with the progressive disparition of

species once sought after such as *Glyphaea brevis*, *Irvingia gabonensis*, and *Telfairia occidentalis*. This study reveals for the first time the consumption in Côte d'Ivoire of two plants' species, *Bixa orellana* and *Gymnema sylvestre*, widely used in human food and medicine in Asia, highlighting the great diversity of the local flora. Since the nutritional potential of these species has never been studied in Côte d'Ivoire, additional research on the most sought-after species is highly recommended for their nutritional valorization.

Keywords: Ethnobotany, Edibles, Wild, Zuénoula, Côte d'Ivoire

Introduction

Depuis son indépendance (1960), la Côte d'Ivoire s'est dotée d'un modèle de développement agricole exemplaire pour répondre aux objectifs socio-économiques très variés (sécurité alimentaire, accroissement des devises, couverture nationale en produits agricoles locaux, etc.). Les réformes dans ce secteur au fil des années ont permis au pays de bâtir un développement économique florissant, qualifié de « miracle ivoirien », et de se maintenir parmi les grandes nations agro-productrices mondiales dans plusieurs domaines notamment ceux du cacao, du café, des noix de cajou et de cola, de l'hévéa, de l'igname, du manioc, etc. (Ducroquet *et al.*, 2017).

Malgré ces performances, les populations rurales se trouvent dans des conditions économiques, sociales et environnementales préoccupantes. En effet, avec la hausse vertigineuse de plus de 50 % du niveau de pauvreté en trois décennies, surtout en zones rurales où les conditions de vie des paysans dépendent des activités agricoles (70 à 90 %) elles-mêmes menacées par les sécheresses, la Côte d'Ivoire fait partie des nations au monde (172^{ième} sur 182) à faibles indices du développement humain (PNUD, 2015). De même, avec plus de 84 % des forêts disparues en moins de cinq décennies (SODEFOR, 1996 ; Koné, 2015), et son manque de préparation efficace face à la sécheresse, la Côte d'Ivoire est classée 147^{ième} sur 178 pays les plus vulnérables aux impacts du réchauffement climatique (Banque mondiale, 2018).

Afin de faciliter durablement l'accès aux aliments en milieu rural, il faut développer de nouvelles cultures vivrières, mieux adaptées aux situations socio-économiques et environnementales des populations locales. Les variétés améliorées à meilleur rendement ayant montré leurs limites dans les agrosystèmes paysans (cultures exigeantes, manque de rusticités), il apparaît opportun de valoriser les plantes indigènes, abandonnées dans la nature, alors qu'elles disposent d'un patrimoine productif rustique et d'un potentiel alimentaire sain.

En effet, en Afrique tropicale et particulièrement en Côte d'Ivoire, les plantes sauvages comestibles possèdent de nombreux avantages aux plans

économique, alimentaire, social, thérapeutique, cosmétique et industriel (N'Guessan *et al.*, 2015). C'est le cas des ignames sauvages du genre *Dioscorea* dont les espèces *D. praehensilis*, *D. odoratissima* et *D. smilacifolia*, furent utilisées comme aliments énergétiques de base durant des saisons sèches dans certaines régions de Côte d'Ivoire (Ouattara *et al.*, 2016). Aujourd'hui, de nombreuses espèces jouent une double fonction (Nutrition/Médecine). Parmi elles, *Solanum indicum* et *Solanum nigrum* sont utilisées comme nourritures et remontants aux malades en cas de fatigue générale. Ces végétaux sont des sources de micronutriments essentiels comme le fer, le calcium, le zinc, la vitamine A, dont les carences constituent des problèmes récurrents de santé publique (N'Guessan *et al.*, 2015). Au plan de l'autosubsistance financière des femmes rurales, les amandes de *Irvingia gabonensis* par exemple, utilisées pour confectionner des sauces prisées en milieu rural, sont également vendues à 3000 francs le kilogramme (6 dollars) dans les marchés locaux, largement supérieurs aux prix actuels de fèves de cacao (2 dollars), de grains de café, de palmier, de noix d'acajou (tous moins de 1 dollar). De ce fait, ces amendes font l'objet d'un commerce florissant.

Ainsi, la valorisation des végétaux sauvages comestibles, intégrant le patrimoine socio-économique et environnemental des paysans apparaît comme une stratégie alternative pour accroître durablement les revenus et améliorer les repas des ménages pauvres en zone rurale. C'est dans ce cadre que cette étude a été menée sur les plantes spontanées comestibles qui poussent dans la Région de la Marahoué, plus particulièrement dans le Département de Zuénoula.

La Région Marahoué est reconnue comme une zone de production vivrière, activité principale des femmes rurales. Mais, dans certains Départements comme celui de Zuénoula, seuls les besoins énergétiques de base des populations sont satisfaits, et ceci pendant les périodes de récoltes des principaux aliments (plantains, ignames, riz, manioc). De plus, les forêts et les jachères, autrefois réservées aux cultures vivrières, se sont considérablement réduites, et la population est devenue plus pauvre avec près de 62 % de pauvreté dans les villages (Ducroquet *et al.*, 2017). Toutefois, certains ménages parmi les plus démunis continuent d'exploiter les espèces sauvages pour satisfaire à leurs besoins, soit par des cueillettes en brousses, soit par la création de modestes potagers familiaux (HLPE, 2018). Afin d'appuyer ces ménages et étendre leurs initiatives à l'ensemble des communautés locales, il faut au préalable disposer d'un répertoire de plantes sauvages comestibles encore présentes dans la flore du Département, facilitant le choix des variétés à valoriser. Malheureusement, aucun registre d'espèces sauvages comestibles à Zuénoula n'est établi. Le Professeur Aké Assi et son équipe, ainsi que d'autres chercheurs, ont sans doute exploré la Région, mais aucun des auteurs n'en parle, alors que d'autres régions de la Côte d'Ivoire

disposent déjà de cet outil scientifique : Divo (N'Dri, 1986), Toumodi (Gautier-Beguïn, 1992), Oumé (Kouamé, 2000), Séguéla (Ambé, 2003), Gagnoa (Kouamé *et al.*, 2008), Agboville (N'guessan, 2015), Bondoukou (Ouattara *et al.*, 2016), etc. La seule enquête botanique récente effectuée dans le Département fut le recensement des plantes médicinales antidiabétiques utilisées par les populations locales (Gnagne *et al.*, 2017).

Ce travail est une réponse à cette préoccupation. L'étude ainsi menée a pour objectif la connaissance de la diversité des espèces sauvages comestibles présentes dans la flore spontanée du Département de Zuénoula.

Matériel Et Méthodes

Zone d'étude

L'étude a été conduite dans le Département de Zuénoula. Celui-ci fait partie de la Région de la Marahoué située au Centre-Ouest de la Côte d'Ivoire, entre les latitudes 7°10'50'' et 7°45'10''N et les longitudes 5°43'12'' et 6°26'40''W. Le Département comprend une Préfecture et sept Sous-Préfectures, la ville de Zuénoula étant le Chef-lieu de Département (Figure 1). Il est composé de 112 villages et plus de 1 048 campements. Il s'étend sur une superficie de 3 252 km². Sa population est passée de 172 191 habitants en 2004 à 214 646 en 2014 (RGPH, 2014). Plus de 65 % de cette population est rurale et vit principalement de l'agriculture (Ducroquet *et al.*, 2017). En plus des Gouro, peuple autochtone majoritaire, la Région abrite des communautés ivoiriennes et une forte concentration des ressortissants de la sous-région.

Le Département de Zuénoula est une zone de transition savanes-forêts ou zone soudano-guinéenne (PDI, 2003). La végétation est constituée de mosaïque de forêts et de savanes boisées au Nord, et de forêt dense humide semi-décidue au Sud-Ouest, fortement dégradée par les activités humaines (N'Da *et al.*, 2008). Les sols sont de types ferrallitiques, laissant apparaître au Sud-Ouest, de collines et des affleurements granitiques. Le climat est du type tropical avec une température moyenne annuelle de 29 °C. La pluviométrie moyenne annuelle est passée de 1800 mm en 1980 à 1200 mm en 2013 (Yao *et al.*, 2013). Un seul cours d'eau permanent traverse du Nord au Sud le Département : c'est le Bandaman rouge ou la Marahoué.

Dans ce travail, les enquêtes ont été réalisées dans cinq Sous-Préfectures, choisies en fonction de leurs positions géographiques, et dans des localités où l'occupation humaine est relativement dense : Gohitafla, Kanzra, Vouéboufla, Zanzra, Zuénoula.

Matériel

Matériel biologique

Il est constitué des plantes comestibles poussant à l'état sauvage reconnues par les populations locales.

Enquête ethnobotanique

L'enquête a débuté le 02 avril 2018 puis s'est achevée le 11 août 2019. Elle s'est déroulée aussi bien pendant les saisons sèches que les saisons pluvieuses. Les sorties botaniques ont consisté en des incursions dans des savanes, des forêts, des plantations et des jachères avec les guides choisis, comme dans des précédentes études botaniques (Kouamé *et al.*, 2008 ; Ouattara *et al.*, 2016). Les plantes comestibles reconnues ont été recensées et des échantillons ont été collectés. Pour chaque espèce, le nom en langue locale Gouro a été mentionné, et quelque fois en langue Moré (peuple du Burkina Faso). A la fin de chaque mission, les herbiers ont été constitués puis déposés au Centre National de Floristique d'Abidjan, en vue d'identifier les espèces. Cette identification s'est déroulée par la reconnaissance spontanée de l'espèce, et parfois par comparaison aux spécimens déjà décrits dans la flore de Côte d'Ivoire et des ouvrages botaniques notamment ceux de Aké-Assi et de Adjanohoun (Adjanohoun et Aké-Assi, 1979 ; Aké-Assi, 1984, 2001). Par la suite, la nomenclature a été actualisée selon la version III de la classification phylogénétique des Angiospermes (APG IV, 2016).

Évaluation des niveaux de connaissances et de consommation

A l'aide d'une fiche d'enquête, plusieurs questions ont été posées sur l'usage alimentaire des plantes. Trois d'entre elles ont été nécessaires pour cette rubrique : (1) *connaissez-vous la plante*, (2) *la connaissez-vous comme une plante comestible*, (3) *l'avez-vous une fois consommée*. La question (1) a permis d'évaluer le niveau de connaissance spontanée de l'espèce, tandis que la question (2) a été en rapport à sa comestibilité. Les réponses à la question (3) ont permis de déterminer le niveau de consommation de l'espèce concernée. Ces deux niveaux ont été calculés selon la méthode de Dajoz (Dajoz, 1982) comme suit :

$$P = \frac{n}{N} 100$$

où

P désigne le niveau de connaissance de l'espèce (ou de consommation), **n** désigne le nombre de personnes ayant reconnue l'espèce (ou consommé une fois), **N** désigne le nombre total de personnes interrogées. Selon cette méthode, les espèces ont été réparties en trois groupes en fonction des valeurs de **P**. Ainsi, pour **P** compris entre 50 et 100 %, l'espèce est considérée comme plus connue ; pour **P** compris entre 25 à 50 %, l'espèce est considérée moyennement connue ; pour **P** inférieur à 25 %, l'espèce est considérée peu connue par les personnes interrogées. Le même procédé a permis de déterminer le niveau de consommation des plantes.

Analyses statistiques

Les traitements statistiques ont consisté à déterminer les familles, les espèces, les formes, les organes les plus cités au niveau de la diversité floristique d'une part, et à identifier les catégories sociales les plus sollicitées au niveau des communautés villageoises d'autre part. Pour cela, les résultats des inventaires floristiques, les niveaux de préférence des organes et les communautés ont été soumis au test de Chi 2 pour vérifier si les différences observées dans une série de valeurs ne sont pas significatives au seuil de 5 %. Dans le cas contraire, le Chi 2 a été complété par le test de normalité pour comparer les effectifs de la série entre eux.

Résultats

Profil des personnes enquêtées

Les enquêtes ont été réalisées auprès de 368 personnes issues des cinq localités administratives du Département (Figure 1). Les Gouro ont représenté 75 % de communautés interrogées contre 25 % des allochtones et des Burkinabé (Figure 2A). Les femmes ont été les plus sollicitées (Figure 2B), de même que les personnes d'âges compris entre 11 et 50 ans (Figure 2C). Dans l'ensemble, la moitié des personnes enquêtées n'a que le niveau d'étude de l'école primaire (Figure 2D).

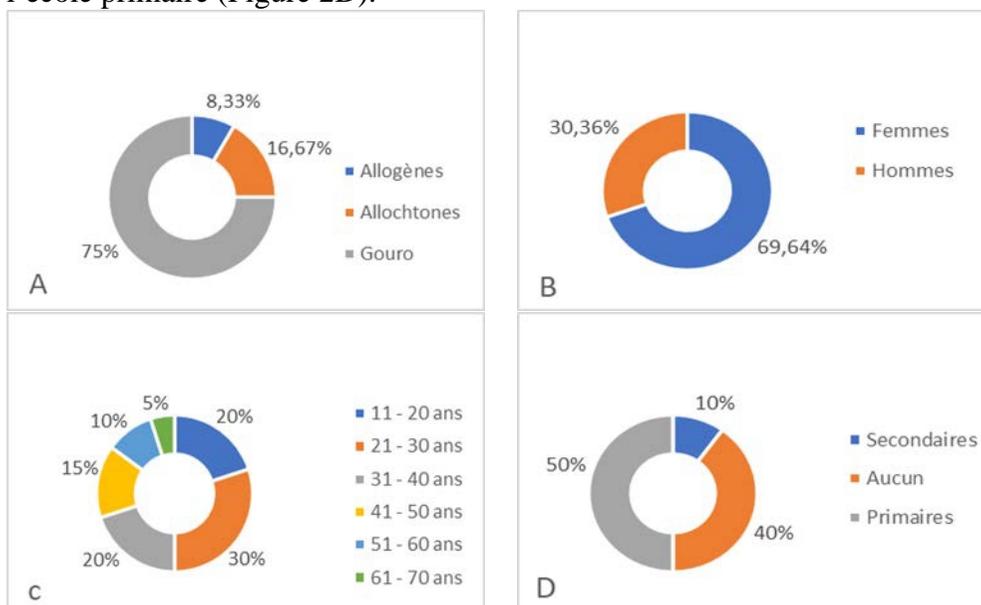


Figure 2. Spectres des catégories sociales et démographiques des interviewés : (A) origine, (B) genre, (C) âge, (D) niveau d'instruction

Diversité floristique

Au total, soixante-seize (76) espèces ont été inventoriées dans le Département de Zuénoula (Tableau 1). Les types morphologiques

apparemment majoritaires sont les arbres (38,16 %) suivis des herbes (26,32 %), des arbustes (21,05 %) et des lianes (14,47 %). Cette distribution est homogène, le test Chi 2 (2,12) étant non significatif au seuil de 5 %. Ces 76 espèces se répartissent en 62 genres et 36 familles. Les Fabaceae (9 espèces) et les Malvaceae (8 espèces) ont été plus recensées (Figure 3). Parmi les espèces inventoriées, une n'a jamais été citée par les auteurs en Côte d'Ivoire : *Gymnema sylvestre*.

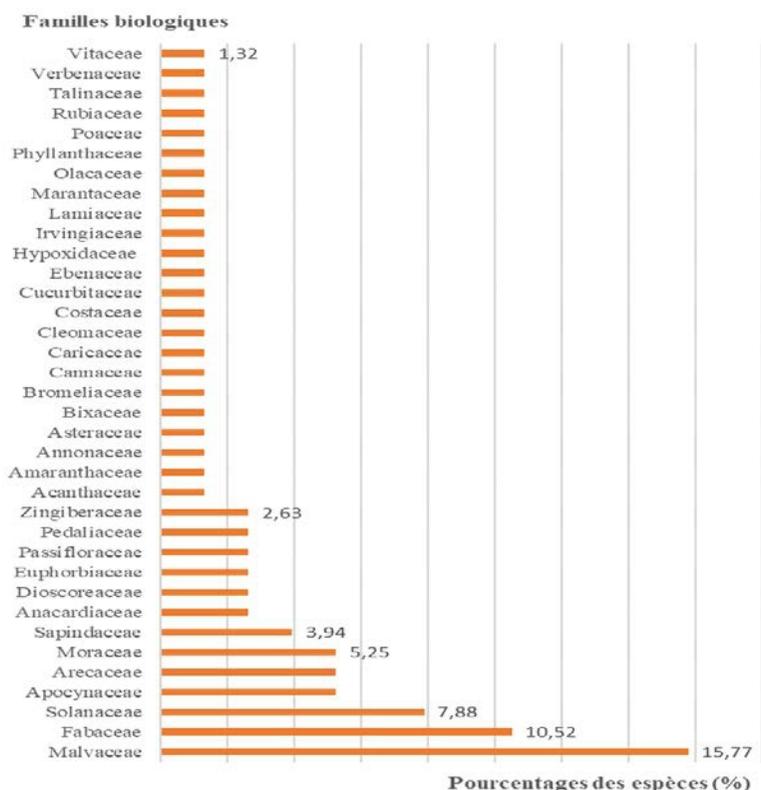


Figure 3. Histogramme des familles en fonction des pourcentages des espèces

Tableau 1. Liste des plantes comestibles sauvages recensées dans le Département de Zuénoula

| Noms des espèces | Familles | Formes biologiques | Habitats |
|--|----------------|--------------------|-------------------|
| <i>Abrus precatorius</i> L. | Fabaceae | Liane | Forêts |
| <i>Acalypha ciliata</i> Forssk. | Euphorbiaceae | Herbe | Jachères |
| <i>Adansonia digitata</i> L. | Malvaceae | Arbre | Savanes |
| <i>Adenia cissampeloides</i> (Hook.) Harms | Passifloraceae | Liane | Savanes arborées |
| <i>Aframomum alboviolaceum</i> (Ridl.) K. Schum. | Zingiberaceae | Herbe | Savanes arborées |
| <i>Aframomum melegueta</i> K. Schum. | Zingiberaceae | Herbe | Savanes arborées |
| <i>Albizia zygia</i> (OC.) J. F Macbr | Fabaceae | Arbre | Savanes et forêts |
| <i>Ananas comosus</i> (L.) Merr. | Bromeliaceae | Herbe | Forêts |
| <i>Annona senegalensis</i> Pers. | Annonaceae | Arbuste | Savanes |

| | | | |
|---|----------------|---------|----------------------------|
| <i>Bixa orellana</i> L. | Bixaceae | Arbuste | Forêts |
| <i>Blighia sapida</i> K.D. Koenig | Sapindaceae | Arbre | Forêts |
| <i>Bombax buonopozense</i> P. Beauv | Malvaceae | Arbre | Savanes arborées et forêts |
| <i>Bombax costatum</i> Pellegr. & Vuillet | Malvaceae | Arbre | Savanes boisées et forêts |
| <i>Borassus aethiopum</i> Mart. | Arecaceae | Arbre | Savanes |
| <i>Canna indica</i> L. | Cannaceae | Herbe | Zones humides |
| <i>Capsicum frutescens</i> L. | Solanaceae | Arbuste | forêts |
| <i>Carica papaya</i> L. | Caricaceae | Arbuste | Forêts |
| <i>Ceiba pentandra</i> (L.) Gaertn. | Malvaceae | Arbre | Forêts |
| <i>Celosia trigyna</i> L. | Amaranthaceae | Herbe | Jachères |
| <i>Cissus populnea</i> Guill. & Perr. | Vitaceae | Liane | Savanes arborées |
| <i>Cola caricaefolia</i> (G. Don) Schum, | Malvaceae | Arbre | Lisières des forêts |
| <i>Cola gigantea</i> var. <i>glabrescens</i> Brenan et Keay | Malvaceae | Arbre | Savanes |
| <i>Corchorus aestuans</i> L. | Malvaceae | Herbe | Jachères en forêts |
| <i>Corchorus olitorus</i> L. | Malvaceae | Herbe | Jachères en forêts |
| <i>Corchorus tridens</i> L. | Malvaceae | Herbe | Jachères en forêts |
| <i>Costus afer</i> Ker-Gawl. | Costaceae | Herbe | Zones humides des forêts |
| <i>Curculigo pilosa</i> (Schum. & Thonn. Engler (velu). | Hypoxidaceae | Herbe | Jachères et forêts |
| <i>Deinbollia pinnata</i> (Poir.) Schum. & Thonn. | Sapindaceae | Arbuste | Forêts |
| <i>Detarium senegalense</i> J. F.Gmel. | Fabaceae | Arbuste | Savanes arborées |
| <i>Dialium guineense</i> Willd. | Fabaceae | Arbre | Forêts |
| <i>Dioscorea odoratissima</i> Pax | Dioscoreaceae | Liane | Forêts |
| <i>Dioscorea praehensilis</i> Benth. | Dioscoreaceae | Liane | Forêts |
| <i>Diospyros mespiliformis</i> A. OC. | Ebenaceae | Arbre | Forêts |
| <i>Elaeis guineensis</i> Jacq. | Arecaceae | Arbre | Forêts, champs et jachères |
| <i>Ficus exasperata</i> M. Vahl | Moraceae | Arbre | Savanes arborées et forêts |
| <i>Ficus sur</i> Forsk. | Moraceae | Arbre | Savanes arborées |
| <i>Ficus vallis-choudae</i> Delile | Moraceae | Arbre | Savanes arborées |
| <i>Gardenia ternifolia</i> Schum. & Thonn. | Rubiaceae | Arbuste | Savanes arborées |
| <i>Glyphaea brevis</i> (Spreng.) Monach. | Malvaceae | Arbuste | Forêts et jachères |
| <i>Gymnema sylvestre</i> (Retz) Schult | Apocynaceae | Liane | Savanes arborées |
| <i>Gynandropsis gynandra</i> (L.) Briq. | Cleomaceae | Herbe | Jachères |
| <i>Imperata cylindrica</i> L. Raeuschel | Poaceae | Herbe | Savanes |
| <i>Irvingia gabonensis</i> (O'Rorke)Baill | Irvingiaceae | Arbre | Forêts |
| <i>Justicia galeopsis</i> T. Anderson Ex C.B. Clarke | Acanthaceae | Herbe | Jachères |
| <i>Landolphia heudelotii</i> A. DC. | Apocynaceae | Liane | Forêts |
| <i>Lannea barteri</i> (L. kerstingii) | Anacardiaceae | Arbuste | Savanes arborées |
| <i>Lippia multiflora</i> Moldenke | Verbenaceae | Arbuste | Savane |
| <i>Lonchocarpus cyanescens</i> (Schum. & Thonn.) Ben th. | Fabaceae | Arbuste | Savanes arborées et forêts |
| <i>Myrianthus arboreus</i> P. Beauv | Moraceae | Arbre | Forêts |
| <i>Parkia biglobosa</i> (Jacq.) R.Br. ex G. Don | Fabaceae | Arbre | Savanes |
| <i>Passiflora foetida</i> L. | Passifloraceae | Liane | Savanes et jachères |
| <i>Paullinia pinnata</i> L. | Sapindaceae | Liane | Forêts |
| <i>Phoenix reclinata</i> Jacq. | Arecaceae | Arbre | Zones humides |
| <i>Phyllanthus reticulatus</i> Poir. | Phyllanthaceae | Arbuste | Forêts |
| <i>Raphia hookeri</i> Mann. & Wendl. | Arecaceae | Arbre | Zones humides |

| | | | |
|---|---------------|---------|--------------------------|
| <i>Ricinodendron heudelotii</i> (Baill.) Pierre ex Pax | Euphorbiaceae | Arbre | Forêts |
| <i>Saba comorensis</i> (Bojer) Pichon | Apocynaceae | Liane | Forêts |
| <i>Saba senegalensis</i> (A. DC.) Pichon | Apocynaceae | Liane | Forêts |
| <i>Sesamum indicum</i> L. | Pedaliaceae | Herbe | Savanes et jachères |
| <i>Sesamum radiatum</i> Schum. & Thonn. | Pedaliaceae | Herbe | Savanes et jachères |
| <i>Solanum americanum</i> Mill. | Solanaceae | Herbe | Plantations et jachères |
| <i>Solanum indicum</i> L. | Solanaceae | Arbuste | Forêts et jachères |
| <i>Solanum nigrum</i> L. | Solanaceae | Herbe | Plantations et jachères |
| <i>Solanum rigosum</i> L. | Solanaceae | Arbuste | Forêts et jachères |
| <i>Solanum torvum</i> Sw. | Solanaceae | Arbuste | Forêts et jachères |
| <i>Spondias mombin</i> L. | Anacardiaceae | Arbre | Savanes arborées |
| <i>Sterculia tragacantha</i> Lindl. | Malvaceae | Arbre | Forêts |
| <i>Talinum triangulare</i> (Jacq.) Willd. | Talinaceae | Herbe | Jachères |
| <i>Tamarindus indica</i> L. | Fabaceae | Arbre | Forêts |
| <i>Telfairia occidentalis</i> Hook. f. | Cucurbitaceae | Liane | Forêts, jachères |
| <i>Thaumatococcus daniellii</i> (Bennet) Benth. & Hook. | Marantaceae | Herbe | Forêts, zones humides |
| <i>Triplochiton scleroxylon</i> Schum. | Malvaceae | Arbre | Forêts |
| <i>Uraria picta</i> (Jacq.) DC. | Fabaceae | Arbuste | Savanes arborées |
| <i>Vernonia amygdalina</i> Del. | Asteraceae | Arbre | Savanes arborées, forêts |
| <i>Vitex doniana</i> Sweet | Lamiaceae | Arbre | Savanes arborées |
| <i>Ximenia americana</i> L. | Olacaceae | Arbre | Savanes arborées |

Diversité des organes consommés

Il a été recensé neuf types d'organes réellement consommés : fruits, feuilles, sèves, graines, fleurs, bourgeons végétatifs, rhizomes, nectars (Figure 4). Les fruits (43,75 %) et les feuilles (29,17 %) ont été les plus cités. La consommation d'un organe particulier, le nectar, a été observée chez une seule espèce, *Canna indica*. Le nombre d'organes produits par espèce varie de 1 à 4. Le palmier (*Elaeis guineensis*) est le taxon ayant fourni le plus d'organes comestibles avec quatre produits : la sève, le bourgeon, la graine et le fruit. A la suite, viennent *Glyphaea brevis* (fleur, fruit, feuille) et *Borassus aethiopum* (pulpe, bourgeon, graine) avec trois produits (Tableau 2).

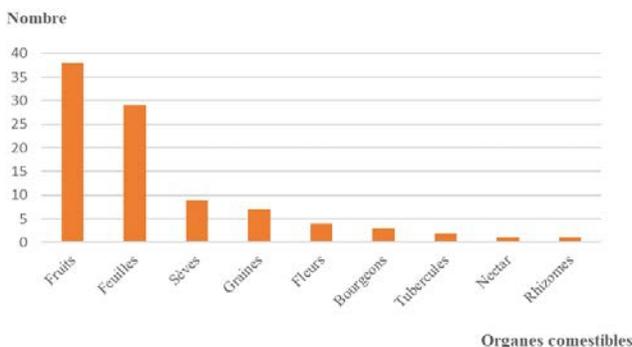


Figure 4. Histogramme des organes consommés

Niveaux de connaissance et de consommation des espèces

Les indices de consommations et de connaissances ont été évalués auprès de 200 personnes. Les 76 espèces ont été réparties en trois groupes : 54 espèces ont été bien connues par la population, contre 10 moyennement connues et 12 peu connues. Quant à l'usage de ces plantes, on remarque que 38 espèces ont été déjà consommées par un très grand nombre de personnes (plus de 50 %), contre 27 espèces peu consommées. Les modes de préparation varient suivant les organes. Ainsi, les feuilles sont bouillies ou cuites avant d'être consommées sous forme d'épinards ou utilisées comme condiments de sauces, contrairement aux fruits qui sont à 92,10 % consommés crus comme friandises. Les niveaux de connaissance et de consommation des plantes ainsi que les noms des espèces en langues locales Gouro et Moré (Burkina Faso) sont consignés dans le Tableau 2.

Tableau 2. Liste des espèces classées selon leurs indices de connaissance et de consommation des parties comestibles

| Noms des espèces | Indices de connaissance (%) | Parties comestibles avec indices de consommation | Noms en langues locales Gouro et Moré* |
|---------------------------------|-----------------------------|--|--|
| <i>Adansonia digitata</i> | 100 | Feuilles (92,5 %), fruits (12 %) | <i>Bléh</i> |
| <i>Aframomum albobviolaceum</i> | 100 | Fruits (95 %) | <i>Srônhon/Zrônhon</i> |
| <i>Ananas comosus</i> | 100 | Fruits (100 %) | <i>Môlèhè</i> |
| <i>Annona senegalensis</i> | 100 | Fruits (100 %), feuilles (20 %) | <i>Blè</i> |
| <i>Blighia sapida</i> | 100 | Fruits (49 %) | <i>Tchaha/Tchiaha</i> |
| <i>Borassus aethiopum</i> | 100 | Fruits (23 %), sève (19,5 %), bourgeons (8 %) | <i>Zè</i> |
| <i>Canna indica</i> | 100 | Nectar (76,5 %) | <i>Tolo vohin</i> |
| <i>Carica papaya</i> | 100 | Fruits (100 %) | <i>Vinh</i> |
| <i>Celosia trigyna</i> | 100 | Feuilles (97,5 %) | <i>Pala yrôlô/Yrôlô</i> |
| <i>Corchorus olitorus</i> | 100 | Feuilles (100 %) | <i>Miahanin/Mihanin</i> |
| <i>Deinbollia pinnata</i> | 100 | Fruits (94,5 %) | <i>Palé lé lopo</i> |
| <i>Elaeis guineensis</i> | 100 | Fruits (100 %), graines (100 %), sève (100 %), bourgeons (5 %) | <i>Yôh</i> |
| <i>Imperata cylindrica</i> | 100 | Rhizomes (33,5 %) | <i>Lôhlô</i> |
| <i>Irvingia gabonensis</i> | 100 | Graines (100 %) | <i>Kakrou</i> |
| <i>Lippia multiflora</i> | 100 | Feuilles (94,5 %) | <i>Fonfon</i> |
| <i>Parkia biglobosa</i> | 100 | Fruits (100 %), graines (18 %) | <i>Minnin minlin</i> |
| <i>Passiflora foetida</i> | 100 | Fruits (100 %) | <i>Minnin lé sronhon</i> |
| <i>Paullinia pinnata</i> | 100 | Fruits (94 %) | <i>Bôhò le goii</i> |
| <i>Ricinodendron heudelotii</i> | 100 | Fruits (100 %) | <i>Kôhò</i> |
| <i>Sesamum radiatum</i> | 100 | Feuilles (100 %) | <i>Nihi</i> |
| <i>Solanum americanum</i> | 100 | Feuilles (100 %) | <i>Vloun</i> |
| <i>Solanum indicum</i> | 100 | Fruits (100 %) | <i>Plni</i> |
| <i>Solanum nigrum</i> | 100 | Feuilles (100 %) | <i>Nounou</i> |
| <i>Spondias mombin</i> | 100 | Fruits (100 %), feuilles (46 %) | <i>Winh</i> |

| | | | |
|---------------------------------|------|---|---------------------------|
| <i>Sterculia tragacantha</i> | 100 | Feuilles (81,5 %) | <i>Touhn wini</i> |
| <i>Thaumatococcus daniellii</i> | 100 | Fruits (43,5 %) | <i>Blawèlè</i> |
| <i>Vitex doniana</i> | 100 | Fruits (92 %) | <i>Plouh</i> |
| <i>Ceiba pentandra</i> | 99,5 | Feuilles (26 %) | <i>Gbin</i> |
| <i>Talinum triangulare</i> | 99,5 | Feuilles (58 %) | <i>Nango brou</i> |
| <i>Solanum rigosum</i> | 99 | Fruits (2 %) | <i>Ba Kohou</i> |
| <i>Landolphia heudelotii</i> | 98 | Fruits (95 %), sève (62 %) | <i>Toh nin</i> |
| <i>Saba comorensis</i> | 98 | Fruits (95,5 %), sève (62 %) | <i>Bô toh nin</i> |
| <i>Myrianthus arboreus</i> | 97,5 | Feuilles (90 %) | <i>Doha</i> |
| <i>Phoenix reclinata</i> | 97 | Sève (5 %), fruits (12 %) | <i>Duanhan ninh</i> |
| <i>Cola gigantea</i> | 95,5 | Fruits (2 %), feuilles (2 %) | <i>Voho</i> |
| <i>Saba senegalensis</i> | 95 | Fruits (95 %), sève (21 %) | <i>Toh nin</i> |
| <i>Gynandropsis gynandra</i> | 93,5 | Feuilles (91,5 %) | <i>Sanwôh</i> |
| <i>Capsicum frutescens</i> | 92,5 | Fruits (92,5 %) | <i>Déclé wihnin</i> |
| <i>Ficus vallis-choudae</i> | 91,5 | Fruits (14,5 %) | <i>Sah ylè</i> |
| <i>Bombax buonopozense</i> | 90 | Feuilles (36 %) | <i>Vlè gbin</i> |
| <i>Dioscorea praehensilis</i> | 88 | Tubercules (63,5 %) | <i>Sèssè</i> |
| <i>Bombax costatum</i> | 87,5 | Fleurs (32,5 %) | <i>Gbin</i> |
| <i>Ficus exasperata</i> | 87,5 | Feuilles (4,5 %) | <i>Tchan non</i> |
| <i>Albizia zygia</i> | 86 | Feuilles (86 %) | <i>Drounh/Nôhin</i> |
| <i>Cissus populnea</i> | 85,5 | Fruits (85 %), fleurs (21 %) | <i>Blôhou</i> |
| <i>Ficus sur</i> | 84 | Fruits (7,5 %), feuilles (7,5 %) | <i>Môèhmin</i> |
| <i>Dialium guineense</i> | 83,5 | Fruits (56 %) | <i>Banh nin/Blèti</i> |
| <i>Bixa orellana</i> | 76,5 | Graines (63,5 %) | <i>Po tran po</i> |
| <i>Dioscorea odoratissima</i> | 76,5 | Tubercules (26,5 %) | <i>Zèh nin</i> |
| <i>Raphia hookeri</i> | 76 | Sève (72,5 %), bourgeons (47 %) | <i>Bloh/Baha</i> |
| <i>Costus afer</i> | 72,5 | Sève (55 %) | <i>Zohou</i> |
| <i>Cola caricaefolia</i> | 62 | Fruits (59,5 %) | <i>Glouèglou</i> |
| <i>Acalypha ciliata</i> | 58 | Feuilles (35 %) | <i>Sôla sônin</i> |
| <i>Sesamum indicum</i> | 55 | Graines (51,5 %) | <i>Dowlè</i> |
| <i>Justicia galeopsis</i> | 49 | Feuilles (38 %) | <i>Monhon</i> |
| <i>Phyllanthus reticulatus</i> | 48 | Feuilles (31,5 %) | <i>Moï nin wih guih'n</i> |
| <i>Triplochiton scleroxylon</i> | 48 | Feuilles (38 %) | <i>Duhè</i> |
| <i>Curculigo pilosa</i> | 47,5 | Fruits (40,5 %) | <i>Cli lé lo</i> |
| <i>Abrus precatorius</i> | 43 | Feuilles (43 %) | <i>Tchili wlè</i> |
| <i>Glyphaea brevis</i> | 42,5 | Fruits (40 %), feuilles (27 %), fleurs (14 %) | <i>Kayamoè</i> |
| <i>Aframomum melegueta</i> | 42 | Graines (28 %) | <i>Suhè</i> |
| <i>Uraria picta</i> | 41,5 | Fleurs (28 %) | <i>Cli lé wè</i> |
| <i>Vernonia amygdalina</i> | 39,5 | Feuilles (12,25 %) | <i>Niein niein</i> |
| <i>Adenia cissampeloides</i> | 29,5 | Sève (23,5 %) | <i>Yi toh mèn</i> |
| <i>Diospyros mespiliformis</i> | 26 | Fruits (19 %) | <i>Garka*</i> |
| <i>Tamarindus indica</i> | 23,5 | Fruits (23,5 %) | <i>Tomi</i> |
| <i>Corchorus aestuans</i> | 22 | Feuilles (2,5 %) | <i>Blin-ninnin</i> |
| <i>Lonchocarpus cyanescens</i> | 21,5 | Feuilles (10,5 %) | <i>Kangarga*</i> |
| <i>Telfairia occidentalis</i> | 18,5 | Graines (10,5 %) | <i>Bounin</i> |
| <i>Corchorus tridens</i> | 16 | Feuilles (3,5 %) | <i>Blin-truin</i> |

| | | | |
|-----------------------------|-----|----------------|------------------------|
| <i>Detarium senegalense</i> | 9 | Fruits (3 %) | <i>Karakga*</i> |
| <i>Gardenia ternifolia</i> | 9 | Fruits (3,5 %) | <i>Monnin yli</i> |
| <i>Gymnema sylvestre</i> | 7,5 | Feuilles (7 %) | <i>Lehénougnounou*</i> |
| <i>Solanum torvum</i> | 6 | Fruits (3,5 %) | <i>Dri plni</i> |
| <i>Lannea barteri</i> | 2,5 | Fruits (2,5 %) | <i>Samtourouga*</i> |
| <i>Ximenia americana</i> | 2 | Fruits (1,5 %) | <i>Wanwan yli</i> |

Indices < 25 % : espèces peu connues/organes peu consommés ; 25 % < Indices < 50 % :
espèces moyennement connues/organes moyennement consommés ; Indices > 50 % :
espèces très connues/organes très consommés

Discussion

La répartition 75 % Gouro contre 25 % allogènes indique que le brassage interethnique est bien prononcé dans le Département de Zuénoula. En effet, à la faveur de la décennie de crises militaro-politiques qu'a connue la Côte d'Ivoire (2002 à 2011), et qui avaient coupé le Département de Zuénoula en deux, la partie Nord étant dans la zone d'exclusion gouvernementale, de nombreux ressortissants de la Sous-Région et des nationaux se sont massivement installés dans presque toutes les localités du Département (Komona, 2019). Ce brassage des ethnies et des nationalités a permis de recenser un nombre élevé de plantes comestibles et des habitudes alimentaires différentes, en complément aux savoir-faire des autochtones Gouro. Les femmes ont été plus rencontrées au cours des enquêtes (64,69 %), révélant ainsi que les plantes comestibles sauvages constituent un secteur en grande partie aux mains des femmes rurales. De plus, avec 85 % d'enquêtées ayant entre 15 et 50 ans, elles représentent une tranche active de la population locale, et savent lire et écrire dans 60 % de cas. Ce qui est un atout précieux pour la valorisation des plantes comestibles sauvages visant un impact social rapide sur des ménages vulnérables (AGRIDAPE, 2016 ; HLPE, 2018).

