

European Scientific Journal, *ESJ*

February 2021

European Scientific Institute, ESI

The content is peer reviewed

ESJ Natural/Life/Medical Sciences

February 2021 edition vol. 17, No. 7

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

John Kamau Gathiaka,
University of Nairobi, Kenya

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

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

Chaudhry Zahid Javid,
Taif University, Saudi Arabia

Dejan Marolov,
European Scientific Institute, ESI

Gloria Esteban de la Rosa,
University of Jaen, Spain

Noor Alam,
Universiti Sains Malaysia, Malaysia

Rashad A. Al-Jawfi,
Ibb University, Yemen

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

Hans W. Giessen,
Saarland University, Saarbrucken, Germany

Naheed Vaida,
University of Kashmir, India

Frank Bezzina,
University of Malta, Malta

Monika Bolek,
University of Lodz, Poland

Michele Minor-Corriveau,
Laurantian University, Canada

Robert N. Diotalevi,
Florida Gulf Coast University, USA

Daiva Jureviciene,
Vilnius Gediminas Technical University, Lithuania

Mariangela Giusti,
University of Milan - Bicocca, Italy

Anita Lidaka,
Liepaja University, Latvia

Rania Zayed,
Cairo University, Egypt

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

Ziad Said,
College of the North Atlantic, Qatar

Lydia Ferrara,
University of Naples, Italy

Byron A Brown,
Botswana Accountancy College, Botswana

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

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

Mona Kassem,
National Research Centre, Egypt

Cinaria Tarik Albadri,
Trinity College Dublin University, Ireland

Mahammad A. Nurmamedov,
State Pedagogical University, Azerbaijan

Thomas Fenzl,
Alps-Adria University of Klagenfurt, Austria

Henryk J. Barton,
Jagiellonian University, Poland

Stefanos Spaneas,
University of Nicosia, Cyprus

Assem El-Shazly,
Zagazig University, Egypt

Wei Hao,
Beijing Normal University, China

Saltanat Meiramova,
S.Seifullin AgroTechnical University, Kazakhstan

Rajasekhar Kali Venkata,
University of Hyderabad, India

Nishan Rafi Havandjian,
California Polytechnic State University, USA

Ruzica Loncaric,
Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Croatia

Stefan Vladutescu,
University of Craiova, Romania

Anna Zelenkova,
Matej Bel University, Slovakia

Kevin B. O'Connor,
McGill University, Canada

Billy Adamsen,
University of Southern Denmark, Denmark

Nawab Ali Khan,
Aligarh Muslim University, India

Marinella Lorinczi,
University of Cagliari, Italy

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

Bianca Gioia Marino,
University of Naples Federico II, Italy

Franko Milost,
Faculty of Management, Koper, Slovenia

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

Daniel Velasco,
Chicago School of Professional Psychology, USA

N. K. Rathee,
Delaware State University, USA

Michael Ba Banutu-Gomez,
Rowan University, USA

Adil Jamil,
Amman University, Jordan

Habib Kazzi,
Lebanese University, Lebanon

Valentina Manoiu,
University of Bucharest, Romania

Henry J. Grubb,
University of Dubuque, USA

Daniela Brevenikova,
University of Economics, Slovakia

Genute Gedviliene,
Vytautas Magnus University, Lithuania

Vasilika Kume,
University of Tirana, Albania

Mohammed Kerbouche,
University of Mascara, Algeria

Adriana Gherbon,
University of Medicine and Pharmacy Timisoara, Romania

Pablo Alejandro Olavegogeochea,
National University of Comahue, Argentina

Raul Rocha Romero,
Autonomous National University of Mexico, Mexico

Oihab Allal-Cherif,
KEDGE Business School, France

Izabela Dembinska,
University of Szczecin, Poland

Driss Bouyahya,
University Moulay Ismail, Morocco

William P. Fox,
Naval Postgraduate School, USA

Rania Mohamed Hassan,
University of Montreal, Canada

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

Alicia Marchant Rivera,
University of Malaga, Spain

Lucia D'Ambrosi,
University of Macerata, Italy

Tilahun Achaw Messaria,
Addis Ababa University, Ethiopia

George Chiladze,
University of Georgia, Georgia

Elisa Rancati,
University of Milano-Bicocca, Italy

Alessandro Merendino,
University of Ferrara, Italy

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

Anastassios Gentzoglani,
University of Sherbrooke, Canada

Awoniyi Samuel Adebayo,
Solusi University, Zimbabwe

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

Berenyi Laszlo,
University of Miskolc, Hungary

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

Omar Arturo Dominguez Ramirez,
Hidalgo State University, Mexico

Francesco Lenci,
Institute of Biophysics, Italy

Hafiz Muhammad Iqbal,
University of the Punjab, Pakistan

Bupinder Zutshi,
Jawaharlal Nehru University, India

Pavel Krpalek,
University of Economics in Prague, Czech Republic

Mondira Dutta,
Jawaharlal Nehru University, India

Evelio Velis,
Barry University, USA

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

Mahbubul Haque,
Daffodil International University, Bangladesh

Diego Enrique Baez Zarabanda,
Autonomous University of Bucaramanga, Colombia

Juan Antonio Lopez Nunez,
University of Granada, Spain

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

Ashgar Ali Ali Mohamed,
International Islamic University, Malaysia

A. Zahoor Khan,
International Islamic University Islamabad, Pakistan

Valentina Manoiu,
University of Bucharest, Romania

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

Andrzej Palinski,
AGH University of Science and Technology, Poland

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

Claudio Tugnoli,
University of Trento, Italy

Daniel Federico Morla,
National University of Rio Cuarto, Argentina

Valeria Autran,
National University of Rio Cuarto, Argentina

Muhammad Hasmi Abu Hassan Asaari,
Universiti Sains, Malaysia

Angelo Viglianisi Ferraro,
Mediterranean University of Reggio Calabria, Italy

Roberto Di Maria,
University of Palermo, Italy

Delia Magherescu,
State University of Moldova, Moldova

Sayeeduzzafar Qazi,
University of Science and Technology, Saudi Arabia

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

Paul Waithaka Mahinge,
Kenyatta University, Kenya

Aicha El Alaoui,
Sultan My Slimane University, Morocco

Marija Brajčić,
University of Split, Croatia

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

Belen Martinez-Ferrer,
Univeristy Pablo Olavide, Spain

Rachid Zammar,
University Mohammed 5, Morocco

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

Fatma Koc,
Gazi University, Turkey

Calina Nicoleta,
University of Craiova, Romania

Shadaan Abid,
UT Southwestern Medical Center, USA

Sadik Madani Alaoui,
Sidi Mohamed Ben Abdellah University, Morocco

Patrizia Gazzola,
University of Insubria, Italy

Krisztina Szegedi,
University of Miskolc, Hungary

Liliana Esther Mayoral,
National University of Cuyo, Argentina

Amarjit Singh,
Kurukshetra University, India

Armando Carteni,
University of Naples Federico II, Italy

Oscar Casanova Lopez,
University of Zaragoza, Spain

Emina Jerkovic,
University of Josip Juraj Strossmayer, Croatia

Carlos M. Azcoitia,
National Louis University, USA

Rokia Sanogo,
University USTTB, Mali

Bertrand Lemennicier,
University of Paris Sorbonne, France

Lahcen Benaabidate,
University Sidi Mohamed Ben Abdellah, Morocco

Janaka Jayawickrama,
University of York, United Kingdom

Kiluba L. Nkulu,
University of Kentucky, USA

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

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

Leila Ghudushauri,
Tbilisi State University, Georgia

George C. Katsadoros,
University of the Aegean, Greece

Elena Gavrilova,
Plekhanov University of Economics, Russia

Kira Trostina,
Plekhanov University of Economics, Russia

Eyal Lewin,
Ariel University, Israel

Szczepan Figiel,
University of Warmia, Poland

Don Martin,
Youngstown State University, USA

John B. Strait,
Sam Houston State University, USA

Nirmal Kumar Betchoo,
University of Mascareignes, Mauritius

Camilla Buzzacchi,
University Milano Bicocca, Italy

EL Kandoussi Mohamed,
Moulay Ismai University, Morocco

Marek Semela,
Brno University of Technology, Czech Republic

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

Susana Borrás Pentinat,
Rovira i Virgili University, Spain

Jelena Kasap,
Josip J. Strossmayer University, Croatia

Massimo Mariani,
Libera Università Mediterranea, Italy

Rachid Sani,
University of Niamey, Niger

Luis Aliaga,
University of Granada, Spain

Robert McGee,
Fayetteville State University, USA

Susan Poyo,
Franciscan University, USA

Angel Urbina-Garcia,
University of Hull, United Kingdom

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

Marko Andonov,
American College, Republic of Macedonia

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

Leyla Yilmaz Findik,
Hacettepe University. Turkey

Vlad Monescu,
Transilvania University of Brasov, Romania

Virginia Pulcini,
University of Torino, Italy

Stefano Amelio,
University of Unsubria, Italy

Enida Pulaj,
University of Vlora, Albania

Christian Cave,
University of Paris XI, France

Julius Gathogo,
University of South Africa, South Africa

Claudia Pisoschi,
University of Craiova, Romania

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

Joseph Ntale,
Catholic University of Eastern Africa, Kenya

Kate Litondo,
University of Nairobi, Kenya

Maurice Gning,
Gaston Berger University, Senegal

Katarina Marosevic,
J.J. Strossmayer University, Croatia

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

Syed Shadab,
Jazan University, Saudi Arabia

Koffi Yao Blaise,
University Felix Houphouet Boigny, Ivory Coast

Mario Adelfo Batista Zaldivar,
Technical University of Manabi, Ecuador

Kalidou Seydou,
Gaston Berger University, Senegal

Iveta Reinholde,
University of Latvia, Latvia

Patrick Chanda,
The University of Zambia, Zambia

Meryem Ait Ouali,
University IBN Tofail, Morocco

Laid Benderradji,
Mohamed Boudiaf University of Msila, Algeria

Amine Daoudi,
University Moulay Ismail, Morocco

Claudio Fabian Guevara,
University of Guadalajara, Mexico

Oruam Cadex Marichal Guevara,
University Maximo Gomes Baez, Cuba