Le nombre cumulé d'espèces spontanées utiles recensées en Côte d'Ivoire, depuis les travaux de Portères (1935) jusqu'à ce jour, est de 715, dont 553 plantes médicinales, 238 plantes comestibles et 219 plantes artisanales (Piba, 2016 ; Ouattara *et al.*, 2016). L'inventaire réalisé à Zuénoula (76 espèces) a permis d'identifier 31,93 % d'espèces comestibles déjà recensées. Cette diversité peut s'expliquer par la phytogéographie particulière de la région, car le Département appartient à la zone végétative de transition savanes-forêts, ce qui a sans doute favorisé le peuplement d'un nombre important de taxons (Bouquet & Debray, 1974).

Dans le Département de Bondoukou, appartenant au secteur de transition savanes-forêts du Nord-est de la Côte d'Ivoire, 81 espèces comestibles ont été répertoriées (Ouattara *et al.*, 2016). On remarque que 39 espèces recensées à Zuénoula ne sont pas signalées à Bondoukou. Parmi elles, on peut citer *Abrus precatorius* et *Costus afer*, deux plantes pourtant inventoriées dans la flore médicinale locale du Gontougo (Béné *et al.*, 2016). Toujours au niveau du

secteur de transition savanes-forêts, dans le Département Ségoula (Nord-ouest de la Côte d'Ivoire), Ambé (2001) a recensé 75 espèces fruitières sauvages utilisées par une population locale Malinké. On remarque que seulement 26 espèces sont communes et 14 espèces recensées dans notre étude n'ont pas été signalées par cet auteur. Parmi elles, on peut citer *Borassus aethiopum*, *Capsicum frutescens*, *Sesamum radiatum*, *Solanum indicum*, des plantes pourtant bien répandues dans la végétation des savanes et des forêts au Nord du pays (Aké-Assi, 1984 ; 2001). On peut donc affirmer que les systèmes alimentaires des peuples enquêtés à Zuénoula, Bondoukou et Ségoula, bien que s'appuyant sur une même végétation de transition savanes-forêts, sont traditionnellement différents.

Dans une autre étude consacrée aux plantes alimentaires spontanées du Département de Gagnoa (Centre-Ouest de la Côte d'Ivoire), secteur Soudano-guinéen autrefois caractérisé par la forêt dense humide semi-décidue, Kouamé *et al.* (2008) ont inventorié 72 espèces. On constate que 46 espèces recensées à Zuénoula ne sont pas citées par ces auteurs. C'est le cas du Rônier (*Borassus aethiopum*) et du Néré (*Parkia biglobosa*) deux espèces exclusivement savaniques et bien connues en Côte d'Ivoire. De même, certaines espèces comme *Garcinia kola* et *Beilschmiedia mannii*, arbres des forêts denses humides, signalés à Gagnoa, ne figurent pas sur la liste de la présente étude. Ceci montre que l'alimentation traditionnelle des populations indigènes est influencée par la biodiversité locale.

Au Sud de la Côte d'Ivoire, chez le peuple Krobrou (Département d'Agboville), un recensement plus étendu au Département a rapporté 96 plantes reparties en 87 genres et 48 familles (Bédiakon *et al.*, 2018). Par comparaison, 52 espèces figurant sur notre liste n'ont pas été citées par le peuple Krobrou. On constate néanmoins que *Borassus aethiopum*, « sentinelle de savanes » a été signalée dans la flore locale d'Agboville, qui est pourtant une zone de forêt dense humide au Sud du pays. Ce qui indique, selon Soro *et al.* (2018), que le paysage forestier ivoirien est en pleine transformation. Enfin, 54 espèces soit 71,05 %, sont très connues. Ce rapport est bien plus élevé que ceux de Bondoukou (54,14 %) et de Gagnoa (9, 72 %) (Kouamé *et al.*, 2008 ; Ouattara *et al.*, 2016). Les populations rurales de Zuénoula ont donc une bonne connaissance de la flore comestible locale. L'ensemble des résultats évoqués montre que le nombre d'espèces spontanées consommées varie en fonction des groupes ethniques locales et les sites étudiés. Ce constat est largement partagé par tous les auteurs.

En outre, la présente étude a révélé la consommation de *Gymnema sylvestre* et de *Bixa orellana* en Côte d'Ivoire. En effet, *G. Sylvestre*, bien qu'elle soit répandue dans la flore ivoirienne sous forme de buissons lianescents dans des savanes boisées et des forêts denses (Aké-Assi, 2001), n'a pas d'utilités connues en Côte d'Ivoire, ni dans la pharmacopée ivoirienne,

ni dans les systèmes alimentaires et nutritionnels traditionnels. C'est auprès d'une communauté Burkinabé du village de Dhèzra (sous-préfecture de Kanzra) que *G. sylvestre* a été présentée pour la première fois comme aliment dans nos enquêtes. Le mode de préparation est classique : les feuilles récoltées à l'état frais sont bouillies, puis transformées en pâte. Celle-ci, assaisonnée ou non, est consommée directement ou utilisée comme plat d'accompagnement. Le plus souvent, la pâte est ajoutée aux sauces ou aux autres aliments durant la cuisson. En pharmacopée locale, ces communautés utilisent les tiges et parfois les feuilles de cette espèce pour soigner les plaies, les morsures d'insectes et de serpents, et pour obtenir la cicatrisation rapide des blessures. Dans certains pays d'Afrique et d'Asie, précisément en Inde, la plante est intensément étudiée et exploitée pour produire des compléments alimentaires et des médicaments à actions diverses : digestives, purgatives, hypotensives, antidiabétiques, antimicrobiennes, anti-inflammatoires, antigrippales, pertes de poids, baisses de cholestérols, etc. (Jiofack *et al.*, 2010 ; Hajare, 2018). Vu son potentiel économique et social énorme, et face à la déforestation rapide et aux pillages des ressources médicinales locales de grand intérêt, un programme de valorisation durable de *G. sylvestre* doit être urgemment mis en place en Côte d'Ivoire.

Quant à *Bixa orellana* (le Roucou), il n'existe à notre connaissance aucune étude botanique réalisée en Côte d'Ivoire l'ayant signalée comme une plante comestible. Le Roucou est plutôt exploité dans la décoration et le cosmétique (Kwassi *et al.*, 2019). Par contre à Zuénoula, les graines de *B. orellana* sont utilisées comme colorants de certains bouillons alimentaires (piments, poissons, crevettes, etc.). Sous cette forme, le Roucou est bien consommé en Asie, et son usage local ou industriel dans l'alimentation humaine est suffisamment documenté (Hagiwara *et al.*, 2002). En plus, selon ces auteurs, la Bixine, principal complexe colorant des graines de Roucou, possède des propriétés thérapeutiques et nutritionnelles diverses : antibactériennes, antiparasitaires, anti-inflammatoires, diurétiques, hypotensives, laxatives, digestives, etc. Nous suggérons d'effectuer une enquête diagnostique régionale dans le but d'évaluer les caractéristiques alimentaires et nutritionnelles du Roucou ivoirien, et prévenir ainsi des risques éventuels d'intoxication.

Les organes fruitiers (47,87 %) et les feuilles (30,85 %) ont été inventoriés dans les mêmes proportions (test $U = 1,74$). Réunis (78,72 %), ils occupent une part significative dans le pool des organes traditionnellement consommés par la population ($Chi 2 = 72,02$). Ce qui présente un avantage pour les paysans ruraux car, la consommation régulière des feuilles et fruits procure à l'organisme des micronutriments essentiels, sains et bon marché. Les feuilles sont généralement exploitées par des populations locales pour des repas familiaux, contrairement aux fruits souvent consommés sur les lieux

même des cueillettes. Parmi les 29 espèces de légumes-feuilles, 10 espèces ne figurent pas sur les listes des trois Régions déjà évoquées (Bondoukou, Gagnoa, Agboville). Ce sont : *Abrus precatorius*, *Albizia zygia*, *Annona senegalensis*, *Celosia trigyna*, *Corchorus aestuans*, *Corchorus tridens*, *Gymnema sylvestre*, *Justicia galeopsis*, *Lonchocarpus cyanescens*, *Phyllanthus reticulatus*. Les espèce *A. precatorius* et *S. mombin* sont des plantes médicinales citées par des auteurs contre les diarrhées (Béné *et al.*, 2016 ; Gnagne *et al.*, 2017), mais à Zuénoula, leurs feuilles sont aussi consommées par les populations locales, le plus souvent sur le site du prélèvement. Lors de la mastication, les feuilles crues de *A. precatorius* donnent un goût sucré caractéristique dont les consommateurs sont friands. Quant à *S. mombin*, les feuilles sont emballées puis bouillies au feu doux avant d'être consommées. Ces formes d'utilisation locales de ces deux feuilles donnent l'avantage aux consommateurs de se protéger naturellement contre les maladies gastro-intestinales (Bouquet & Debray, 1974).

Dans la nature, *G. sylvestre* forme des friches buissonnantes vivaces fortement enracinées, ce qui rend le travail du sol très pénible, selon les cultivateurs rencontrés. Quant à *C. trigyna*, elle constitue des adventices redoutables dans les champs et les jachères pendant les saisons pluvieuses. Pour freiner leur profusion, les paysans font aujourd'hui usages excessifs d'herbicides. Ces méthodes de défrichages, qui ont presque éteint la cucurbité *Telfairia occidentalis*, menacent aujourd'hui la survie de nombreuses espèces utiles comme *Glyphaea brevis*. C'est un triste constat car cette dernière est la seule espèce à produire trois organes utilisés pour des repas familiaux (feuilles, fleurs, fruits).

Conclusion

La recherche des plantes sauvages à usages alimentaires en vue de lutter contre la faim et la pauvreté en milieu rural a conduit à réaliser une étude ethnobotanique dans la flore locale du Département de Zuénoula. Elle a permis de recenser 76 espèces, composées de 47,87 % de plantes fruitières et 30,85 % de légumes-feuilles. A l'échelle nationale, la flore locale contient 31,93 % d'espèces comestibles poussant dans les plantations, les jachères, les savanes et les forêts. Les arbres et les herbes fournissent 66,48 % d'organes réellement utilisés, les arbustes et les lianes 33,52 %. Par rapport aux régions déjà enquêtées, Agboville, Bondoukou, Gagnoa et Séguéla, les plantes sauvages alimentaires sont plus connues et plus consommées à Zuénoula. Les femmes en sont les plus utilisatrices. Certaines espèces sont produites dans des potagers et vendues sur des marchés locaux : *Cleome gynandra*, *Sesamum indicum*, *Solanum indicum*, *Talinum triangulare*. D'autres, par contre, sont en voie d'extinction et avec elles des savoir-faire traditionnels. Ce sont *Adansonia digitata*, *Glyphaea brevis*, *Irvingia gabonensis*, *Telfairia*

occidentalis. Enfin, deux espèces peu citées dans la flore ivoirienne comme aliments ont été recensées : *Bixa orellana* et *Gymnema sylvestre*. Il n'existe presque plus de forêts naturelles à Zuénoula, plutôt des jachères et/ou des fragments de forêts anciennes. Au regard du potentiel nutritionnel et rustique de ces plantes sauvages, et face aux enjeux socio-économiques, environnementaux et climatiques pressants, la valorisation agronomique des espèces indigènes à usages familiaux est nécessaire et prioritaire. Elle contribuera à renforcer l'accessibilité aux aliments locaux et à accroître la qualité et la diversité des régimes alimentaires dans les zones rurales.

References:

1. Adjanohoun, E., & Aké-Assi, L. (1979). Contribution au recensement des plantes médicinales de Côte d'Ivoire. Centre National de Floristique, Université d'Abidjan, 358 p.
2. Agridape (2016). Revaloriser les espèces agricoles traditionnelles sous-utilisées. Edition Afrique Francophone, 32 (2) : 32 p.
3. Aké-Assi, L. (1984). Flore de la Côte-d'Ivoire : étude descriptive et biogéographique, avec quelques notes ethnobotaniques, Thèse de Doctorat d'Etat, Université d'Abidjan, F.A.S.T., N° d'ordre : 008/84, 1206 p.
4. Aké-Assi, L. (2001). Flore de la Côte d'Ivoire : Catalogue Systématique, Biogéographie et écologie. II. Boissiera, 57 : 1-396.
5. Ambé, G.A. (2001). Les fruits sauvages comestibles des savanes guinéennes de la Côte d'Ivoire : état de la connaissance par une population locale, les Malinkés. Biotechnologie, Agronomie, Société & Environnement, 5 (1) : 43-58.
6. Ambé, G.A. (2003). Etude ethnobotanique et identification de quelques espèces végétales sauvages prometteuses : cas des Malinkés du Département de Séguéla (Côte d'Ivoire). Thèse de Doctorat, Fac. Univ. Sc. Agron. Gembloux, 203 p.
7. APG IV (2016). An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants. Botanical Journal of the Linnean Society, 161 : 1-20.
8. Banque mondiale (2018). Pour que demain ne meure jamais. La Côte d'Ivoire face au changement climatique, 64 p.
9. Bédiakon, B.K.D., Beugré, G.A.M., Yao, K., & Ouattara, D. (2018). Enquête ethnobotanique sur les plantes spontanées alimentaires dans le département d'Agboville (Côte d'Ivoire). International Journal of Scientific & Engineering Research 9 (11) : 1843-1856.
10. Béné, K., Camara, D., Fofie, N., Bra, Y., Kanga, Y., Yapi, A.B., Yapo, Y.C., Ambé, S.A., & Zirihi, G.N. (2016). Étude ethnobotanique des plantes médicinales utilisées dans le Département de Transua, District

- du Zanzan (Côte d'Ivoire). *Journal of Animal & Plant Sciences* 27 (2): 4230-4250.
11. Bouquet, A., & Debray, M. (1974). *Plantes médicinales de la Côte d'Ivoire*. Revue OSTORM, Paris. 231 p.
 12. Dajoz (1982). *Précis d'écologie. Ecologie fondamentale et appliquée* Ed. Gauthier-Villiers paris 503 pp.
 13. Ducroquet, H., Tillie, P., Louhichi, K., & Gomez, Y.P.S. (2017). *L'agriculture de la Côte d'Ivoire à la loupe, état des lieux des filières de production végétales et animales et revue des politiques agricoles*. JRC Science for Policy Report. Publications Office of the European Union, Luxembourg, 244 p.
 14. Gautier-Béguin, D. (1992). *Étude ethnobotanique des plantes de cueillette à utilisation alimentaire dans un village au sud du V -Baoulé (Côte d'Ivoire)*. Thèse de Doctorat. Université de Genève, Laboratoire de Botanique systématique et floristique, 382 p.
 15. Gnagne, A.S., Camara, D., Fofié, N'Guessan, B.Y., Béné, K., & Zirihi, G.N. (2017). *Étude ethnobotanique des plantes médicinales utilisées dans le traitement du diabète dans le Département de Zouénoula (Côte d'Ivoire)*. *Journal of Applied Biosciences* 113 : 11257-11266.
 16. Hagiwara, A., Imai N., Ichihara, T., Sano, M., Tamano, S., Aoki, H., Yasuhara, K., Koda, T., Nakamura, M., & Shirai, T. (2002). A thirteen-week oral toxicity study of annatto extract (norbixin), a natural food color extracted from the seed coat of annatto (*Bixa orellana*), in Sprague-Dawley rats. *Food Chemical Toxicology* 41 (8): 1157-64.
 17. Hajare, R. (2018). *Comparing Modified and Relationship Study of Gymnema Sylvestre against Diabetes*. *Journal of Global Diabetes & Clinical Metabolism*. India, 3 (1) : 1-3.
 18. Hlpe (2018). *Nutrition et systèmes alimentaires. Rapport du Groupe d'experts de haut niveau sur la sécurité alimentaire et la nutrition du Comité de la sécurité alimentaire mondiale*, Rome. 12 : 190 p.
 19. Jiofack, T., Fokunang, C., Guedje, N., Kemeuze, V., Fongnzossie, E., Nkongmeneck, B.A., Mapongmetsem, P.M., & Tsabang, N. (2010). *Ethnobotanical uses of medicinal plants of two ethnoecological regions of Cameroon*-*International Journal of Medicine and Medical Sciences*, 2(3): 60-79.
 20. Komona, B. (2019). *Inégalités, pauvreté et soutenabilité des ressources naturelles dans l'Ouest de la Côte d'Ivoire. Éthique et économique*, 16 (2) :12 p.
 21. Koné, M. (2015). *Évolution du couvert forestier dense et impact de la déforestation sur la migration de la boucle du cacao en Côte d'Ivoire*. Thèse de Doctorat, Université Nangui Abrogoua, UFR Sciences de la Nature, 185 p.

22. Kouamé, N.M-T. (2000). Contribution à l'étude des plantes spontanées alimentaires du département d'Oumé (Côte d'Ivoire). Mémoire de D.E.A d'Ecologie tropicale (Option : Végétale). Université de Cocody Abidjan, Côte d'Ivoire, 122 p.
23. Kouamé, N.M.T., Gnahoua, G.M, Kouassi, K.E, & Traoré, D. (2008). Plantes alimentaires spontanées de la région du Fromager (Centre-Ouest de la Côte d'Ivoire) : flore, habitats et organes consommés. *Sciences & Nature* 5 (1) : 61-70.
24. Kwassi, D.S.A., Kouassi, A.F., & Aké-Assi, E. (2019). Diversité floristique des plantes a potentialité décorative issues des formations naturelles du Nord de la Côte d'Ivoire. *European Scientific Journal*, 15: 1857-7881.
25. N'Da, D.H., Adou, Y.C.Y., N'Guessan, K.E., Koné, M., & Sagne, Y.C. (2008). Analyse de la diversité floristique du parc national de la Marahoué, Centre Ouest de la Côte d'Ivoire. *Afrique Science*, 4 (3) : 552-579.
26. N'Guessan, K., Kouamé, N.M-T., Assi-Kaudjhis, C., & Aké, C.B. (2015). Ethnobotanical study of spontaneous wild plants used for food by krobrou People, in the South of Côte d'Ivoire, 4 (2) : 1354-1365.
27. N'Dri, P. (1986). Contribution à l'étude de quelques plantes alimentaires spontanées de la Région de Divo (Côte d'Ivoire). Mémoire de D.E.A. d'écologie tropicale, Université de Cocody, Abidjan, Côte d'Ivoire, 65 p.
28. Ouattara, N.D., Gaille, E., Stauffer, F.W., & Bakayoko, A. (2016). Diversité floristique et ethnobotanique des plantes sauvages comestibles dans le Département de Bondoukou (Nord- Est de la Côte d'Ivoire). *Journal of Applied Biosciences*, 98 : 9284 – 9300
29. PDI (2003). Plan Directeur d'Irrigation en Côte d'Ivoire, 2002-2004.
30. Piba, S.C. (2016). Diversité floristique et potentiel en espèces sources de produits forestiers non ligneux de la forêt classée de Yapo-Abbe : contribution pour un aménagement durable. Thèse de doctorat, Université Nangui Abrogoua, UFR des Sciences de la Nature, Abidjan (Côte d'Ivoire), 253 p.
31. PNUD (2015). Rapport national sur le développement humain en Côte d'Ivoire. Cohésion sociale et reconstruction du pays, 191 p.
32. Portères, R. (1935). Plantes toxiques utilisées par les peuplades Dan et Guéré de la Côte d'Ivoire. *Bulletin du comité d'Études Historiques et Scientifiques de l'Afrique Occidentale Française*, 13 : 128-140.
33. RGPH (2014). Recensement Général de la Population et de l'Habitat, Rapport d'exécution et présentation des résultats, Côte d'Ivoire 49 p.

34. Sodefor (1996). Plan d'aménagement de la forêt classée de Bouaflé. Ministère de l'agriculture et des ressources animales, Côte d'Ivoire, 61 p.
35. Soro, Y., N'Dri, A.B., Bakayoko, A., & Gignoux, J.G. (2018). Analyse de la végétation dans un écotone forêt-savane d'Afrique de l'Ouest dans un contexte de boisement de savanes. *Revue de l'Environnement et de la Biodiversité*, 3 : 54-72.
36. Yao, N.R., Oulé, A.F., & N'Goran, K.D. (2013). Etude de vulnérabilité du secteur agricole face aux changements climatiques en Côte d'Ivoire, Rapport final. Ministère de l'Environnement et du Développement durable, Service de suivi des programmes nationaux, Côte d'Ivoire. 105 p.



Adaption Of Construction Management Modelling System Through The Use Of Internet Of Things (IoT)

Dr. Ali Bakhit Jaafreh (Associate Professor)

PhD Management Information Systems

Shaqra University, Business Department, KSA

Eng. Mohammad B. Al Jaafreh

Mechanical Engineer, Dar AL Handasah Co., Makkah, SA

[Doi:10.19044/esj.2021.v17n29p263](https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n29p263)

Submitted: 07 June 2021

Accepted: 01 July 2021

Published: 31 August 2021

Copyright 2021 Author(s)

Under Creative Commons BY-NC-ND

4.0 OPEN ACCESS

Cite As:

Jaafreh A.B. & Al Jaafreh M.B. (2021). *Adaption Of Construction Management Modelling System Through The Use Of Internet Of Things (IoT)*. European Scientific Journal, ESJ, 17(29), 263.

<https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n29p263>

Abstract

This paper aims to adapt, implement, and practice the physical use of IoT in the construction management industry as a configuration protocol. The authors describe the general outlines of this field capability as a framework, and they foresaw the opportunities of developing a dominant steam line approach to be incorporated in the construction management side. The challenge is to bond the BMS, SCADA, IoT, smart data “Tags”, green building concepts, smart surveillance, self-moving transportation, and mobile technology in one practical, innovative configuration model. The authors, however, called it “Construction management modelling system” (CMMS). The gap point in this paper is the harnessing of Data Tagging systems along with a smart mobile system via radio frequency and Wi-Fi communication system. The significant effort here is to establish optimum modelling of the IoT system to roll out a product containing all the solutions for the existing and expected obstacles in the construction sites for the different types of projects. The literature review, proposed configuration system, affiliate works, benefits, conclusions, and recommendations have been furnished.

Keywords: Internet Of Things, Smart Data, Construction Management; Tags, RFID, Sensors

Introduction

The expression “Internet of Things” (IoT) was coined by Kevin Ashton as a description of a series of integrated communications of the physical objects of the real world through the Internet (Ashton, 2009). By definition, the interconnection embedded in everyday objects via the internet of computing devices enables them to send and receive data. The Internet of Things (IoT) is the case where things interacted with each other with a significant common nature identified, sensed, data given and communicated. In the construction world, megaprojects are incredibly full of trades, equipment, building materials, supplies, moving items, sensing items, peoples, types of machinery, and vehicles. Therefore, it is the best environment for the demonstration of a new proposed system (Construction Management Modeling System (CMMS)). Based on a study carried out by Turner and Townsend for the International construction market survey 2018 (McGuckin, 2018), there is a 4% rise in construction cost and 60% skill shortages in global markets. Therefore, the IoT offers to minimize the increase in construction cost and replace/compensate for the skill shortages. To understand the importance and effect of the IoT weight in the market, Gartner’s forecasted that “about 20% or 1.37 Billions of IoT units shipped into smart city applications by 2020 will be utilized for sustainability and climate change use cases, especially in the transportation and smart buildings, as well as homes.” The number of devices connected to the internet is expected to be 50 billion by 2020 (Gartner, 2019). McKinsey research in 2018 predicted that, “By 2020, the smart city industry is estimated to reach a \$400 billion market, with 600 cities worldwide. These cities are expected to generate 60% of the world’s GDP by 2025” (McKinsey, 2018). Based on the above, the combination of construction management and IoT in one binding transformation will be a promising market with vast prospects. It is defined as a “smart city” where all the data were collected and utilized purposely to fulfil the activities’ functions during the periods of building and demolishing. The area of the “smart city” concept is interconnected with the prediction of weather, traffic, crime, and temperature parameters (Kyriazis et al., 2013). Consequently, IoT can help reduce the cost of energy, spatial management, and building maintenance by up to 30% especially in large sites, such as: industrial zones, office parks, shopping malls, airports or seaports (Gartner, 2016).

Today, there are many examples of applications for this invention (IoT). Thus, it is used in Manhattan Bridge in New York, where they measure the temperature, humidity, strains, and corrosion through the Web portal. The United States started issuing the new e-passport in 2007, which has a chip embedded in the last page of the passport holding digitally all information needed about the holder. The traveler’s suitcase can be checked remotely by scanning and reading the “Tags” attached to its item. The new technology the

apple company has started now is the “Apple Tag”, which is related to the search for lost things having a “Tag” embedded inside. Also, it strengthens the airdrop quality. Google Glass is another example. It is to be used by workers in dangerous locations and needs a free hands mode. Also, it is to be used in equipment visors and vehicle windshields to work remotely, and send directions and information by augmented reality. It can also equip sensors in the constructed building connecting them to the “Building Information Modeling (BIM)” to give direct real life of construction. These sensors can send back information on how the materials are affected by age and climate changes. Changes in energy efficiencies in roofing, walls, doors and windows can be sent back to the BIM and analyzed. Besides, how structures behave in case of earthquakes or how bridges bend under the weight of massive traffic (Kensek, 2014) has shown that the best way of utilizing the optimum helpful result in the construction industry is by using the Radio Frequency Identification signals (RFID). The RFID can be achieved through a vast number of methods and technologies, including Near Field Communication (NFC), Infrared (IR) sensors, and many more (Chan, 2015).

The big picture here is looking to the future and viewing the light of decades from now. “Things” are objects which are measured, sensed, monitored, and controlled by a software system with feedback controlling units. The construction side “Things” is counted the same as household “Things” because they are somehow connected in the building world. There is an understanding of the reluctance of the society and stakeholder’s bureau to accept the innovations and new technology for the first time. However, the paper here encourages them to understand and minimize the rejection of the latest technology to avoid waste of time as it is dominating the construction yard and recent era (Jaafreh, 2018). Since construction management is not utilizing the full IoT features in the construction sector because of the lack of configuration protocols, the authors suggest using the “Construction Management Modeling System” (CMMS). There is a need to step forward and enhance efforts to prepare the environment where IoT can be used in construction industry management without any obstacles with the relevant regulation and legislations.

The authors tried in this paper to focus on a specific process, i.e., Construction Management System (CMS), by using the IoT and neglecting the unwanted surrounding parameters that are varying with time and changing alternatively. This is because it is a large-scale field and it needs extra efforts to conclude on the whole aspects of the advantages it possesses. Another helpful motivation nowadays is the “Green Building Concept”, which can be a supportive arm to the new proposed CMMS as the construction trend is now ongoing with the LEED (Green Building). Hence, this gives environmental benefits and high sales capability. Green building contains energy efficiency

strategies, renewables, site selection, water conservation, indoor resource conservation and environmental quality. Green building's vital support is gathering and recording data from the starting of the design phase to the demolition phase. Also, it is creating the best present community and keeping the future generations' rights of natural resources (Thebig5, 2019). All of these are enhancing sustainability and performance. The "LEED" buildings are more likely less harmful to the environment, ecosystems, and biodiversity because they are initiated from the scratch on that basis. The first item in the green building's concept is the sustainability of the system and the synergy between the quality of life, environmental surrounding, and continuous development.

Theoretical Background

The authors developed the proposed conceptual framework of the "Construction Management Modeling System" (CMMS) based on Information Modeling (IM) and complemented it by a critical review of numerous related articles. An information model is a representation of concepts, relationships, constraints, rules, and operations to specify data semantics for a chosen domain of discourse. The advantage of using an information model is that it can provide a shareable, stable, and organized structure of information requirements for the domain context (Lee, 1999). One of the most crucial things nowadays is the conservation of resources as its abundance is becoming rare. The cost, quality, efficiency for workers, tools, and productivity will not be more achievable, reliable, and easily handled. As long as the range of IoT application is widely vast, construction management will enter the new revolutionary era by using these "Things" and connecting them. Connectivity can be done through the web portal for the fixed items and wireless items through RF for moving items. Most equipment, appliances, objects, and other components used in the construction industry can have sensors to monitor and control the operating conditions. Therefore, collected data should be recorded, processed, and tracked remotely. In addition, feedback should be sent through the same channel (Mohammed & Elmustafa, 2017).

The project or building is going to be a data-driven process identity. The data pulled out from sensors will help project facility managers to form a sound operational background and give them the ability to make the adjustment and repair capability (Becerik et al., 2012). Lighting powers, fuel consumed, drilling time, and machines running hours are good examples of data collected through the IoT. There will be a swift record of materials used and installation guidance to enhance and shorten the maintenance and repair time. Built-in analytics can investigate the uneven patterns or unusual behavior in the collected data and make the healing response and adjustment

in real-time. The necessary conditions for this technology to follow up in future is that the components should be an open-source protocol, should be able to communicate with each other, and should be linked to the central control system. It is known that most of the construction sites are sophisticated to customize the standardization of IoT applications because of the variety of variables of related work (Vermesan & Friess, 2014). The IoT gives the stakeholders, owners, and facilities managers the option to get the whole data needed and the analytics to help achieve better management decision making (Brous et al., 2018). A Building Management System (BMS) is a computer-based system and is known as a control system that is used to monitor and manage mechanical, electrical, and electro-mechanical services. Numerous services included are: air-conditioning power, heating, ventilation, elevators and lights, physical access control, and pumping stations (Reddy, 2011). Building Management Systems (BMS) are also known as Building Management and Control System (BMCS), Building Automation Systems (BAS), and Direct Digital Controls (DDC). The purpose of BMS is to deliver a complete solution for the life cycle of the building environment from the design stage to construction and operation.

SCADA systems control distributed assets where centralized data acquisition is as important as control (Rao et al., 2017). SCADA systems include waste water collection systems, water distribution, electrical utility transmission and distribution systems, oil and gas pipelines, and public transportation systems. SCADA systems incorporate data acquisition systems with data transmission systems and HMI software to deliver a centralized monitoring and control system for several process inputs and outputs. SCADA systems are designed to collect field information, transfer it to a central computer facility, and display the information to the operator graphically or textually. This therefore allows the operator to monitor or control an entire system from a central location in real time (Rao et al., 2017). This study extensively contributes to existing knowledge on using digital technologies to synthesize the existing IoT literature and to understand the IoT. Building on this knowledge, the authors will provide a theoretical framework and conceptual model, including the IoT adoption and implementation guide for stakeholders and directions for future research.

Conceptual Framework

The Building Management System (BMS) and the Supervisory Control and Data Acquisition (SCADA) System are two systems primarily used in electro-mechanical works, functional if integrated with the IoT. The authors suggest a module from these three systems to apply in the Construction Management System (CMS). The combination of IoT, BMS, SCADA, and smart data will produce the “continuous feedback” system for the proposed

construction management system (Construction Management Modeling System (CMMS)). The primary goal is to make the construction management industry self-configured, self-optimized, self-diagnosed, and fully independent with its configuration protocol. The CMMS is a continuous learning revolutionary process aiming to unify, monitor, respond, control, and manage the data taken from the site or people and machines to prototype a successful smart building. Most of the tools used here are transmitters, sensors, meters, appliances and devices, which can receive and send data about their current physical state and the surrounding environment through the internet. Most of the features used here are the RFID and Mobile Wi-Fi signals.

The authors did not discuss the BMS and SCADA inputs and consider them as black box provider to complete the integration of the construction management module. Therefore, the base is ready, but the exhaustive combination of all-in-one basket is the crucial task to carry out. The authors will suggest a starting module as a trial since the task needs more effort and more mutual work to be initiated and established as a complete detailed package. This paper suggests opening the window of producing a “united module” of IoT, BMS, and SCADA systems to apply in the construction management side.

- Proposed model: CMMS (Construction Management Modeling System)
- Application: High-rise towers, megaprojects, and LEED/iconic projects/buildings
- Area of Interest: Stakeholders, ownership, management, design environment, manufacturing processes, procurement and supply chain, installations, operations, jurisdictions, and disposal.

The Construction Sector in KSA

Taking a deep look at the construction sector side in KSA, it will be astonishing to find a significant number of billions of dollars covering an entire umbrella of diversity of projects leading the development process among all of Saudi Arabia’s entire land. The construction sector is one of the largest sectors that contribute to the national economy. It is overgrowing in Saudi Arabia, where the total value of projects in the construction sector during 2017 was about 162 billion dollars. 103 billion dollars are governmental projects. The sector’s operating income was 57 billion dollars in 2017 (General Authority for Statistics, 2017). Large-scale projects such as NEOM with the projected value of more than \$500 billion, which covers 26,500 square kilometers in Tabouk along with thousands of other megaprojects under construction across the country like Haramin projects in Makkah, Madinah, and Aramco company projects, will increase demand for innovative construction solutions in Saudi Arabia (<https://www.neom.com/>).

Nobody can imagine the ultimate returns/benefits of using such a proposed system and the easiness of providing the total exemptions in labor, deliveries, and time. Based on the above, it is worthy to develop such a protocol that will bring about cost savings in energy, labours, materials, and in maintaining quality and time.

Construction Management Phases

The IoT helps in the construction phase as well as the completed building phase.

Construction Phase

Smart building (IoT & Construction Management) can shorten the construction period from the planning to the completion of the construction by a significant figure, likely from 3-5 years to half of that (KPMG, 2016). The authors are aware that only large companies or mega projects can apply the IoT during the design, construction, and operational phase. It can also work with iconic projects. However, as time passes, the issues will be more familiar and more comfortable, where this situation will expand dramatically and internationally. Most expertise anticipates that the cost will increase by applying the intelligent building concept (IoT) and are going to be 15%-30% based on the level of “smartness” of the constructed building (Urie, 2019; Bashir & Gill, 2016). Something to remember here is that energy savings are around 30% continuously (Urie, 2019). The smartness of the constructed building will vary from “basic” innovative hardware, “selective” smart hardware to “fully” smart hardware based on the awareness of the stakeholders, and environmental sustainability understanding. From the current development continuation process, it will reach the “basic” category very soon because it is solving many problems and easing the communication process between the governmental and municipal sectors and the people.

An excellent example of that is the Google London headquarters at King’s Cross, which scratched from the planning phase to be the most innovative building on earth. This method or procedure reduces the activity execution time, cost of extra quantities to cover the delay and unorganized procurement used in the old traditional way, and this would result to the finishing of project on time (Jia et al., 2017). Here are some examples of the applications, which show the evolutionary change of doing work: By many ways as labelling, the significant units of supply on-site are being “tagged”. As a result, the system can follow and count them, and when the storage comes down to the prefixed level, the system orders more from the central storage warehouse. Tracking the equipment and tools helps to minimize the time wasted in finding the equipment. It also reduce the project’s cost by reducing the replacement of the devices (Wang et al., 2016; Oriwoh et al., 2013). Other

examples include the monitoring of the construction equipment and vehicle fleet locations through the GPS, and the tracking of construction cranes and heavy landscaping machinery (Urie, 2019; Hamilton et al., 2017).

Linking the preventive maintenance program with the vehicles and machines used in the project will save time, cost, and enhance the reliability of work to be finished on time. IoT can help construction companies in tracking their labours on site and ensuring labours' safety by using wearable technology (Woodhead et al., 2018; Wan et al., 2016). Wearable technology can give a headcount of the site workers and their current distribution at the site and provide emergency alerts for all the worksite workers (Khakurel et al., 2018). They are minimizing the risk management to the lowest value due to transparency, pre-detective procedures of problem-solving, and availability of data (NIST, 2019). Project planning and project schedules are going to be more realistic and reliable since these planning and schedules are produced directly from a real-time deliverable. Collecting the data from various aspects gives the management outstanding potentials and options to make the right decisions.

Operational Phase

Smart Building Management Systems have the ability to interact in real time through learned action and by using the recorded information collected by the sensors to adjust any deviated data or preset value regulations (Mataloto et al., 2019). Thus, this includes shutting down the A/C in non-used rooms/areas or adjusting the flow of air based on the occupancy level. Another example is the weather forecast data, which have to be addressed to provide automated directions to the running equipment to act responsively to adjust their performance accordingly, like the quantity of external air to enter the building and the infiltration rate. The collected/recorded data of the building is a valuable store material and might be used statistically to make modelling for the building performance, occupancy behaviors, and user experiences. The collected/recorded data can be used in the design stage for future projects and develop reliable construction and usage patterns (Oduyemi & Okoroh, 2016). Building owners can choose to make the intelligent system with open-source protocol such that they can provide the "basic" and keep the choice for the tenants to add up "Things" as per their requirement. Nonetheless, the main parameter here is the capacity of the software to contain, digest, and cope with future data.

An Increase in "Things" connectivity leads to complexity in real life, which needs new approaches to mitigate the affluence of such smart products. Things value can be compared based on their intelligence and advanced analytics capabilities. Due to the usage of wireless RF signals, the savings in structured cabling and their accessories are highly considerable. The rent value

of the smart building would be rise around 3%, and the equity value will be around 10 % (OSRAM, 2017; Eggleton, 2020). Another subsidiary benefit can come from selling the data of people during the construction phase or the completed building phase as “analytics service” to the advertisers and developers for their future projects. All the electromechanical works will assemble through BMS and SCADA systems and enter directly to the proposed primary central protocol, “Construction Management Modeling System” (CMMS), through configuration matches. No need to go into details any further in electromechanical systems because they have their data systems and need just protocols configuration to link to the proposed method (CMMS).

The benefits of IoT to the completed project/building are summarized as follows:

- Preventive maintenance, which saves a lot of money, time and quality.
- The ability of all stakeholders/facilities managers to control the building remotely, the easiness of extracting the data, specifications and brands models of all materials used in the building through the construction time and usage time, and the high resale value of the building because it is well-known with a open component trusty.