Vanya Katarska,
National Military University, Bulgaria

Carmen Maria Zavala Arnal,
University of Zaragoza, Spain

Francisco Gavi Reyes,
Postgraduate College, Mexico

Aysegul Ozbebek Tunc,
Istanbul University, Turkey

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

Mary Kathryn Mc Vey,
Franciscan University of Steubenville, USA

Patricia Randrianavony,
University of Antananarivo, Madagascar

Roque V. Mendez,
Texas State University, USA

Kesbi Abdelaziz,
University Hassan II Mohammedia, Morocco

Eugenio D'Angelo,
Pegaso Telematic University, Italy

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

Ilknur Bayram,
Ankara University, Turkey

Elenica Pjero,
University Ismail Qemali, Albania

Gokhan Ozer,
Fatih Sultan Mehmet Vakif University, Turkey

Komina Amevoin,
University of Lome, Togo

Veronica Flores Sanchez,
Technological University of Veracruz, Mexico

Camille Habib,
Lebanese University, Lebanon

Larisa Topka,
Irkutsk State University, Russia

Paul M. Lipowski,
Creighton University, USA

Jose Antonio Marin,
University of Granada, Spain

Marie Line Karam,
Lebanese University, Lebanon

Jorge Wozniak,
National University of Tres de Febrero, Argentina

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

Mohamed Berradi,
Ibn Tofail University, Morocco

Visnja Lachner,
Josip J. Strossmayer University, Croatia

Sangne Yao Charles,
University Jean Lorougnon Guede, Ivory Coast

Omar Boubker,
University Ibn Zohr, Morocco

Judit Sole Resina,
Autonomous University of Barcelona, Spain

Kouame Atta,
University Felix Houphouet Boigny, Ivory Coast

Patience Mpanzu,
University of Kinshasa, Congo

Angeles Aguilera Velasco,
University of Guadalajara, Mexico

Rachid Hsissou,
Ibn Tofail University, Morocco

Svetlana Melentijevic,
Complutense University of Madrid, Spain

Devang Upadhyay,
University of North Carolina at Pembroke, USA

Nyamador Wolali Seth,
University of Lome, Togo

Akmele Meless Simeon,
Ouattara University, Ivory Coast

Mohamed Sadiki,
IBN Tofail University, Morocco

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

Gamal Elgezzeery,
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 Superieure Abidjan (ENS Ivory Coast)

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

Alla Manga,
University Cheikh Anta Diop, Senegal

Lalla Aicha Lrhorfi,
University Ibn Tofail, Morocco

Ruth Adunola Aderanti,
Babcock University, Nigeria

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

Aka Koffi Sosthene,
Research Center for Oceanology, Ivory Coast

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

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

Sophia Barinova,
University of Haifa, Israel

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

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

Aderewa Amontcha,
Universite d'Abomey-Calavi, Benin

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

Rene Mesias Villacres Borja,
Universidad Estatal De Bolivar, Ecuador

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

Qamil Dika,
Sports University of Tirana, Albania

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

Hariti Hakim,
University Alger 3, Algeria

Emel Ceyhun Sabir,
University of Cukurova, Turkey

Salomon Barrezueta Unda,
Universidad Tecnica de Machala, Ecuador

Belkis Zervent Unal,
Cukurova University, Turkey

Elena Krupa,
Kazakh Agency of Applied Ecology, Kazakhstan

Carlos Angel Mendez Peon,
Universidad de Sonora, Mexico

Antonio Solis Lima,
Apizaco Institute Technological, Mexico

Roxana Matefi,
Transilvania University of Brasov, Romania

Bouharati Saddek,
UFAS Setif1 University, Algeria

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

Serigne Modou Sarr,
Universite Alioune DIOP de Bambey, Senegal

Nina Stankous,
National University, USA

Lovergine Saverio,
Tor Vergata University of Rome, Italy

Fekadu Yehuwalashet Maru,
Jigjiga University, Ethiopia

Karima Laamiri,
University of Moulay Ismail, Morocco

Elena Hunt,
Laurentian University, Canada

Sharad K. Soni,
Jawaharlal Nehru University, India

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

Florence Kagendo Muindi,
University of Nairobi, Kenya

Maximo Rossi Malan,
Universidad de la Republica, Uruguay

Haggag Mohamed Haggag,
South Valley University, Egypt

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

Eveligh 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 Houphouet-Boigny University of Abidjan, Cote d'Ivoire

Bertin Desire Soh Fostsing,
University of Dschang, Cameroon

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

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

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

Abdelfettah Maouni,
Abdelmalek Essaadi University, Morocco

Alina Stela Resceanu,
University of Craiova, Romania

Alilouch Redouan,
University Abdelmalek Saadi, Morocco

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

Sufi Amin,
International Islamic University, 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,
American University in the Emirates, UAE

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

Tabou Talahatou,
University of Abomey-Calavi, Benin

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

Hamidreza Izadi,
Chabahar Maritime University, Iran

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

Elsa Kristo,
University of Tirana, Albania

Hanaa Ouda Khadri Ahmed Ouda,
Ain Shams University, Egypt

Rachid Ismaili,
Hassan 1 University, Morocco

Bashar H. Malkawi,
University of Sharjah, UAE

Tamar Ghutidze,
Ivane Javakhishvili Tbilisi State University, Georgia

Emine Koca,
Ankara Haci Bayram Veli University, Turkey

David Perez Jorge,
University of La Laguna, Spain

Ousmane Tanor Dieng,
Cheikh Anta Diop University, Senegal

Irma Guga,
European University of Tirana, Albania

Ozgur Muhittin Esen,
Istanbul University, Turkey

Saif Ur Rehman,
PMAS-Arid Agriculture University, Pakistan

Jesus Gerardo Martínez del Castillo,
University of Almeria, Spain

Mohammed Mouradi,
Sultan Moulay Slimane University, Morocco

Marco Tulio Ceron Lopez,
Institute of University Studies, Mexico

Mangambu Mokoso Jean De Dieu,
University of Bukavu, Congo

Hadi Sutopo,
Kalbis Institute, Indonesia

Priyantha W. Mudalige,
University of Kelaniya, Sri Lanka

Emmanouil N. Choustoulakis,
University of Peloponnese, Greece

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

Pinnawala Sangasumana,
University of Sri Jayewardenepura, Sri Lanka

Abdelali Kaaouachi,
Mohammed I University, Morocco

Dimitrios Belias,
University of Thessaly, Greece

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

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

Amaya Epelde Larranaga,
University of Granada, Spain

Franca Daniele,
"G. d'Annunzio" University, Chieti-Pescara, Italy

Youssef Babakhouya,
Inje University, South Korea

Saly Sambou,
Cheikh Anta Diop University, Senegal

Daniela Di Berardino,
University of Chieti-Pescara, Italy

Dorjana Klosi,
University of Vlore "Ismail Qemali, Albania

Abu Hamja,
Aalborg University, Denmark

Stankovska Gordana,
University of Tetova, Republic of Macedonia

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

Maria Leticia Bautista Diaz,
National Autonomous University, Mexico

Bruno Augusto Sampaio Fuga,
North Parana University, Brazil

Anouar Alami,
Sidi Mohammed Ben Abdellah University, Morocco

Vincenzo Riso,
University of Ferrara, Italy

Janhavi Nagwekar,
St. Michael's Hospital, Canada

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

Xi Chen,
University of Kentucky, USA

Nawaz Ahmad,
Institute of Business Management, Pakistan

Varij Nayan,
Central Institute for Research on Buffaloes, India

Fateh Mebarek-Oudina,
Skikda University, Algeria

Nadia Mansour,
University of Sousse, Tunisia

Jestoni Dulva Maniago,
Majmaah University, Saudi Arabia

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

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

Enriko Ceko,
Wisdom University, Albania

Laura Fischer,
National Autonomous University of Mexico, Mexico

Mauro Berumen,
University of East Cancun, Mexico

Jonida Lesha,
University of Tirana, Albania

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

Hanif Qureshi,
University of Cincinnati, USA

Maria Carlota,
Autonomous University of Queretaro, Mexico

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

Bhupendra Karki,
University of Louisville, Louisville, USA

Evens Emmanuel,
University of Quisqueya, Haiti

Iresha Madhavi Lakshman,
University of Colombo, Sri Lanka

Francesco Scotognella,
Polytechnic University of Milan, Italy

Zayde Ayvaz,
Canakkale Onsekiz Mart University, Turkey

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

Rawaa Qasha,
University of Mosul, Iraq

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

Hani Nasser Abdelhamid,
Assiut University, Egypt

Pablo Ezequiel Flores-Kanter,
University Siglo 21, Argentina

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

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

Ilenia Farina,
University of Naples "Parthenope, Italy

Luisa Zanolla,
Azienda Ospedaliera Universitaria Verona, Italy

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

Adriana Burlea-Schiopoiu,
University of Craiova, Romania

Alejandro Palafox-Munoz,
University of Quintana Roo, Mexico

Fernando Espinoza Lopez,
Hofstra University, USA

Ammar B. Altemimi,
University of Basrah, Iraq

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

Davide Calandra,
University of Turin, Italy

Nicola Varrone,
University of Campania Luigi Vanvitelli, Italy

Luis Angel Medina Juarez,
University of Sonora, Mexico

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

Sameer Algburi,
Al-Kitab University, Iraq

Braione Pietro,
University of Milano-Bicocca, Italy

Mounia Bendari,
Mohammed VI University, Morocco

Stamatios Papadakis,
University of Crete, Greece

Marcelo Simon Mendes,
University of Sorocaba, Brazil

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

Table of Contents:

**Prediction of Student Performance Using Rough Set Theory And
Backpropagation Neural Networks.....1**

Bruno Cristos Madeira

Tugrul Tasci

Numan Celebi

**Identificaciòn Y Clasificaciòn De La Flora, De La Laguna De Cacota,
Norte De Santander Colombia.....16**

Jairo Alberto Suàrez Comesaña

luis Roberto Sàncchez Montaño

**Intervenir E Investigar En El Aula: Estrategia Didáctica Para Aprender
Química.....31**

María Guadalupe Ruacho Soto

Rigoberto Marín Uribe

Isabel Guzmán Ibarra

Ma. Concepción Soto Valenzuela

**Efectividad De Un Polímero Retenedor De Humedad Para Elevar La
Supervivencia En Plantaciones De Mezquite (Prosopis Glandulosa Torr.)
En Zonas Áridas.....55**

Gabriel Sosa Pérez

David Efraín Hermosillo Rojas

Pedro Jurado Guerra

Manuel Pomposo Alarcón Bustamante

José Luis García Pérez

**Activité Anti-Inflammatoire Et Études Phytochimiques De L'extrait
Aqueux Des Écorces Distemonanthus Benthamianus Bail.
(Caesalpiniaceae : Leguminosae - Caesalpinioideae).....74**

Kouadio Kouakou John

Ouattara-Soro Fatou Shcherazade

Abizi Georges

Zougrou N'guessan Ernest

Kouakou Koffi Roger

Begbin Kouassi Emile

Kplé Tatiana Kangah Mireille

Kablan Kassi Jean-Jacques

Koffi Severin

**Déterminants Individuels Et Contextuels Du Paludisme Chez Les Enfants
De 6-59 Mois En République Démocratique Du Congo.....94**

Christian Ngomezey Musuyi

Franklin Bouba Djourdebbe

Emmanuel Ekambi

**Détermination Du Régime Alimentaire De La Girafe d'Afrique De
l'Ouest (Giraffa Camelopardalis Peralta Linnaeus 1758) En Saison Sèche
Dans Les Zones Excentrées De Fandou, Dingazi-Banda Et Simiri Au
Niger.....120**

Hamadou O.

Amadou Oumani A.

Morou B.

Mahamane A.

**Caractérisation Des Propriétés Hydrodynamiques Des Aquifères Du
Socle Dans Quelques Localités Du Nord De La Côte
d'Ivoire.....137**

Omer Zephir De Lasme

Stéphane Delmas Kouadio

Adama Coulibaly

**Evaluation Comparee De La Malnutrition Des Enfants De Moins De 5
Ans Par Des Indices Anthropometriques En Republique Democratique
Du Congo.....154**

Lokanga Godefroy Djomo

**Rites De Reintegration "Afolile" Des Femmes Adulteres Chez Les « Fon
» D'abomey : Elements Pour Une SocioAnthropologie De La
Purification.....170**

Charles Lambert Babadjide

**Information Du Patient Sur Le Diagnostic, Les Examens Paracliniques Et
Le Traitement Au Chu-Sylvanusolympio (Togo).....189**

Kakpovi K.