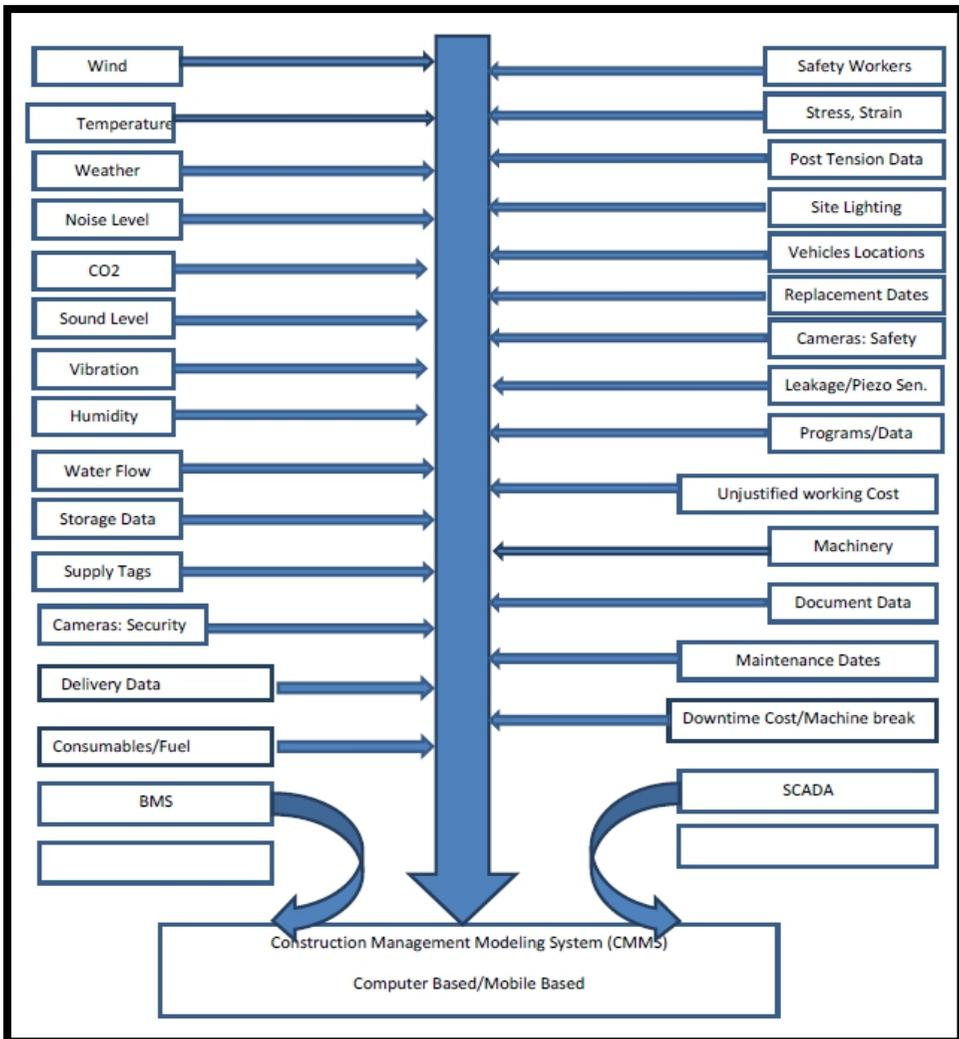
The Collected Data Mining

- The stress, the strain, and the constructed post-tension data can monitor, control, and justify the building’s lifetime.
- The building performance, pointing inefficiencies, and automatic adjustment can provide the corrective actions.
- The temperature, humidity, wind, weather conditions, noise levels, vibrations, Co2, acoustics, water flow, and corrosion rate.
- The project security cameras data (monitoring remotely).
- The project safety cameras data (monitoring remotely).
- Water leakage in hidden zones by piezometers.
- The equipment and machinery data (working hours, fuel consumption and maintenance dates).
- The workers’ health, alertness, and working conditions to avoid heat stress, fatigues and reduce site accidents.
- Monitor and control after work lighting levels to save energy of cameras and sensors.
- The supply units tagging data.
- The central storage quantity data and comparable site quantity data.
- The construction equipment and vehicle fleet locations through GPS.
- The replacement time for particular equipment parts or components.
- The unjustified cost of operating equipment out of normal conditions.

- Pictures and views of the project through fixed cameras (during the construction period) to measure progress and evaluate the construction completion percentages.
- The cost of unscheduled downtime when a machine breaks recording.
- Materials, delivery, specification, and brands names records used in construction phase record as references.
- Operational maintenance, preventive maintenance and repair work programs.
- BMS and SCADA data in conjunction with BMS/SCADA systems through a specific protocol configuration.

Therefore, the authors provide a diagram as the preliminary skeleton of the proposed “CMMS” to start the potential protocol.

Figure 1. Construction Management Modeling System (CMMS) Algorithm (by Authors)



Affiliate Work

Methodology and Platform

This study presents a mixed-methods systematic review of the various areas of application of IoT in modern construction methods. The Modern Method of Construction (MMC) is sometimes referred to as smart construction because it involves streamlining construction processes through increased use of big data, adopting lean principles, digital collaboration, and remote monitoring (Woodhead et al., 2018). The mixed-methods systematic review approach was adopted to enable the investigation of the significant findings from existing literature. Construction management is a massive and multitasking process. It is the base for any building project and is on its way to becoming a reality. The main construction management items to address are monitoring and controlling the project's progress in terms of cost, time, and quality (Zhou et al., 2018). Many responsibilities and many different fields (construction, engineering, software, logistic, and legal issues) are included in the area of work. The new technologies will change current methodologies and concepts of the construction world. In a way, there is no awareness of these changes because people are still hanging with the customized ones and not looking seriously at the massive changes in the coming future. It has been easy to admit that the small and medium projects are out of scope because of the extra cost and the additional need for such systems (Cadle & Yeates, 2008).

The proposed platform should be the same mobile wireless network without a "transmission booster tower" since the project area is limited. The methodology will serve as a continuous feedback and a learning system (Smart Learning). Authors are talking about a vast technological transformation worldwide, starting from "smart cities" and going beyond the "smart countries". They enable vendor's Things or devices to configure on a specific standard level for all protocols used in the field of industry. All "Things" must be controllable, accessible and disposable by their owners. All "Things" with the same owner/operator must have the ability to identify each other spontaneously to avoid rogues or intruders. The old saying, plug and play, should be the key for installing and removing "Things" to/from the "Things" network. All "Things" must have property/owner identification code and should be scanned and or read automatically or by barcode.

Functionality, Reliability and Responsibility

The mainstream and realistic direction is going with wireless systems as all technologies are going there. Facilitating the opportunity of getting the "LEED" certification (Green Building) quickly, the international trend for LEED projects gives more attractiveness to the IoT concept (Dandekar et al., 2017). Sometimes, the trend goes with the wired connection for stationary and fixed items, and wireless for others. Anyhow, it is a design decision based on

the local environment of the area of interest. The means to collect data include: sensors (analog, digital, field, data), RF tags (passive, semi-active and active), central data platform, mobile tracking tools, transmitters, equipment/machinery software, GPS, BMS, SCADA, and smart tools, Web portals.

Types of Controls

The authors wrote on three types of controls to utilize in this field since they had an adhere effect on the proposed system (CMMS) (NIST, 2019). They are:

- Remote Control: This is well known as the order to change the state of action coming through the central platform or the web portal, like the room temperature changing through the web portal or BMS.
- Learned Action: This is where the smart equipment/device takes action by itself. In other words, machine thinking like equipment/machines ordering themselves to do something without the intervention of any external control.
- Interaction: The rapid action needed or alert action prevailed, generally, for the on-time activity like hazards at site and safety issues.

Regulations

The stakeholders should recognize and understand their rights and responsibilities for ownership, processing, and managing the “Things” (Oriwoh et al., 2013). New regulations or legislation must be issued based on the specified region to accommodate the traditions and customs used in the dominant cultural background.

Matrix of Rights

There should be a matrix of rights to be enforced to legalize individuals, companies, and government. It points out the right to connect to the system, the right to charge for the provided service, and the right to control and monitor the illegal overturns which might have happened. The governmental side (law enforcement and authorized jurisdictions) and stakeholder side (owners and manufacturers) should be responsible for the control of IoT devices spread out (Tzafestas, 2018).

Security, Privacy and Data Protection

It was noticed that the new IoT field forced the literature to identify/specify the owner of the “Things” and the responsibility of errors if it occurred by these “Things”. What are the limits or constraints for the data/sensors in front of society? The main thing here is the “control” of “Things” ownership and the extent of that (Oriwoh et al., 2013; Bertino, 2016).

The European Commission set up a “Privacy Impact Assessment” (PIA) as a legal tool to enhance the awareness of the security and privacy of the IoT (Diaz, 2016). Most people from the privacy perspective are anxious about being tracked in the smart building because of the monitoring systems used to collect the mobile signals and tracking accordingly. So, there is a need to solve this by space monitoring, not mobile tracking. It may be useful as a base for all regulations to be issued to govern the whole sector environment. Rolf Weber suggested using “Privacy Enhancing Technologies” (PET) to increase the privacy and security of radio frequency-based systems like IoT (Weber, 2011). Besides, Rolf sets some requirements: resilience to attacks, data authentication, access control, and client privacy to be included as part of the security and privacy in the risk management to use the IoT (Weber, 2011). The primary responsibility from the authors’ point of view is the owner, operator, and organization that is running the system using the IoT. The authors recommend setting other rules and legislations that govern the use of IoT, matching with country or region traditions and habits. Public members and public data collected by the IoT system must be protected from misuse, surveillance, promotion shows use, and media/shopping track. There is a necessity to adopt a security extended umbrella to avoid hacking raids and intruder’s interruption.

Legal Issues

The use and spread out of “Things” bounded by legal authorization and identification tags is to formalize the state of abundance. Legislations must be administered and fixed early before discovering that wasting time on late approvals are causing lost benefits and value (Singh et al., 2018). Knowledge of the rights and responsibilities of the stakeholders to their managing, owning, deploying, and processing of “Things” is the primary tool of the wide spreading of this industry (Singh et al., 2018). In most of cybercrime cases, the law is behind and not adapted swiftly with developments going on in the field of the internet. The Computer Misuse Act in 1990 and the Theft Act of 1968 in the UK can serve as a formative tool for the proposed law.

Future Streaming

In simple words, no one can stop the technological progress, and the construction industry has to stop the traditional “denial case” of all new things and proceed with the life flow direction. Any mental or cultural reluctance to the future streaming of this aspect means that the construction fields are running out of time and not grabbing any tools to survive. It might be used to monitor the seismic action through the nodes measuring the doors/walls of the building to anticipate any alarming signals. Two aspects of construction management consider it significant and hard to control, which is the materials

and the workers. IoT through CMMS can solve it by using the workers' wearable and materials tagging alongside tracking systems. By collecting all the physical conditions for the desired building or environment, the occupants can assess and decide the wellness performance. The occupant's choice is from a large-scale perspective, which means people-driven patterns that comes up with a profit. Predictive analytics is popping up in the building management system as an intelligent tool in predicting failures, problems, excessive use, and uneven action. It also helps to analyze it and take corrective actions at the end. The limit of human's creativity is the basic understanding of IoT in the construction management system.

Conclusions

The authors emphasized that the IoT technology leap is the mandatory scope of the future connectivity of "Things", and it provides a cutting edge of work and allocating a configuration framework to adapt the application in the construction industry. When gathering the IoT, construction management, BMS and SCADA systems, the authors believed that it would create a new concept protocol, which governs the whole building industry and contains both the construction phase and the operational phase. IoT usage reduces energy consumptions through the temporary building process and permanent usage stage. The new system makes restoration and renovation easier in the future due to the availability of all data beyond and post-construction. The proposed system by the authors "CMMS" is the same as BMS/SCADA but exhaustive with both construction period and usage period. Also, it includes the civil, infrastructure, architectural, Building Management System (BMS), SCADA system and related works. This proposal is called the "Construction Management Modeling System" (CMMS). Application sectors include: high-rise towers, megaprojects, and LEED/iconic projects/buildings. Area of Interest include: stakeholders, ownership, management, design, manufacturing, procurement, installations, operational jurisdictions, and disposal. The algorithm and software prototype will be carried out using Digital Twin Technology (DTT) and will be the successive step in applying/finalizing the proposed "Construction Management Modeling System" (CMMS).

Smart building (IoT & Construction Management) can shorten the construction period from the planning to the completion of the construction by a significant figure and record/store the project construction period and operational period data historically. This is so essential for the ongoing operation of the building and the maintenance/repair work by minimizing the time and cost of that work. This further works by minimizing human interferences and errors by synchronizing the system automatically and remotely. It is an automatic and time-saving tool. The entire record and

monitored/controlled data of the building will improve the “resale” value of that building, and it is an essential tool to review errors by authorized jurisdiction. IoT usage encouragement might be as tax reduction, projects preferability, and future benefits. Law enforcement or binding legislation/regulations must set in advance to control, monitor, and punish intruders and hackers. The development process going in KSA, in both governmental and private sectors, is exceptionally qualified to practice CMMS configuration protocol where the megaprojects are the potential environment. The complexity of smart “Things” connectivity and intelligence need new engineering understanding concepts for the changes scientifically and socially.

Data Availability Statement

All data, models, and code generated or used during the study appear in the submitted article.

References:

1. Ashton, K. (2009). That ‘Internet of Things’ Thing. *RFID Journal*, 22, 97-114. Retrieved from <https://www.rfidjournal.com/articles/view?4986>
2. Bashir, M., & Gill, A. (2016). Towards an IoT Big Data Analytics Framework: Smart Building Systems. In 2016 IEEE 18th International Conference on High Performance Computing and Communications; IEEE 14th International Conference on Smart City; IEEE 2nd International Conference on Data Science and Systems (HPCC/Smart City/DSS), Sydney, NSW, 2016, pp. 1325-1332. DOI: 10.1109/HPCC-SmartCity-DSS.2016.0188
3. Becerik-Gerber, B., Jazizadeh, F., Li, N., & Calis, G. (2012). Application Areas and Data Requirements for BIM-Enabled Facilities Management. *Journal of Construction Engineering and Management (ASCE)*, 138, 431-442. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)CO.1943-7862.0000433](https://doi.org/10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0000433)
4. Bertino, E. (2016). Data Security and Privacy in the IoT. In *Proceedings of the 19th International Conference on Extending Database Technology (2016)*, 1. <https://doi.org/10.5441/002/edbt.2016.02>
5. Brous, P., Marijn J., & Herder, P. (2018). Internet of Things adoption for reconfiguring decision-making processes in asset management. *Business Process Management Journal*, 25, (3), 495-511. Retrieved from: www.emeraldinsight.com/1463-7154.htm
6. Cadle, J., & Donald, Y. (2008). *Project management for information systems*. 5th ed. Harlow: Pearson Prentice Hall. Retrieved

- from <https://pdfs.semanticscholar.org/5613/2e7a7bb6ccc6b9a26d8fde89d68fa0c18c9d.pdf>
7. Chan, Y. (2015). Internet of Things Business Models. *Journal of Service Science and Management*, 8, 552-568. Retrieved from <http://dx.doi.org/10.4236/jssm.2015.84056>
 8. Dandekar, A., Kanse, R., Magar, S., Tavhare, S., & Katkar, A. (2017). IoT Based Green Building. *International Journal of Computer Science and Mobile Computing*, 6, (4), 439-443. Retrieved from: <https://www.ijcsmc.com/docs/papers/April2017/V6I4201797.pdf>
 9. Diaz, E. (2016). The new European Union General Regulation on Data Protection and the legal consequences for institutions. *Journal Church, Communication and Culture*, 1,(1), 206-239. Retrieved from <https://doi.org/10.1080/23753234.2016.1240912>
 10. Eggleton, B. (2020). Smart Buildings: the critical questions answered. *Worktechacademy*. Accessed 20Dec2019: <https://www.worktechacademy.com/smart-buildings-questions-answered/>
 11. Gartner, Inc. (2015). Gartner Says Smart Cities Will Use 1.6 Billion Connected Things. In 2016. December 7, 2015. Retrieved from www.gartner.com/newsroom/id/3175418. View in article
 12. Gartner, Inc. (2019). Analysts to Explore How IoT Will Accelerate Digital Transformation Initiatives. The Gartner IT Symposium/Xpo, November 3-7, 2019 in Barcelona, Spain. Retrieved from <https://www.gartner.com/en/newsroom/press-releases/2019-08-29-gartner-says-5-8-billion-enterprise-and-automotive-iot>
 13. General Authority for Statistics (2017). Report of General Authority for statistics. Available online: https://www.stats.gov.sa/sites/default/files/survey_of_construction_activity_2017ar.pdf
 14. Hamilton, L., Bezerra, N., Bezerra, M., & Filho, J. (2017). The internet of things sensors technologies and their applications for complex engineering projects: a digital construction site framework. *Brazilian Journal of Operations & Production Management*, 14, 567-576. <http://orcid.org/0000-0002-5368-3525>
 15. Jaafreh, A. (2018). The Effect Factors in the Adoption of Internet of Things (IoT) Technology in the SME in KSA: An Empirical Study. *International Review of Management and Business Research (IRMBR)*.7, (1), 135-148. <http://www.irmbrjournal.com/papers/1517914157.pdf>
 16. Jia, M., Srinivasan, R. & Raheem, A. (2017). From occupancy to occupant behavior: An analytical survey of data acquisition

- technologies, modeling methodologies and simulation coupling mechanisms for building energy efficiency. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 68, (1), 525- 540.
17. Kensek, K. (2014). Integration of Environmental Sensors with BIM: case studies using Arduino, Dynamo, and the Revit API. *Informes de la Construcción*, 66(536): e044, Doi: <http://dx.doi.org/10.3989/ic.13.151>.
 18. Khakurel, J., Melkas, H. & Porras, J. (2018). Tapping into the wearable device revolution in the work environment: a systematic review. *Information Technology & People*, 31(3), 791-818 . <https://doi.org/10.1108/ITP-03-2017-0076>
 19. KPMG (2016). Smart construction, how offsite manufacturing can transform our industry. April 2016. [Kpmg.com/uk/ibc](https://assets.kpmg/content/dam/kpmg/pdf/2016/04/SmartConstructionReport.pdf).Online: <https://assets.kpmg/content/dam/kpmg/pdf/2016/04/SmartConstructionReport.pdf>
 20. Lee, Y.T (1999). Information modeling from design to implementation. National Institute of Standards and Technology. https://tsapps.nist.gov/publication/get_pdf.cfm?pub_id=821265
 21. Mztaloto, B., Ferreira, J. & Cruz, N. (2019). LoBEMS—IoT for Building and Energy Management Systems. *Electronics*, 8(7), 763; <https://doi.org/10.3390/electronics8070763>
 22. McGuckin, S. (2018). International construction market survey 2018. Accessed 12September 2019. <https://www.turnerandtownsend.com/media/3352/international-construction-market-survey-2018.pdf>
 23. McKinsey Global Institute (MGI) (2018). Smart Cities: Digital Solutions for a More LivableFuture. <https://www.mckinsey.com/~media/mckinsey/industries/capital%20projects%20and%20infrastructure/our%20insights/smart%20cities%20digital%20solutions%20for%20a%20more%20livable%20future/mgi-smart-cities-full-report.ashx>
 24. Mohammed, Z.K. & Elmustafa, A. (2017). Internet of Things Applications, Challenges and Related Future Technologies. *World Scientific News*, 67(2), 126-148. <http://www.worldscientificnews.com/wpcontent/uploads/2017/01/W-SN-672-2017-126-148-2.pdf>
 25. Neom. <https://www.neom.com>
 26. NIST (2019). Considerations for Managing Internet of Things (IoT) Cybersecurity and Privacy Risks. National Institute of Standards and Technology Interagency or Internal Report 8228 44 pages (June 2019). Available from: <https://doi.org/10.6028/NIST.IR.8228>

27. Oduyemi, O. & Okoroh, M. (2016). Building performance modeling for sustainable building design. *International Journal of Sustainable Built Environment*, 5,(2), 461-469.
<https://doi.org/10.1016/j.ijsbe.2016.05.004>
28. Oriwoh, E., Sant, P., & Epiphaniou, G. (2013). Guidelines for Internet of Things deployment approaches – The Thing Commandments. *Procedia Computer Science*, 21, 122 – 131.
<https://doi.org/10.1016/j.procs.2013.09.018>
29. OSRAM (2017). How to Calculate the Value Proposition of Smart Buildings. OSRAM 2017, Accessed 1Jan2020:
<https://info.osram.us/blog/how-to-calculate-the-value-proposition-of-smart-buildings>
30. Rao, B.S., Chakravarthi, C. & Jawahar, A. (20017). Industrial Control Systems Security and Supervisory Control and Data Acquisition (SCADA). *International Journal for Modern Trends in Science and Technology*, 3, 10: 109-118. Available online at
<http://www.ijmtst.com/vol3issue10.html>
31. Reddy, K. P. (2011). BIM for building owners and developers: Making a business case for using BIM on projects. Indianapolis: Wiley.
32. Singh, J., Millard, C., Reed, C., Cobbe, J., & Crowcroft, J. (2018). Accountability in the IoT: Systems, Law, and Ways Forward. *Computer*, 51(7), 54 – 65.DOI: 10.1109/MC.2018.3011052
33. The big 5 (2019). Sustainability and green building solutions at The Big 5. Accessed 20 September 2019: <https://www.thebig5.ae/>
34. Tzafestas, S. (2018). Ethics and Law in the Internet of Things World. *Smart Cities*, 1, 98–120;
<https://doi.org/10.3390/smartcities1010006>
35. Urie, M. (2019). The Internet of Things in Construction: Gardiner and Theobald. Accessed 1 June 2019:
<https://marketintel.gardiner.com/bulletins/the-internet-of-things-in-construction>
36. Vermesan, O., & Friess, P. (2014). Internet of Things Applications - From Research and Innovation to Market Deployment. River Publishers Series in Communications. Available online:
http://www.internet-of-things-research.eu/pdf/IERC_Cluster_Book_2014_Ch.3_SRIA_WEB.pdf
37. Wang, J., Xiangyu W., Shoua, W., Chong, H., & Guo, J. (2016). Building information modeling-based integration of MEP layout designs and constructability. *Automation in Construction* 61, 134–146. Accessed 15: August 2019:
<http://dx.doi.org/10.1016/j.autcon.2015.10.003>

38. Weber, R. (2011). Accountability in the Internet of Things. *Computer Law & Security Review*, 27, (2),133-138.
<https://www.dhi.ac.uk/san/waysofbeing/data/governance-crone-weber-2011a.pdf> . doi:10.1016/j.clsr.2011.01.005
39. Woodhead, R., Stephenson, P. & Morrey, D. (2018). Digital construction: From point solutions to IoT ecosystem. *Automation in Construction*. 93, 35-46. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2018.05.004>
40. Zhou, H., Wang, H., & Zeng, W. (2018). Smart construction site in mega construction projects: A case study on island tunneling project of Hong Kong-Zhuhai-Macao Bridge. *Frontiers of Engineering Management*, 5(1): 78–87. <https://doi.org/10.15302/J-FEM 2018075>



ESJ Natural/Life/Medical Sciences

Depresión En Estudiantes Universitarios En Tiempos De Covid-19

Diana Jurany Álvarez Domínguez,

Dr. Sergio Quiroz Gomez

Dra. Marisol Guzmán Moreno

ME Armando Miranda De la Cruz

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, México

[Doi:10.19044/esj.2021.v17n29p282](https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n29p282)

Submitted: 27 June 2021

Accepted: 03 August 2021

Published: 31 August 2021

Copyright 2021 Author(s)

Under Creative Commons BY-NC-ND

4.0 OPEN ACCESS

Cite As:

Álvarez Domínguez D.J., Quiroz Gomez S., Guzmán Moreno M. & Miranda De la Cruz A. (2021). *Depresión En Estudiantes Universitarios En Tiempos De Covid-19*. European Scientific Journal, ESJ, 17(29), 282.

<https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n29p282>

Resumen

Debido al confinamiento se ha evidenciado un incremento de los niveles de estrés en la población que repercute directamente en su salud mental. El presente estudio propone identificar manifestaciones depresivas y diferencia de proporción en dos muestras de estudiantes universitarios en pandemia por COVID-19. Se aplicó el cuestionario auto aplicable Inventario de Depresión de Beck en un total de 82 estudiantes, previo consentimiento. De acuerdo al semestre donde se encontraban inscritos se establecieron dos muestras independientes, para identificar diferencias de proporciones de las manifestaciones depresivas. Se encontraron manifestaciones depresivas mínimas en ambas muestras independientes, 75% en segundo ciclo y 71.42% en octavo; manifestaciones depresivas leves 15% en segundo y 11.91% en octavo; depresión moderada en 10% de segundo y 4.76% de octavo; depresión severa sólo en 11.91% de octavo. Conclusión: es evidente la presencia de depresión en diferentes grados en ambas muestras, con especial atención en la severidad del grupo de octavo semestre.

Palabras clave: Depresión, Estudiantes, COVID-19

Depression In University Students In Times Of COVID-19

Diana Jurany Álvarez Domínguez,

Dr. Sergio Quiroz Gomez

Dra. Marisol Guzmán Moreno

ME Armando Miranda De la Cruz

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, México

Abstract

Confinement has shown an increase in stress levels in the population that directly affects their mental health. The present study proposes to identify depressive manifestations and difference in proportion in two samples of university students in pandemic by COVID-19. The self-applicable Beck Depression Inventory questionnaire was applied to a total of 82 students, with prior consent. According to the semester where they were registered, two independent samples were established, to identify differences in proportions of depressive manifestations. Minimal depressive manifestations were found in both independent samples, 75% in the second cycle and 71.42% in the eighth; mild depressive manifestations 15% in the second and 11.91% in the eighth; moderate depression in 10% in the second and 4.76% in the eighth; Severe depression only at 11.91% of eighth grade. Conclusion: it is evident the presence of depression in different degrees in both samples, with special attention to the severity of the group of eighth semester.

Keywords: Depression, Students, COVID-19

Introducción

A finales del 2019, en Wuhan, China se detectó un brote de neumonía atípico para las autoridades sanitarias. Para el 31 de diciembre de ese año, se tenía un total de 26 casos y una persona fallecida con diagnóstico de neumonía con etiología desconocida. El 7 de enero de 2020, en el Centro Chino para el Control y la Prevención de Enfermedades (CCDC) identificó el agente causante de la neumonía desconocida, un coronavirus agudo severo relacionado con el síndrome respiratorio agudo, al que se le denominó SARS-CoV-2, posteriormente la Organización Mundial de la Salud (OMS) le atribuyó la enfermedad conocida actualmente como COVID-19. (Lu, Stratton & Tang, 2020)

En México, el primer caso de COVID-19 se detectó el 27 de febrero del 2020, en la Ciudad de México, se trataba de un mexicano que viajó a Italia y presentaba síntomas leves. El 28 de febrero se confirmaron dos casos más, este mismo día se declaró la fase 1 de pandemia COVID-19. Para el 11 de marzo del 2020 se tenía el registro de 11 casos en México, para entonces, la

OMS declara pandemia a causa de esta enfermedad. (Suárez, Suarez, Oros & Ronquillo, 2020)

El 14 de marzo del 2020, la Secretaría de Educación Pública (SEP) adelantó el período de vacaciones de Semana Santa, extendiéndolo a un mes, del 23 de marzo al 20 de abril en todas las instituciones educativas de todo el país. (Secretaría de Educación Pública, 2020)

El gobierno federal decretó el 24 de marzo el inicio de la fase 2 de la pandemia COVID-19 en el país, tras registrar las primeras infecciones locales, y es a partir del 26 de marzo cuando se suspendieron las actividades no esenciales del gobierno federal. El 30 de marzo, se decretó una emergencia de salud nacional en México, dada la evolución de casos confirmados y las muertes por la enfermedad. Esto condujo al establecimiento de medidas adicionales para su prevención y control, como la suspensión inmediata de actividades no esenciales en todos los sectores económicos del país durante un mes, hasta el 30 de abril. (Secretaría de Salud, 2020) El 21 de abril del 2020 se dio por iniciada la fase 3 por COVID-19 en México, extendiendo una vez más la Jornada de sana distancia hasta el 30 de mayo. (Secretaría de Salud, 2020)

A raíz del largo confinamiento por COVID-19, la SEP optó por plantear estrategias y cambiar la metodología de educación con el fin de no retrasar el aprendizaje de los niveles educativos, de acuerdo con datos de Instituto Nacional para la Evaluación de la Educación (INEE), la cuarentena generó que aproximadamente 30 millones de alumnos, de todos los niveles educativos presenciales, dejaran de asistir a las escuelas. La educación en México no estaba preparada, debido a que el sistema educativo depende en su mayoría de clases presenciales, además que en el país no existen los medios suficientes para llevar el aprendizaje en línea. (Navarrete, Manzanilla & Ocaña, 2020)

Instituciones de nivel superior optaron por brindar la educación por medio de plataformas en donde interactúa el alumno y el maestro, por medio de un dispositivo electrónico. La ejecución de clases virtuales de manera apresurada generó una serie de inconvenientes, ya que la mayoría de los alumnos no contaban con los medios necesarios para tomar las sesiones.

Los estudiantes que se encuentran en casa, si es que cuentan con un dispositivo y la red de internet, asisten a la reunión, sin embargo, en algunos hogares de México se cuenta con una red que usa toda la familia, provocando una calidad de red insuficiente, por otro lado, tienen necesidad de continuar sus actividades de aprendizaje de las diversas asignaturas inscritas, a través de tareas, conferencias virtuales y una serie de deberes que se superponen. Además, lidiar con los posibles efectos de la pandemia en la salud, las emociones, actividades físicas y las propias de la juventud. (Sánchez y otros, 2020)

La OMS (2020) plantea que, como consecuencia de la pandemia, diversos estudios en salud mental han evidenciado un incremento de los niveles de estrés en la población, lo cual ha repercutido en el aumento de depresión clínica, asociada al distanciamiento social, la cuarentena, la preocupación por la salud propia y de las personas allegadas, repercutiendo significativamente en la salud mental, siendo los estudiantes el grupo más vulnerable para este padecimiento. (Ozamiz, Dosil, Picaza & Idoiaga, 2020)

En México, 15 de cada 100 habitantes sufre depresión, pero la cifra podría ser mayor, ya que muchas personas jamás han sido diagnosticadas y viven hasta 15 años sin saber que tienen esta afección, que se manifiesta por un estado anímico de nostalgia profunda, siendo los niños, adolescentes y adultos mayores la población más vulnerable. (Fernández, 2019)

La depresión es un problema de salud pública, es un trastorno mental, que se caracteriza en el individuo por presencia de tristeza, pérdida de interés o placer, sentimientos de culpa o falta de autoestima, trastornos de sueño o del apetito, sensación de cansancio y falta de concentración en las actividades diarias. Se estima que aproximadamente 300 millones de personas la padecen y que esta puede llevar al suicidio. (OMS, 2020)

Los trastornos depresivos se clasifican según el Manual Diagnóstico y Estadístico DSM-V como todos aquellos síntomas como la tristeza, ansiedad o sensación de “vacío”, desesperanza y/o pesimismo, culpa, irritabilidad, inquietud, inutilidad e impotencia, pérdida de interés en las actividades o los pasatiempos que antes resultaban placenteros, incluso las relaciones sexuales. (American Psychiatric Association, 2018)

De acuerdo con Brooks (2020), ante la emergencia de salud pública internacional se prevé que haya niveles elevados de estrés, ansiedad, depresión como respuesta al confinamiento prolongado.

Por lo anterior, resulta de gran relevancia el identificar casos de depresión en la población vulnerable, como el caso de la presente investigación, donde se tomó como población objetivo a estudiantes universitarios confinados desde el inicio de la pandemia por COVID-19, con el objetivo de establecer relaciones entre sus variables sociodemográficas y detectar casos de depresión severa para su inmediata intervención.

Material y método

Estudio descriptivo transversal donde se utilizó un cuestionario auto aplicable, que consta de 21 ítems de escala tipo Likert, los puntos de corte se emplean para hacer una categorización de la severidad de la depresión.

El estudio de validación al idioma español fue realizado en Buenos Aires determinándose la consistencia interna y la validez concurrente. (Bonicatto, Dew, & Soria, 1998) En el terreno psiquiátrico el IDB ha mostrado tener una validez satisfactoria. El estudio de validez y reproducibilidad en

México fue realizado por (Torres, Hernández & Ortega, 1991) se estandarizó el instrumento en muestras más amplias de residentes de la ciudad de México, siendo aceptables los índices de confiabilidad y validez encontrados.

En la medición, cada ítem se valora de 0 a 3 puntos en función de la alternativa escogida y, tras sumar directamente la puntuación de cada ítem, se puede obtener una puntuación total que varía de 0 a 63. A veces se da la circunstancia de que la persona elige más de una alternativa en un ítem dado, en ese caso se toma la puntuación de la frase elegida de mayor gravedad (puntuación). (Vázquez, Perdigón & Sanz, 2003)

En cuanto a su medición, un puntaje de 0-13 representa depresión mínima, 14-19 depresión leve, 20-28 depresión moderada, 29-63 depresión severa.

La muestra a conveniencia estuvo integrada por los alumnos de ambos sexos, de segundo y octavo semestre, que cursan la licenciatura en enfermería en la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco en la División Académica Multidisciplinaria de los Ríos (UJAT-DAMR), con sede en Tenosique de Pino Suarez, Tabasco, México. Los alumnos de ambos ciclos académicos están estructurados en varios grupos, conformando en conjunto un total de 82 estudiantes. Todos los participantes dieron el consentimiento informado y se contó con el apoyo de las autoridades educativas y de los catedráticos de la división.

Se realizó un formulario vía Microsoft Forms, compartido por medio de aplicaciones de mensajería instantánea, dando automáticamente los resultados de cada participante. Los datos obtenidos entre mayo y junio de 2021, fueron analizados mediante el programa estadístico SPSS v.20.

Resultados

El estudio estuvo conformado por dos muestras independientes de estudiantes. La correspondiente al segundo semestre de la licenciatura en enfermería formada por un total de 40 estudiantes, correspondiendo el 72.5% (29) al sexo femenino y el 27.5% del sexo masculino (11). En el octavo semestre se obtiene un 78.5% (33) corresponde al sexo femenino y un 21.5% (9) al sexo masculino.

Con relación a la edad, el mayor porcentaje corresponde aquellos con 22 años de edad con un 25.6% (21), la edad media de esta muestra fue de 20.2 años, otras medidas de dispersión y de tendencia central señalan el valor mínimo de 18 y valor máximo de 24, otros datos se desglosan también en la tabla 1.

Tabla 1. Medidas de dispersión y tendencia central de la variable edad en la muestra de estudiantes

| | |
|----------------|-----------|
| N | 82 |
| Media | 20.2 |
| Mediana | 21 |

| | |
|----------------------------|------|
| Moda | 22 |
| Desviación estándar | 1.57 |
| Varianza | 2.47 |
| Rango | 6 |
| Mínimo | 18 |
| Máximo | 24 |

Con relación a los datos sociodemográficos, el estado civil es de 95.12% (78) son solteros, otros datos se desglosan también en la tabla 2. La religión que más predomina es la católica con 53.7% (44), ver tabla 3.

Tabla 2. Datos sociodemográficos, estado civil

| Estado civil | | |
|---------------------|------------|------------|
| | Frecuencia | Porcentaje |
| Soltero (a) | 78 | 95.1% |
| Unión libre | 4 | 4.9% |
| Casado (a) | 0 | 0% |
| | Total | 100% |

Tabla 3. Datos sociodemográficos, religión

| Religión | | |
|----------------------|-------|-------|
| Ninguna | 14 | 17.1% |
| Católico (a) | 44 | 53.7% |
| Cristiano (a) | 16 | 19.5% |
| Adventista | 5 | 6.1% |
| Otros | 3 | 3.7% |
| | Total | 100% |

En lo referente a la calificación del inventario de Beck aplicado en su versión de 21 ítems, los datos obtenidos de los alumnos del segundo semestre muestran un 75% (30) con un puntaje menor a 13 con la clasificación de depresión mínima, con el 15% (6) con depresión leve y por ultimo con el 10% (4) con depresión moderada, a comparación con los alumnos de octavo semestre se obtiene un resultado de 71.42% (30) en la clasificación de depresión mínima, con un 11.91% (5) con depresión leve, 4.76% con depresión moderada, sin embargo 5 alumnos (11.91%) tuvieron un puntaje de más de 29 puntos lo equivalente a depresión severa. En el tabla 4 se amplía esta información.

Tabla 4. Estudiantes de la licenciatura en enfermería N = 82

| | (n) Segundo semestre | Porcentaje | (n) Octavo semestre | Porcentaje |
|---------------------------------|-----------------------------|-------------------|----------------------------|-------------------|
| Depresión mínima 0-13 | 30 | 75% | 30 | 71.42% |
| Depresión leve 14-19 | 6 | 15% | 5 | 11.91% |
| Depresión moderada 20-28 | 4 | 10% | 2 | 4.76% |

| | | | | |
|-------------------------------|-------|------|-------|--------|
| Depresión severa 29-63 | 0 | 0% | 5 | 11.91% |
| | Total | 100% | Total | 100% |

Discusión

Resulta relevante la aplicación de tamizajes que permitan la identificación de manifestaciones depresivas que impactan directamente en la vida diaria de las personas, sobre todo en poblaciones con mayor vulnerabilidad a padecerlas. En la UJAT-DAMR, no se han realizado estudios como este a la población estudiantil, se consideró relevante efectuar este primer acercamiento para conocer las realidades afectivas propias de los estudiantes, e implementar mecanismos de atención.

En un estudio similar realizado en Colombia, los hallazgos más significativos, los niveles graves de depresión fueron reportados en su mayor porcentaje por estudiantes que pertenecían al noveno y décimo semestre (10,0% y 11,8% respectivamente). Los niveles de depresión moderada que cursan estos semestres son más susceptibles a experimentar estrés, debido a que, en su mayoría, los estudiantes de estos semestres están iniciando su ciclo de prácticas profesionales y el inicio del cierre de su vida académica, tal como el caso de la presente investigación. Mencionan que la pandemia constituye un estresor explicativo de los índices de depresión en los estudiantes evaluados. (Cubillas, Román, Valdez & Galaviz, 2012).

Por otra parte, en otro estudio realizado en el norte de España, se refieren que los niveles de depresión son más comunes en las mujeres, la muestra se divide en tres grupos de 18 a 25 años, 26 a 60 años y de 60 y más años se obtiene que el 32% presentan sintomatología depresiva, siendo el grupo de 18 a 25 años con el 12.3% con el mayor porcentaje. (Ozamiz, Dosil, Picaza & Idoiaga, 2020), los resultados son parecidos al estudio realizado ya que la mayor prevalencia es en mujeres.

Sin duda la población estudiantil es un grupo en riesgo donde se deben aplicar estrategias que permitan evitar las deserciones escolares, calificaciones reprobatorias, comportamientos disfuncionales, o en ocasiones el uso de sustancias nocivas para la salud.

Conclusión

La presente investigación es una muestra de la evidente presencia de manifestaciones depresivas en sus diferentes grados en ambas muestras independientes, en algunos casos desafortunadamente en forma severa. Esto puede sugerir que el actual panorama de pandemia haya incrementado los índices depresivos, sobre todo en la población estudiantil, un grupo en desarrollo biopsicosocial que afronta diversas vulnerabilidades constantemente.

Es importante destacar que el grupo de mayor avance curricular es el que presenta casos de depresión severa, lo cual sugiere que la carga de actividades teóricas y prácticas se asocia a esta condición.

Se considera indispensable, que los próximos trabajos de investigación, sean dirigidos al total de estudiantes de la división, teniendo en cuenta las diferentes licenciaturas que se imparten en esta, y se sugiere implementar esta estrategia en otras universidades para hacer estudios comparativos.

Resulta relevante el identificar en el grupo poblacional universitario quienes presenten una sintomatología severa, ya que su condición y vulnerabilidad pudieran desencadenar en padecimientos mentales más severos o incluso conductas que perjudiquen a su persona o a su círculo social cercano.