Koffi-Tessio Ves

Mouzou P.

Oniankitan O.

Mijiyawa M.

Fianyo E.

Tagbor KC

Houzou P.

**Les Facteurs Associés Aux Calcifications Valvulaires Du Cœur Et Ou Des
Gros Troncs Artériels Chez Les Hémodialysés.....200**

Fousseny Diakité

Mohamed Sidy Seck

El Hadji Fary Ka

Ahmed Tall

Mohamed Moustapha Cissé

Abdou Niang

Boucar Diouf

Kane Moussa

Dioum Momar

Abdoul Kane

**Impact De La Distribution Spatiale Des Stations-Service Dans
L'écosystème Urbain De Lubumbashi En Republique Democratique Du
Congo.....211**

Sangwa Kiteba Guellord

Musisilwa Lwindi Elias

Nsenga Ilunga Jérémie

Asumani Salimini

**Optimisation De La Stabilisation Physique Du Lait De Coco En Utilisant
La Gomme De Cajou (Anacardium occidentale L.) Comme Agent
Stabilisant.....227**

Pégnonsienrè Lacina Soro

Naka Touré

Fankroma Martial Thierry Koné

Marcellin Konan Kouadio

Kouakou Martin Djè

Soumaila Dabonné

Hombres Universitarios: lo que hacen por su salud.....243

José Luis Luna-González

Diana Alejandra Reséndiz-Guerrero

Sarket Gizah Juárez-Nilo

Adriana Martínez-Díaz

Daniel Arceo Mariñelarena

Ruth Magdalena Gallegos-Torres

**Approvisionnement en eau dans la commune des Parcelles Assainies de
Dakar (Sénégal): perception de la qualité et pratiques des
populations.....256**

Cheikh Diop

Aminata Toure

Fatoumata Bah

Absa Lam

Mathilde Cabral

Seynabou Fedior

Mamadou Fall

**Factors Influencing the Choice of Place of Delivery among Women in
Rural Northern Ghana: A Cross-sectional Descriptive
Study.....272**

Agulu Gilbert Gangtaba

Mitsuaki Matsui

Yasuhiko Kamiya



ESJ Natural/Life/Medical Sciences

Prediction of Student Performance Using Rough Set Theory And Backpropagation Neural Networks

Bruno Cristos Madeira

Sakarya University, Institute of Natural Sciences, Information Systems
Engineering Department, Sakarya, Turkey

Tugrul Tasci

Numan Celebi

Sakarya University, Faculty of Computer & Information Sciences,
Information Systems Engineering Department, Sakarya, Turkey

[Doi:10.19044/esj.2021.v17n7p1](https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n7p1)

Submitted: 23 November 2020

Accepted: 12 February 2021

Published: 28 February 2021

Copyright 2021 Author(s)

Under Creative Commons BY-NC-ND

4.0 OPEN ACCESS

Cite As:

Madeira B.C., Tasci T. & Celebi N. (2021). *Prediction of Student Performance Using Rough Set Theory And Backpropagation Neural Networks* .European Scientific Journal, ESJ, 17(7), 1. <https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n7p1>

Abstract

With the rise of web-based education systems and the increased use of information systems in education institutions, the amount of data recorded on student performance and behavior has increased exponentially. Thus, bringing about a large number of contributions to the field of educational research, which in itself contributed to the further evolution off the field in the last two decades alone, with terms such as Educational Data Mining (EDM), Learning Analytics, Data-driven Education, Teaching Analytics and others being added to the literature. In this paper, we evaluate the usefulness of a model using Rough Set Theory (RST) and Backpropagation Neural Network (BPNN) in effectively predicting the students' overall performance. The dataset used consists of 10 different attributes and one decision factor belonging to 53 students collected from a language course which administers in-person education with the aid of an online platform for assignments. RST was implemented in order to reduce the number of attributes used as input in the neural network and the BPNN made an accurate prediction using only 5 of the initial attributes. Thus outperforming a model based solely on BPNN used on

the original dataset and reducing computational costs.

Keywords: Rough Set Theory, Feature selection, Backpropagation Neural Network, Learning Analytics, Educational Data Mining

Introduction

The use of e-learning materials, the wide adherence to massive open online courses (MOOCs), the establishment of cross institution databases and overall integration of Information technologies to education both private and public has led to the creation of large repositories of data. This exponential growth of recorded and available data, alongside the growing use of the internet and digital devices has enabled us to manipulate and analyze data at an unprecedented rate, (S. John walker, 2014). New types of educational environments play a large role in the gathering of huge amount of data about students (Romeo & Ventura, 2020). In the midst of this educational revolution many terms have come about, such as Academic Analytics, Institutional Analytics, Teaching Analytics, Data-Driven Decision-Making in Education, Big Data in Education, and Educational Data Science. The study at hand is associated better with Educational Data Mining, which concerns itself with the exploration of datasets of educational origin (Bakhshinategh, Zaiane, ElAtia, & Ipperciel, 2018), and Learning Analytics, which can be defined as the process of understanding and improving learning and the education environment through the mining of student related data(Lang, Siemens, Wise, & Gasevic, 2017). The use of diverse mining approaches in the educational environment has had many advantages that would have been difficult to attain through the manual analysis of the data. Examples of these applications are numerous and range from emotional learning analytics, where the importance of emotions during the learning process is studied (D'Mello, 2017), to writing analytics, where text mining and analytics tools are applied on text data from, chats, social networks, essays, and others (Ferreira-Mello, 2019). With the proper application of data mining to educational datasets it is possible to make a better allocation of resources in education environments, make the necessary improvements to the teaching system or better assess the learning process. It is in the scope of this contribution that this study is aimed at evaluating the efficiency of a Rough Set Theory and Backpropagation Neural Network based model in predicting the outcome of students in a language institute. The dataset used in this study was acquired from a language institute where the students undergo a 3 month a face to face English language education with the aid of an online platform for assignments which records their progress and activity throughout the course and breaks down their progress in terms of the language skills (further discussed in section 4). By nature of the process of language learning, determining what features define a successful student brings about