References:

1. American Psychiatric Association. (2018). Manual Diagnóstico y Estadístico de Trastornos Mentales (5ª Edición ed.). Washington, DC: Panamericana.
2. Bonicatto, S., Dew, A., & Soria, J. (1998). Analysis of the psychometric properties of the Spanish version of the Beck Depression Inventory in Argentina. *Psychiatry Research*, 79(3), 277-285. doi:10.1016/s0165-1781(98)00047-x
3. Brooks, S., Webster, R., Smith, L., Woodland, L., Wessely, S., Greenberg, N., et al. (2020). The psychological impact of quarantine and how to reduce it: rapid review of the evidence. *Lancet*, 395, 912-20.
4. Cubillas, R., Román, P., Valdez, E., & Galaviz, B. (2012). Depresión y comportamiento suicida en estudiantes de educación media superior en Sonora. *Salud Mental*, 35(1), 45-50.
5. Fernández Medina, I. (2019). Dirección general de Comunicación Social. (B. UNAM-DGCS-455, Ed.) Obtenido de DE CADA 100 MEXICANOS, 15 PADECEN DEPRESIÓN: https://www.dgcs.unam.mx/boletin/bdboletin/2019_455.html
6. Lu, H., Stratton, C., & Tang, Y.-W. (April de 2020). Outbreak of pneumonia of unknown etiology in Wuhan China: the mystery and the miracle. *Journal Medic Virol*, 92(4), 40-402. doi:10.1002/jmv.25678
7. Navarrete Cazales, Z., Manuel Manzanilla Granados, H., & Ocaña Pérez, L. (2020). Políticas implementadas por el gobierno mexicano frente al COVID-19. El caso de la educación básica. *Revista Latinoamericana de Estudios Educativos (México)*, 143-172. doi:<https://doi.org/10.48102/rlee.2020.50.ESPECIAL.100>
8. OMS. (2020). Temas de salud. Obtenido de Depresión: <https://www.who.int/topics/depression/es/#:~:text=L%20depresi%C>

- 3%B3n%20es%20un%20trastorno,cansancio%20y%20falta%20de%20concentraci%C3%B3n.
9. Ozamiz Etxebarria, N., Dosil Santamaria, M., Picaza Gorrochategui, M., & Idoiaga Mondragon, N. (2020). Niveles de estrés, ansiedad y depresión en la primera fase del brote del COVID-19 en una muestra recogida en el norte de España. *Cad. Saúde Pública*, 36(4). doi:10.1590/0102-311X00054020
 10. Sánchez Mendiola, M., Martínez Hernández, A., Torres Carrasco, R., Agüero Servín, M., Hernández Romo, A., Benavides Lara, M., . . . Jaimes Vergara, C. (2020). Retos educativos durante la pandemia de COVID-19: una encuesta a profesores de la UNAM. *Revista Digital Universitaria*, 21(3). doi: <http://doi.org/10.22201/codeic.16076079e.2020.v21n3.a12>
 11. Secretaría de Educación Pública. (14 de Marzo de 2020). Comunicado conjunto No. 3 Presentan Salud y SEP medidas de prevención para el sector educativo nacional por COVID-19. Obtenido de <https://www.gob.mx/sep/es/articulos/comunicado-conjunto-no-3-presentan-salud-y-sep-medidas-de-prevencion-para-el-sector-educativo-nacional-por-covid-19?idiom=es>
 12. Secretaría de Salud. (24 de Marzo de 2020). 095. Inicia fase 2 por coronavirus COVID-19. Obtenido de
 13. <https://www.gob.mx/salud/prensa/095-inicia-fase-2-por-coronavirus-covid-19>
 14. Secretaría de Salud. (2020). Inicia la fase 3 por COVID-19. Obtenido de <https://coronavirus.gob.mx/2020/04/21/inicia-la-fase-3-por-covid-19-2/#:~:text=El%20subsecretario%20de%20Prevenci%C3%B3n%20y,Rep%C3%ABlica%2C%20Andr%C3%A9s%20Manuel%20L%C3%B3pez%20Obrador.>
 15. Suárez, V., Suarez Quesada, M., Oros Ruiz, S., & Ronquillo de Jesús, E. (2020). Epidemiología de COVID-19 en México: del 27 de febrero al 30 de abril de 2020. *Revista Clínica Española*, 8, 463-471. doi:doi.org/10.1016/j.rce.2020.05.007
 16. Torres Castillo, M., Hernández Malpica, E., & Ortega Soto, H. (1991). Validez y reproducibilidad del Inventario para Depresión de Beck en un hospital de cardiología. *Salud mental*, 14(2), 1-6.
 17. Vázquez, C., Perdígón, A., & Sanz, J. (2003). Adaptación española del Inventario para la Depresión de Beck-II (BDI-II): 2. Propiedades psicométricas en población general. *Clínica y Salud*, 14(3), 249-280.
 18. Vélez, L., Gutiérrez, J., & Isaza, B. (2010). Depresión en estudiantes universitarios y su asociación con el estrés académico. *CES Medicina*, 24(7), 7-17.

Effect Of Trabeculectomy On Ocular Biometry And Refractive Errors In Pediatric Glaucoma

Nouhoum Guirou
Youssouf Dembélé
Abdoulaye Napo
Théra Japhet
Drissa Moriba Coulibaly
Amassagou Dougnon
Aichata Tall
Fatoumata Sylla

CHU-IOTA, Université des Sciences des Techniques et des Technologies de Bamako, Mali

[Doi:10.19044/esj.2021.v17n29p291](https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n29p291)

Submitted: 24 May 2021
Accepted: 09 August 2021
Published: 31 August 2021

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

Cite As:

Guirou N., Dembélé Y., Napo A., Japhet T., Coulibaly D.M., Dougnon A., Tall A. & Sylla F. (2021). *Effect Of Trabeculectomy On Ocular Biometry And Refractive Errors In Pediatric Glaucoma*. European Scientific Journal, ESJ, 17(29), 291.

<https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n29p291>

Abstract

Background: Pediatric glaucoma triggers refractive errors by modifying the biometry of the eye. This study was conducted with the objective of estimating the short-term biometric and refractive changes prior to and post trabeculectomy in pediatric glaucoma.

Material and Methods: A 12-month, descriptive, cross-sectional study was carried out from January to December 2019, using patients operated on for pediatric glaucoma. Pre- and post-operative biometric and refraction measurements were noted. Visual acuity, axial length, corneal diameter and refraction were obtained. All ethical requirements (anonymity, free, informed, and continuous consent) were satisfied. Data analysis was done using SPSS 20.0.

Results: In the present study, 47 eyes of 27 patients were surgically operated upon, from January 2019 to December 2019 at CHU-IOTA. The predominant sex was male (17 patients) at 63%, giving a sex ratio (M / F) of

1.7. The mean age was 5.04 ± 4.24 . Preoperatively, the mean corneal diameter, and D90 were respectively 13.83 ± 1.51 and 12.55 ± 0.99 . Preoperatively, the mean axial length, and D90, were 23.87 ± 1.29 and 22.28 ± 1.07 , respectively. Preoperatively and at three month, the mean myopia (n = 36), were respectively -3.13 ± 1.83 and -1.59 ± 0.97 . The mean preoperative astigmatism (n = 47) and D90 were respectively, -1.59 ± 0.77 and -1.23 ± 0.57 . A statistically significant relationship ($p < 0.05$) was found to exist between the preoperative and postoperative data of the axial length, corneal diameter, and refractive errors.

Conclusions: Trabeculectomy significantly exerts a short-term positive impact on the biometrics and refraction by modifying the initial measurements and diopters.

Keywords: Trabeculectomy, Biometry, Refractive Errors, Axial Length, Corneal Diameter

Background

Pediatric glaucoma (from birth to 18 years of age) is potentially blinding, with ocular hypertension present either at the time of birth or as a secondary occurrence caused by iridocorneal angle or anterior segment abnormality (Chraibi, 2017; Detry-Morel, 2001; Papadopoulos, 2014; Beck, 2001). Pediatric glaucoma shows annual incidence in the range of 0.3 to 1 per 10,000 births and is manageable mainly by surgical intervention (Papadopoulos, 2014; Ho, 2004).

Across the globe, the major causes for visual impairment are refractive errors (ametropia) (Resnikoff, 2008). In fact, pediatric glaucoma triggers refractive errors by modifying the biometry of the eye (Papadopoulos, 2014; Boulze-Pankert, 2012; Dehghanian, 2020; Tokoro, 1990; Youn, 1990). From a study performed in Cameroon, pediatric glaucoma appears to bear a relationship to ametropia in 51.9% of the cases (Moune, 2007).

After Cairns introduced trabeculectomy in 1968 (Cairns, 1968), this procedure has been recognized as the standard first-line of surgical procedure for patients with pediatric glaucoma. Trabeculectomy comprises subconjunctival fistulization of the aqueous humor (Papadopoulos, 2014; Cairns, 1968), inducing changes in the biometry producing modifications in the initial refraction (Youn, 1990; Moune, 2007; Cairns, 1968). Several studies indicated the induction of anatomical and / or functional modifications post trabeculectomy (Tokoro, 1990; Zhang, 2009; El-Saied, 2014; Tourame, 2009; Soltani, 2019); however, changes connected to refractive errors, in general, have not been reported often in pediatric glaucoma.

This study was conducted with the objective of estimating the short-term biometric and refractive changes prior to and post trabeculectomy in pediatric glaucoma.

Material and Methods

A 12-month, descriptive, cross-sectional study was performed from January to December 2019, using patients operated on for pediatric glaucoma at CHU-IOTA, in Mali. Patients who underwent trabeculectomy for pediatric glaucoma were included. The exclusion criteria included those patients having a history of trauma, ophthalmic surgery, or other related eye pathologies. Some clinical data like intraocular pressure and fundus were left unrecorded, to keep within the strict framework of this work.

Pre- and post-operative biometric and refraction measurements were noted. The visual acuity was evaluated using the Monoyer scale, while the axial length was acquired employing the QUANTEL MEDICAL biometer. The corneal diameter was assessed with a compass and TOPCON KR-800A keratometer. Refraction was obtained by an optometrist using the HEINE BETA 200 autorefractometer and skiascope.

For all the patients in the study, trabeculectomy was performed under general anesthesia. Post the limbal conjunctival dissection, a 4 mm x 3 mm scleral flap was done, following which paracentesis was performed. Next, resection was done of a 1.5 x 2 mm deep scleral flap, followed by iridectomy. The scleral flap was closed with 10/0 monofilament, ensuring that two adjustable sutures were present. At the end of surgery, the anterior chamber was re-formed. All the patients were monitored postoperatively for three months. At one month and three months postoperatively, the data were analyzed.

The parents and children (based on age) were provided with all the information concerning this study and all ethical requirements (anonymity, free, informed, and continuous consent) were satisfied. A descriptive data analysis was done by using SPSS 20.0. All P-values <0.05 were considered statistically significant.

Results

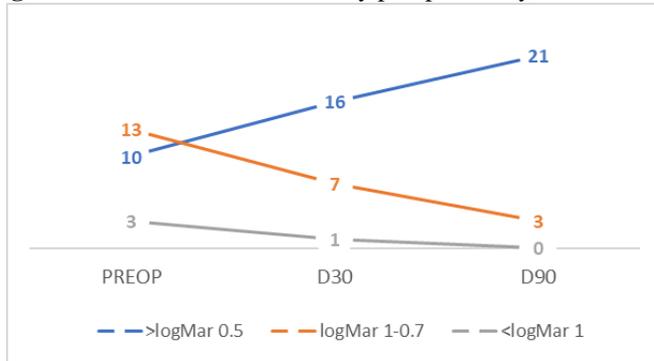
In the present study, 47 eyes of 27 patients were surgically operated upon, from January 2019 to December 2019 at CHU-IOTA. The predominant sex was male (17 patients) at 63%, giving a sex ratio (M / F) of 1.7. The mean age was 5.04 ± 4.24 , with most cases being found in 0 to 1-year age group, i.e., in 40.74% of the cases (table I).

Table I. Age of patients

| Age group | n(%) |
|-----------|-----------------|
| 0 – 1 | 11 (40,74) |
| 2 – 5 | 4 (14,81) |
| 6 – 9 | 5 (18,52) |
| ≥10 | 72 (5,93) |
| Total | 27 (100) |

Visual acuity > logMar 0.5 preoperatively, D30 and D90 were 33.33%, 66.67% and 87.5% respectively, as shown in Figure 1.

Figure 1. Evolution of visual acuity preoperatively, D30 and D90



Preoperatively, the mean corneal diameter, D30 and D90 were respectively 13.83 ± 1.51 ; 12.79 ± 1.08 and 12.55 ± 0.99 . Preoperatively, D30 and D90, the mean axial length, were 23.87 ± 1.29 , 22.79 ± 1.11 and 22.28 ± 1.07 , respectively. Preoperatively, the mean myopia (n = 36), D30 and D90 were respectively -3.13 ± 1.83 ; -2.23 ± 1.22 and -1.59 ± 0.97 . The mean preoperative hyperopia (n = 11), D30 and D90, were $+ 1.57 \pm 0.61$, $+ 1.96 \pm 0.43$ and $+ 1.92 \pm 0.52$, respectively. The mean preoperative astigmatism (n = 47), D30 and D90 were respectively, -1.59 ± 0.77 ; -1.83 ± 0.62 and -1.23 ± 0.57 .

A statistically significant relationship (p <0.05) was found to exist between the preoperative and postoperative data of the axial length, corneal diameter, and refractive errors. Trabeculectomy caused significant modifications by decreasing the dioptric power of the refractive errors, size of the corneal diameter and axial length, as shown in Table II.

Table II. Biometric and refractive mean value preoperatively, D30 and D90

| | Axial length | corneal diameter | Myopia | hyperopia | Astigmatism |
|----------|------------------|------------------|------------------|-------------------|------------------|
| Preop* | $23,87 \pm 1,29$ | $13,83 \pm 1,51$ | $-3,13 \pm 1,83$ | $+ 1,57 \pm 0,61$ | $-1,59 \pm 0,77$ |
| D30 | $22,79 \pm 1,11$ | $12,79 \pm 1,08$ | $-2,23 \pm 1,22$ | $+ 1,96 \pm 0,43$ | $-1,83 \pm 0,62$ |
| D90 (M3) | $22,28 \pm 1,07$ | $12,55 \pm 0,99$ | $-1,59 \pm 0,97$ | $+ 1,92 \pm 0,52$ | $-1,23 \pm 0,57$ |
| p value | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,004 | 0,002 |

*Preop: preoperatively; D30: day 30; D90: day 90

Discussion

Glaucoma accounts for 5-10% of the causes of childhood blindness (Zhang, 2009; Gilbert, 2003; Haddad, 2007). In Mali, it is responsible for 11.3% of the causes of blindness in children in a school for the blind (Guirou, 2018). Our study was concerned with the biometric and refractive aspects of trabeculectomy in children. The mean age was 5.04 ± 4.24 years in our series. The mean age for our cases was higher than most studies that included only congenital glaucoma (Zhang, 2009; Soltani, 2019; Detry-Morel, 2001). In our study, most of the patients were male (62.96% of the cases). This is consistent with most studies carried out in different countries (Soltani, 2019; Qiao, 2009; Tchabi, 2007; Makita, 2017; Hoguet, 2016). This male predominance reported by several authors can be explained by the genetics of the disease (Vithana, 2009).

Preoperatively, and three months later, the mean corneal diameter was 13.83 ± 1.51 and 12.55 ± 0.99 , respectively. Preoperatively, in Zhang's series, the mean corneal diameter was 13.10 ± 0.99 mm and 11.84 ± 0.87 mm five years after surgery (Zhang, 2009). Preoperatively, and three months later, the mean axial length was 23.87 ± 1.29 and 22.28 ± 1.07 , respectively. Several authors reported a noteworthy decrease in the axial length and corneal diameter post trabeculectomy (Boulze-Pankert, 2012; Zhang, 2009). Post trabeculectomy, the refractive errors also showed significant modification. However, the average astigmatism had escalated to D30, after which it declined to less than the preoperative threshold. Alterations in the refraction have been demonstrated in studies in Iran (Dehghanian, 2020), in France (Boulze-Pankert, 2012), in China (Zhang, 2009) and Egypt (El-Saied, 2014).

Conclusions

In pediatric glaucoma, several important anatomical changes are evident underlying the functional improvement. Trabeculectomy significantly exerts a short-term positive impact on the biometrics and refraction by modifying the initial measurements and diopters. Further studies are required to estimate the long-term effects.

References:

1. Chraïbi F, Andaloussi IB, Abdellaoui M, Tahri H. Le glaucome congénital. J Société Marocaine D'Ophtalmologie. 2017;(26).
2. Detry-Morel M. Le glaucome congénital. Bull-Soc BELGE Ophtalmol. 2001;49-60.
3. Papadopoulos M, Edmunds B, Fenerty C, Khaw PT. Childhood glaucoma surgery in the 21st Century. Eye. 2014 Aug;28(8):931-43.

4. Beck AD. Diagnosis and management of pediatric glaucoma. *Ophthalmol Clin N Am*. 2001;14(3):501–12.
5. Ho CL, Walton DS. Primary congenital glaucoma: 2004 update. *J Pediatr Ophthalmol Strabismus*. 2004 Oct;41(5):271–88; quiz 300–1.
6. Resnikoff S. Global magnitude of visual impairment caused by uncorrected refractive errors in 2004. *Bull World Health Organ*. 2008 Jan 1;86(1):63–70.
7. Boulze-Pankert M, Zanin É, Matonti F, Benso C, Toesca É, Denis D. Rééducation de la part fonctionnelle de l'amblyopie dans le glaucome primitif infantile opéré, recul de 11ans. *J Fr Ophtalmol*. 2012 Mar ;35(3):181–6.
8. Dehghanian Nasrabadi F, Hashemi H, Aghazadeh Amiri M, Fakhraie G, Akbarzadeh Baghban A, Jafarzadehpur E, et al. Evaluation of Changes in Refractive Errors Before and After Trabeculectomy and Shunt Surgery. *Clin Optim*. 2020 Jul;Volume 12:107–12.
9. Tokoro T, Funata M, Akazawa Y. Influence of intraocular pressure on axial elongation. *J Ocul Pharmacol Ther*. 1990;6(4):285–91.
10. Youn DH, Yu YS, Park IW. Intraocular pressure and axial length in children. *Korean J Ophthalmol KJO*. 1990;4(1):26–9.
11. Moune E, Bella-Hiag A. Le glaucome juvénile au Cameroun. *Bull Soc Belge Ophtalmol*. 2007; 305:69–77.
12. Cairns JE. Trabeculectomy: preliminary report of a new method. *Am J Ophthalmol*. 1968;66(4):673–9.
13. Zhang X, Du S, Fan Q, Peng S, Yu M, Ge J. Long-term surgical outcomes of primary congenital glaucoma in China. *Clinics*. 2009;64(6):543–51.
14. El-Saied HM, Foad PH, Eldaly MA, Abdelhakim MA. Surgically induced astigmatism following glaucoma surgery in Egyptian patients. *J Glaucoma*. 2014 ;23(3):190–3.
15. Tourame B, Younes NB, Guigou S, Denis D. Glaucome congénital : devenir visuel et pressionnel. Résultats d'une étude sur 11 ans. *J Fr Ophtalmol*. 2009 ;32(5) :335–40.
16. Soltani L, Ahammou H, Baroudi S, Essafi H, Hajji I, Moutaouakil A. Glaucome congénital : pronostic pressionnel et visuel après trabéculéctomie et rééducation de la part fonctionnelle de l'amblyopie. *J Fr Ophtalmol*. 2019;42(1):57–62.
17. Gilbert C, Rahi J, Quinn G. Visual impairment and blindness in children. In: Johnson GJ, Minassian DC, Weale RA, et al, eds. *The Epidemiology of Eye Disease*, 2nd ed. London: Arnold; 2003;260–86.2003.

18. Haddad MAO, Sei M, Sampaio MW, Kara-José N. Causes of visual impairment in children: a study of 3,210 cases. *J Pediatr Ophthalmol Strabismus*. 2007;44(4):232–40.
19. Guirou N, Thera JP, Abba KY, Dougnon A, Traoré L, Bamani S, et al. Causes of blindness in children attending a school for the blind in Mali. *Médecine Santé Trop*. 2018 Oct;28(4):439–42.
20. Qiao C, Wang L, Xin T, Tao W, Yang D, Wang N. Epidemiology of hospitalized pediatric glaucoma patients in Beijing Tongren Hospital. *Chin Med J (Engl)*. 2009 ;122(10):1162–6.
21. Tchabi S, Sounouvou I, Yehouessi L, Doutetien C, Bassabi SK. Le glaucome congénital au CNHU de Cotonou : A propos de 27 cas. *Mali Méd*. 2007 ;22(4):14–7.
22. Makita C, Ngabou CN, Madzou M. Glaucome juvénile primitif : Aspects épidémiologiques et cliniques. *Ann Sci Santé*. 2017 ;16(2).
23. Hoguet A, Grajewski A, Hodapp E, Chang TP. A retrospective survey of childhood glaucoma prevalence according to Childhood Glaucoma Research Network classification. *Indian J Ophthalmol*. 2016;64(2):118.
24. Vithana EN, Aung T. Exploring the Basis of Sex Bias in Primary Congenital Glaucoma. *J Ophthalmic Vis Res*. 2009 4(2):3.



ESJ Natural/Life/Medical Sciences

Analyse Des Effets De L'adoption Des Variétés Améliorées De Maïs Sur La Sécurité Alimentaire Du Ménage De L'adoptant Au Nord-Bénin

Yessifou Ayédesso Joski

Université de Parakou. Département de l'Economie et Sociologie rurale.
Laboratoire d'Analyse et de Recherche sur les Dynamiques Economiques et
Sociales (LARDES),

Université de Parakou. Géographie économique. Laboratoire d'Analyse
Régionale et d'Expertise Sociale (LARES)

Afouda Alix Servais

Université de Parakou. Géographie économique. Laboratoire d'Analyse
Régionale et d'Expertise Sociale (LARES)

Yabi Afouda Jacob

Université de Parakou. Département de l'Economie et Sociologie rurale.
Laboratoire d'Analyse et de Recherche sur les Dynamiques Economiques et
Sociales (LARDES)

[Doi:10.19044/esj.2021.v17n29p298](https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n29p298)

Submitted: 22 June 2021

Accepted: 03 August 2021

Published: 31 August 2021

Copyright 2021 Author(s)

Under Creative Commons BY-NC-ND

4.0 OPEN ACCESS

Cite As:

Yessifou A.J., Afouda A.S. & Yabi A.J. (2021). *Analyse Des Effets De L'adoption Des Variétés Améliorées De Maïs Sur La Sécurité Alimentaire Du Ménage De L'adoptant Au Nord-Bénin*. European Scientific Journal, ESJ, 17(29), 298.

<https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n29p298>

Résumé

Pour analyser les effets de l'adoption des variétés améliorées de maïs (VAM) sur la sécurité alimentaire du ménage de l'adoptant, une étude a été réalisée auprès de 320 producteurs au Nord-Bénin plus précisément dans les Communes de Malanville, Banikoara, Kalalé et Djougou. Pour y parvenir les indicateurs de sécurité alimentaire tels que l'indice domestique de faim (HHS); les scores de consommation et de diversité alimentaire (SCAM et SDAM) et la part des dépenses alimentaires (PDA) des ménages ont été estimés et modélisés. Le test de ANOVA et le modèle de régression linéaire ont été respectivement utilisés pour la comparaison des moyennes et la modélisation des indicateurs. L'adoption des VAM réduit l'insécurité

alimentaire du ménage parce que les résultats obtenus ont montré d'une part que les ménages adoptant les VAM ont des HHS, SCAM et SDAM plus élevés mais des PDA plus faibles que ceux des ménages non adoptants. Et d'autre part que ces indicateurs varient selon les caractéristiques socioéconomique et démographique du producteur. Alors pour que la culture du maïs renforce la sécurité alimentaire du ménage producteur, les gouvernants, projets et programmes doivent promouvoir davantage les variétés améliorées de maïs.

Mots clés : Adoption, VAM, Indicateurs, Sécurité Alimentaire, Nord-Benin

Analysis of the effects of the adoption of improved varieties of maize on the food security of the producer's household in North Benin

Yessifou Ayédesso Joski

Université de Parakou. Département de l'Economie et Sociologie rurale.
Laboratoire d'Analyse et de Recherche sur les Dynamiques Economiques et Sociales (LARDES),

Université de Parakou. Géographie économique. Laboratoire d'Analyse Régionale et d'Expertise Sociale (LARES)

Afouda Alix Servais

Université de Parakou. Géographie économique. Laboratoire d'Analyse Régionale et d'Expertise Sociale (LARES)

Yabi Afouda Jacob

Université de Parakou. Département de l'Economie et Sociologie rurale.
Laboratoire d'Analyse et de Recherche sur les Dynamiques Economiques et Sociales (LARDES)

Abstract

To assess the effects of the adoption of improved varieties of maize (VAM) on the food security of the adopting household, a study was carried out among 320 producers in North Benin, more specifically in the Communes of Malanville, Banikoara, Kalalé and Djougou. To achieve this, food security indicators such as the Household Hunger Scale (HHS); the food consumption and diversity scores (SCAM and SDAM) and the share of household food expenditure (PDA) were estimated and modeled. The ANOVA test and the linear regression model were respectively used for comparison of means and modeling of indicators. The adoption of VAM reduces household food insecurity because the results obtained have shown on the one hand that households adopting VAM have higher HHS, SCAM and SDAM but lower

PDA's than those of non-adopting households. On the other hand, these indicators vary according to the socioeconomic and demographic characteristics of the producer. So that the cultivation of maize strengthens the food security of the producer household, governments, projects and programs must further promote improved varieties of maize.

Keywords: Adoption, VAM, Indicators, Food Security, North Benin

Introduction

La production agricole et les revenus qu'elle génère doivent normalement permettre aux ménages agricoles de satisfaire leurs besoins fondamentaux. Mais l'expérience alimentaire du ménage agricole consiste souvent aux accès limités en nourritures avec une insuffisance en qualités nutritives (Yaï *et al.*, 2020). En effet l'agriculture dans certains pays africains est caractérisée par une baisse de la productivité (Dury *et al.*, 2017b; Jayne *et al.*, 2010). Cette baisse de la productivité devient progressive surtout dans la décennie de 2010-2020 (Bucekuderhwa *et al.*, 2013). Conséquemment, les ménages souffrant d'insécurité alimentaire sont accrus et la grande partie des populations agricoles, orientés vers le champ, vivent sans satisfaire leurs besoins alimentaires (Dury *et al.*, 2012).

En effet la problématique de la sécurité alimentaire et nutritionnelle est l'un des enjeux majeurs au Bénin. Sous-tendue par des causes multifactorielles et interdépendantes, la situation alimentaire et nutritionnelle présente des disparités insidieuses entre les zones rurales et urbaines. Pendant longtemps, les politiques et les interventions en faveur de l'amélioration de la situation alimentaire des populations se sont focalisées sur les zones rurales considérées comme des zones « à priori vulnérables » (EPA, 2019).

Pour réduire l'insécurité alimentaire au Bénin et en particulier dans les zones cotonnières, il convient d'investir aussi dans les produits céréaliers et animaux (Gérard *et al.*, 2012; Affholder *et al.*, 2013), fortement concurrencés par la production du coton. Le rapport de la division statistique de la FAO en 2015 a révélé que parmi les céréales, la culture du maïs est en tête en Afrique avec une superficie emblavée d'environ 34 075 972 ha et une production annuelle de 70 076 591 tonnes. De ce fait, 208 millions de personnes en Afrique Sub-Saharienne dépendent du maïs comme source de sécurité alimentaire et de bien-être économique (Macauley *et al.*, 2015).

Au Bénin le maïs (*Zea mays* L.), largement cultivé sur toute l'étendue du territoire national, occupe près de 70% des superficies céréaliers emblavés. Il est à ce jour la céréale la plus consommée loin devant le riz et le sorgho (Pomalegni *et al.*, 2019). Malgré tous les efforts consentis, l'offre de maïs est loin de satisfaire la demande sans cesse croissante et les rendements sont de plus en plus faibles du fait des fréquentes perturbations climatiques. Il

est clair que la contrainte principale à laquelle se trouve confrontée la filière est sa faible productivité (CORAF /WECARD, 2018). Pour remédier à cette baisse de la productivité afin d'améliorer le revenu et la sécurité alimentaire du ménage producteur, les instituts de recherche ont mis au point des semences de variétés améliorées. Au niveau de la vulgarisation agricole, on compte treize (13) variétés améliorées à haut rendement de maïs (Yallou *et al.*, 2010) et selon la présente étude, seules les semences de cinq (5) variétés telles que DMRESRW, FAABA.Obatampa, EVDT97STRW, TZPBSRW et 2000Syn.EEW sont effectivement utilisées par les producteurs de la zone de recherche. Après quelques décennies de vulgarisations, il s'avère nécessaire d'analyser les effets de leur adoption sur la sécurité alimentaire des ménages des producteurs adoptants.

Plusieurs études ont abordé les questions de la sécurité alimentaire et des semences améliorées au Bénin. Yaï *et al.* (2020), dans leur étude sur la productivité agricole et sécurité alimentaire des ménages agricoles du Bénin, ont montré que l'accroissement de la productivité agricole serait efficace pour la réalisation de la sécurité alimentaire des ménages agricoles du Bénin. Saliga *et al.* (2021) dans leurs travaux sur la sécurité alimentaire des ménages agricoles dans le département du Borgou en République du Bénin ont trouvé qu'il urge de mettre en place des mécanismes qui incitent les ménages agricoles vulnérables à adopter des stratégies préventives et la pluriactivité. Quant aux travaux de Grethe *et al.* (2020), sur l'analyse ex-ante du "Plan National d'Investissements Agricoles et de Sécurité Alimentaire et Nutritionnelle" du Bénin ils, ont abouti à la conclusion que les ménages les plus riches ont une situation alimentaire plus améliorée que celle des ménages pauvres et que les ménages ruraux les plus pauvres subissent même une perte de revenu. Adekambi *et al.* (2020), dans leur recherche sur l'effet combiné de l'adoption de légumineuses comme précédent cultural et des variétés améliorées de maïs sur le bien-être des producteurs au Nord du Bénin, ont montré que l'adoption combinée des deux technologies a permis d'améliorer la sécurité alimentaire des ménages. Dans le même temps il a été démontré par Akpo (2020) que l'adoption des variétés améliorées de semences présente des effets nettement positifs comparativement à l'utilisation des semences locales.

Ces différentes études ont abordé la problématique de la sécurité alimentaire avec des approches différentes sans mettre un accent particulier sur l'influence que peut avoir la culture des variétés améliorées de maïs sur la sécurité alimentaire. Et comme l'ont notifié Diouf Sarr *et al.* (2018) pour la région de Fatick, peu d'études ont évalué les effets de l'adoption des variétés améliorées de maïs sur la sécurité alimentaire des ménages au Bénin et plus précisément dans la région septentrionale où la production agricole est importante.

Afin de combler cette insuffisance et d'apprécier au mieux l'influence des VAM sur la sécurité alimentaire, notre étude vient se compléter à celles existantes tout en exploitant une approche qui puisse montrer clairement les aspects de la situation alimentaire du ménage producteur.

Car la connaissance de l'état de sécurité alimentaire des producteurs de maïs peut aider les exploitations agricoles à assurer la disponibilité des aliments de base dans les ménages tout au long de l'année à travers le renforcement de leur capacité de production, l'adoption des variétés de semences requises et d'intrants de meilleure qualité. Ainsi, la question pertinente qui se pose est la suivante : Quels sont les effets de l'adoption des variétés améliorées de maïs sur la sécurité alimentaire du ménage adoptant au Nord-Bénin?

Matériel et Méthodes

Choix des sites d'étude

La zone Nord du Bénin selon les prévisions serait très vulnérable aux effets néfastes du changement climatique. En effet, une réduction de 13 à 15% de précipitation à l'horizon 2100 est prévisible, ce qui aurait d'impacts négatifs très importants sur les cultures installées dans les différentes zones agro écologiques de cette région (Yegbemey *et al.*, 2014). En termes de potentialité agricole, d'importantes superficies sont consacrées à la production céréalière en générale et celle du maïs en particulier (Kayodé, 2018). Cette étude s'est déroulée dans quatre zones agro écologiques caractéristiques de la région Nord du pays. Sur la base de la revue documentaire, une (01) Commune a été choisie par zone agro écologique. Il s'agit de Malanville (Zone 1), de Banikoara (Zone 2), de Kalalé (Zone 3) et de Djougou (Zone 4) (figure 1). Les différentes Communes ont été choisies non seulement parce qu'elles sont caractéristiques de ces différentes zones agro écologiques au Nord-Bénin, mais aussi parce qu'elles sont réputées productrices de maïs et représentent des zones où les risques liés à la sécheresse sont très élevés (MEPN, 2008). Elles ont d'ailleurs bénéficié du soutien du Programme d'Action National aux fins de l'Adaptation aux changements climatiques de 2007 à 2013, et du projet d'appui à la production vivrière et de renforcement de la résilience depuis 2015. Dans chaque Commune, le choix des villages s'est fait après une phase exploratoire. Cette phase a été caractérisée par des entretiens semi-structurés avec les agents d'ATDA (Agence Territoriale du Développement Agricole) qui est abouti à un classement des villages, les plus vulnérables aux moins vulnérables, en tenant compte de leurs productivités en maïsiculture. A l'issue de ce classement, deux villages ont été retenus par Commune échantillonnée. Il s'agit de Partago et Dabogou pour la Commune de Djougou, Kalalé centre et de Dangazi pour la Commune de Kalalé, de Simpérou et Poto pour la

Commune de Banikoara et puis de Kassa et Madécalli pour la Commune de Malanville (Figure 1).

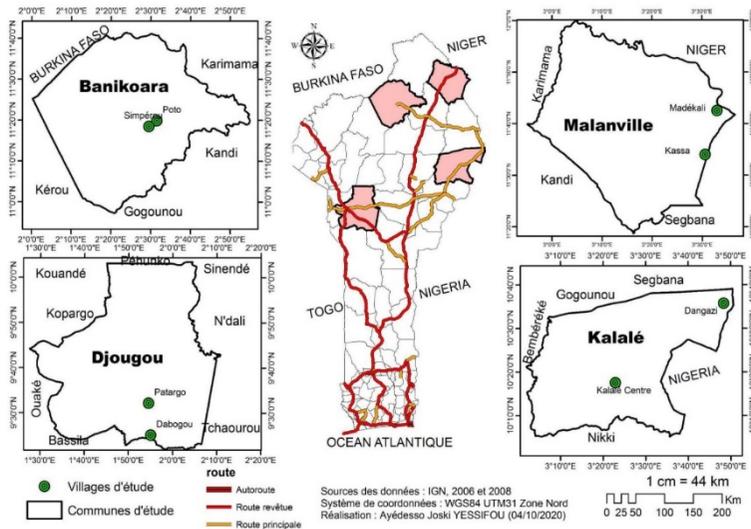


Figure 1. Situation géographique des sites d'étude
Source : Auteurs à partir des données de l'IGN 2006

Échantillonnage

L'unité d'échantillonnage dans cette étude est le producteur de maïs. La taille minimale d'échantillon a été déterminée à l'aide de la formule de Rea (1997). Cette formule s'écrit comme suit :

$$x = \frac{t_p^2 (1 - p) \times N \times p}{t_p^2 \times p(1 - p) + (N - 1)y^2}$$

Où

| | |
|----------------------|--|
| x | : la taille de l'échantillon |
| N | : nombre de ménages agricoles pour chaque Commune |
| p | : la proportion de ménages agricoles produisant le maïs et pouvant accéder aux semences améliorées dans la zone de recherche (d'après une phase exploratoire initiée on constate que sur 100 producteurs de maïs environ 75 ont accès aux variétés améliorées soit p=0,75 dans l'ensemble de la zone de recherche) |
| t_p | : Valeur associée à un intervalle de confiance d'échantillonnage donné. Pour cette étude, t_p est égale à 1,96 pour un intervalle de confiance de 95%. C'est-à-dire la probabilité que l'échantillon de personnes interrogées ait une influence sur les résultats de l'enquête est de 95%. En plus l'intervalle de confiance couramment utilisé est de 95%. |
| y | : la marge d'erreur d'échantillonnage (5%). En effet, une marge d'erreur de 5% est communément considérée comme suffisante. |

Sur la base de la précédente formule, des données provenant du tableau 1 et en prenant une marge d'erreur de 5% avec un intervalle de confiance de 95%, la taille minimale de notre échantillon est de 270,43 ménages

producteurs du maïs. L'échantillonnage a été porté à 320 et pour s'assurer d'atteindre la taille définie pour l'échantillon minimal les nombres de personnes à enquêter par village ont été proportionnellement augmentés. En effet, plus la taille de l'échantillon augmente plus les paramètres mesurés sont fiables (Sossou, 2015). Le tableau 1 renseigne le nombre de producteurs de maïs enquêté par Commune suivant les villages.

Tableau 1. Taille d'échantillonnage par village sélectionné

| Zones agro écologiques | Communes | Arrondissement | Nombre de ménages producteurs de maïs | Villages retenus | Effectifs | Pourcentage |
|------------------------|------------|----------------|---------------------------------------|--------------------|------------|-------------|
| ZAE I | Malanville | Madécali | 938 | Kassa | 23 | 7% |
| | | | | Madécalli | 46 | 14% |
| | | | | <i>Sous- total</i> | 69 | 21% |
| ZAE II | Banikoara | Somperekou | 1096 | Poto | 56 | 18% |
| | | | | Simpérou | 25 | 8% |
| | | | | <i>Sous- total</i> | 81 | 26% |
| ZAE III | Kalalé | Kalalé centre | 1318 | Dangazi | 49 | 15% |
| | | | | Kalalé centre | 45 | 14% |
| | | | | <i>Sous- total</i> | 94 | 29% |
| ZAE IV | Djougou | Partago | 1038 | Dabogoun | 19 | 6% |
| | | | | Partago | 57 | 18% |
| | | | | <i>Sous- total</i> | 76 | 24% |
| Total | | | 4390 | | 320 | 100% |

Source: *Données de RGPH4* (INSAE, 2016) et *Données d'enquête*, 2020

Approche d'évaluation de la sécurité alimentaire à l'échelle d'un ménage

Plusieurs méthodes permettent d'analyser la sécurité alimentaire dans un ménage. Selon une analyse comparative examinant quatre types de mesure proxy de l'accès alimentaire; à savoir les indicateurs de disponibilité calorique, de pauvreté monétaire, de diversité alimentaire et de mesure subjective (comme les échelles basées sur l'expérience), Headey *et al.* (2013) ont déterminé que les indicateurs de diversité alimentaire étaient les plus performants en termes de leur association aux mesures du statut socio-économiques et au statut nutritionnel (malnutrition aigüe et chronique). Ces indicateurs étaient aussi plus sensibles à la variabilité temporelle et plus économique à administrer(Headey *et al.*, 2013). Malgré ces avantages, l'interprétation de la diversité alimentaire comme mesure d'accès a été critiquée(Jones *et al.*, 2014; Legwegoh *et al.*, 2013; Vellema *et al.*, 2014). Donc pour des raisons valables, «l'insécurité alimentaire» n'a pas de métrique de référence acceptée par rapport à laquelle les indicateurs individuels peuvent être évalués, mais sans un, il est difficile de dire quel indicateur fonctionne «le mieux» pour identifier correctement et de manière fiable les ménages en

insécurité alimentaire. L'implication est que l'utilisation de plus d'un indicateur est souhaitable, et les décideurs doivent être conscients des éléments de l'insécurité alimentaire que chaque indicateur représente (Maxwell *et al.*, 2014). Pour analyser l'état de la sécurité alimentaire des ménages (Mulumeoderhwa *et al.*, 2020) ont considéré deux indicateurs importants dont la part des dépenses alimentaires dans le budget des ménages et le score de consommation alimentaire. Pour la même cause Michikpe *et al.* (2017) ont pris pour outils HHS (Household Hunger Scale ou indice domestique de faim) et le SCAM (Score de Consommation Alimentaire du Ménage). Ce qui semble insuffisant car ces deux approches, même combinées, ne renseignent pas de façon claire sur la diversité des aliments consommés dans le ménage. Afin d'apprécier au mieux la sécurité alimentaire des ménages, le HHS (Household Hunger Scale ou l'indice domestique de faim) a été estimé pour surveiller la prévalence de la faim au fil du temps dans la zone recherche (Ballard *et al.*, 2011) ou pour mesurer la sévérité de l'insécurité alimentaire (Michikpe *et al.*, 2017). En suite le Score de Consommation Alimentaire (SCAM) et le Score de Diversité Alimentaire (SDAM) pouvant témoigner l'accessibilité, la disponibilité, la consommation et la diversité des aliments consommés dans le ménage seront évalués. En outre, le SCAM et le SDAM sont des scores très utilisés par le FAO; le PAM et l'USAID pour analyser la sécurité alimentaire (Ndiaye, 2014). Enfin pour chaque ménage la part des dépenses alimentaires ou la vulnérabilité économique (PDA) sera estimé car la structure des dépenses totales influe sur la consommation alimentaire (Bocoum, 2012). Ce dernier indicateur, très pertinent mais peu utilisé, est basé sur le postulat que plus la part du budget consacrée aux aliments a de l'importance au sein du budget d'un ménage (relativement aux autres biens /services consommés), plus le ménage est vulnérable économiquement. Et il intervient dans le calcul de l'indice de sécurité alimentaire (Paridaens *et al.*, 2017).