uncertainty and is regarded as subjective. The Rough Set Theory aspect of the model in this paper avoids subjective influence of the data in the mining process, unlike fuzzy set or Bayesian theory, which are based on prior knowledge, it is able to disclose hidden knowledge and reduce attributes only based on the dataset (Li, X. et al. 2019); It was used in this study due to its ability to reduce data dimension, eliminate redundant data and noise regardless of how incomplete or inconsistent the data provided is. However, due to the poor generalization ability of RST, the use of a non-linear algorithm with anti-noise ability was established and for this the BP neural network was elected due to its automated weight adjustment feature and the fact that its lack of ability to identify redundant data is compensated by the RST. Therefore, given the individual strengths and weaknesses of the algorithms mentioned, this paper puts forward the use of a model based on Rough Set Theory and Backpropagation Neural Network to predict the performance of students in a language learning environment. Through analyzing the results of this model, education institutes will be able to get a better understanding of any existent undesirable biases in their education system, determine crucial factors to student success and through the early prediction of student performance, make necessary interventions in the students' education process in order to maximize their gains. We hypothesized that the policy of the institute from which the data was collected will be made apparent in the results of the research, therefore having the features relating to language practice being established as the main factors to affect student performance.

The following sections are organized as follows. Section 2 describes related work in this field and where the algorithms used in this paper are employed. In section 3 the methods used in the study are discussed briefly. Section 4 entails a description of the dataset along with the model used. The implementation of the model is done in section 5, followed by discussion of the findings in section 6 and the presentation of the conclusion in section 7.

Related Work

The rapid development of technology and its wide use in daily life, the environments in which it has made itself useful is constantly on the rise. One of the areas that has seen the integration of technology to its environment is education. In Montreal, Canada in 2008, the first Educational Data Mining Conference was held, organized by the IEDM society and in 2011, the first Learning Analytics and Knowledge Conference was held in Banff, Canada, organized by SOLAR (Romeo & Ventura, 2020). These two areas, which emerged from independent conferences and communities have been the aim of many researches and contributions in the last two decades with over 9000 papers and main events about Educational Data Mining and Learning Analytics (EDM/LA) terms being registered in Google scholar between the

years 2000–2018. (Baker, 2015) claimed that the majority of traditional data mining techniques have already been applied in the educational domain. Nevertheless, given the continuous change in both educational and data mining environments, it is important to always seek viable and more cost effective alternatives to EDM/LA solutions.

Given the popularity of RST in data mining, its usefulness for the analysis of educational datasets has been made evident in researches such as (Saedudin et al., 2018), where given a dataset consisting of 1000 entries with 8 attributes each, referring to students from Telkom University, Indonesia. They found in an orderly manner the five most determinant attributes of the student performance. (Ramentol et al., 2019) reported that RST outperformed many state of the art algorithms in the early detection of undergraduate dropouts from the Informatics Engineering Department at the University of Camagüey, Cuba where the dropout rate of freshmen is about 25%. It was also reported that the model introduced in the study made data preprocessing redundant as it outperformed 8 well-known preprocessing methods. In studies where performance prediction was necessary, the application of neural networks was observed; as was the case in (Asif et al., 2017), where it was aimed to provide to teachers and study program directors information to improve their educational program by proposing a model which used a neural network to predict student performance at the end of a four-year university program using pre-university marks and marks belonging to the first and second year courses only, with a reasonable accuracy. (Berens et al., 2018) developed an Early Detection System (EDS) to identify potential dropouts in Germany using regression analysis, neural networks, decision trees and the AdaBoost algorithm. The results showed a prediction accuracy at the end of the first semester of 79% for the state university and 85% for the private university of applied sciences. After the fourth semester, the accuracy improved to 90% for the state university and 95% for the private university of applied sciences.

Methodology

Rough Set Theory (RST)

Widely implemented in the field of data mining, rough set theory (RST), proposed by (Pawlak, 1982), is based on the assumption that real-world knowledge is dependent on the accuracy of its representations. RST methods rely on the data at hand to establish the relations between the features of objects in an information system that displays uncertainty and the decisions they lead to. An information system is a table where rows are objects and columns are different attributes of said objects, Bin Yu, Mingjie Cai, Qingguo Li (2018). Information tables can be represented as follows:

$$S = (U, Q, V, f);$$

Where $U = \{x_1, x_2, x_3 \dots x_n\}$ is the set of objects to be analyzed, $Q = \{q_1, q_2, q_3 \dots q_n\}$ is the set of attributes or features of the objects from which the redundant ones are to be removed. V represents the domain of the attributes and $f(x, q)$ is the representation of the information function.

Indiscernibility relation

For $x, y \in U$ and $f(x, a) = f(y, a)$ it is said that x and y are indiscernible. For a specific set of attributes from set Q , called set A , a binary relation with set U classified as an indiscernibility relation and is represented as $IND(A)$. Elementary sets are equivalence classes in $Q/IND(A)$ or Q/A for short, $[x]_A$ is the equivalence class of $x \in U$.