L'indice domestique de faim HHS :

HHS ou indice domestique de faim (Maxwell *et al.*, 1992) est un indicateur simple pour mesurer la faim dans les ménages en zones d'insécurité alimentaire. L'approche utilisée par le HHS est basée sur l'idée que l'expérience de la privation alimentaire dans les ménages provoque des réactions prévisibles qui peuvent être saisies grâce à une enquête et résumées dans un indice (Michikpe *et al.*, 2017).

Selon Ballard *et al.* (2011) l'évaluation du HHS s'effectue en trois étapes à savoir :

Étape 1. La première étape consiste à recoder les réponses à chaque question sur la fréquence d'événement de trois catégories de fréquence (« rarement », « parfois », « souvent ») en deux catégories de fréquence (« rarement ou parfois » et « souvent »). Pour éviter de perdre les données

recueillies à l'origine, créer une nouvelle variable pour chaque question de fréquence de l'événement. N'écrasez pas les données originales. Ici, référence est faite aux nouvelles variables créées pour chaque question de fréquence d'événement comme NouvelleQ1, NouvelleQ2 et NouvelleQ3. Pour chacune des nouvelles variables créées, une réponse de fréquence de « rarement » (codée à l'origine comme « 1 ») est codée « 1 », une réponse de fréquence de « parfois » (codée à l'origine comme « 2 ») est codée « 1 » et une réponse de fréquence de « souvent » (codée à l'origine comme « 3 ») est codée « 2 ».

Étape 2. Ensuite, ajoutez un code de « 0 » pour les ménages qui ont répondu « Non » à chaque question d'événement correspondante. Une fois cette étape est terminée, tous les ménages doivent avoir une valeur de 0, 1 ou 2 pour chacune des trois nouvelles variables créées, NouvelleQ1, NouvelleQ2 et NouvelleQ3.

Étape 3. Les valeurs de NouvelleQ1, NouvelleQ2 et NouvelleQ3 sont ensuite additionnées pour chaque ménage afin de calculer le score du HHS. Si la totalisation a été effectuée correctement, chaque ménage aura un score du HHS entre 0 et 6. Ces valeurs sont ensuite utilisées pour générer les indicateurs du HHS (Tableau 4).

Le tableau 2 présente les trois questions Q1, Q2 et Q3 qui forment le HHS.

Tableau 2. Récapitulatif des trois questions du HHS

| Question du HHS | Sens voulu de la question du HHS |
|--|---|
| Q1: Aucun aliment dans la maison | <i>Cette question porte sur une situation dans laquelle le ménage n'a rien à manger à la maison, parce que la nourriture n'était pas disponible pour les membres du ménage à travers les moyens habituels d'approvisionnement.</i> |
| Q2: Dormir affamé parce qu'il n'y avait pas assez de nourriture | <i>Cette question demande si la personne interrogée ou les autres membres du ménage ont eu faim au moment d'aller au lit parce qu'ils n'avaient pas assez mangé dans la journée et le soir.</i> |
| Q3: Passer un jour et une nuit entiers sans manger | <i>Cette question demande si l'un des membres du ménage n'a rien mangé depuis son réveil ce matin jusqu'à son réveil le lendemain matin parce qu'il n'y avait pas assez de nourriture. Une personne qui choisit de ne pas manger pendant toute une journée pour des raisons autres que le manque de nourriture.</i> |

Source : Ballard et al. (2011)

Traduction Mathématique du HHS

D'après la revue de littérature on peut retenir que l'indicateur catégorique du HHS est évalué à travers les réponses aux trois questions piliers du HHS. Soit Ri la valeur attribuée à la réponse de la question Qi.

$$HHS = \sum_{i=1}^3 Ri \leq 6 \quad \text{car } \{Ri \in (0, 1, 2) \text{ et } i \in (1, 2, 3)\}$$

Interprétation du HHS: Les trois catégories de la faim dans les ménages sont présentées le tableau ci-dessous.

Tableau 3. L'indicateur catégorique du HHS

| Valeurs Seuils du HHS | | Catégorie de faim |
|-----------------------|----------------------------|------------------------------------|
| Si | $0 \leq \text{HHS} \leq 1$ | <i>Peu ou pas de faim</i> |
| Si | $2 \leq \text{HHS} \leq 3$ | <i>Faim modérée dans le ménage</i> |
| Si | $4 \leq \text{HHS} \leq 6$ | <i>Faim sévère dans le ménage</i> |

Source: Ballard *et al.* (2011)

Score de Diversité Alimentaire des Ménages (SDAM)

Le SDAM est une mesure proxy de l'accès des ménages à une alimentation variée. Conçu pour sa facilité d'utilisation et largement promu par la FAO et l'USAID (Ndiaye, 2014), il est un indicateur de la couverture des besoins en micronutriments (Martin-Prével *et al.*, 2015) qui tient compte du nombre de groupes alimentaires qui ont été consommés par les ménages au cours des dernières 24 heures et ce indépendamment de la valeur nutritionnelle de ces groupes alimentaires (Paridaens *et al.*, 2017). Les groupes d'aliment utilisé dans le tableau 5.

Tableau 4. Groupes d'aliment entrant dans le calcul du SDAM

| | Groupes d'aliments pour SDAM | Aliments appartenant au groupe |
|---|------------------------------|---|
| 1 | Céréales et tubercules | <i>Riz, pâtes, pain/cake, sorgho, maïs, mil</i> <i>Patates, manioc, patate douce, taro et/ou autres racines</i> |
| 2 | Légumineuses | <i>Haricots, pois, arachides, lentilles, noix, soja et / ou autres noix</i> |
| 3 | Légumes | <i>Carotte, poivron rouge, courge, patate douce orange</i> <i>Epinards, brocolis, amarante et/ou autres feuilles vert foncé</i> <i>Oignon, tomates, concombre, radis, haricots verts, petits pois, salade, etc.</i> |
| 4 | Fruits | <i>Mangue, papaye, abricot, pêche</i> <i>banane, pomme, citron, clémentine</i> |
| 5 | Viandes et Poissons | <i>Chèvre, bœuf, poulet, porc</i> <i>Poisson, thon en boîte inclus, escargot, et / ou autres fruits de la mer</i> |
| 6 | Lait | <i>Lait frais, yaourt, fromage, et autres produits laitiers (Exclure Margarine / beurre ou les petites quantités de lait dans le lait/café)</i> |
| 7 | Huile | <i>Huile végétale, huile de palme, margarine, autres graisses/huiles</i> |

Source : Ndiaye (2014)

Traduction mathématique du SDAM

D'après Ndiaye (2014) pour calculer le SDAM:

a-) on crée pour chaque groupe alimentaire une nouvelle variable binomiale qui peut prendre 2 valeurs:

*1-Si oui: le ménage/individu a consommé un aliment de ce groupe

*0-Sinon: le ménage/individu n'a pas consommé un aliment de ce groupe.

b-) on additionne toutes les variables binomiales afin de créer un SDAM. La nouvelle variable aura une valeur comprise entre 0 et 7 (le nombre de groupe d'aliments collectés). Mathématiquement traduit on a:

$$SDAM = \sum_{i=1}^7 \alpha_i$$

Où α_i est la variable binomiale créée pour chaque groupe alimentaire.

Interprétation du SDAM: La norme minimale du SDAM est fixée à '4' par le PNUD (2015). Les ménages ayant consommé au minimum quatre groupes alimentaires différents ont une diversité alimentaire qualifiée d'acceptable. Plus le nombre de groupes alimentaires consommés augmente, plus la consommation alimentaire s'améliore (Paridaens *et al.*, 2017).

Score de Consommation Alimentaire des Ménages (SCAM)

Le SCAM est la somme des nombres de jours de consommation des groupes d'aliments multipliés par leur coefficient (Headey *et al.*, 2013). C'est un score composite utilisé comme indicateur de substitution de la consommation alimentaire et donc de l'accès à l'alimentation. Il reflète la quantité (kcal) et qualité (nutriments - importance nutritionnelle) de l'alimentation. Basé sur un rappel de 7 jours précédant l'enquête sur les types/groupes d'aliments et la fréquence de consommation. Il est calculé en se basant sur la fréquence de consommation des différents groupes d'aliments consommés par un ménage. Il est principalement utilisé par le PAM (Programme Alimentaire Mondial) (Ndiaye, 2014). Les informations qualitatives recueillies sur les fréquences de consommation des différents groupes d'aliment (Tableau 6) ont servi à calculer le score de la consommation alimentaire.

Traduction mathématique du SCAM : Pour le calculer on fait la somme des produits de la pondération et du nombre de jours de consommation de chaque groupe d'aliment (Tableau 6). Ce qui se traduit mathématiquement par la formule suivante :

$$SCAM = \sum_{i=1}^n PonGrAl_i \times NC_i$$

Où : $PonGrAl_i$ est la pondération du groupe d'aliment 'i' et NC_i est le nombre de jours de consommation d'un aliment appartenant au groupe d'aliment 'i'

Les groupes d'aliment et les pondérations correspondantes sont mentionnés dans le tableau suivant.

Tableau 5. Groupes d'aliments et pondérations correspondantes permettant le calcul du SCAM

| | Groupe d'aliments du SCAM | Aliments appartenant au groupe | Pondérations |
|----|--|---|--------------|
| 1 | Céréales et graines | <i>Riz, pâtes, pain/cake, sorgho, maïs, mil</i> | 2 |
| 2 | Racines et tubercules | <i>Patates, manioc, patate douce, taro et/ou autres racines</i> | |
| 3 | Légumineuses | <i>Haricots, pois, arachides, lentilles, noix, soja et / ou autres noix</i> | 3 |
| 4 | Végétaux riches en vitamine A | <i>Carotte, poivron rouge, courge, patate douce orange</i> | 1 |
| 5 | Légumes verts foncés à feuilles | <i>Epinards, brocolis, amarante et/ou autres feuilles vert foncé</i> | |
| 6 | Autres légumes | <i>Oignon, tomates, concombre, radis, haricots verts, petits pois, salade, etc.</i> | |
| 7 | Fruits riches en vitamine A | <i>Mangue, papaye, abricot, pêche</i> | 1 |
| 8 | Autres fruits | <i>Banane, pomme, citron, clémentine</i> | |
| 9 | Viande | <i>Chèvre, bœuf, poulet, porc</i> | 4 |
| 10 | Foie, reins, cœur et/ou autres organes | | |
| 11 | Poisson/Fruits de la mer | <i>Poisson, thon en boîte inclus, escargot, et / ou autres fruits de la mer</i> | |
| 12 | Œufs | | |
| 13 | Laits et produits laitiers | <i>Lait frais, yaourt, fromage, et autres produits laitiers (Exclure margarine / beurre ou les petites quantités de lait dans le lait/café)</i> | 4 |
| 14 | Huile/graisse/beurre | <i>Huile végétale, huile de palme, margarine, autres graisses/huiles</i> | 0,5 |
| 15 | Sucre ou sucreries | <i>sucre, miel, confiture, gâteaux, bonbons, cookies, biscuits et autres sucreries (boissons sucrées)</i> | 0,5 |
| 16 | Epices / condiments | <i>thé, café / chocolat, sel, ail, épices, levures, sauce tomate, viandox,</i> | 0 |

Source: Ndiaye (2014)

Interprétation du SCAM: Pour interpréter se référer au tableau 6 :

Tableau 6. Seuils des scores de consommation alimentaire SCA

| Valeurs Seuils du SCAM | Indicateurs |
|------------------------|--|
| Si $SCAM \leq 21$ | <i>Consommation alimentaire pauvre</i> |
| Si $21 < SCAM \leq 35$ | <i>Consommation alimentaire limite</i> |
| Si $35 < SCAM \leq 45$ | <i>Consommation alimentaire moyennement acceptable</i> |
| Si $SCA > 45$ | <i>Consommation alimentaire acceptable</i> |

Source : Michikpe *et al.* (2017)

Part des Dépenses Alimentaires (PDA) du ménage

La Part des Dépenses Alimentaires (PDA) est un indicateur permettant d'estimer la vulnérabilité économique des ménages (Paridaens *et al.*, 2017). Il

est simplement construit en divisant le total des dépenses alimentaires par le total des dépenses du ménage. Cependant, le dénominateur et le numérateur doivent inclure la valeur des aliments consommés mais qui n'ont pas été achetés. Inclure les aliments non achetés dans le calcul de ce indicateur, donne la possibilité de faire entrer les ménages qui sont hautement dépendants des aliments non achetés dans la catégorie de ceux vulnérables économiquement. Si la valeur des aliments non achetés n'était pas prise en compte, de nombreux ménages pauvres qui sont très dépendent des aliments qu'ils produisent eux-mêmes auraient moins de chance d'être classés comme vulnérables économiquement(VAM, 2014).

PDA

$$= \frac{DAM}{DTM} \times 100 \quad \text{avec} \begin{cases} PDA = \text{Part des Dépenses Alimentaires} \\ DAM = \text{Dépenses Alimentaires du Ménage} \\ DMT = \text{Dépense total du Ménage} \end{cases}$$

Interprétation de PDA: La baisse de la part de l'alimentation dans les dépenses des ménages pourrait être vue comme une évolution positive parce que traduisant une amélioration des conditions économiques des ménages(DALODE *et al.*, 2018). Elle peut ainsi être classée en quatre catégories de vulnérabilité économique (Tableau 7).

Tableau 7. Valeurs seuils de la Part des dépenses Alimentaires

| Part de Dépense Alimentaire (PDA) | Interprétations |
|-----------------------------------|--------------------------------------|
| Si PDA < 50% | Vulnérabilité économique faible |
| Si 50% ≤ PDA < 65% | Vulnérabilité économique moyenne |
| Si 65% ≤ PDA < 75% | Vulnérabilité économique élevée |
| Si PDA > 75% | Vulnérabilité économique très élevée |

Source : Paridaens et Ndiayé (2017)

Modélisation des précédents indicateurs de sécurité alimentaire

Cette modélisation a permis de connaître l'influence des facteurs socio démographique et économiques sur les indicateurs de sécurité alimentaire. Le concept de sécurité alimentaire s'inscrit dans la philosophie économique issue du 'consensus de Washington', approche devenue dominante après le changement de paradigme intervenu dans la pensée économique (Azoulay, 2012). Le niveau d'accès alimentaire est fortement influencé par le revenu et le niveau socioéconomique(De Cock *et al.*, 2013; Hackett *et al.*, 2010; Isanaka *et al.*, 2007; Maes *et al.*, 2009; Regassa *et al.*, 2012; Shariff *et al.*, 2005; Tiyou *et al.*, 2012). C'est pour mettre en exergue cette influence du revenu sur la sécurité alimentaire, que les *ln_MN* ; *ln_PML* et *ln_RBC* des indicateurs de la rentabilité économique précédemment estimés seront aussi introduits comme variables explicatives dans la modélisation des indicateurs de sécurité

alimentaire. Soit $IS_{Alim}i = f(\omega_i, \varepsilon_i)$ l'indicateur "i" de sécurité alimentaire; on a :

$$IS_{Alim}i = f(\omega_i, \varepsilon_i) = \mu_0 + \sum_{i=1}^n \mu_i \cdot \omega_i + \varepsilon_i$$

De façon détaillée on a :

$$\begin{aligned} IS_{Alim}i = & \mu_0 + \mu_1 \cdot SEX + \mu_2 \cdot AGE + \mu_3 \cdot Nbr_{ACTIF} + \mu_4 \cdot Nbre_{An_{Scol}} + \\ & \mu_5 \cdot \ln_MN + \mu_6 \cdot \ln_RBC + \mu_7 \cdot \ln_PML + \mu_8 \cdot ACCREDIT + \mu_9 \cdot Em + \\ & \mu_{10} \cdot H_{INSTR} + \mu_{11} \cdot Cm_{DJOUG} + \mu_{12} \cdot Cm_{KALAL} + \mu_{13} \cdot Cm_{MALAN} + \mu_{13} \cdot DMR \\ & + \\ & \mu_{14} \cdot FAABA + \mu_{15} \cdot EVDT + \mu_{16} \cdot TZPB + \mu_{17} \cdot 2000syn + \varepsilon_i \end{aligned}$$

Où :

* $IS_{Alim}i$ est l'indicateur de sécurité alimentaire du producteur de maïs

i ;

* ω_i les facteurs socio démographiques qui expliquent les différences de performance économique des producteurs de maïs ou les variables explicatives du modèle.

* μ_i les paramètres à estimer ou coefficients des variables explicatives.

* ε_i sont les termes d'erreur aléatoires.

Les variables introduites dans le modèle sont détaillées dans le tableau suivant :

Tableau 8. Codes et modalités des variables explicatives du modèle de régression

| Noms des variables | Codes | Modalités | Signes attendus sur le SDAM | Signes attendus sur le SCAM | Signes attendus la PDA |
|---|--------------|--------------------------|-----------------------------|-----------------------------|------------------------|
| Genre de l'enquêté | SEX | 1= Masculin ; 0=Femme | - | - | + |
| Age de l'enquêté | AGE | / | - | - | ± |
| Nombre d'actifs dans le ménage | Nbr_ACTIF | / | + | + | - |
| Nbre Année de scolarisation | Nbre_An_Scol | / | + | + | - |
| ln_Marge nette | ln_MN | / | ± | ± | - |
| ln_Ratio Bénéfice coût | ln_RBC | / | + | + | - |
| ln_Productivité moyenne de main d'œuvre | ln_PML | / | + | + | - |
| Accès au crédit agricole | ACCREDIT | Non = 0 ; Oui = 1 | + | + | ± |
| Emigration pour de nouvelles connaissances dans la culture du maïs (JIMG) | Emg | Non = 0 ; Oui = 1 | ± | ± | - |
| Instruits | H_INSTR | Non = 0 ; Oui = 1 | + | + | - |
| Commune de Djougou | Cm_DJOUG | Non = 0 ; Oui = 1 | + | + | - |
| Commune de Kalalé | Cm_KALAL | Non = 0 ; Oui = 1 | + | + | - |
| Commune de Malanville | Cm_MALAN | Non = 0 ; Oui = 1 | + | + | - |

| | | | | | |
|-------------------------|---------|-------------------|---|---|---|
| Variété DMR.ESR.W | DMR | Non = 0 ; Oui = 1 | + | + | - |
| Variété FAABA.obatampa. | FAABA | Non = 0 ; Oui = 1 | + | + | - |
| Variété EV.DT.97.STR.W | EVDT | Non = 0 ; Oui = 1 | + | + | - |
| Variété TZPB.SR.W | TZPB | Non = 0 ; Oui = 1 | + | + | - |
| Variété 2000.syn.EE.W | 2000syn | Non = 0 ; Oui = 1 | + | + | - |

Source : Auteur à partir des données d'enquête 2020

Résultat

Estimation des indicateurs de la sécurité alimentaire

Les ANOVA réalisées entre chaque indicateur et les différentes variétés améliorées de maïs nous permettent de déterminer si les moyennes de chacun de ces indicateurs (HHS, SDAM, SCAM et PDA) issues de l'adoption des variétés sont significativement différentes entre chacun des 5 groupes de variétés adoptées (2000 syn EE W, DMR, EVD, FAABA, TZPB) et les semences locales. Les données obtenues sont présentées sous formes de moyenne+/- écart type. (tableau 9)

Indice domestique de faim ou Household Hunger Scale (HHS)

Les résultats obtenus révèlent que l'indice catégorique de faim (HHS) de tous les producteurs est en moyenne nul. Les HHS des producteurs ne diffèrent pas.

Score de Diversité Alimentaire des Ménage(SDAM)

L'analyse de ce tableau révèle que la SDAM issue de l'adoption de chaque variété était statistiquement significativement différente entre chaque groupe de variété, $F= 9,996$ et $[Pr(>F)] < 0.005$. La moyenne du SDAM de production des producteurs de la variété locale de maïs est de 3,62, inférieure à celle de chacune des variétés améliorées. Au niveau des variétés améliorées, la variété 2000Syn présente le meilleur et supérieur SDAM moyen (5,27 +/- 1,11). Elle est suivie de la variété FAABA (5,02+/- 1,95). Cette moyenne a aussi baissé pour la variété DMR ESR W (4,52) et celle du TZPB (4,39). Enfin, la variété EVDT97STR vient en dernière position avec SDAM moyenne de 4,35+/- 0,9. En outre tous les adoptants des variétés améliorées ont un score de diversité alimentaire supérieur à 4, par contre inférieure à 4 pour les non-adoptants (semences locales).

Score de Consommation Alimentaire (SCAM)

Le SCAM issue de l'adoption de chaque variété était significativement différente entre chaque groupe de variété, $F= 13,29$ et $[Pr(>F)] < 0.005$. La moyenne du SCAM des producteurs de la variété locale de maïs est de 25,65 unités, inférieure à celle de chacune des variétés améliorées. Au niveau des variétés améliorées, la variété DMR ESR W présente le meilleur et supérieur SCAM moyen (41,78 +/- 14,78). Elle est suivie de la variété 2000Syn (37,91

+/- 14,3). Cette moyenne a aussi baissé pour la variété EVDT97STR (37,65) et celle de TZPB (29,53). Enfin, la variété FAABA vient en dernière position avec un SCAM moyen de 28,67+/- 10,21.

Part des Dépenses Alimentaire (PDA)

La PDA issue de l'adoption de chaque variété était statistiquement significativement différente entre chaque groupe de variété, $F= 13,29$ et $[Pr(>F)] < 0.005$. La moyenne de la PDA des producteurs de la variété locale de maïs est de 63,65 unités, supérieure à celle de chacune des variétés améliorées. Au niveau des variétés améliorées, la variété FAABA présente la PDA moyenne la plus élevée (61,33 +/-16,87). La variété 2000 Syn vient en deuxième position (59,31 +/- 18,58). Elle est suivie de la variété EVDT97STR (57,37 +/- 18,16). Cette moyenne a aussi baissé pour la variété DMR ESR W (50,82) et celle du TZB (47,66). Autrement dit les ménage adoptant les VAM ont en moyenne des PDA inférieures à celles des non adoptants.

Tableau 9. ANOVA entre les indicateurs de sécurité alimentaire et les variétés de maïs

| Variétés | HHS | SDAM | SCAM | PDA |
|----------------|-----|-----------------------|-------------------------|------------------------|
| 2000synEEW | 0 | 5,26 | 37,91 | 59,3 |
| | | (1,11) | (14,82) | (18,58) |
| DMR ESR W | 0 | 4,51 | 41,77 | 50,81 |
| | | (0,80) | (14,77) | (18,27) |
| EVDT97STR | 0 | 4,35 | 37,64 | 57,36 |
| | | (0,87) | (13,19) | (18,16) |
| FAABA.Obatampa | 0 | 5,02 | 28,66 | 61,33 |
| | | (1,95) | (10,21) | (16,87) |
| TZPB SRW | 0 | 4,38 | 29,53 | 47,65 |
| | | (1,57) | (12,01) | (13,96) |
| Locale | 0 | 3,62 | 25,65 | 63,65 |
| | | (1,10) | (8,95) | (16,66) |
| ANOVA | - | F= 9,996 p= 0,0000 | F= 13,29 p= 9,36e-12 | F= 7,837 p= 0, 0000 |

Source : Auteur à partir des données d'enquête 2020

Déterminants des indicateurs de sécurité alimentaire

Description des variables introduites dans les modèles

Le tableau 10 présente la description des différentes variables explicatives introduites dans les modèles. Les enquêtés sont majoritairement des hommes (65,31%) âgés de 41 ans en moyenne. Ces enquêtés sont les producteurs de maïs issus des Communes de Malanville (69), de Banikoara (81), de Kalalé (94) et de Djougou (76). Le nombre moyen d'années de scolarisation de ces enquêtés est de 7 ans avec un taux d'instruction de 28 %. En dépit de ce faible taux d'instruction, seulement 22 % de ces producteurs ont une fois au moins émigré afin d'acquérir de nouvelles connaissances sur les techniques culturales de la production de maïs. Le nombre d'actifs dans

leur ménage est environ deux (2) personnes avec une forte dispersion au tour de la moyenne. Malgré que c'est seulement 18 % des enquêtés qui ont accès au crédit, 78 % ont adopté les variétés améliorées de maïs. Ainsi, 12,81 % ; 28,12 % ; 8,44 % ; 9,69 % et 18,44 % sont respectivement les taux d'adoption de variétés améliorées 2000synEEW; FAABA.Obatampa ; DMRESRW; EVDT97STRW et TZPBSRW. L'estimation de la rentabilité économique de la production du maïs révèle que les moyennes de la Marge Nette (MN), de la Productivité Moyenne de main d'œuvre (PML) et du Ratio Bénéfice Coût (RBC) des producteurs des variétés améliorées de maïs sont respectivement 239 935,90 ; 2 660,51 et 1,44. Tandis qu'elles sont respectivement de 63 842,46 ; 1 434,36 et 0,96 pour les producteurs des variétés locales.

Tableau 10. Statistiques descriptives des variables introduites dans le modèle

| Variables Quantitatives | | Moyenne | Ecart-type |
|---------------------------------------|---------------|-----------|-----------------|
| Age de l'enquêté | | 41,34 | 12,07 |
| Nbre d'actifs dans le ménage | | 1,86 | 4,07 |
| Nbre Année de scolarisation | | 7,04 | 2,13 |
| Marge nette | Globale | 200314,87 | 274600,86 |
| | Adoptants | 239935,90 | 263581,6 |
| | Non Adoptants | 63842,46 | 26968,18 |
| Ratio Bénéfice coût | Global | 1,33 | 1,02 |
| | Adoptants | 1,44 | 1,04 |
| | Non Adoptants | 0,96 | 0,85 |
| Productivité moyenne de main d'œuvre | Globale | 2384,62 | 2124,29 |
| | Adoptants | 2660,51 | 2042,79 |
| | Non Adoptants | 1434,36 | 2139,18 |
| Variables Qualitatives | Modalités | Effectifs | Pourcentage (%) |
| Semence Locale | Oui | 72 | 22,5 |
| | Non | 248 | 77,5 |
| Adoption de la variété 2000synEEW | Non | 279 | 87,19 |
| | Oui | 41 | 12,81 |
| Adoption de la variété FAABA.Obatampa | Non | 230 | 71,88 |
| | Oui | 90 | 28,12 |
| Adoption de la variété DMRESRW | Non | 293 | 91,56 |
| | Oui | 27 | 8,44 |
| Adoption de la variété EVDT97STRW | Non | 289 | 90,31 |
| | Oui | 31 | 9,69 |
| Adoption de la variété TZPBSRW | Non | 261 | 81,56 |
| | Oui | 59 | 18,44 |
| Genre de l'enquêté | Masculin | 209 | 65,31 |
| | Féminin | 111 | 34,69 |
| Commune | Banikoara | 81 | 25,31 |
| | Djougou | 76 | 23,75 |
| | Kalalé | 94 | 29,38 |
| | Malanville | 69 | 21,56 |
| Accès au crédit | Non | 260 | 81,25 |

| | | | |
|--------------------------------------|-----|-----|-------|
| | Oui | 60 | 18,75 |
| Emigration pour l'agriculture (JIMG) | Non | 248 | 77,5 |
| | Oui | 72 | 22,5 |
| Instruits | Oui | 88 | 28 |
| | non | 232 | 73 |

Source: Auteur à partir des données d'enquête 2020

Modélisation des indicateurs de sécurité alimentaire (Tableau 11)

Les trois (03) modèles sont globalement significatifs au seuil de 1% (p-value = 0.000). Respectivement 23,24%, 24,41% et 26,05% de la variation du Score de Diversité Alimentaire (SDAM); de Consommation Alimentaire (SCAM) et de la Part des Dépenses Alimentaire (PDA) étaient expliquées par les variations des variables exogènes introduites dans les modèles.

Facteurs sociodémographiques : Le fait que le producteur soit un homme influence négativement le SCAM avec une baisse allant juste à 3,07 unités. Alors qu'il baisse de 0,12 lorsque l'âge du producteur augmente d'un an. Cependant l'appartenance à la Commune de Djougou, comparativement à celle Banikoara augmente le SCAM de 3,79.

L'augmentation supplémentaire d'un membre actif dans le ménage augmente la part des dépenses alimentaires (PDA) de 0,67 tandis qu'elle se réduit de 6,91 au fur et à mesure que le nombre d'année de scolarisation du producteur augmente. En outre l'appartenance à la Commune de Kalalé, comparativement à celle de Banikoara augmente la PDA de 13,30.

Facteurs socioéconomiques : l'émigration pour acquérir de nouvelles connaissances dans la production du maïs réduit le SDAM et la PDA respectivement de 0,77 et de 8.

L'augmentation d'une unité de la productivité moyenne de la main d'œuvre familiale augmente le SCAM de 4,60%. Alors que la réduction d'un franc de la marge nette due à l'alimentation de cette main d'œuvre familiale entraîne une augmentation de 0,71% du SDAM. Dans le même temps une augmentation supplémentaire du Ratio Bénéfice Coût réduit la PDA de 9,23%. Comparativement aux variétés locales l'adoption des variétés améliorées de maïs influence positivement le SDAM et le SCAM et négativement la PDA. Ainsi les augmentations respectives du SDAM et du SCAM est de 1,21 et 15,58 lorsque le producteur adopte la DMR ; elles sont de 1,71 et de 5,69 pour la FAABA ; de 0,94 et de 13,73 pour l'adoption de la EVDT ; elle est par contre de 1,19 et de 7,92 quand le producteur adopte la TZPB et enfin de 1,94 et de 12,99 lorsque le producteur à opter pour la 2000syn. Cependant l'adoption de DMR EVDT et TZPB diminue respectivement la PDA de 9,11 ; de 9,73 et de 16,00.

Tableau 11. Modélisation des indicateurs de la sécurité alimentaire

| Variables | SDAM | | SCAM | | PDA | |
|---------------------------------|--------------------------------------|---------------|--------------------------------------|---------------|-------------------------------------|---------------|
| | Coeff | Erreurs types | Coeff | Erreurs types | Coeff | Erreurs types |
| Constante | 7.460*** | 1.542 | 28.143** | 12.799 | 56.980*** | 17.181 |
| SEX | -0.087 | 0.185 | -3.072** | 1.535 | 1.009 | 2.061 |
| ln_MN | -0.710** | 0.303 | -3.203 | 2.515 | -0.779 | 3.376 |
| ln_RBC | 0.137 | 0.404 | -0.711 | 3.357 | -9.234** | 4.507 |
| ln_PML | -0.045 | 0.340 | 4.609** | 2.825 | 2.929 | 3.793 |
| H_INSTR | -0.018 | 0.323 | 4.366 | 2.680 | -3.632 | 3.598 |
| Nbre_An_Scol | 0.296 | 0.202 | 1.661 | 1.681 | -6.915*** | 2.257 |
| Cm_DJOUG | 0.346 | 0.273 | 3.797* | 2.270 | 4.814 | 3.047 |
| Cm_KALAL | 0.157 | 0.277 | -0.617 | 2.302 | 13.304*** | 3.090 |
| Cm_MALAN | 0.133 | 0.290 | 0.9762 | 2.409 | 3.678 | 3.234 |
| AGE | -0.008 | 0.007 | -0.121* | 0.061 | 0.003 | 0.083 |
| Nbr_ACTIF | -0.0204 | 0.036 | -0.279 | 0.299 | 0.679* | 0.402 |
| Emg | -0.773*** | 0.229 | -2.149 | 1.902 | -8.001*** | 2.554 |
| ACC | 0.345441 | 0.277 | -1.893 | 2.299 | 0.528 | 3.086 |
| DMR | 1.213*** | 0.380 | 15.580*** | 3.155 | -9.114** | 4.235 |
| FAABA | 1.710*** | 0.277 | 5.698** | 2.305 | -2.172 | 3.094 |
| EVDT | 0.946** | 0.370 | 13.733*** | 3.073 | -9.739** | 4.126 |
| TZPB | 1.190*** | 0.314 | 7.920*** | 2.609 | -16.006*** | 3.502 |
| 2000syn | 1.941*** | 0.333 | 12.991*** | 2.766 | -0.253 | 3.713 |
| Nombre d'observation 320 | Multiple R-squared: 0,2324 | | Multiple R-squared: 0,2441 | | Multiple R-squared: 0,2605 | |
| | Adjusted R-squared: 0,1786 | | Adjusted R-squared: 0,1912 | | Adjusted R-squared: 0,2087 | |
| | F-statistic: 4,323 on 18 and 257 DF, | | F-statistic: 4,611 on 18 and 257 DF, | | F-statistic: 5,03 on 18 and 257 DF, | |
| | p-value: 0,00000004467 | | p-value: 0,000000009063 | | p-value: 8,893e-10 | |

Source: Auteur à partir des données d'enquête 2020

Discussion

A la lumière des résultats, le HHS de tous les producteurs est compris entre 0 et 1 ce qui signifie qu'aucun ménage producteur de maïs n'est resté plusieurs jours affamé. Ce résultat va dans le même sens que celui des travaux du PNUD (2015) sur la sécurité alimentaire et le développement humain qui stipule qu'en vingt-cinq ans, la prévalence de la faim a été réduite de moitié au Bénin, passant de 22,5% en 1990 à 11,2% en 2014. Selon le même rapport du PNUD le Bénin est parvenu à se hisser à la deuxième place des pays où la faim est moins prononcée en Afrique de l'Ouest. L'adoption ou non des variétés améliorées de maïs n'a pas d'influence sur la faim au Bénin. En effet, la réduction de la faim au Bénin est fondamentalement due aux mesures prises en faveur de la mère et de l'enfant dans le cadre de la lutte contre le paludisme, l'accroissement de la part des naissances dans les centres médicaux et la

meilleure prise en charge prénatale (PNUD, 2015). Mais idéalement, l'indice domestique de faim (HHS) ne doit pas être utilisé comme une mesure unique et autonome de l'insécurité alimentaire, mais plutôt comme une partie d'une série d'outils pour mesurer les aspects complémentaires de l'insécurité alimentaire (Ballard, 2011). Ainsi l'évaluation de la diversité et de la consommation alimentaire a révélé que le score de diversité alimentaire de tous les adoptants des variétés améliorées de maïs est supérieure à 4 (la norme fixée par le PNUD) par contre la moyenne du SDAM des non adoptants est de 3,62 inférieure à 4. Les adoptants des variétés améliorées de maïs ont alors une alimentation plus diversifiée que celle des non adoptants. Les non adoptants des VAM et les adoptants des variétés améliorées de maïs telles que la FAABA.Obatampa et la TZPB SRW ont en moyenne des SCAM compris entre 21 et 35. Alors ils ont une consommation alimentaire limitée. Dans le même temps les adoptants de la 2000synEEW, DMR ESR W et de la EVDT97STR ont une consommation alimentaire moyennement acceptable pour avoir totalisé des SCAM compris entre 35 et 45. Toutefois il est à noter que le plus faible SCAM a été enregistré dans le rang des non adoptants des VAM. Constituée essentiellement des aliments de base (céréales/tubercules) avec un peu de légumes et d'huile, l'alimentation des ménages non adoptants comparativement à ceux des adoptants des VAM est pauvre et très peu diversifiée. Malgré que la part du budget consacré à l'alimentation par les ménages en milieu rural a diminué, passant de 51 à 47% en 2017 (DALODE *et al.*, 2018) au Bénin, exceptés les ménages producteurs de la variété améliorée TZPB SR W qui ont une vulnérabilité économique faible car leur Part des Dépenses Alimentaires est égale à 47,65% < donc à 50%, tous les autres ménages producteurs de maïs ont des PDA > 50%. Ces ménages dépensent donc plus de 50% de leur budget dans l'alimentation. Malgré ces résultats peu satisfaisants, il est à noter que la PDA la plus élevée (63,65%) a été enregistrée au sein des ménages non adoptants, ils sont donc économiquement plus vulnérables que les ménages ayant adopté les VAM. Le revenu issu de la production de maïs garanti significativement la sécurité alimentaire du ménage. Ces différents indicateurs de la sécurité alimentaire sont influencés par des facteurs socio-économiques et démographiques.

Ainsi, en passant d'un producteur de sexe féminin à un producteur de sexe masculin le score de consommation et de diversité alimentaire diminue. Ce qui est normal car les hommes en tant que père de famille ont plus de personnes à nourrir à charge que des femmes qui, pour la plupart, sont nourries par leurs maris. Ces résultats convergent avec plusieurs autres études concernant les liens entre genre et alimentation au sein des ménages. Hoddinott *et al.* (1995) puis Duflo *et al.* (2004) en Côte d'Ivoire, et Doss (2005) au Ghana ont montré que le pouvoir de décision des femmes et leur contrôle sur les ressources sont reliés à l'allocation pour l'alimentation d'une

plus grande part des revenus ; Malapit *et al.* (2015) et Lourme-Ruiz *et al.* (2016) au Népal ont établi que les femmes ont un meilleur score de diversité alimentaire et des enfants en meilleur état nutritionnel quand elles ont plus de revenus et d'autonomie dans la décision, et/ou quand elles vivent dans des ménages où les pouvoirs entre hommes et femmes sont plus équilibrés. C'est pourquoi, les femmes gérantes de la production du maïs ont plus de chance d'avoir une sécurité alimentaire plus améliorée que celle des producteurs masculins.

Les zones agro-écologiques expliquent d'une certaine manière la sécurité alimentaire des ménages producteurs de maïs. En analysant le score consommation alimentaire, les résultats permettent de conclure que les ménages des producteurs de la Commune de Djougou comparativement à ceux de Banikoara ont des scores de consommation alimentaire plus élevés. Paradoxalement, c'est la Commune de Kalalé qui est plus vulnérable économiquement que celle de Banikoara. Ces résultats abondent dans le même sens que celui de Guindo *et al.* (2018) sur la comparaison du profil de sécurité alimentaire des ménages dans les régions de Gao et Sikasso au Mali qui a montré que la situation de la sécurité alimentaire varie d'une région à une autre. Cette situation révèle la difficulté qu'éprouvent certains producteurs à livrer leur output à cause des voies d'accès dans la Commune.

Plus les producteurs sont scolarisés plus la sécurité alimentaire de leurs ménages est améliorée. Ceci est dû au fait qu'ils sont plus organisés que les non scolarisés. En outre ils auraient appris à l'école que la consommation et les variations des mets, permettant de procurer des aliments simples, minéraux et des vitamines requis à l'organisme lui sont bénéfiques. Ces résultats corroborent ceux de Ahmadi *et al.* (2019). Ces auteurs ont démontré qu'un faible niveau d'instruction engendre l'insécurité alimentaire. Alors qu'un an plus tôt, Ajayi *et al.* (2018) avaient prédit que le niveau d'éducation améliore le niveau d'efficacité technique des producteurs qui sera un antidote au problème de l'insécurité alimentaire.

Plus l'âge du producteur augmente plus les personnes à charge et le nombre d'actif dans le ménage augmentent. Or un ménage qui a plus d'actifs voit son score de consommation alimentaire diminué (Akinloye *et al.*, 2016). C'est pourquoi dans la majorité des études, l'âge a été associé à un accès alimentaire plus faible (Chatterjee *et al.*, 2012; Hackett *et al.*, 2010; Isanaka *et al.*, 2007; Leyna *et al.*, 2010; Nagata *et al.*, 2012; Tsai *et al.*, 2011). En outre, cette vulnérabilité a été attribuée à une diminution de l'état de santé des individus et à une diminution de leur capacité d'effectuer des travaux physiques associés à l'agriculture (Nagata *et al.*, 2012). C'est pourquoi, l'âge et le nombre d'actif exercent une influence négative sur la sécurité alimentaire du ménage.

Les mains d'œuvre familiales générées par ces membres actifs du ménage engendrent des coûts supplémentaires liés à l'alimentation des membres du ménage. En effet, l'expérience a prouvé que plus on exerce des activités physiques au champ plus on consomme d'aliment. Alors un coût supplémentaire lié à l'alimentation du ménage se crée. Pour une bonne estimation de la marge nette, ce coût lié à l'alimentation a été amputé de la recette. Cette amputation réduit la marge nette mais améliore le score de consommation ou de diversité alimentaire. C'est la raison pour laquelle la réduction d'un franc de la marge nette due à l'alimentation de cette main d'œuvre familiale entraîne une augmentation de 0,0071 unité du SDAM. Et c'est pourquoi, dans le même temps l'augmentation d'un 1 franc de la productivité moyenne de main d'œuvre familiale augmente le score de consommation alimentaire de 4,60%. Lorsque le Ratio Bénéfice Coût augmente d'un franc la vulnérabilité économique du ménage se réduit de 9,23%. Ces résultats nous laissent dire que l'amélioration de la sécurité alimentaire du ménage épuise le revenu de la production tout en augmentant les dépenses alimentaires du ménage. Pour Bocoum (2012), l'accroissement des dépenses totales (considérées comme proxy des revenus) améliore quantitativement (calories) et qualitativement (diversité) la consommation alimentaire des ménages, confirmant ainsi les résultats de cette recherche. Etant donné que les adoptants des VAM ont une différence significative positive de la moyenne, comparativement aux non adoptants, il est donc normal que l'adoption des cinq variétés améliorées spécialement par les producteurs rend résilient leur ménage face à l'insécurité alimentaire à travers le SDAM, SCAM et la PDA. Ce résultat vient confirmer celui des travaux de Temple *et al.* (2015) qui stipule que le renforcement des capacités d'innovations locales permet de réaliser les potentialités des agrosystèmes pour la sécurité alimentaire. Et celui Lourme-Ruiz *et al.* (2016) pour qui, augmenter la production agricole peut théoriquement améliorer la diversité de l'alimentation, via l'autoconsommation.

Contre toute attente, le fait d'émigrer pour acquérir de nouvelles connaissances dans la production du maïs exerce une influence négative sur le score de diversité alimentaire. Si jusque-là cette étude nous a prouvé que l'adoption des variétés améliorées réduit l'insécurité alimentaire du ménage, alors les formations reçues par les producteurs émigrés auraient incité la majorité à produire les variétés locales. Du coup les formations qu'ils avaient reçues ne sont pas en adéquation avec les réalités de leur localité. Par ailleurs, la migration pour des fins agricole réduit l'effectif de la main d'œuvre familiale et peut diminuer par conséquent la productivité agricole du ménage (Lebrun, 2013). Or pour Prskawetz *et al.* (2003) l'insécurité alimentaire, la faible productivité agricole et les inégalités dans la distribution des aliments sont positivement corrélées.

Conclusion

Cette étude a montré, d'une part que l'insécurité alimentaire n'est pas sévère dans notre zone de recherche (au Nord-Bénin) et d'autre part que les ménages des producteurs ayant adopté au moins une des cinq variétés améliorées de maïs à savoir DMRESRW, FAABA.Obatampa, EVDT97 STR W, TZPB SR W et 2000Syn.EEW sont moins en insécurité alimentaire que les ménages des non adoptants (Producteurs des variétés locales de maïs). Donc l'adoption de ces variétés améliorées de maïs réduit l'insécurité alimentaire des ménages adoptants à travers l'augmentation des rendements et de la rentabilité économique de la production. Pour que la culture du maïs assure la sécurité alimentaire mieux que toute autre culture comme l'ont prédit les études antérieures de Baco *et al.* (2011), les gouvernants, projets et programmes doivent promouvoir davantage les variétés améliorées de maïs en générale et les cinq variétés améliorées adoptées dans cette zone de recherche en particulier. Et sensibiliser les producteurs sur les techniques culturales de ces variétés améliorées de maïs.

References:

1. Adekambi, A.S., Agbotridja, V.D., Hinnou, C.L., Kossoko, O.C.D., 2020. Impact de l'adoption des technologies résilientes sur le bien-être des ménages producteurs de maïs au Nord du Bénin: Journal de la Recherche Scientifique de l'Université de Lomé 22(3), 21–39.
2. Affholder, F., Poeydebat, C., Corbeels, M., Scopel, E., Tittonell, P., 2013. The yield gap of major food crops in family agriculture in the tropics : Assessment and analysis through field surveys and modelling. Field Crops Research 143(March), 106–118.
3. Ahmadi, D., Melgar-Quinonez, H., 2019. Determinants of food insecurity in occupied Palestinian territory: a cross-sectional survey. Lancet 393, S4.
4. Ajayi, C.O., Oluntumise, A.I., 2018. Determinants of food security and technical efficiency of cassava farmers in Ondo State, Nigeria. International Food and Agribusiness Management Review 21(1030-2019–602), 915–928.
5. Akinloye, O., Putuma, M., Adeyemi ADEYEFA, S., 2016. Determinants of Food Insecurity among the Urban Poor in the City of Tshwane, South Africa. Journal of Economics and Development Studies 4, 101-114. <https://doi.org/10.15640/jeds.v4n2a9>.
6. Akpo, C.Y., 2020. Impact des semences améliorées sur la productivité du maïs au Bénin. African Economic Research Consortium (AERC) E1a, 1-26. <https://aercafricahub.org/wp-content/uploads/2020/11/E1aChristelle-Yeba-Akpo-FRFrench.pdf> (Consulté le 06/07/2021).

7. Azoulay, G., 2012. Sécurité alimentaire mondiale et crise structurelle d'un mode de fonctionnement de l'économie agricole. *L'Homme et la Société* n° 183-184(1), 61–81.
8. Baco, M.N., Abdoulaye, T., Sanogo, D., Langyintuo, A., 2011. Caractérisation des ménages producteurs de maïs en zone de savane sèche au Bénin. Publication de l'INRAB -Bénin– IITA produite dans le cadre du Projet Maïs tolérant à la sécheresse (DTMA) pour l'Afrique Rapport pays—Enquête-ménage. 38p.
<https://core.ac.uk/download/pdf/132689959.pdf>; consulté le 16/01/2020.
9. Ballard, T., 2011. Indice domestique de la faim: Définition de l'indicateur et guide de mesure 26.
10. Ballard, T., Coates, J., Swindale, A., Deitchler, M., 2011. Indice domestique de la faim : Définition de l'indicateur et guide de mesure. Washington, DC: Food and Nutrition Technical Assistance III Project, FHI 360.
11. Bocoum, I., 2012. Insécurité alimentaire au Mali. Identifier les ménages vulnérables avec précision. Perspective, CIRAD, 2012 N° 14., 4 p. DOI: 10.18167/agritrop/00020.
<https://doi.org/10.18167/agritrop/00020>
12. Bucekuderhwa, C., Mapatano, S., 2013. Comprendre la dynamique de la vulnérabilité à l'insécurité alimentaire au Sud-Kivu. *La Revue Électronique En Sciences de l'environnement* 17, 31.
13. Chatterjee, N., Fernandes, G., Hernandez, M., 2012. Food insecurity in urban poor households in Mumbai, India. *Food Security* 4(4), 619–632.
14. CORAF /WECARD, 2018. Impact de l'adoption des variétés améliorées de maïs sur le bien-être des maïsiculteurs au Bénin, au Burkina-faso, en Cote d'ivoire et au Mali. CENTRE NATIONAL DE SPECIALISATION SUR LE MAÏS (CNS-Maïs) 46p.
15. Dalode, E.A., Nago, M.C., Aoudji, A., Assogbadjo, A., Tossa, J.C., Paulin Azokpota, P., Koukoubou, E.N., 2018. Examen stratégique national <<Faim Zéro>> au Bénin à l'horizon 2030. Gouvernement Béninois et Programme Alimentaire Mondial (PAM-Bénin). 192p.
<https://docs.wfp.org/api/documents/WFP-0000114271/download/>
(Consulté le 10/11/2020).
16. De Cock, N., D'Haese, M., Vink, N., van Rooyen, C.J., Staelens, L., Schönfeldt, H.C., D'Haese, L., 2013. Food security in rural areas of Limpopo province, South Africa. *Food Security* 5(2), 269–282.
17. Diouf Sarr, N.S., Basse, B.W., Fall, A.A., 2018. Taux et déterminants de l'adoption de variétés améliorées de riz au Sénégal. *Économie rurale. Agricultures, alimentations, territoires* 51–68.

- <https://doi.org/10.4000/economierurale.5897>
18. Doss, C., 2005. The effects of intrahousehold property ownership on expenditure patterns in Ghana. *J Afr Econ* 155(1), 149-180. DOI: 10.1093/jae/eji025.
 19. Duflo, E., Udry, C., 2004. Intrahousehold resource allocation in Cote d'Ivoire: social norms, separate accounts and consumption choices. In: National Bureau of Economic Research Working Paper No. 10498.
 20. Dury, S., Bocoum, I., 2012. Le « paradoxe » de Sikasso (Mali) : pourquoi « produire plus » ne suffit-il pas pour bien nourrir les enfants des familles d'agriculteurs ? *Cahiers Agricultures* 21(5), 324–336.
 21. Dury, S., Vall, É., Imbernon, J., 2017. Production agricole et sécurité alimentaire en Afrique de l'Ouest. *Cah. Agric.* 26, 61001. <https://doi.org/10.1051/cagri/2017047>
 22. EPA, E.P.A., 2019. Utiliser les résultats de recherche pour améliorer la sécurité alimentaire et nutritionnelle en milieu urbain. Netherlands Organisation for Scientific Research 12p. https://knowledge4food.net/wp-content/uploads/2019/09/EPAforum_concept-note_fr.pdf consulté le 16/06/2021.
 23. Gérard, F., Dury, S., Bélières, J.-F., Keita, M.S., Benoit-Cattin, M., 2012. Comparaison de plusieurs scénarios de lutte contre l'insécurité alimentaire au Mali. *Cahier Agriculture* 21(5), 356–365.
 24. Grethe, H., Luckmann, J., Siddig, K., Kinkpe, T., 2020. Analyse ex ante du ‘‘Plan National d'Investissements Agricoles et de Sécurité Alimentaire et Nutritionnelle’’ du Benin. Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH, Bonn et Eschborn, Allemagne ; 72p. https://www.snrd-africa.net/wp-content/uploads/2021/02/2021-02-05_GIZ_PNIASAN_FR_web.pdf (Consulté le 06/07/2021).
 25. Guindo, E., Diarra, S., Coulibaly, D., Diawara, F., Nina, N.K., Konate, F., Iknane, A.A., 2018. Comparaison du profil de sécurité alimentaire des ménages dans les régions de Gao et Sikasso en période de post-récolte au Mali. *Mali Sante Publique* 8(1), 18–21.
 26. Hackett, M., Melgar-Quiñonez, H., Taylor, C.A., Uribe, M.C.A., 2010. Factors associated with household food security of participants of the MANA food supplement program in Colombia. *Archivos Latinoamericanos De Nutricion* 60(1), 42–47.
 27. Headey, D., Ecker, O., 2013. Rethinking the measurement of food security: From first principles to best practice. *Food Security* 5(3), 327–343.
 28. Hoddinott, J., Haddad, L., 1995. Does female income share influence household expenditures? Evidence from Côte d'Ivoire. *Oxford: Oxford Bulletin of Economics and Statistics* PP.77-95.

29. INSAE, I.N. de la S. et de l'Analyse E., 2016. RGPH4: Cahier des villages et quartiers de ville du département de l'Alibori ; du Borgou et du Donga. REPUBLIQUE DU BENIN: MINISTERE DU PLAN ET DU DEVELOPPEMENT.
https://insae.bj/images/docs/insae-statistiques/enquetes-recensements/RGPH/1.RGPH_4/resultats%20finiaux/Cahiers%20villages/Cahier%20des%20villages%20et%20quartiers%20de%20ville%20Alibori.pdf (Consulté le 17/06/2020).
30. Isanaka, S., Mora-Plazas, M., Lopez-Arana, S., Baylin, A., Villamor, E., 2007. Food insecurity is highly prevalent and predicts underweight but not overweight in adults and school children from Bogotá, Colombia. *Journal of Nutrition* 137(12), 2747–2755.
31. Jayne, T.S., Mather, D., Mghenyi, E., 2010. Principal Challenges Confronting Smallholder Agriculture in Sub-Saharan Africa. *World Development* 38(10), 1384–1398.
32. Jones, A.D., Shrinivas, A., Bezner-Kerr, R., 2014. Farm production diversity is associated with greater household dietary diversity in Malawi: Findings from nationally representative data. *Food Policy* 46, 1–12.
33. Kayodé, A.P.P., 2018. Adoption de variétés de sorgho résilientes aux changements climatiques au Bénin. Le Centre technique de coopération agricole et rurale (CTA), Wageningen, les Pays-Bas. 36p. <https://hdl.handle.net/10568/98382> (Consulté le 12/11/2020).
34. Lebrun, N., 2013. Commerce et discontinuités. *Cahiers de géographie du Québec* 58(163), 7–149.
35. Legwegoh, A.F., Hovorka, A.J., 2013. Assessing food insecurity in Botswana: The case of Gaborone. *Development in Practice* 23(3), 346–358.
36. Leyna, G.H., Mmbaga, E.J., Mnyika, K.S., Hussain, A., Klepp, K.I., 2010. Food insecurity is associated with food consumption patterns and anthropometric measures but not serum micronutrient levels in adults in rural Tanzania. *Public Health Nutrition* 13(9).
37. Lourme-Ruiz, A., Dury, S., Martin-Prével, Y., 2016. Consomme-t-on ce que l'on sème ? Relations entre diversité de la production, revenu agricole et diversité alimentaire au Burkina Faso. *Cah. Agric.* 25, 65001. <https://doi.org/10.1051/cagri/2016038>
38. Macauley, H., Ramadjita, T., 2015. Les cultures céréalières: riz, maïs, millet, sorgho et blé. Groupe de la banque Africaine de Développement. 38p
https://www.afdb.org/fileadmin/uploads/afdb/Documents/Events/DakAgri2015/Les_cultures_c%20r%20ali%20res_riz__

- ma%C3%AFs__millet__sorgho_et_bl%C3%A9.pdf; consulté le 16/06/2021.
39. Maes, K.C., Hadley, C., Tesfaye, F., Shifferaw, S., Tesfaye, Y.A., 2009. Food insecurity among volunteer AIDS caregivers in Addis Ababa, Ethiopia was highly prevalent but buffered from the 2008 food crisis. *Journal of Nutrition* 139(9), 1758–1764.
 40. Malapit, H.J., Kadiyala, S., Quisumbing, A., Cunningham, K., Tyagi, P., 2015. Malapit HJ, Kadiyala S, Quisumbing A, Cunningham K, Tyagi P. Women’s empowerment mitigates the negative effects of low production diversity on maternal and child nutrition in Nepal. *J Dev Stud* 51: 1097–1123. *J Dev Stud* 51: 1097–1123.
 41. Martin-Prével, Y., Allemand, P., Wiesmann, D., Arimond, M., Ballard, T., Deitchler, M., Dop, M.-C., Kennedy, G., Lee, W.T.K., Moursi, M., 2015. Moving forward on choosing a standard operational indicator of women’s dietary diversity. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations. ISBN: 978-92-5-108883-8. 226p <http://www.fao.org/3/i4942e/i4942e.pdf> (consulté le 17/06/2021).
 42. Maxwell, D., Vaitla, B., Coates, J., 2014. Comment les indicateurs d’insécurité alimentaire des ménages se mesurent-ils? Une comparaison empirique de l’Éthiopie. *Food Policy* 47, 107–116. <https://doi.org/10.1016/j.foodpol.2014.04.003>
 43. Maxwell, S., Frankenberger, T.R., 1992. Household Food Security : Concepts, indicators, Measurements. A Technical Review. New York and Rome : UNICEF and IFAD. 280p. ISBN : 92-806-2021-5.
 44. MEPN, M. de l’Environnement et de la P. de la N., 2008. Convention-cadre des nations unies sur les changements climatiques. Fonds pour l’Environnement Mondial (FEM) et le Programme des Nations Unies pour le Développement (PNUD); Appui technique : GIEC, ENDA TM et UNITAR; Cotonou-Republic du Bénin; 81p. <https://unfccc.int/resource/docs/napa/ben01f.pdf> (Consulté le 11/10/2020).
 45. Michikpe, E., Adégbola, Y.P., 2017. Suivi-Rapproché des Exploitations Familiales Paysannes EFP dans les départements de l’Alibori et du Borgou, au nord-est du Bénin: Analyse de la Sécurité Alimentaire et Nutritionnelle (SAN). Document Technique et d’Informations No 04 Rapport fra PNOPPA URP-BAUDOPER-BA/INRABILARES/DDC 103 p Dépôt légal No 9273 du 13 mars 2017 Bibliothèque Nationale (BN) du Bénin, 1er trimestre. ISBN : 78-99919-2-829-6.
 46. Mulumeoderhwa, M.F., Mugisho, M.G., Rushigira, C., Biganiro, M.P., Vwima, N.S., Mushagalusa, N.G., 2020. Strategies d’adaptation

- et securite alimentaire des menages dans les hauts plateaux de minembwe au sud-kivu. *Agronomie Africaine* 32(2), 207–220.
47. Nagata, J.M., Magerenge, R.O., Young, S.L., Oguta, J.O., Weiser, S.D., Cohen, C.R., 2012. Social determinants, lived experiences, and consequences of household food insecurity among persons living with HIV/AIDS on the shore of Lake Victoria, Kenya. *AIDS Care - Psychological and Socio-Medical Aspects of AIDS/HIV* 24(6), 728–736.
 48. Ndiaye, M., 2014. INDICATEURS DE LA SÉCURITÉ ALIMENTAIRE. Intégrer les programmes de nutrition et de sécurité alimentaire en situation d'urgence et pour le renforcement de la résilience, Atelier Régional de Formation: 10-12 Juin 2014 Afrique de l'Ouest/Sahel – Saly, Sénégal. 27.
 49. Paridaens, A.-M., Ndiayé, A., 2017. République du Bénin: Analyse Globale de la Vulnérabilité et de la Sécurité Alimentaire (AGVSA). Programme Alimentaire Mondial des Nations Unies (PAM), Service de l'Analyse de la Sécurité Alimentaire (VAM) Siège social: Via C.G. Viola 68, Parco de Medici, 00148, Rome, Italie. https://www.insae-bj.org/images/docs/insae-statistiques/enquetes-recensements/Autres-Enquetes/AGVSA/Rapport_AGVSA_VF_2017.pdf (Consulté le 16/06/2019).
 50. PNUD, 2015. Rapport national sur le développement humain (AGRICULTURE, SECURITE ALIMENTAIRE ET DEVELOPPEMENT HUMAIN AU BENIN). http://hdr.undp.org/sites/default/files/rndh_2015_benin.pdf (Consulté le 10/01/2020).
 51. Pomalegni, S.B.C., Ahoyo Adjovi, N.R., Kpadé, C.P., Gbemavo, D.S.J.C., Allagbé, C.M., Adjanohoun, A., Mensah, G.A., 2019. Capitalisation des études et autres travaux sur les chaînes de valeur du maïs au Bénin. Document Technique et d'Informations (DT&I). CNSMaïs, INRAB, ProCAD, MAEP, PPAAO/WAAPP, Bénin. Dépôt légal N° 11236 du 29 avril 2019, 2ème Trimestre, Bibliothèque Nationale (BN) du Bénin. ISBN: 978-99919-75-87-0. 419 p. <http://www.slire.net>.
 52. Prskawetz, A., Winkler-dworak, M., Feichtinger, G., 2003. Prskawetz, A., Winkler-dworak, M., Feichtinger, G. Production, distribution and insecurity of food: a dynamic framework. *Structural Change and Economic Dynamics* 14, 317–337.
 53. Rea, L.M., 1997. Calcul de la taille d'un échantillon pour une enquête, in: *Fiches Techniques et Méthodologiques*. pp. 713–716.

54. Regassa, N., Stoecker, B.J., 2012. Household food insecurity and hunger among households in Sidama district, southern Ethiopia. *Public Health Nutrition* 15(7), 1276–1283.
55. Saliga, F., Alinsato, A., 2021. Analyse de la sécurité alimentaire des ménages agricoles dans le département du Borgou en République du Bénin. *Repères et Perspectives Economiques* 5(1).
<https://doi.org/10.34874/IMIST.PRSM/RPE/25756>
56. Shariff, Z.M., Khor, G.L., 2005. Obesity and household food insecurity: Evidence from a sample of rural households in Malaysia. *European Journal of Clinical Nutrition* 59(9), 1049–1058.
57. Sossou, C.H., 2015. Le financement de l'agriculture au Bénin : stratégies de gestion et d'adaptation des exploitations agricoles. Belgique, Université de Liège-Gembloux Agro-Bio Tech. 181 p. Thèse de doctorat (Sciences agronomiques).
58. Temple, L., Jean, M., Moise, K., James, B., Denis, R.D., 2015. Comparaison des trajectoires d'innovation pour la sécurisation alimentaire des pays du Sud. *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.* 19(1), 53–61.
59. Tiyou, A., Belachew, T., Alemseged, F., Biadgilign, S., 2012. Food insecurity and associated factors among HIV-infected individuals receiving highly active antiretroviral therapy in Jimma zone southwest Ethiopia. *Nutrition Journal* 11(51). DOI:10.1186/1475-2891-11-51.
60. Tsai, A.C., Bangsberg, D.R., Emenyonu, N., Senkungu, J.K., Martin, J.N., Weiser, S.D., 2011. The social context of food insecurity among persons living with HIV/AIDS in rural Uganda. *Social Science and Medicine* 73(2), 1717–1724.
61. VAM, S. de l'analyse de la sécurité alimentaire, 2014. Approche consolidée du PAM pour le compte-rendu des indicateurs de la sécurité alimentaire (CARI). PAM-Programme Alimentaire Mondial; Via Cesare Giulio Viola, 68/70—00148 Rome, Italy. 56p
<https://docs.wfp.org/api/documents/WFP-0000107746/download/>
(Consulté le 17/06/2021).
62. Vellema, W., Deisere, S., D'Haese, M., 2014. Verifying validity of the household dietary diversity score: An application of Rasch Modelling. 2014 International Congress, August 26-29-2014, Slovenia.
63. Yai, E., Yabi, J., Degla, P., Biaou, G., Floquet, A., 2020. Dimon E. Yai, Jacob A. Yabi, Gauthier Biaou, Anne Floquet, Pamphile Degla, 2020. Productivité agricole et sécurité alimentaires des ménages agricoles du Bénin: Approche des hétérodoxes [Agricultural productivity and food security of agricultural households in Benin : heterodox approach]. *International Journal of Innovation and Applied Studies* 29, 1199–1215.

64. Yallou, C.G., Aïhou, K., Adjanohoun, A., Baco, M.N., Sanni Ogbon, A., Amadou, L., 2010. Document Technique d'information et de Vulgarisation: Répertoire des Variétés de Maïs (Zea mays L.) Vulgarisées au Bénin. Dépôt légal n° 4920 du 3 Décembre 2010, 4ème trimestre. ISBN 978-99919-368-4-0. 19 p.
65. Yegbemey, R.N., Yabi, J.A., Aïhounon, G.B., Paraiso, A., 2014. Modélisation simultanée de la perception et de l'adaptation au changement climatique: cas des producteurs de maïs du Nord Bénin (Afrique de l'Ouest). Cahiers Agricultures 23, 177–187.



ESJ Natural/Life/Medical Sciences

Regards Sur Les Impacts Environnementaux De Projet d'Exploitation Minière Semi - Industrielle Dans Le Bassin Du Congo: Cas De La Rivière Aruwimi (Territoire De Basoko, RD Congo)

Mangambu Mokoso Jean De Dieu

Professeur, Laboratoire de Systématique Végétale, Biodiversité & Management des Écosystèmes (LSVBME), Département de Biologie, Faculté des Sciences, Université Officielle de Bukavu, RDC

Asimbo Bondoo Norbert

Assistant et Master de Spécialisation en Développement, Environnement et Sociétés, Département de l'Economie Publique, Faculté des Sciences Economiques, Université de Kisangani, RDC

Ekele Mbenga Robert

Professeur, Département des Gestions des Entreprises, Entrepreneuriat et Organisation du travail, Faculté de Psychologie et des Sciences de l'Education, Université Pédagogique Nationale, Kinshasa, RDC

[Doi:10.19044/esj.2021.v17n29p328](https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n29p328)

Submitted: 14 June 2021

Accepted: 20 August 2021

Published: 31 August 2021

Copyright 2021 Author(s)

Under Creative Commons BY-NC-ND

4.0 OPEN ACCESS

Cite As:

Mangambu Mokoso J.D., Asimbo Bondoo N. & Ekele Mbenga R. (2021). *Regards Sur Les Impacts Environnementaux De Projet d'Exploitation Minière Semi - Industrielle Dans Le Bassin Du Congo : Cas De La Rivière Aruwimi (Territoire De Basoko, RD Congo)*. European Scientific Journal, ESJ, 17(29), 328.

<https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n29p328>

Résumé

Le présent article se base sur l'étude d'impacts environnementaux du projet de l'exploitation minière semi - industrielle le long de la rivière Aruwimi autour de la cité de Liambe et ses environs en Territoire de Basoko par la société chinoise Xiang Jiang Mining Sarl. Une enquête quantitative et des cas qualitatifs ont été menés sur cinq couches différentes de la population du milieu. Après les analyses sur les conséquences de cette exploitation qu'envisage la société chinoise, notre étude a démontré que 76,63 % de la population enquêtée ne sont ni formées et ni sensibilisées sur le nouveau code minier modifié en 2018 par la RD Congo et 79,5 % ne maîtrisent ni la

nouvelle loi et ni leur droit. Les discussions menées auprès de ces peuples nous indiquent que cette tentative d'exploitation est caractérisée par un manque de formalisme et d'opacité. Actuellement, ce cours d'eau apparaît comme des réceptacles importants de tensions et conflits, en raison des abus majeurs qui se sont observés durant l'exploitation minière dans le territoire de Banalia. Ils considèrent cette tentative d'exploitation comme illicite qui est associée à nombreux phénomènes négatifs, tels que des conflits fonciers, des violations des droits de l'homme, la perturbation de l'écosystème aquatique et de procédure cavalière au mépris du processus réglementaire et légal. Face à ce danger, nous avons décidé de lancer ce cri d'alarme pour alerter la société sur le désastre écologique, environnemental et socio-économique qui guette les populations riveraines d'Aruwimi et exprimer ainsi notre désapprobation sur cette exploitation minière.

Mots clés : Exploitation Minière, Projet d'Atteinte Environnementale, Rivière Aruwimi, Territoire De Basoko, RDC

Insights Into The Environmental Impacts Of Semi-Industrial Mining Projects In The Congo Basin: Case Of The Aruwimi River (Basoko Territory In DR Congo)

Mangambu Mokoso Jean De Dieu

Professor, Laboratory of Plant Systematics, Biodiversity and Ecosystem Management (LSVBME), Department of Biology, Faculty of Science, Official University, DRC

Asimbo Bondoo Norbert

Assistant and Specialized Master in Development, Environment and Societies, Department of Public Economy, Faculty of Economics, University of Kisangani, DRC

Ekele Mbenga Robert

Professor, Department of Business Management, Entrepreneurship and Work Organization, Faculty of Psychology and Educational Sciences, National Pedagogical University, Kinshasa, DRC

Abstract

This paper focuses on the environmental impact assessment of the semi-industrial mining project of the Chinese company *Xiang Jiang Mining Sarl* along the Aruwimi River in Basoko Territory, around the Liambe city and its surroundings. Qualitative and quantitative surveys were conducted on five different strata of the local population. After analysis of the consequences of the planned exploitation by this company, this study clearly demonstrated that

76.63% of the population is neither trained nor aware of the new mining code as modified in 2018 by the Congolese authorities. Furthermore, 79.5 % of the people are not informed about the new law and their rights. Moreover, the discussions held with the population indicate that this attempt at exploitation is informal and lacks transparency. Today, this river appears to be a more important source of tensions and conflicts due to major abuses which are often observed in the mining zone. Such exploitations generate conflicts between the population and foreign firms, and the illicit exploitation of natural resources is associated with a number of negative phenomena, such as land conflicts, violation of human rights, destruction of the environment, disruption of the aquatic ecosystem, and a rider procedure in defiance of the regulatory and legal process. Faced with this danger, warning has been given to the local population in regard to an ecological, environmental, and socio-economic disaster that awaits the people living in the vicinity of Aruwimi and to express their total disapproval.

Keywords: Environmental Threats Project, Mining, Aruwimi River, Basoko Territory, DRC

Introduction

La dégradation des eaux et des terres arables continue d'être une inquiétude mondiale, en raison de la menace qu'elle représente à la fois pour le fonctionnement des écosystèmes et le bien-être des communautés humaines. Cela est dû soit à la croissance démographique, aux progrès technologiques, à l'industrialisation, à l'expansion agricole à tous les niveaux, et ont été le moteur d'un mode de développement qui a un impact dramatique sur l'environnement naturel (Lara-Pulido et *al.*, 2018). Ces changements globaux menacent les divers services écosystémiques rendus par ses biocénoses et les biotopes dans le Bassin du Congo qui est le deuxième poumon planétaire et joue un rôle capital sur la régulation du climat local et mondial (Bonan, 2008 ; Breshears et *al.*, 2011). Les écosystèmes du Bassin du Congo nous produisent du bois, assurent la séquestration de carbone, la quantité et la qualité de la recharge en eau des nappes, ou la prévention de la désagrégation des terres... (Dixon et *al.*, 1994 ; Stratos, 2011). Il faut évaluer le devenir des écosystèmes actuels et déterminer les capacités d'adaptation de ces écosystèmes face aux différents facteurs dus à l'exploitation des ressources naturelles impliquées dans les changements et les transformations relatives à l'usage des terres (Andre et *al.*, 2010, Breshears et *al.*, 2019).

Au regard de cette réalité, aujourd'hui, le monde est confronté à des enjeux environnementaux à tous les niveaux : micro, méso et macro. Les grands défis à relever sont majeurs à la suite de l'importance inestimable que revêt la gestion des terres, des eaux et des ressources naturelles renouvelables

(l'eau ou la terre) et essentiellement non renouvelables (les diamants, l'or etc). Le contrôle sur ses ressources naturelles ou leur utilisation est également un facteur important de tensions, voire de conflits entre groupes sociaux (Keenan et *al.*, 2002 ; Berzins et *al.*, 2007). Dans le cadre d'exploitation minière, les rejets miniers peuvent impacter négativement la santé des employés et des populations des localités abritant les mines, avec des conséquences inévitables sur le bien-être général des populations riveraines (Wakenge, 2019).

Selon l'Institut de la Francophonie pour le Développement Durable (IFDD, 2019), actuellement, l'amplification de l'exploitation des ressources de la planète est à la genèse d'une dégradation de l'environnement qui peut localement bouleverser les conditions de vie des communautés, notamment dans les pays en développements. L'exploitation des ressources à grande échelle comme les mines peut alors donner lieu à des conflits où l'environnement est en quelque sorte « un champ de bataille entre les intérêts divergents » des firmes et des populations locales. L'étude des conflits environnementaux autour du projet de l'exploitation des ressources constitue une orientation relativement récente de la recherche (Homer-Dixon, 1994) , à la charnière de la science de la nature d'une part, de la sociologie et de l'économie de développement d'autre part (Schröter et *al.*, 2005; Breshears et *al.*, 2019) pour tenter de répondre aux défis environnementaux de notre ère à la question d'utilisation et de vente de divers services écosystémiques (Hynes et *al.*, 2018).

Dans cette optique, l'Assemblée Générale des Nations-Unies a adopté le 27 septembre 2015, les 17 Objectifs du Développement Durable déclinés en 169 cibles pour la période 2015 à 2030. Ces objectifs sont un programme commun vers un monde durable, qui vise à piloter une transition à la fois économique, sociétale et environnementale, vers un développement soutenable pour la planète et pour l'homme. Cette vision laisse entendre qu'il n'y a pas de croissance économique sans qu'il y ait une gérance durable des ressources naturelles et sans solidarité ainsi qu'à l'exclusion des progrès humains. Face à cette réalité globalisante, Breshears et *al.* (2019), demandent que le monde actuel travaille dans cette perspective et toutes les stipulations doivent être mises en œuvre pour la promotion du nouveau paradigme industriel et économique (économie circulaire) et pour empêcher l'écroulement de notre maison commune.

La République Démocratique du Congo (RDC) est un pays immense (le deuxième plus grand de l'Afrique), aux innombrables ressources naturelles riches et variées. En plus d'une faune et d'une flore impressionnantes, elle possède l'un des plus grands domaines de forêt équatoriale au monde et d'importantes réserves en pétrole. Son sous-sol regorge de minerais et métaux divers (Coghlan et *al.*, 2007 ; Wakenge, 2019). L'immense fortune minière du bassin du Congo résulte de l'histoire géologique et de la position unique du

bassin de sédimentation de la cuvette centrale. En effet, la RDC immerge dans une mer intérieure qui remplissait la cuvette centrale. Celle-ci avait recueilli en bassin de sédimentation, lors de la désertification du Sahara, des quantités incommensurables des débris organiques du Sahara (Dmoergue & Mpoyi, 2012).

Au vue de toutes les convoitises qui apparaissent à la suite de la concentration dans le bassin du Congo de beaucoup des richesses naturelles, singulièrement minières, plusieurs observateurs et chercheurs estiment qu'il serait pratiquement impossible que la RDC vive en paix (Kamundala, 2012). Ils pourraient avoir raison au regard du cafouillage qui bat son plein dans les zones en conflits dont l'issue heureuse ne pointe pas encore à l'horizon. Une bonne raison pour interpeler le congolais est celui de l'exproprier de ses richesses. Dans cette perspective, les mines étant des ressources non renouvelables, au niveau de la cuvette centrale du bassin du Congo comme ceux de la rivière Aruwimi seront disparus avec une exploitation non contrôlée et anarchique (Abadie, 2008). La prise de conscience de cette gestion des richesses tend à faire l'unanimité entre les politiques et les scientifiques. Cette façon d'apercevoir le modèle économique traditionnel est en train de subir des mutations vers un système plus sociétal et durable (Coulibaly, 2013).

En RDC, plusieurs articles et ouvrages ont mis en défit l'exploitation minières par les firmes étrangers qui ne respectent pas la législation congolaise. Mazalto (2009), Kamundala (2012) et Grzybowski (2012) ont montré que l'exploitation des ressources minières industrielles apparaît comme négative à la fois pour l'environnement et le développement socio-économique. Les ONGs et mouvement citoyens qui soutiennent la population locale dans leur combat contre les projets miniers ont trouvé une certaine légitimation auprès de l'opinion publique pour ses atteintes aux droits de l'homme qui sont liées à l'absence d'une application efficace des lois dans ce secteur.

Les études menées par le Programme des Nations Unies pour l'Environnement (PNUE) en 2016 sur base d'un travail de terrain à Butuzi dans le Sud-Kivu et à Some dans l'Ituri ont montré que le secteur minier contribue à la pollution de la nature, à la déforestation, à la perte de biodiversité et à un problème lié à la sécurité du travail de la population indigène. Les recherches effectuées par la commission Justice et Paix de Wallonie -Bruxelles (2019), et par Cyuzuzo (2020) ont montré que l'un des problèmes centraux du secteur de l'exploitation minière pour la RD Congo en est sa gestion et le non-respect du cadre législatif des textes élaborés. Malgré ces conséquences néfastes perceptibles, les activités d'orpaillage et d'exploitation minière continuent à se développer. Mais, le rôle de sensibilisation que l'Etat et les Organisations

doivent jouer pour éveiller les consciences souffre des manquements (Lassourd, 2019).

Cette étude a pour objectif, d'analyser les conséquences environnementales du projet de l'exploitation minière dans le lit de la rivière Aruwimi en Territoire de Basoko qui se situe au centre de la cuvette centrale. Notre démarche tient compte de la contradiction qu'on voudrait entretenir entre le discours de lutte contre la pauvreté et celui du développement durable. Cette dichotomie n'est pas encore résolue en RDC, malgré la mise en place d'une norme conservacionniste depuis 2002 et son renforcement en 2018. Dans cette perspective, nous cherchons à comprendre comment l'exploitation minière industrielle détériore les autres ressources naturelles, dégrade le cadre de vie, crée l'instabilité et les conflits sociaux et perturbe la paix sociale. Ces entorses sont une réalité en milieux rural congolais avec son corollaire d'insécurité socio-politique et d'impacts environnementaux négatifs.