Upper and Lower Approximation

Let $S = (U, Q, V, f)$ be an information system and $A \subseteq Q$. The \underline{A} lower approximation and \bar{A} upper approximations of $X \subseteq U$, denoted as $\underline{A}(X)$ and $\bar{A}(X)$, respectively, are defined as:

$$\underline{A}(X) = \cup \{x \in X \mid [x]_A \subseteq X\} \quad \text{and} \quad \bar{A}(X) = \cup \{x \in Q \mid [x]_A \cap X \neq \emptyset\}.$$

For any $X \subseteq U$, we can associate accuracy $C_A(X)$ to the approximation of X as:

$$C_A(X) = |\underline{A}(X)| \div |\bar{A}(X)|,$$

Where $|\underline{A}(X)|$ and $|\bar{A}(X)|$ denote the cardinality of $\underline{A}(X)$ and $\bar{A}(X)$, respectively. Evidently, $0 \leq C_A(X) \leq 1$. If $C_A(X) = 1$, X is a crisp set; otherwise, X is a rough set, with respect to A .

One of the main features of data reduction by RST is to eliminate attributes established as redundant and build reducts in order to create simpler models. Reducts are a minimal set of properties that allow for inseparability of the dataset. In other words, elementary sets in the information table are preserved by feature reduction by finding sub feature sets. A particular decision table may have multiple reducts, representing minimal quantities of sufficient information. The feature reduction operation is expressed as a calculation of reducts. If a particular feature is present in all the reducts, that feature is considered "core" and such features cannot be deleted from the information table.

Backpropagation Neural Network (BPNN)

A backpropagation neural network is a multi-layered neural network characterized by signal forward transmission and error feedback propagation. In these neural networks the input on one side of the network is processed through layers of neurons and an output is calculated through to the other side. Therefore, three layers can be established in these structures, the input layer, where the values to be fed into the network are entered; the hidden layer, responsible for the calculation of the output and where weights and biases

connecting the input and output layers are found; And an output layer where the final value calculated by the network is displayed, later on compared to a target value and from where the back propagation begins. A representation of a BPNN can be seen in Figure1.

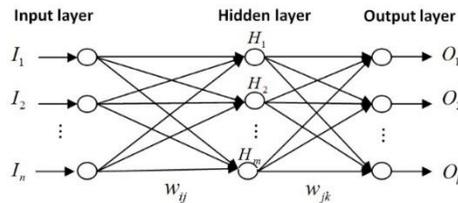


Fig1. Representation of a three layer BPNN

A basic three layer BPNN works as follows. Each in the input layer holds a value which is then passed on to the following layer, each and every one of the neurons in the hidden layer is attributed a value through the weighted sum of the neurons in the previous layer, a bias value is then added to this sum value in order to adjust the result and finally the result is put through an activation function, which determines the value that will be sent to the following layer, where the same process will take place again. The mathematical representation of this relation is given below.

$$H_j = f_1 \left(\sum_{i=1}^n w_{ij} I_i - v_j \right), j = 1, 2, \dots, m$$

$$O_k = f_2 \left(\sum_{j=1}^m w_{jk} H_j - v_k \right), k = 1, 2, \dots, l$$

Where I , H and O represent the input, hidden and output layers respectively, f_1 and f_2 the activation function(s), v the biases of each neuron, the weights of each connection between neurons given as w_{ij} and w_{jk} and the number of neurons in the hidden and output layers given by m and l respectively.

Once the value of the output established, a cost value is calculated as the difference between the expected value and the output. Represented as:

$$C_k = E_k - O_k, k = 1, 2, \dots, l$$

The next stage of the algorithm is backpropagation and is responsible for the learning process. In order to minimize the cost value (i.e. maximizing the accuracy of the neural network), the error is propagated backwards using a standard learning algorithm to adjust the weights and biases so that desirable accuracy levels are reached.

$$w_{ij} = w_{ij} + \eta H_j (1 - H_j) I_i \sum_{k=1}^l w_{jk} C_k$$

$$w_{ij} = w_{ij} + \eta H_j C_k$$

$$v_j = v_j + C_k \eta H_j (1 - H_j) I_i \sum_{k=1}^l w_{jk} C_k$$

$$v_k = v_k + \eta C_k$$

Where η , a value between 0 and 1 represents the learning rate.

Defining dataset and conceptual framework

The dataset for this study was provided by the Wimbledon Language Academy Sakarya-Turkey branch, a language institute that provides face to face English language education aided by an online platform for assignments. The system in place at the time that the dataset was collected was a practice oriented 3 month course with 4 quizzes equally distanced throughout the duration of the course, where students were expected to complete the automatically graded weekly assignments and participate in at least four specific English language skill oriented weekly activities. In order for a student to pass to the following level of education they were expected to have an overall score of 65 or higher. The overall score was calculated as 20% attributed to the average of the quizzes, 30% to the average score of the completed online assignments and the number of completed assignments, 10% to the teacher’s assessment of the student performance and classroom participation, 20% to a speaking evaluation done by the teacher at the last day of the course and 20% to the student’s participation in the auxiliary skill oriented activities. Given the subjective nature of the teacher’s assessment of the student, this attribute was not included in the study. As one of the aims of this study is to determine the underlying factors among student behavior and language skills that impact their overall performance, the amount of assignments completed in relation to the number of assignments given, average score of the assignments, total time spent on the online platform and marks for grammar, listening, reading and vocabulary skills from the automatically generated report from the online platform along with the overall score were acquired for the study. Hence, a dataset composed of 10 attributes, 1 decision and 53 observations was used. A sample of the dataset can be seen in Table 1.