Approche Methodologique

Milieu d'étude

Cette étude est effectuée dans le Territoire de Basoko qui est une Entité Territoriale Déconcentrée (ETD) de la province de la Tshopo en RDC. D'une superficie de 22. 436 km² (Figure 1, De Saint Moulin, 2012). Il se situe à une altitude qui varie entre 120 à 800 m, une latitude de 1 à 2° Nord et une longitude de 20 à 26° Est, avec une taille de population estimée à 332.117 habitants, soit 15 habitants/Km². qui se trouve entièrement dans le bassin du Congo (source : Anonyme, 2016, Données du Bureau d'Etat civil de Basoko 2016).

Son climat est du type équatorial avec alternance de la saison sèche et la saison pluvieuse. La saison sèche va de mi-décembre à mi-mars, tandis que la saison pluvieuse va de mi-mars à mi-juin pour la saison culturale A et de mi-juin à mi-août ainsi que de mi-août à mi-décembre pour la saison culturale B. Sa température moyenne ambiante est supérieure ou égale à 25°C. L'amplitude thermique est nulle, les précipitations sont abondantes et non uniformément réparties au cours de l'année. Les pluviométries maximales sont enregistrées au mois d'avril et d'octobre, l'humidité et la chaleur sont constantes (Asimbo & Mangambu, 2021, sous presse).

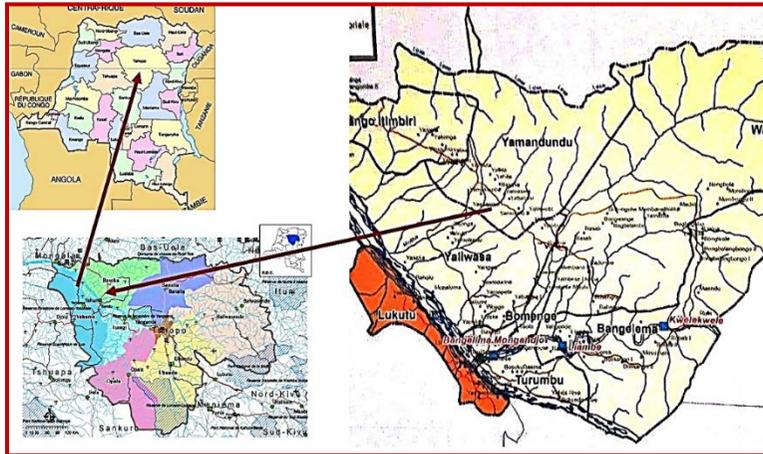


Figure 1. La carte du territoire de Basoko (De Saint Moulin, 2012)

Son relief est dominé par des grandes étendues de terrain plat de la plaine centrale orientale et avec plusieurs petites collines. Son sous-sol est riche en minerais (or, diamant, etc., Mangambu, 2021 sous presse). La végétation du territoire de Basoko est dominée par la forêt équatoriale sempervirente primaire ou secondaire, où dominent des essences exploitables telles que *Pericopsis elata* (Afromosia), *Gilbertiodendron dewevrei* (Limbalu), *Milicia excelsa*, *Uapaca guinensis*, *Prioria balsamifera*, *Entandophragma* ssp (Liboyo), etc. Les espèces phares de la faune de Basoko sont : les Hippopotames, Crocodiles, Eléphants, Singes (Chimpanzé commun, Colobes, Babouin...), Serpents (Vipères, Pitons, Mambas...), les divers oiseaux et poissons d’eaux douces (*Clarias* sp (Ngolo en langue locale), *Auchenoglanis* sp. (Foka), *Hydrocynus* sp. (Mbenga), *Distichodus* sp. (Mboto), *Heterobranchus* sp. (Kamba)... Mangambu, 2021 sous presse)).

La rivière Aruwimi, site d’étude est appelée aussi Lohale par la population de Basoko. Elle coule dans le Nord et le Nord-Est du pays, dans les régions de l’Ituri, des Uélés et de la Tshopo. Son cours supérieur porte le nom d’Ituri qui prend naissance dans la région de savanes située au nord du bassin de la rivière Kibali (Oberiuele, 2011).

Collecte et traitement des données

Collecte des données

Les recherches se sont déroulées de janvier - juin 2019 et d’août - décembre 2020 dans 22 villages et deux cités de territoire de Basoko. Pour récolter les données, nous avons utilisé trois techniques: documentaire, focus group et entretiens semi-structurés.

Pour la technique documentaire, nous avons consulté les archives du Territoire de Basoko, ceux des Divisions Provinciales des Mines et Géologie, des Ministères Nationaux de Mines et de l’Environnement...).

Les entretiens (focus group) et les enquêtes (entretiens semi-structurés) étaient orientés vers les acteurs de la société civile, les chercheurs locaux, les étudiants, les élèves des écoles secondaires, les commerçants, les pêcheurs & les agriculteurs, les autochtones, et d'autres riverains ainsi que les agents de l'Administration Territoriale.

En vue de nous rendre compte de la divergence des opinions émises par les intervenants, les interviews et les enquêtes avaient tenu compte du genre tel que proposé par Moreau et *al.* (2004), Touré (2010), et Gavard-Perret et *al.* (2011).

Traitement des données

Pour déterminer la taille de l'échantillon, la formule de Bouchard (2010) a été utilisée. Pour une population infinie allant jusqu'à 1 000 000 d'individus, on prend un échantillon de 96 personnes avec une marge d'erreur de 10 pour chaque catégorie.

$$NC = \frac{n \times N}{n + N} = \frac{96 \times 59268}{96 + 59268} = 95,5 \text{ soit } 96 \text{ personnes.}$$

NC : Taille de l'échantillon corrigé, N = la taille de la population-mère (taille de l'univers) et n = la taille de l'échantillon pour une population infinie ou Taille de l'échantillon pour l'univers fini.

Suivant la méthode non probabiliste Howell (2004), Acar et Sun (2013), 742 personnes ont été enquêtées avec une moyenne de 106 personnes par catégorie.

Le traitement des données a mis l'accent sur la recherche des pourcentages et des moyennes arithmétiques des données qualitatives mesurées. La mesure des liaisons a été faite en recourant au test de Khi-deux et de l'analyse de régression de valeur p ($<0,05$). Les conditions de validité de ce dernier test ont été vérifiées avant son application (Howell, 2004). L'analyse de régression utilisée a permis la modélisation des relations entre différentes variables (dépendantes et indépendantes). Ces analyses ont été réalisées grâce à des logiciels Excel et R.

Perspective Des Impacts Environnementaux Du Projet De L'exploitation Minière Semi - Industrielle

Dans le contexte actuel où les idées du développement durable éprouvent une audience graduelle, le fait qu'une activité par essence même temporaire, puisse transformer profondément le cadre naturel d'une région et compromettre peut-être définitivement une autre forme d'exploitation après la fermeture de la mine, apparaît de plus en plus difficile à accepter. C'est dans cet esprit que les mouvements environnementalistes de Basoko qui se réclament pour la plupart de l'altermondialisme combattent l'industrie minière

dans laquelle ils voient une des formes les plus scandaleuses de l'exploitation du Sud par le Nord et même l'une des causes de l'absence de développement.

Le nouveau code minier de la RDC de 2018 contient trente-deux innovations sur les opérations d'exploitation minière (demande d'exploitation minière, permis d'exploitation, étude d'impact environnemental sous l'approbation d'une Etude d'Impact environnemental et Social (EIES), capitaux des entreprises, etc.). Il contient aussi des obligations au plan social, sécuritaire et environnemental pour les exploitations minières. D'autres textes légaux tels que le code de l'urbanisme et de l'eau intègrent des exigences environnementales, loi relative à la conservation de la nature et des arrêtés ministériels en charge des mines, de l'administration territoriale et de la sécurité qui interdit l'orpaillage offensive sur l'environnement naturel et social, mais leurs applications posent des problèmes. Dans cette optique que nous réalisons les analyses ci-dessous tourné sur le projet d'exploitation minière semi - industrielle de la rivière Aruwimi.

Maitrise du nouveau code minier de la RDC et droit des autochtones

D'après le nouveau code minier de la RDC de 2018 et son décret n° 18/024 du 08 juin 2018, le capital social apporté par le requérant ne peut pas être inférieur à 40% des dites ressources. Et pourtant cette société chinoise *Xiang Jiang Mining Sarl* ne présente qu'un chiffre d'affaires de dix mille dollars américains. Les focus-groupes et les interviews semi- structurés organisés dans le territoire de Basoko auprès 742 personnes (locales et autochtones) révèlent la situation synthétisée dans le Tableau 1. Il ressort de ce tableau que 76,63 % de la population enquêtée ne sont ni formées et ni sensibilisées sur le nouveau code minier de 2018. Les résultats obtenus démontrent que la population locale et peuple autochtone qui seront déplacés de leurs villages ignorent leurs droits. Ce qui viole le code minier dans son article 281, alinéas 7 et 7 bis.

Le tableau 2 renseigne que 79,5 % de la population locale et peuple autochtone enquêtés ne maitrisent ni la nouvelle loi, ni leur droit. Ils auront des obstacles juridiques pour rédiger le cahier des charges dans le cadre d'accord entre les deux partenaires (exploitant minière et la population locale) visant la concrétisation des actions du développement durable en vue d'améliorer leur bien-être social, économique et culturel (Article 285).

Tableau 1. Formation et sensibilisation des populations sur le nouveau code minier de 2018

| Catégories des interviews | Nombre et pourcentage de variable mesuré | | | | | |
|--------------------------------|--|------|-----|------|-----|-----|
| | oui | % | Non | % | C.P | % |
| Acteurs de la Société civile | 15 | 2,02 | 59 | 7,95 | 32 | 4,3 |
| Chercheurs locaux et Etudiants | 26 | 3,5 | 51 | 6,87 | 29 | 3,9 |
| Elèves des écoles secondaires | 2 | 0,27 | 97 | 13,1 | 7 | 0,9 |
| Commerçants | 2 | 0,27 | 89 | 12 | 15 | 2 |

| | | | | | | |
|---|----|------------|-----|-------------|-----|-------------|
| Pêcheurs et Agriculteurs | 3 | 0,4 | 97 | 13,1 | 6 | 0,8 |
| Autochtones et d'autres riverains | 6 | 0,80 | 88 | 11,9 | 12 | 1,6 |
| Agents de l'administration territoriale | 10 | 1,34 | 89 | 12 | 7 | 0,9 |
| Total | 64 | 8,6 | 570 | 76,8 | 108 | 14,6 |

Source: Enquête sur terrain : janvier - juin 2019 et août - décembre 2020

Légende: C.P : Connaissance partielle

Tableau 2. Maitrise de la nouvelle loi et le droit de la population locale et peuple autochtone

| Catégories des interviews | Nombre et pourcentage de variable mesuré | | | | | |
|---|--|------------|-----|-------------|-----|-----------|
| | oui | % | non | % | C.P | % |
| Réponses | | | | | | |
| Acteurs de la Société civile | 18 | 2,4 | 57 | 7,68 | 31 | 4,2 |
| Chercheurs locaux et Etudiants | 13 | 1,8 | 66 | 8,89 | 27 | 3,6 |
| Les Elevés des écoles secondaires | 0 | 0 | 101 | 13,6 | 5 | 0,7 |
| Commerçants | 0 | 0 | 96 | 12,9 | 10 | 1,3 |
| Pêcheurs & Agriculteurs | 0 | 0 | 100 | 13,5 | 6 | 0,8 |
| Autochtones et d'autres riverains | 9 | 1,2 | 88 | 11,9 | 9 | 1,2 |
| Agents de l'administration territoriale | 16 | 2,2 | 85 | 11,5 | 5 | 0,7 |
| Artisans de la Société civile | 56 | 7,5 | 593 | 79,5 | 93 | 13 |

Source: Enquête sur terrain : janvier - juin 2019 et août - décembre 2020

Les mêmes interprétations viennent se confirmer par les analyses statistiques des régressions et P value ($R^2 = 0,81$ et $p < 0,05$; $R^2 = 0,83$ $p < 0,05$, figures 2 et 3). Il y a lieu de penser que, le comité permanent d'évaluation des activités minières ne se préoccupe pas de la formation de la population autochtone et locale qui va subir les conséquences après le passage de cette firme chinoise.

L'analyse de la Figure 4 montre que les Acteurs de la Société Civile semblent être plus impliqués dans la mobilisation du comité local sur les impacts environnementaux de l'exploitation minière semi - industrielle avec en moyenne $14 \pm 3,46$ d'intervalle.

Les peuples autochtones et les agents de l'administration locale (territoriale et de la chefferie) sont moins impliqués sur les conséquences d'impacts environnementaux de l'exploitation semi - industrielle et les résultats des analyses sont moins significatifs respectivement de $(8,83 \pm 3,48)$ et (10 ± 3) sur l'ensemble des données recueillies, alors que leur rôle est d'éclairer et d'éduquer la population sur la question d'impact environnemental et social des projets d'exploitation minière. En plus, les organisations de la société civile doivent accompagner les communautés locales en les avertissant sur leurs droits et leurs quotes-parts de la redevance minière, etc.

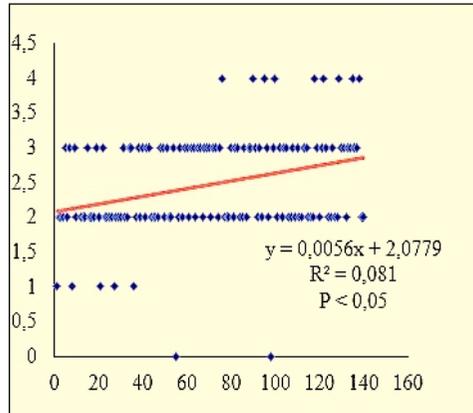


Figure 2. Réponse de P-value et régression sur la formation et sensibilisation sur le nouveau code minier de 2018

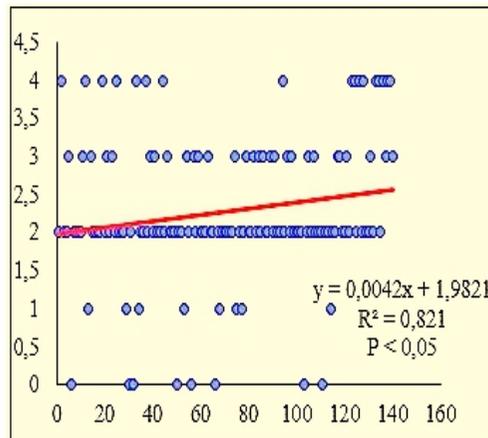


Figure 3. Réponse de P-value et régression sur la maitrise de la nouvelle loi et le droit de la population locale et autochtones

La dimension moyenne globale de l'analyse pour tous les acteurs montre d'une part que, le manque d'information et la non sensibilisation de ses acteurs sur le nouveau code minier de 2018 et la non maitrise de la nouvelle loi et le droit de la population locale et autochtones d'autre part n'est pas significative entre Catégories des interviews (Kruskal-Wallis : $X^2 = 17.03$, $df = 2$, $p\text{-value} = 3.96e-05$). Les investigations ont montré que le nombre moyen des catégories des interviews n'est pas distinct d'un groupe à un autre. Ces alternances entraînent une différence significative entre les moyennes de différents groupes des catégories des interviews (Kruskal-Wallis : $X^2 = 18.77$, $df = 2$, $p\text{-value} = 3.117e-07$).

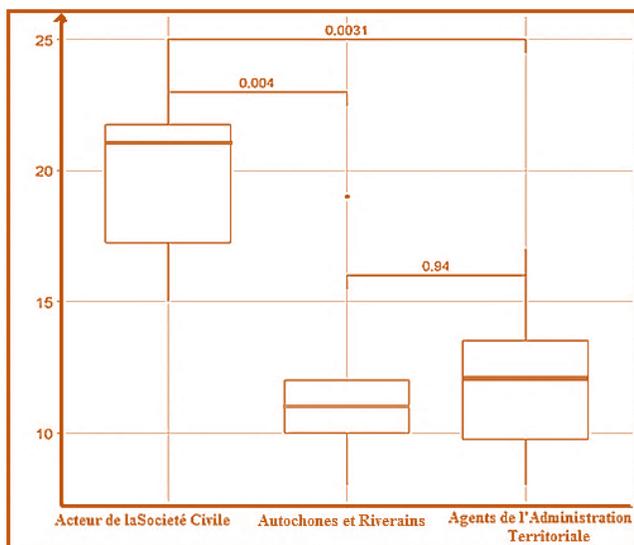


Figure 4. Distance de dimension d'importance des acteurs de comité permanent d'évaluation des activités minières

Ces résultats montrent que les textes légaux en vigueur dans notre pays présentent l'exigence d'évaluation environnementale et sociale pour ce type d'activité (exploitation minière) mais force est de reconnaître que cet outil qui devrait permettre de prévenir et gérer les risques et les catastrophes, n'est pas convenablement utilisé ou reste ignoré par certains acteurs.

Exploitation Minière : une activité sous pression environnementaliste Panorama de l'exploitation minière et les pratiques locales de survie

L'agriculture et la pêche sont les activités les plus pratiquées par la population de Basoko, à cause des habitudes culturelles des tribus, mais dans principe de la productivité des ressources (sol, forêt et eau). Voici les propos d'un notable : « *l'eau est pour nous l'élément essentiel pour notre vie des Basoko dans notre diversité culturelle. Notre vie ne se conçoit pas et ne se vit pas sans rivière, ruisseau ou fleuve. L'exploitation minière sur notre rivière perturbera notre vie quotidienne, malgré les multiples promesses de développement.* » Un autre déclare : « *cette exploitation ne nous permettra plus de produire riz, arachides, huiles de palme, maïs, ignames, bananes, manioc etc., sur les terres côtières de la rivière Aruwimi. Nous vivons de cette forêt marécageuse que traverse notre rivière qui nous produit les gibiers, les escargots, les chenilles, les termites, etc. Et la pêche est notre activité quotidienne privilégiée. Nos enfants ne mangeront plus des poissons frais, fumés, salés... ainsi que les produits de l'élevage domestique (poules, porcs, chèvres, moutons...)* »

Regards sur les impacts environnementaux : Discours de la population locale

Le projet minier sur la rivière Aruwimi dans la zone de Liambe (*Baonde, Liambe, Yakoyo, Yangonde-Lioto, Ilongo, Likombe, Bobaula, Mongandjo...*) visant l'exploitation semi-industrielle des gisements aurifères et adamantins est à haut risque pour plus de 80% de la population souligne un leader local. D'autres témoignages enregistrés élucident que *« Depuis des générations, les riverains de cette majestueuse rivière vivant principalement des fruits de ses eaux et en usent comme boisson. Et cette rivière servant de colonne vertébrale pour ces communautés et la principale voie de communication pour leur mobilité. »*. *« Si jamais une exploitation minière avait lieu dans Aruwimi, les effets sur la qualité de l'eau et la disponibilité des ressources en eau dans la zone du projet en constitueraient, peut-être, l'impact le plus important »*.

Les questions clés seraient de savoir si la qualité des eaux, les apports en eau de surface resteraient propices à la consommation humaine et supporterait la vie aquatique et la faune terrestre native dans la zone du projet. Selon la ligue des chefs coutumiers : *« Liambe étant dans une zone à forte pluviométrie, des facteurs de pollution des eaux peuvent se produire par le secteur artisanal minier à petite échelle locale et informelle, figure 5 »*. *Les conséquences seront énormes pour la région d'exploitation et au-delà de l'embouchure de la rivière Aruwimi. Dans les eaux de surface, des concentrations élevées de particules dans la colonne d'eau pourront produire des effets toxiques à la fois chroniques et aigus chez les poissons qui sont une des Ressources à la base des Activités Régénératrices des Revenues (AGR) et la principale source protéinique des riverains.*

L'exemple de Banalia, en amont de la rivière Aruwimi nous renseigne selon le rapport de SAESSCAM- Antenne de Kisangani (2020) que : *« Les grandes quantités d'eau qui seront déversées dans la nature, durant toute la durée de l'exploration, contenant des débris de roches du sol 'argilo-sablonneux', auraient des impacts fâcheux sur la vie végétale et même animale dans la région déversoire. Donc, nous sommes contre cette exploitation, nous les détenteurs de la terre et des eaux ancestraux »*.

D'après le même rapport de SAESSCAM - Antenne de Kisangani (2020), toutes exploitations minières semi-industrielle vécues dans la province de la Tshopo provoquent des dépôts des sédiments dans les eaux de surface, ou dans les plaines d'inondation d'une vallée de cours d'eau et aggravera davantage les processus d'érosion. La sédimentation causera l'accumulation de couches épaisses de minéraux fins et d'alluvions dans les endroits d'inondation ainsi que la putréfaction des habitats aquatiques et la perte de capacité de stockage des plans d'eau. Le cas de nos voisins, les Abolo de Banalia en est une illustration.

Dans le cas de la zone de Liambe et ses environs, vue son sol argilo-sablonneux et érosif, les principaux facteurs qui influenceront l'érosion comprennent le cubage et la promptitude du ruissellement provenant des précipitations, le taux de pénétration dans le sol, la quantité de la couverture végétale qui sera détruite, la distance de la pente ou l'intervalle à partir du point d'origine de l'écoulement en nappe ainsi que les compositions de contrôle d'érosions opérationnelles.



Figure 5. Terrain frivole et accidenté résultat du secteur artisanal minier à petite échelle locale sur la berge de la rivière Aruwimi aux environs de Liambe (Photo Dewe, 2020)

Déforestation et dégradation des sols et pollution atmosphérique

Déforestation et dégradation des sols

Avant l'exploitation minière, il faut aussi voir l'aspect agricole et comprendre l'évolution du mécanisme de déforestation durant les années à venir. Un chercheur de la lignée royale nous démontrera que les impacts de déforestation et de dégradation des sols liés à l'exploitation minière semi-industrielle. « *D'après lui, ces activités minières sont des véritables catalyses de dégradation profonde des conditions bio- et pédoclimatiques qui pourraient entraîner un autre régime thermique ainsi qu'une nouvelle dynamique de l'eau dans le sol et affecteront les premiers mètres du profil pédologique. Ce fut le cas à Banalia où l'exploitation ne se faisait que sur 10 carrés miniers* ».

Pour Basoko, 50 carrés miniers seront mis en exploitation (-N°CAM/CR/8262 du 29 novembre 2019 pour le Permis de recherche N°14764, Exclusivité de **30 carrés**, situés dans le territoire de BASOKO en Province Orientale et N°CAM/CR/8261 du 29 novembre 2019 pour le Permis de recherche N°14763, Exclusivité de **20 carrés**, situés dans le territoire de BASOKO en Province de la Tshopo). Les résultats de l'exploitation minière locale (exploitants locaux) dans l'Hinterland de la rivière Aruwimi mettront

en cause la stabilité de la structure modifiée par la dégradation des propriétés physiques notamment : la porosité, la densité, la perméabilité, l'infiltration, l'érosion qui appauvrissent le sol en particules fines, le réel support à la fertilité du sol ; l'appauvrissement du stock organique (ce qui rompt l'équilibre minéralisation - humification) ; l'acidification et enfin les déséquilibres minéraux (Figure 6).

Les émissions atmosphériques des substances nuisibles

Les émissions atmosphériques se produisent à chaque étape du cycle de la mine, mais surtout pendant l'exploitation, le développement, la construction et les activités opérationnelles, en réduisant la pollution en fin de cycle, déclare un scientifique : *« on risque de la transférer d'un milieu à un autre, où elle pourrait créer des problèmes environnementaux tout aussi graves, ou même finir par être une source indirecte de pollution du même milieu. Sans être aussi onéreuse qu'une mesure correctrice, la réduction de la pollution en fin de cycle peut augmenter sensiblement le coût des procédés de production sans ajouter de valeur »* suivant le rapport de SAESSCAM (Service d'assistance et d'encadrement du secteur minier de type artisanal) de Kisangani.

L'exemple de Banalia et de Bafwasende nous renseigne par SAESSCAM- Kisangani que : *« les opérations minières requièrent de grandes quantités de substances et des déchets contenant des particules qui sont souvent dispersées par le vent et sont souvent sources de la contamination atmosphérique dans les opérations minières ».*



Figure 6. Destruction de verge de la rivière Aruwimi aux environs de la Localité de Likombe, Territoire de Basoko (Photo M. Silencieuses, 2009)

Un agronome du milieu, en se basant du même rapport de SAESSCAM- Kisangani, dit que : *« ces émissions des particules dans l'atmosphère comprennent : le stockage et le transport de matériaux, le*

traitement des mines, la poussière fugitive, l'abattage, les activités de construction et les galeries associées aux activités minières, les coussins de lixiviation, les tas de résidus de minerais, les bassins de transvasements et les amas de déchets des roches. Les sources et les caractéristiques des émissions des poussières fugitives dans les opérations minières varient dans chaque cas, il en est de même pour leurs impacts. Les particules des matières sont transportées par le vent, à la suite de fouilles d'abattages par explosion, de transport des matériaux, de la désagrégation par le vent, des particules fugitives provenant des installations des résidus, des endroits de culbutage...qui provoquent des effets graves sur la santé humaine (maladie d'origine cardiaque et pneumonie) et sur l'environnement ».

A tous les niveaux, les effets sur l'environnement seront perceptibles. Ces exploitations présenteront des risques sur l'environnement. En autre terme, l'exploitation minière est une des activités ayant le plus fort impact environnemental et à ce titre elle est fortement contestée par les ONG environnementalistes et les communautés locales qui en subissent directement les effets de la pollution, de la dégradation de l'environnement, les pollutions et des nuisances.

Exploitation Minière Et Defis Environnementaux : Diversité Des Situations

La gestion des terres et des ressources naturelles compte parmi les défis critiques auxquels les pays en développement sont confrontés aujourd'hui. L'exploitation de ressources naturelles de forte valeur, qu'il s'agisse d'hydrocarbures, de minéraux ou de bois, a souvent été associée à la genèse, à l'escalade ou à la persistance de conflits violents autour des firmes étrangères et la population locale. On observe aussi une multiplication des situations de concurrence et de conflit face à une diminution de ressources renouvelables, notamment en eau, minerais et en terres (Hanson, et *al.*, 2009).

Cet état de choses a été encore aggravé par la dégradation de l'environnement, la croissance démographique et le changement climatique. La gestion défectueuse de terres et de ressources naturelles a contribué à la création de nouveaux conflits, tout en compromettant la résolution pacifique de ceux qui existaient déjà (Hanson, et *al.*, 2009). Ainsi, les divers champs d'application de l'évaluation environnementale dans la prévention et la gestion des catastrophes, tant au niveau de la réalisation des projets miniers qu'à celui de la planification stratégique permettant de faire le bilan des pratiques à cet égard, semblent méconnus ou mal appliqués.

Demande mondiale des minerais

L'essor considérable de la demande mondiale de certains minerais depuis la fin du XX^{ème} a conduit à la multiplication des grands projets miniers, concernant notamment des métaux très convoités et de plus en plus rares comme l'or. Dans le même temps, les firmes qui veulent créer de nouvelles exploitations minières de grandes dimensions et à l'impact environnemental considérable, risquent de plus en plus de se heurter à une opposition résolue des populations locales soutenues par des ONG environnementalistes. L'influence de ces dernières sur les opinions publiques par le biais de campagnes médiatiques, peut faire pression sur les Etats et amener ceux-ci à remettre en cause les projets miniers (Wakenge, 2019).

Certaines firmes, conscientes de l'enjeu capital que constitue leur image environnementale, ont réussi, mieux que d'autres, à développer une stratégie, une communication et des actions permettant de rendre plus acceptables leurs projets miniers, même quand ceux-ci ont un impact considérable sur l'environnement (Bebbington et *al.*, 2008). Si les conflits entre compagnies minières et groupes environnementalistes ont été de plus en plus nombreux au cours des dernières années, notamment dans les pays en voie de développement, ils ne sont pas non plus systématiques et n'ont pas reçu le même soutien des communautés d'habitants (Coulibaly, 2013). L'analyse de différents projets d'exploitations aurifères et diamantifères en cours, ou au contraire infructueux, permet d'étudier la stratégie suivie par les firmes pour se rendre environnementalement acceptables. Elle permet aussi de discuter de l'impact de ces projets à plus ou moins long terme dans la perspective du développement durable (Glasson & Therivel, 2013).

Minerais de conflit : malédiction des ressources naturelles et/ou le développement ?

Si la région africaine des Grands Lacs possède d'énormes richesses naturelles, on en parle plus souvent en termes de « *malédiction des ressources naturelles* » et « *minerais de conflit* » plutôt qu'en termes de « *développement, emploi et soulagement de la pauvreté* ».

La situation difficile dans l'Est de la RDC suscite une attention croissante de la part de la communauté internationale. L'exploitation des minerais du Congo se déroule actuellement dans un climat d'insécurité, de financement de groupes rebelles, de violation des droits humains, de taxation illégale et de contrebande, privant ainsi l'Etat des moyens financiers nécessaires (Matthysen et *al.*, 2011).

L'exploitation minière consiste à extraire des pierres de la croûte terrestre contenant des minéraux ou des métaux utiles en proportion suffisamment intéressante pour justifier leur exploitation (Matheus, 2018). Durant cette exploitation, la gestion de l'eau, de l'énergie et des déchets

constitue une part importante qui détruit l'environnement, les déchets générés sont potentiellement dangereux et ses conséquences environnementales se maintiennent sur la productivité des sites et ont des effets d'héritage non voulus jusqu'aux générations futures (Matheus, 2018 ; Wakenge, 2019). Nonobstant le durcissement de la réglementation environnementale et le nouveau code minier, la pression accrue de l'opinion publique proteste contre l'exploitation (Wakenge, 2019), des mines du lit de la rivière Aruwimi dans la zone de Liambe, malgré l'obtention des permis d'exploitation par une société chinoise *Xiang Jiang Mining* Sarl.

En amont de la rivière, cette société chinoise avait extrait de l'or et de diamant. Malheureusement à l'ouverture, pendant l'extraction et à la fermeture de la mine, cette société n'avait pas développé des stratégies pour réduire les risques, et mettre en place de meilleures pratiques pour diminuer les coûts d'assainissement environnemental. Au contraire, les pollutions, la destruction environnementale et la non coopération avec les communautés locales sont les souvenirs que la société aurait laissé dans le territoire de Banalia (Ekele & Mangambu, 2020).

Face à l'obstination de cette société d'exploiter la rivière Aruwimi avec ses permis de recherches, malgré l'opposition de la communauté locale, cette société cherche toujours des moyens et des soutiens politique avec la complicité de certaines notabilités pour une exploitation forcée sans tenir compte des patrimoines centrales même si le sol et le sous-sol appartient à l'Etat. Si les populations de Basoko, particulièrement celles de la zone d'exploitation sont expropriées de leur terre au profit de cette société, elles seront de toute évidence, privées de leurs principaux moyens de subsistance.

L'essor de l'exploitation minière : un privilège majeur pour le développement du pays ?

L'essor de l'industrie minière est une prérogative pour la RDC, la connaissance des stratégies et des palliatifs pour juguler les dégâts éventuels est capitale. Cela permettra à l'ayant droit, c'est - à-dire à la communauté locale de prendre une décision éclairée et responsable. En RDC, les fondations légales concernant la protection et la gestion de l'environnement dans le cadre des activités minières sont fondées sur différents textes réglementaires, dont le code minier, établi en 2002 et révisé en 2018 qui malheureusement ne sont pas respectés. Ce code minier révisé devrait conditionner l'octroi d'un permis d'exploitation à la préparation et la réalisation préalable d'une prospection des études d'impacts environnementaux (EIE) etc. Les réponses reçues durant les investigations montrent que la population locale n'est pas informée de ses droits mais est bien informée de ce qui était survenu à Banalia et Bafwasende, territoire voisin de Basoko. Cette population a peur des conséquences qui se

lisent en filigrane sur les impacts enregistrés à Banalia, à la suite d'une exploitation similaire.

Au lieu donc de tenir compte de l'intérêt du peuple congolais et de l'avenir des générations futures, les gouvernements national et provincial ont préféré vendre quasiment la moitié de cette rivière dans le territoire de Basoko, la découper en carrés miniers, soit pour un contrat de recherche, soit pour un contrat d'exploitation. Ne comptant que sur le présent, le gouvernement congolais démontre le manque de la politique de planification à court, à moyen et à long terme pour assurer aux générations futures d'un cadre idéal pour leur épanouissement et leur développement. Avec cet esprit affairiste et mercantiliste dans le patronat de nos autorités (certaines autorités politiques de la province, des Entité Territoriale Décentralisée, cadres du cadastre minier ont poussé à l'extrême sur l'enrichissement facile à travers le secteur minier) qui caractérise cette diplomatie, les germes de futurs conflits terriens entre les grands propriétaires miniers et le petit peuple congolais sont bien perceptibles. L'eau et la terre sont des causes des grands conflits partout au monde ; croire qu'on peut les résoudre soit par pression, soit par l'argent, relève de l'illusion et de manque de sens de prévention pour l'avenir.

Impacts sur les ressources en eau

Reliée à la question de la fertilité des sols et, par conséquent, à la survie et au bon fonctionnement de toutes les sociétés humaines depuis leurs origines, l'eau douce occupe une place centrale dans les préoccupations quotidiennes des hommes et fait l'objet d'une fervente adoration dans de nombreuses cultures. La forme que revêtent les eaux porteuses de bienfaits varie en revanche en fonction des sociétés et de leur environnement. L'importance vitale de l'eau douce la fait figurer dans certains mythes de la création. Dans les croyances mésopotamiennes l'eau douce, est à l'origine de tout ; et est généralement liée aux mythes concernant l'origine de l'espèce humaine. La mythologie égyptienne ancienne, dont la prospérité est liée aux crues du Nil qui fertilisent les terres de la vallée qui s'étend en plein désert, plusieurs divinités sont directement associées au fleuve (Glasson & Therivel, 2013).

Le drainage d'acide minier et la lixiviation des contaminants

La lixiviation (du latin *lixivium*=lessive) est la méthode d'extirpation de minerai par lavage et percolation, pour le cas d'espèce, à l'acide sulfurique (Lu, 2012). La capacité de drainage de l'acide minier est une question-clé. La réponse déterminera si ce projet minier dans la région de Liambe est acceptable pour l'environnement. Lorsque les matériaux minés sont creusés, et exposés à l'eau et à l'oxygène, des acides peuvent se former si les minéraux sulfure ferreux sont nombreux et s'il y a une capacité approximative de matériaux neutralisants pour nettoyer André et *al.* (2006) et Rapport de

SAESSCAM, Antenne de Kisangani (2020). Pour compenser l'acide, à son tour, lessivera ou dissoudra les métaux et autres contaminants dans les matériaux minés et formera une solution acide, à forte teneur en sulfates et riche en métal (Vaessen & Brentführer, 2015).

L'érosion des sols et les déchets miniers dans les eaux de surface

Le sol de Liambe et de toute la zone environnante où le projet minier voudrait s'implanter est argilo-sablonneux et subit des érosions régulières. Cette condition de ravinement du sol, la formation de boues dans l'eau de surface et la dégradation de la qualité de celle-ci est un grave problème de la région. La pédologie de ce bassin de sédimentation « argilo-sablonneux » qui fait partie de la cuvette centrale est émergée « d'une mer intérieure » très riche en tourbières. Ces capteurs de gaz à effet de serre (les tourbières) dont la libération du CO₂ (emprisonné dans les tourbières) aura des effets nuisibles pour toute la planète, à la suite du réchauffement climatique qui en résulte.

Une étude financée par la Commission Européenne dans le Katanga et le Kasai, a révélé que la grande superficie de terre est endommagée par l'exploitation minière et par des grandes quantités de substances exposées sur les sites. Le ravinement du sol est une préoccupation majeure sur les sites miniers (Glasson & Therivel, 2013). La lutte contre l'érosion doit être de mise, depuis le début des opérations jusqu'à l'achèvement des travaux de réhabilitation environnementale (Otto, 2009 ; Vaessen & Brentführer, 2015).

Le sol de Liambe est de nature érosive, toute exploitation de genre minier pourrait provoquer des chargements importants des atterrissements vers des plans d'eau proches, pendant des tourmentes sévères et de grandes périodes de la crue d'eau de la rivière Aruwimi (Figure 7). La population de Liambe jusqu'à *Yakoyo* serait obligée d'émigrer, mieux encore de se délocaliser. Vue son sol argilo-sablonneux et érosif de la zone de *Liambe, Likombe, Ilongo-Mbutu, Ilongo-Koki, Yangonde-Lioto, Yakoyo, Bomane, Baonde,...* les principaux facteurs qui influenceront l'érosion comprennent le volume et la vitesse du ruissellement provenant des précipitations, le taux d'infiltration des précipitations dans le sol, la quantité de la couverture végétale qui sera détruite, la longueur de la pente ou la distance à partir du point d'origine du ruissellement en nappe au point où la sédimentation commence, ainsi que les structures de contrôle d'érosion opérationnelles (Vaessen & Brentführer, 2015).

Les incidences pourraient inclure une baisse du pH ou des accumulations des métaux dans les eaux de surface et/ou la contamination persistante des sources d'eaux souterraines. Les sédiments contaminés peuvent également réduire le pH des sols, de telle sorte que la végétation et les habitats qui s'y rattachent soient effrités au point d'entamer la productivité

agricole et créer des perturbations climatiques au niveau local (Busse & Gröning, 2013).

Au-delà du potentiel pour des impacts polluants sur la vie humaine et aquatique, il existe des impacts physiques potentiels associés à l'augmentation du volume et de la vitesse de ruissellement découlant des nouvelles activités de perturbation des terres. Des vitesses et volumes accrus peuvent conduire à des inondations en aval, l'érosion des canaux de cours d'eau et des dommages structuraux au niveau des pieds des ponts et des entrées des ponceaux (Stratos, 2011).



Figure 7. A Gauche, terrain superficiel du village *Yakoyo*, et à Droite, terrain superficiel du village *Baonde*, riverain de la rivière Aruwimi (Photo Dewe)

Une observation scientifique laisse penser que dans la zone de Liambe et ses environs (*Likombe, Ilongo-Mbutu, Ilongo-Koki, Yangonde-Lioto, Yakoyo, Bomane, Baonde..*), les émissions atmosphériques ont déposé des particules acides où la végétation naturelle a été détruite. Le ruissellement a le potentiel d'augmenter le taux d'érosion et de conduire à la suppression du sol de la zone concernée. Cette hypothèse repose sur son paysage caractérisé par des pentes *rocheuses* et en escaliers. Une fois que le sol sera érodé par les effets d'exploitation décrits ci-haut, la végétation de la pente se reconstituera difficilement, que ce soit naturellement ou avec assistance humaine.

Impacts des bassins de décantation des résidus, de déchets de roche, de la lixiviation en tas et des installations de stockage de lixiviats

Les impacts des bassins de décantation des résidus de mine, des déchets de roche, de la lixiviation en tas et des installations de stockage de

lixiviats sur la qualité de l'eau pourront aussi avoir des conséquences graves dans la zone de Liambe. Ces effets comprennent la contamination des eaux souterraines en dessous de ces installations et des eaux de surface. Les substances toxiques peuvent alors lessiver ces installations, filtrer à travers le sol et contaminer les eaux souterraines, surtout si la base de ces installations n'est pas équipée d'un revêtement imperméable (Vaessen & Brentführer, 2015).

D'après ACI - RDC (2009), Au Katanga les terrils (sous-produit du traitement de minerai métallique) représentent de grosses quantités de déchets qui peuvent contenir des volumes des substances toxiques dangereux, telles que l'arsenic, le plomb, le cadmium, le chrome, le nickel et le cyanure (si la lixiviation au cyanure est utilisée). Le constat est que la plupart des firmes étrangères minières de la RD Congo ne dégagent pas des terrils en les mélangeant avec de l'eau (pour former une pulpe) et maintiennent cette pulpe dans un grand bassin de décantage de résidus de mine ACI -RDC (2009). Vu que le minerai est généralement extrait comme une pulpe, les résidus qui en découlent renferment de énormes quantités d'eau et souvent forment des étangs tout au sommet des bassins de déchets et peuvent constituer donc une menace pour la faune et une cause des maladies d'origine diverses, souvent hydrique (ACI –RDC, 2009). Plus grave et horrible, lorsque les bassins de décantation de déchets de mine concèdent, ils déversent de grandes quantités d'eaux dangereuses qui peuvent tuer la vie aquatique et empoisonner l'approvisionnement en eau potable sur de nombreux kilomètres en aval du bassin de l'épuration (Otto, 2009 ; Vaessen & Brentführer, 2015).

Impacts d'exploitation des mines à ciel ouvert

Lorsqu'une mine à ciel ouvert, comme prévu dans le contrat du projet minier d'exploitation minière par la Societe Xiang Jiang Mining SARL dans le territoire de Basoko, l'intercepte, la nappe phréatique et les eaux souterraines envahissent le puits. Pour poursuivre les travaux d'exploration, les compagnies minières doivent pomper cette eau vers un autre endroit. Le pompage et le déversement des eaux provoquent des conséquences environnementales qui sont décrites dans une étude commanditée par la Commission européenne menée au Katanga et au Kasai (Agir en Chrétiens Informés, ONG, 2009).

L'eau peut être pompée à partir des puits entourant la mine pour créer un cône de dépression dans le niveau de la nappe pour réduire l'infiltration Coleman J. (2018). Lorsque la mine est opérationnelle, l'eau doit être constamment retirée pour faciliter la récupération du minerai. Lorsque les opérations minières prennent fin, le pompage et la gestion de l'eau de mine s'arrêtent aussi, ce qui entraîne une possible accumulation dans les fractures des roches, des puits, des tunnels, de puits à ciel ouvert et des rejets

incontrôlés dans l'environnement et les impacts pourraient durer plusieurs décennies (Vaessen & Brentführer, 2015).

Impacts de projets miniers sur la qualité de l'air

Rejets fortuits de mercure

Dans le projet d'exploitation de la zone de Liambe, il est prévu l'exploitation de l'or et de diamant. Le mercure est généralement présent dans les minerais d'or et dans les déchets associés et les concentrations varient considérablement, même au sein d'un gisement spécifique. D'après les études menées par les chercheurs de l'Université du Burundi (2019), la teneur en mercure dans un minerai d'or est de 10 mg/kg et un million de tonnes de minerai sont traitées dans un site minier particulier (des concentrations pas inhabituelles). Ces études signalent que 10 tonnes de mercure sont potentiellement rejetées dans l'environnement chez les Badro Manning au Sud-Kivu ; l'or s'avère comme une source majeure de mercure qui doit être contrôlée (PNUD, 2016).

Bruits et vibrations

L'impureté par le bruit (Figure 8) associé à l'exploitation minière implique les bruits en provenance des moteurs des engins, le chargement et le transport de roches dans des torrents en acier, les traîneaux, la production électrique etc. Les impacts complémentaires des pelles mécaniques, du recadrage, de la prospection, de l'abattage par explosion, du transport, du concassage, du broyage et du stockage en grands volumes peuvent affecter de manière significative la faune et la population riveraine. La vibration affecte l'équilibre des infrastructures, la stabilité des bâtiments et des maisons et/ou les domiciles de la population riveraine des travaux des grandes mines à ciel ouvert. Une étude parrainée par l'Union européenne en 2010, les résultats montrent que dans les mines sous exploitants Chinois, les outils utilisés créent des chocs et les vibrations, à la suite d'abattages en relation avec l'exploitation minière peuvent entraîner du bruit, de la poussière et conduire à la destruction des structures dans les zones environnantes non-habitées.

Impacts des projets miniers sur la biodiversité et perte d'habitat

Le degré d'atténuation est une approche fréquentative s'appuyant sur les bonnes pratiques internationales, qui vise à limiter et à gérer les impacts inappropriés de l'exploitation minière, afin d'aligner les besoins environnementaux et sociaux avec les priorités de l'essor de la durabilité (Lanmafankpotin, et *al.*, 2013). L'exploitation minière a un choc sur le milieu et les biotopes associés par le biais de la disparition de la végétation ainsi que le sol superficiel, le déplacement de la faune, le dégagement de polluants et la génération de bruit (Kemp, 2009 ; Lanmafankpotin, et *al.*, 2013). La perte

d'habitat naturel est l'un des impacts majeurs des projets miniers sur la biodiversité. Les mines à ciel ouvert provoquent du débroussaillage et donc la perte directe d'habitats naturels.

Les impacts indirects découlant de l'immigration de personnes à la recherche d'une meilleure situation économique peuvent également aggraver la perte d'habitats (et leur dégradation). Les espèces de la faune vivent dans des communautés qui dépendent les unes des autres. La survie de ces espèces peut dépendre des conditions du sol, du climat local, de l'altitude et d'autres caractéristiques de l'habitat local. L'exploitation minière de Liambe et ses environs pourrait provoquer des dommages directs et indirects sur la faune locale et voisine. Les impacts proviennent principalement de la perturbation, du déplacement et de la redistribution de la surface du sol. Certains impacts sont de court terme et sont limités au site de la mine; d'autres peuvent avoir des répercussions profondes et des effets de long terme (Ekele & Mangambu, 2020).

L'effet le plus direct sur la faune est la destruction ou le déplacement des espèces dans les zones de cavité et d'entassement des dépôts des résidus miniers. Les espèces mobiles de la faune, comme le gibier, les oiseaux et les prédateurs, abandonnent ces zones. Les animaux plus sédentaires, comme les invertébrés, de nombreux reptiles, les rongeurs fouisseurs et les petits mammifères, peuvent être plus sévèrement affectés (Mangambu, 2021 sous presse). On pense que pour la rivière Aruwimi, les poissons, les invertébrés aquatiques et les amphibiens seront sévèrement touchés et tous les minerais seront détectés et ramassés par détecteur aurifère installé dans dragues robots (Figure 8). L'approvisionnement en nourriture des prédateurs est réduit par la disparition des espèces terrestres et aquatiques. De nombreuses espèces de la faune sont fortement dépendantes de la flore grandissant dans les drainages naturels (Busse & Gröning, 2013). La végétation fournit les aliments indispensables, les sites de nidification et des abris pour échapper aux prédateurs (PNUD, 2012).

Toute activité qui détruit la végétation près des étangs, des réservoirs, des marais et des marécages réduit la qualité et la quantité de l'habitat essentiel pour les oiseaux aquatiques, les oiseaux de rivage et de nombreuses espèces terrestres (Kemp, 2009). Les exigences de l'habitat de nombreuses espèces animales ne leur permettent pas de s'adapter aux changements créés par la perturbation du terrain. Ces modifications réduisent l'espace vital. Le degré auquel les animaux tolèrent la concurrence humaine pour l'espace varie (Busse & Gröning, 2013). Certaines espèces tolèrent très peu de changement. Dans le cas où un milieu spécifique ou une zone de reproduction initiale devient limité, une espèce pourrait disparaître. Les mines à ciel ouvert comme prévu dans le cas de Liambe, peuvent dégrader les habitats aquatiques avec des impacts ressentis à de nombreux kilomètres du site minier (Ashanti

Goldfields Kilo, 2015) ; la contamination des sédiments de la rivière Aruwimi et de cours d'eau est courante avec l'exploitation à ciel ouvert.



Figure 8. A droite, les dragues robots « Une drague est un dispositif installé sur un bateau ou un radeau, qui opère sur les rivières pour extraire des particules » de la société « *Xiang Jiang Mining SARL* » dans le port de Yangoma, territoire de Basoko et A gauche Détecteur aurifère installé dans dragues robots de la société de la *Xiang Jiang Mining SARL* (Photo M. Silencieuse, 2020)

Dégradation et appauvrissement des habitats naturels

Les activités minières peuvent réduire la qualité des habitats de plusieurs manières. Par exemple, la qualité des habitats aquatiques peut être détériorée en raison du drainage minier acide, de la contamination du sol, de l'atterrissement et du rejet de résidus non-traités. Cela peut à son tour avoir des effets toxiques sur les plantes et les animaux, y compris les poissons et les oiseaux. Ces impacts peuvent également s'étendre aux écosystèmes terrestres de la zone d'exploitation. La poussière provenant des activités minières peut également provoquer une dégradation des habitats terrestres naturels, à la fois sur le site du projet et dans les voisinages (Mercier & Bekhechi, 2003).

Fragmentation des habitats

La construction de chaussées, des routes d'accès et d'autres infrastructures à l'intérieur du site minier peut créer des barrières limitant les déplacements des espèces ou les empêchant d'accéder à des moyens vitaux (l'eau). On observe souvent un effet de lisière sur la verdure restante, puisque les routes ouvrent de nouveaux accès qui favorisent l'exploitation forestière, l'agriculture et la chasse à petite ou grande échelle (Mercier & Bekhechi, 2003).

Perturbation des espèces

Les perturbations provoquées par les activités minières (le bruit, les vibrations, la luminosité et la présence de personnes) peuvent arrêter les communications, les mouvements et les attitudes ou habitudes alimentaires et reproductifs des animaux (Kilosho *et al.*, 2013 ; Mangambu *et al.*, 2018). L'immigration de personnes peut provoquer des perturbations d'autant plus significatives ce que est énuméré ci-haut.

Introduction d'espèces envahissantes

Les espèces non indigènes sont une menace pour la biodiversité, car elles peuvent éliminer des espèces naturelles. Les espèces envahissantes peuvent être introduites par accident sur le site minier, par le biais d'équipements ou de matériaux en provenance d'autres régions. Si elles ne sont pas gérées de façon adéquate, elles peuvent provoquer la disparition d'espèces originaires du milieu (Mangambu *et al.*, 2015). Ce risque est particulièrement grave sur les îles, où les espèces endémiques indigènes disposent de défenses naturelles limitées face aux espèces envahissantes.

Morcellement de l'habitat

Suite aux activités minières, le morcellement de l'habitat se produit lorsque de grandes portions de terres sont scindées en des parcelles de plus en plus petites, rendant difficile ou impossible la dispersion des espèces indigènes d'une parcelle à une autre entravant ainsi les routes migratoires naturelles. L'isolement peut conduire à un déclin des espèces locales ou des effets héréditaires comme la consanguinité. Les espèces qui nécessitent des parcelles importantes de forêts disparaissent (Mangambu *et al.*, 2015).

Perte de services écosystémiques

La perte ou la dégradation des habitats et des espèces impactent également la subsistance et le bien-être des personnes. Les communautés dépendent des services, notamment pour l'eau potable, l'alimentation, le combustible et la plante médicinale (Mangambu *et al.*, 2010).

Impacts des projets miniers sur la qualité du sol

Erosions et perturbation des activités agricoles

L'exploitation minière peut contaminer le sol sur de vastes zones. Les activités agricoles proches d'un projet d'exploitation minière peuvent être particulièrement touchées. Selon une étude commanditée par l'Union européenne dans l'Ituri en RDC (Becker & Vanclay, 2018), les opérations minières ont modifié le paysage environnant en exposant le sol qui était précédemment intact. L'érosion du sol exposé, les minerais extraits, les terrils et les matériaux fins dans les tas de déchets de roches peuvent entraîner des

charges substantielles de sédiments dans les eaux de surface et les voies de drainage des eaux. Les déversements et fuites de matières dangereuses et les dépôts de poussières contaminées, fouettées par le vent peuvent conduire à la contamination du sol (Murphy et *al.*, 1989)

Contamination du sol

Les risques sur la santé humaine et sur le sol appartiennent à deux catégories (Becker & Vanclay, 2018): (1) sol contaminé provenant des poussières fouettées par le vent et (2) sol contaminé à partir de déversements de produits chimiques et des résidus. La poussière fugitive peut poser des problèmes environnementaux significatifs dans certaines mines. La toxicité de la poussière dépend de la proximité des récepteurs environnementaux et du type de minerai exploité. Des niveaux élevés d'arsenic, de plomb et de radionucléides dans la poussière fouettée par le vent constituent le plus grand risque.

La prolifération de pollutions aux métaux lourds présents dans le minerai d'or (arsenic et plomb en particulier), le rejet de cyanure dans la nature, la dissémination de mercure venant des mines artisanales, ou encore la pollution atmosphérique, présentent des dangers pour l'environnement et les espèces vivantes dont l'homme. Au Ghana, la pollution atmosphérique aux alentours des mines d'or industrielles a été associée à une incidence accrue de toux et à la fuite de la population autochtone (Aragón & Rud, 2013).

Dans le bandeau de Liambe, le sol qui serait contaminé à partir des déversements de produits chimiques et des résidus sur les sites de la mine poserait un risque de contact direct, car ces matériaux sont utilisés abusivement comme matériaux de remblayage, pour la création de zones vertes ornementales ou encore comme suppléments de sol.

Impacts des projets miniers sur la qualité du sol

Créations des érosions et de la perturbation des activités agricoles

L'exploitation minière peut contaminer les sols sur de vastes zones. Les activités agricoles proches d'un projet d'exploitation minière peuvent être particulièrement touchées. Selon une étude commanditée par la Communauté européenne dans l'Ituri en RDC (Becker & Vanclay, 2018) : les opérations minières ont modifié le paysage environnant en exposant des sols qui étaient précédemment intacts. L'érosion des sols exposés, les minerais extraits, les terrils et les matériaux fins dans les tas de déchets de roches peuvent entraîner des charges substantielles de sédiments dans les eaux de surface et les voies de drainage des eaux. En outre, les déversements et fuites de matières dangereuses et les dépôts de poussières contaminées fouettées par le vent peuvent conduire à la contamination du sol (Murphy et *al.*, 1989).

Contamination du Sol

Les risques sur la santé humaine et sur le milieu provenant des sols appartiennent généralement à deux catégories (Becker & Vanclay, 2018): (1) sol contaminé provenant des poussières fouettés par le vent et (2) les sols contaminés à partir de déversements de produits chimiques et des résidus.

La poussière fugitive peut poser des problèmes environnementaux significatifs dans certaines mines. La toxicité inhérente de la poussière dépend de la proximité des récepteurs environnementaux et du type de minerai exploité. Des niveaux élevés d'arsenic, de plomb et de radionucléides dans la poussière fouettée par le vent constituent généralement le plus grand risque. La prolifération de pollutions aux métaux lourds naturellement présents dans le minerai d'or (arsenic et plomb en particulier), le rejet de cyanure dans la nature, la dissémination de mercure venant des mines artisanales, ou encore la pollution atmosphérique, présentent des dangers pour l'environnement et les espèces vivantes dont l'homme. Au Ghana par exemple, la pollution atmosphérique aux alentours des mines d'or industrielles a été associée à une incidence accrue de toux et à la fuite de la population autochtone (Aragón & Rud, 2013).

Dans le bandeau de Liambe, le sol qui serait contaminé à partir des déversements de produits chimiques et des résidus sur les sites de la mine poserait un risque de contact direct, car ces matériaux sont utilisés abusivement comme matériaux de remblayage, pour la création de zones vertes ornementales ou encore comme suppléments de sol.

Considérations sur les changements climatiques et les aléas naturels

Les pays en développement surtout de l'Afrique font face à de nombreuses contraintes dues à la géologie du milieu, à sa localisation géographique, à l'histoire ou encore en cherchant un développement de son environnement économique... Toute étude d'impacts environnementaux et sociaux d'un projet minier qui a le potentiel pour modifier le bilan carbone global devrait inclure une évaluation de l'impact carbone du projet (Bonneuil et *al.*, 2013). Les grands projets miniers ont le potentiel pour modifier le carbone global par la perte d'absorption de CO₂ par les forêts et la végétation qui ont été abattues. Beaucoup de grands projets miniers sont proposés dans les zones fortement boisées des régions tropicales qui sont cruciales dans l'absorption de CO₂ atmosphérique et dans le maintien d'une stabilité saine entre les projections et la consommation de CO₂. Certains projets miniers conduisent à la destruction à long terme ou même permanente de forêts tropicales (Bryceson & Jønsson, 2010 ; Lu, 2012).

Le programme d'EIE (Etude d'Impacts Environnementaux) pour les projets d'exploitation minière doit inclure une comptabilité minutieuse de la façon dont toute perturbation proposée des forêts tropicales modifierait le

bilan carbone tel que proposent Bryceson et Jønsson (2010). L'EIES (Etude d'Impacts Environnementaux et Sociaux) doit aussi inclure une analyse du potentiel de perte du pays hôte de financement de consortiums internationaux qui sont et seront établis pour préserver les forêts tropicales (Busse et *al.*, 2016 ; Dialga, 2017).

Conclusion

Les impacts environnementaux à devenir des grands projets miniers sont controversés et complexes. La question que pose la présente étude est de savoir comment les paysans résistent-ils contre ce projet, l'accaparement de leurs terres par les acteurs puissants. Dans la zone de Liambe et ses environs, qu'aucune des phases du cycle de mise en valeur des minéraux n'offre des possibilités économiques aux communautés riveraines. Soucieux de maximiser les gains d'un côté et de l'autre, préoccupé par le legs à la génération future, la relation de partenariat entre l'industrie minière et les autochtones sont devenues sources de mésententes énormes et souvent désavantageuses pour l'Etat Congolais. Il apparaît que l'exploitation des ressources minières sur le lit de la rivière Aruwimi pourrait engendrer des calamités et des désastres sur les populations et sur l'environnement ; ce qui rendrait le processus du développement plus difficile. Elle apporterait plutôt plus des problèmes que des solutions. Tout projet allant dans ce sens (d'exploitation minière) dans cette zone serait inopportun.

Au regard de la littérature scientifique parcourue et les réalités vécues sous d'autres cieux, la zone de Liambe et ses environs s'exposeraient aux conséquences diverses telles que les biotes associés par le biais de la suppression de la végétation ainsi que le sol de couverture, le déplacement de la faune, le dégagement de polluants et de bruit, etc. Les risques sanitaires et environnementaux induits pendant l'exploitation, après les fermées des mines sont d'émanation de gaz dangereux, pollutions de l'eau, de l'air et des sols, mouvements de terrain et inondations. Cela risquerait d'ouvrir la boîte aux pandores si ces érosions touchaient les tourbières de la région...et libérer par conséquent, le CO₂ emprisonné !

Les concessions minérales dans les carrés en dehors de la surface d'eau se trouvant sur le territoire des peuples indigènes subiraient menaces d'acculturation, voire de disparition. Et aussi des pertes économiques pour les populations locales (mort du bétail et dégâts pour les cultures, diminution de la productivité des sols à cause de la pollution), etc. Hormis ces aspects soulevés dans ce papier, nous demandons aux autres acteurs et autres chercheurs qui aborderont une telle thématique, d'intégrer d'une manière adéquate aussi des aspects socioculturels et économiques dans les évaluations environnementales pour mieux prévenir et gérer les risques et leurs conséquences.

Ce projet peut créer des richesses à la firme chinoise, mais également provoquer des perturbations environnementales considérables, difficiles à corriger. Si les impacts sur la population et le milieu humain sont ignorés ou sous-estimés dans les EIES (pas de mesures) et PGES (Plan de Gestion Environnementale et Sociale) cela entraîne des lourdes conséquences d'ordre social et économique.

Tous ceux-ci montrent clairement que l'exploitation des ressources minières sur le lit de la rivière Aruwimi pourrait engendrer des calamités et des désastres sur les populations et sur l'environnement ; ce qui rendrait le processus développement plus difficile. Elle apporterait plutôt plus des problèmes que des solutions. La communauté autochtone n'aura pas de moyens de recours à ses propres outils pour réparer les différents dégâts. Les conflits opposant les communautés locales à société minière ont reçu ainsi un important écho médiatique et nous des ONG environnementalistes avons développé des campagnes visant à attirer l'attention de l'opinion publique sur les nuisances environnementales et sociales de ce projet minier.

Remerciements

Les Chercheurs impliqués dans cette étude remercient de tout cœur toutes les personnes qui ont accepté volontiers de collaborer avec eux lors de l'enquête sur le terrain. Ils remercient également les Agents de l'État pour leur noble contribution à l'élaboration du rapport. Leur remerciement s'adresse enfin, à la population qui a consacré son temps à l'enquête. Ils espèrent que cette recherche contribuera à une meilleure coopération entre toutes les parties prenantes. Le premier et le deuxième auteur rendent hommage au Feu Professeur Ekele Mbenga (troisième auteur) qui a sponsorisé une grande partie de cette recherche. Malheureusement, il fut mort dans des conditions encore non élucidées, que son âme repose en paix.

References:

1. Abadie, J.C. (2008). La nature ordinaire face aux pressions humaines : le cas des plantes communes. Méthodes de suivis et évaluation de l'impact des activités humaines, Paris, Musée national d'histoire naturelle, 206 p
2. Acar, E. F. & Sun, L. (2013). A Generalized Kruskal-Wallis Test Incorporating Group Uncertainty with Application to Genetic Association Studies, *Biom*, 69, pp. 427-435.
3. Actuar en Cristianos Informados – RDC (2009). Exploitation minières au Katanga : un atout pour le développement ou une colonisation économique ? Lubumbashi/RDC, 30 p.
4. Andre, P., Delisle, C.-E. & Reveret, J-P. (2010). L'évaluation des impacts sur l'environnement. Processus, acteurs et pratique pour un

- développement durable. Montréal: Presses internationales Polytechnique, 3e édition.
5. Anonyme (2016). Rapport de Territoire de Basoko 2016 : Données du Bureau d'Etat civil de Basoko de l'exercice 2015-2016, 42 p.
 6. Aragón, F. M. & Rud, J.P. (2013). Evidence from a Peruvian Gold Mine. *American Economic Journal: Economic Policy*, 5 (2), pp. 1-25
 7. Ashanti Goldfields Kilo (2015). Ce Résumé d'Etude d'Impact Environnemental et du Plan de Gestion Environnemental du projet minier Mongbwalu, Kinshasa/RDC 46 p,
<http://congomines.org/reports/788-resume-de-l-etude-d-impact-environnemental-et-du-plan-de-gestion-environnemental-du-projet-mongbwalu>
 8. Asimbo, B.N. & Mangambu, M.J. (2021). Vision pragmatique des impacts socio – économiques de l'exploitation minière semi - industrielle sur la rivière Aruwimi : un mauvais paradigme sur les cours d'eaux du Bassin du Congo (Territoire de Basoko, RD Congo). Soumission manuscrit_ EJS_Sciences Sociales 0674/21
 9. ATSDR (Agency for Toxic Substances and Disease Registry) (2011). Toxicological profile for cyanide.
<http://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp.asp?id=72&tid=19>
 10. Bebbington, A., Hinojosa, L., Humphreys Bebbington, D., Burneo, M.L. & Warnaars, X. (2008). Contention and Ambiguity: Mining and the Possibilities of Development, Brooks World Poverty Institute Working Paper No. 57, Manchester: Brooks World Poverty Institute.
 11. Becker, H. & Vanclay, F. (2018). The International Handbook of Social Impact Assessment: Concept and Methodological Advances. Edward Algar. Cheltenham UK. pp. 74-91.
 12. Berzins, R., Claro, F., Akpona, A. H. & Gambari Imorou, S. (2007). Conservation du guépard et développement durable dans les aires protégées du nord Bénin. Mission d'enquête auprès des villageois et des agents d'aires protégées (16/12/2005 au 26/02/2006). Paris, Société Zoologique de Paris, 57 p.
 13. Bonan, G.B. (2008). Forests and Climate Change: Forcings, Feedbacks, and the Climate Benefits of Forests. *Science*, vol. 320 p. www.sciencemag.org
 14. Bonneuil, C., Pessis, C., Topççu, S. et al. (2013). Une autre histoire des "Trente Glorieuses" : Modernisation, contestations et pollutions dans la France d'après-guerre. Paris, La Découverte, 132 p.
 15. Breshears, D.D., López-Hoffman, L. & Graumlich, L. J. (2019). When Ecosystem Services Crash: Preparing for Big, Fast, Patchy Climate Change. *AMBIO, Journal of Environment and Society*, 40 pp. 256–263. <https://link.springer.com/article/10.1007%2Fs13280-010-0106-4>

16. Bryceson, D.F. & Jønsson, J.B. (2010). Gold digging careers in rural east Africa: Small-scale miners' livelihood choices. *World Development*, 38(3), pp. 379–392.
17. Busse, M. & Gröning, S. (2013). The resource curse revisited: governance and natural resources. *Public Choice*, 154(1-2):1–20.
- Hinton J, Veiga, MM. & Beinhoff, C. (2003). Women, mercury and artisanal gold mining: risk communication and mitigation. *Journal de Physique IV*. 107, pp. 617-620.
18. Busse, M., Erdogan, C. & Mühlen, H. (2016). China's Impact on Africa – The Role of Trade, FDI and Aid. *Kyklos*, 69(2), pp. 228–262.
19. Coleman J., Guven, B., Johnson, L. & Sachs, L. (2018). What do we mean by investment facilitation? Columbia Center on Sustainable Investment. <http://ccsi.columbia.edu/2018/02/22/what-do-we-mean-by-investment-facilitation/Documents>
20. Coulibaly, G.M.M. (2012). Evaluation environnementale et analyse des risques dans l'exploitation minière : conséquences du non-respect des obligations environnementales. https://www.sifee.org/static/uploaded/Files/ressources/actes-des-colloques/lome/session-3-3/COULIBALY_DIAPO.pdf
21. Cyuzuzo, L. (2020). L'exploitation minière à l'Est de la République Démocratique du Congo (RDC): Réflexions sur les enjeux économiques, politiques et environnementaux d'une enquête ethnographique. Mémoire de Master I de l'École des Hautes Études en Sciences Sociales, 53 p
22. De Saint Moulin, L. & Kalombo, J-L.T. (2005). Atlas de l'organisation administrative de la République Démocratique du Congo. Centre d'études pour l'action sociale (Kinshasa, Congo), 2e Edition revue et amplifiée
23. Décret n° 038/2003 du 26 mars 2003 portant Règlement minier tel que modifié et complété par le Décret n° 18/024 du 08 juin 2018
24. Dialga, I. (2017). Un développement durable fondé sur l'exploitation minière est-il envisageable ? Élaboration d'un Indice de Soutenabilité des Pays Miniers appliqué au Burkina Faso et au Niger. Thèse de Doctorant, Université Bretagne Loire
25. Dmoergue, C. & Mpoyi, M.A. (2012). La gestion des ressources naturelles pour une croissance durable. In Herderschee, J., Mukoko Samba, D. & Tshimenga Tshibangu, M. (éd.), Résilience d'un géant africain : accélérer la croissance et promouvoir l'emploi en République démocratique du Congo. Études sectorielles, Kinshasa : Médiaspaul, 2. pp. 99-183.
26. Ekele, M. & Mangambu, M. (2020). Feuilleton sur l'exploitation des minerais par la société Xiang Jiang Mining sarl, une entreprise

- chinoise a Basoko (Province de la Tshopo, RD Congo). Edition les Ekeles, Kinshasa, pp. 1- 14
27. Gavard-Perret, M.L., Gotteland, D., Haon, C. & Jolibert, A. (2011). *Méthodologie de la recherche. Réussir son mémoire ou sa thèse en sciences de gestion*, Paris, Pearson, 383 p.
 28. Glasson, J. & Therivel, R. (2013). *Introduction to environmental impact assessment (4th ed.)*. London, Routledge, 242 p.
 29. Grzybowski, A. (2012). *Guide pratique pour la prévention et la gestion des conflits liés à la terre et aux ressources naturelles : industries extractives et conflits*. Le Groupe interagences des Nations Unies pour les actions préventives, 52 p
 30. Hanson, T., Brooks, M., da Fonseca, G.A.B., Hoffman, M., Lamoreaux, J.F., Machlis, G.E., Mittermeier, C.G., Mittermeier, R.A. & Pilgrim, J.D. (2009). 'Warfare in Biodiversity Hotspots', *Conservation Biology*, 23(3), 2009, pp. 578-587.
 31. Homer-Dixon, T. (1994). 'Environmental Scarcities and Violent Conflict: Evidence from Cases', *International Security*, 19(1), pp. 5-40.
 32. Howell, C. (2004). *Is There a Third Way for Industrial Relations? An International Journal of Employment Relations*, 42 (1), pp. 1-22. <https://doi.org/10.1111/j.1467-8543.2004.00302.x>
 33. Hynes, S., Ghermandi, A., Norton, D. & Williams, H. (2018). *Marine recreational ecosystem service value estimation: A meta-analysis with cultural considerations*. *Ecosystem Services*, vol. 31, p. 410-419.
 34. IFDD (Institut de la Francophonie pour le Développement Durable) (2019). *Francophonie et développement durable : Innovations et bonnes pratiques*. Marquis Imprimeur, Canada, 147 p. ISBN: 978-2-89481-292-1. www.ifdd.francophonie.org
 35. *Justice et Paix de la Fédération Wallonie-Bruxelles* (2019). *Code minier en RD Congo : les enjeux de la Réforme*. www.justicepaix.be
 36. Kamundala, G. (2012). *Exploitation minière Industrielle et artisanale au Sud Kivu: Possibilités d'une cohabitation pacifique?* *Coopération Universitaire Flamande (VLIR-UOS), Université d'Anvers*, 23 p
 37. Keenan, K., de Echave, J. & Traynor, K. (2002). *Mining and communities: Poverty amidst. Wealth*. *International Conference on Natural Assets, Conference Paper Series No.3*. 25.
 38. Kemp, D. (2009). *Community Relations in the Global Mining Industry: Exploring the Internal Dimensions of Externally Orientated Work, Corporate Social Responsibility and Environmental Management*. Ministerial Council on Mineral and Petroleum Resources (MCMPR). 2005. *Principles of Engagement with Communities and Stakeholders*. Canberra.

39. Kilosho, J., Mukasa, A.N. & Kamundala, G. (2013). Traçabilité des produits miniers dans des zones de conflits au Sud Kivu, In Marrysse, S. & Omasombo, J.(éd.), Collection Cahiers africains, Conjonctures congolaises 2012 n°82. Paris, l'Harmattan, pp. 115-14224.
40. Lanmafankpotin, G., André, P., Samoura, K., Côté, L., Beaudet, R., & Bernier, M. (2013). La participation publique dans l'évaluation environnementale en Afrique francophone. Québec, Institut de la Francophonie pour le développement durable. Points de repère No. 23. https://www.sifee.org/static/uploaded/Files/publications/membres/Part_publicue_EE_Afrique_franco.pdf
41. Lara-Pulido, J. A., Guevara-Sangines, A. & Martelo, C.A. (2018). A meta-analysis of economic valuation of eco-system services in Mexico. *Ecosystem Services*, 31, pp. 126-141
42. Loi n°007/2002 du 11 Juillet 2002 portant Code minier telle que modifiée et complétée par la Loi n°18/001 du 09 Mars 2018.
43. Lu, J.L. (2012). Occupational health and safety in small scale mining: focus on women workers in the Philippines. *Journal of International Women's Studies*. 13(3) pp. 103-113.
44. Mangambu, M. (2021). Exploitation minière semi -industrielle dans la rivière Aruwimi (Territoire de Basoko en RD CONGO) : Analyse d'impact socio-environnemental au regard des exigences du développement durable des communautés locales. Livre sous presse dans les éditions Arco/Belgique.
45. Mangambu, M., Ntahobavuka, H., Basinyize, B., Lokumu, I. & Robbrecht, E. (2018). Pteridaie: indicator of the vegetation succession and dynamics in the forests Chablis and Edges in Kahuzi-Biega National Park (Eastern D. R. Congo, Albertine Rift). *International Journal of Biological Research*, 6 (1), pp. 5-13. <http://dx.doi.org/10.14419/ijbr.v6i1.9241>
46. Mangambu, M., Habiyaremye, F., Lina, A. & Ntahobavuka, H. (2010). L'importance du groupement à *Cyathea manniana* Hook. dans la biodiversité du Parc National de Kahuzi -Biega, R. D. Congo. *Geo-Eco-Trop*, 34 (1/2) pp. 45-63.
47. Mangambu, M., Aluma, K., van Diggelen, R., Rugenda-Banga, R., Mushangalusa, K., Chibembe, S., Ntahobavuka, H., Nishuli, B. & Robbrecht, E. (2015). Etudes ethnobotanique et ethnolinguistique des ressources forestières ligneuses utilisées par la population du couloir écologique du parc national de Kahuzi-Biega (R D. Congo). *European Scientific Journal*, 11 (15), pp. 135-162. <http://dx.doi.org/10.19044/esj.2014.v.183.19>

48. Marysse, S. & Tshimanga, C. (2013). Les trous noirs de la rente minière en RDC, In. S. Marysse et J. Omasombo (eds), *Conjonctures congolaises 2013 : Percée sécuritaire, flottements politiques et essor économique*, Paris, L'Harmattan.26.
49. Matthysen, K., Hilgert, F., Schouten, P. & Mabolia, A. (2011). Une analyse détaillée du secteur de l'or en Province Orientale. GIZ- PIS, Anvers/Belgique, 211 p.
50. Mazalto, M. (2009). « Governance, human rights and mining in the Democratic Republic of Congo ». In B. Campbell (éd.), *Mining in Africa. Regulation and Development*. London and New York : Pluto Press, pp. 187-242.
51. Mercier, J.R. & Bekhechi, M.A. (2003). L'évaluation environnementale: un outil majeur du développement durable. *Revue africaine de gestion et d'évaluation environnementales* 5, pp. 102–139. <http://www.ajeam-ragee.org/vol5p102t139.htm>
52. Moreau, A., Dedianne, M.-C., Letrilliart, L., Le Goaziou, M-F., Labarère, J. & Terra, J.L. (2004). S'appropriier la méthode du focus group, *La revue du praticien-médecine générale*, 645, 18 pp. 382-384
53. Mugangu, S. (2008). La crise foncière à l'Est de la RDC, In : Marysse S., F. Reyntjens et Vandeginste, S. (eds.), *L'Afrique des Grands Lacs. Annuaire 2007-2008*, Paris, L'Harmattan, 385-414
54. Murphy, C.A., Coover, D.O. & Steven, V. (1989). *Educational and Psychological Measurement* 49(4) pp.893-899. <https://doi.org/10.1177/001316448904900412>
55. Nogier, J-F. (2008). *Ergonomie du logiciel et design web : Le manuel des interfaces utilisateur*, 4e édition, Dunod , 212p. ISBN : 9782100515721
56. Oberiuele, L. (2011). Rapport de recherche sur la production et la commercialisation d'or dans la ville d'Isiro. Rapport de recherche commandé par IPIS/International Alert, 132 p.
57. OMS (1948). *Glossaire de la promotion de la santé*, Genève/Suisse, 27p
58. Otto, J.M. (2009). Global trends in mines reclamation and closure regulation. In J. Richard (ed.) *Mining, Society, and a Sustainable World* (251–288), Berlin: Springer.
59. PNUD (2012). *A practical guide: reducing mercury use in artisanal and small-scale gold mining*. Geneva: United Nations Environment Programme, 176 p. <http://web.unep.org/fr>
60. PNUD (2016). *Évaluation environnementale de la pollution au mercure dans l'est de la République Démocratique du Congo. Rapport Technique pour le projet « or juste » du partenariat Afrique-canada, Nairobi/Kenya*, 76 p. <http://web.unep.org/fr>

61. PUND (2016). Évaluation environnementale de la pollution au mercure dans l'est de la République Démocratique du Congo : BUTUZI au SUD KIVU et SOME en ITURI. Rapport technique pour le projet « or juste » du partenariat Afrique – Canada. Programme des Nations Unies pour l'Environnement 2, Nairobi, KENYA, 76 p <http://web.unep.org/fr>
62. SAESSCAM (2019). Service d'assistance et d'encadrement du secteur minier de type artisanal, Antenne de Kisangani, Rapport mensuel juin 2019, inédit.
63. Schröter, D., Wolfgang, C., Leemans, R. I., Prentice, C., Miguel, B., Nigel, W., Bondeau, A., Bugmann, H., Timothy, R., Carlos, A., de la Vega-Leinert, C.A., Markus, E., Ewert, F., Glendining, M J. I., House, S., Kankaanpää, R.J., Klein, T., Lavorel, S., Lindner, M., Metzger, M.J., Meyer, J., Mitchell, T.D., Reginster, I., Rounsevell, M., Sabaté, S., Sitch, B., Smith, J., Smith, P., Smith, M.T., Sykes, K.W., Thonicke, T., Tuck, G., Sönke, Z.B. & Zierl, Z. (2005). Ecosystem Service Supply and Vulnerability to Global Change in Europe. Scienceexpress. <http://dx.doi.org/110.1126/science.1115233>
64. Stratos, I. (2011). Climate Change and Acid Rock Drainage - Risks for the Canadian Mining Sector. MEND, Ottawa, Canada. MEND Report 1.61.7. <http://mend-nedem.org/wp-content/uploads/2013/01/1.61.7.pdf>
65. Thomas Lassourd (2018). La fiscalité du nouveau code minier de la République Démocratique du Congo, Natural Resource Governance Institute, Analyse 32 P, www.resourcegovernance.org.
66. Touré, E.A. (2010). Réflexion épistémologique sur l'usage des focus groups : fondements scientifiques et problèmes de scientificité. Dans Guillemette F., Luckerhoff J. et Baribeau C., Entretien de groupe : concepts, usages et ancrages, Recherches qualitatives, 29 (1), pp 5-27.
67. Vaessen, V. & Brentführer, R. (2015). Les risques liés à l'eau souterraine : intégration de la gestion des eaux souterraines dans les organismes de bassin transfrontaliers en Afrique. Hannover, Allemagne, 20 p.
68. Wakenge, C. (2019). Stade Coltan: extraction minière artisanale, réformes et changement social à l'Est de la RDC. Le harmattan, Collection Etudes Africaines, 248 p.