#	Assign. completed	Assign. score	Time online	Gram.	Listen.	Read.	Vocab.	Quiz.	Speak.	Activit.	Final score
1	57/86	63%	03:06:47	88%	100%	100%	95%	76%	85%	100%	85
2	85/86	93%	08:43:49	90%	99%	97%	96%	76%	80%	100%	88
3	86/86	91%	07:25:00	87%	88%	96%	95%	95%	85%	100%	96
4	82/86	79%	05:38:24	81%	85%	61%	89%	41%	80%	100%	77
5	43/86	38%	01:44:31	54%	57%	100%	82%	56%	85%	100%	73
6	84/86	81%	06:07:56	77%	85%	69%	91%	50%	60%	100%	82

Table 1. Sample of the dataset

A representation of the proposed model is shown in Figure 2. The data was first collected from two separate repositories. The Assignments completed, Assignment scores, Total time spent online, Grammar, Listening, Reading and Vocabulary values were obtained from the online platform. The Quizzes, Speaking, Activity and Final score values were obtained from private data repository of the language institute. The two scores were manually appended through the use of the full name of the student.

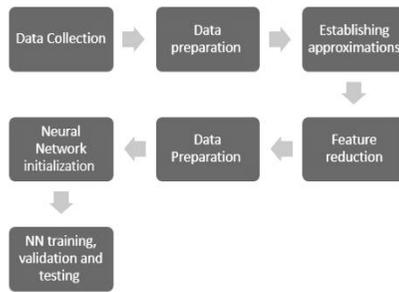


Fig 2. Framework of the proposed model

Implementation

Data preparation

In order for the information table to be loaded and processed in ROSE2, the attributes needed to be renamed for easier comprehension during the process and the data needed to be adapted so that the algorithm would be able to make clearer classifications. Therefore the attribute values were prepared for the Rough Set Theory algorithm as shown in Table 2.

Attribute	Definition	Attribute	Definition
Assignments Completed (A1)	0= 0-30	Activities (A10)	0= 0-30
	1= 31-55		1= 31-55
	2= 56-80		2= 56-80
	3= 81-100		3= 81-100
Assignment score, Grammar, Listening, Reading, Vocab., Quizzes, Speaking(A2, A4, A5, A6, A7, A8, A9)	0= 0-40	Final score (D)	0= 0-64
	2= 41-60		1= 65-80
	3= 61-80		3= 81-100
	4= 81-100		
	0= 0 min-1h40min		
Time Online (A3)	1= 1h41min-3h20min		
	2= 3h21min-5h		
	3= 5h-more		

Table 2. Attributes and decisions used in the study

Table 3 shows the first five records of the information table represented as they were fed into the RST algorithm.

	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	D
X1	2	2	1	3	3	3	3	2	3	3	2
X2	3	3	3	3	3	3	3	2	3	3	2
X3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2
X4	3	3	3	3	3	2	3	1	3	3	1
X5	1	0	1	1	1	3	3	1	3	3	1

Table 3. First five records of the information table

Approximation classes and feature reduction

The analysis of the information table was carried out in the software ROSE2, created at the Laboratory of Intelligent Decision Support Systems of the Institute of Computing Science in Poznan, Poland, based on a fourteen-year experience in rough set based knowledge discovery and decision analysis. The ratio of the classification quality calculated by the ratios of the lower and upper cluster approaches of the data is 100% as shown in Table 4.

Quality of classification: 1.0000				
Approximations:				
Class	#of Objects	Lower Approximation	Upper Approximation	Accuracy
0	21	21	21	1.0000
1	18	18	18	1.0000
2	14	14	14	1.0000

Table 4. Approximation classes

Each object was shown to be a member of its decision class with an accuracy of 100%; therefore, we have perfect approximations given the fact that the cardinality of both lower and upper approximation values are equal.

After the establishment of the approximation classes the reduct sets were determined and are given in Table 5. Seven reducts were obtained, each with a length of five attributes, all extracted from the initial 10 attributes in the information table. Table 6 shows the core attributes along with the frequencies in which they appear in the reducts. As shown in the tables below, 7 different combinations of 9 attributes with the length of five were established, from these, in order to proceed to the initialization of the BPNN, the reduct composed of the core features with the highest frequencies was selected. Therefore, the reduced features for the BPNN were determined to be the assignment, reading skill, quizzes, speaking and activity scores (attributes A2, A4, A8, A9 and A10 respectively).

Table 5. Reduced feature sets (reducts)

No#	Reduct	Length
1	A4,A6,A8,A9,A10	5
2	A3,A6,A8,A9,A10	5
3	A2,A6,A8,A9,A10	5
4	A1,A6,A8,A9,A10	5
5	A1,A2,A8,A9,A10	5
6	A2,A4,A8,A9,A10	5
7	A2,A7,A8,A9,A10	5

Table 6. Core feature

No#	Attribute	Frequency	%Frequency
1	A1	2	28.57
2	A2	4	57.14
3	A8	7	100.00
4	A9	7	100.00
5	A10	7	100.00
6	A4	2	28.57
7	A6	4	57.14
8	A7	1	14.29
9	A3	1	14.29

Backpropagation neural network (BPNN)

The BPNN initialization, training and testing was done on MATLAB. For the purpose of simplicity and cost effectiveness, the traditional three-layer BPNN was used in this study. In order to better assess the reduction done by the RST algorithm, the prediction was initially done using all ten attributes and the results were compared with those of a neural network designed and trained based on the selected five attributes. In both cases, the number of neurons in the input layer were defined by the number of attributes the prediction is based on. In order to establish the number of neurons in the hidden layer, the cut-and-try method was employed, using the formula $m = \sqrt{n + l} + a$. Where m is the number of hidden neurons, the number of input and output neurons are denoted by n and l respectively and a , a constant, is established as $a \in [1,10]$ and $m < n-1$; thus, given a neural network with ten input and one output neurons, $m \in [5,9]$ and in the reduced neural network with five input neurons $m \in [3,4]$. As an activation function(used to calculate the layer output given its net input), the hyperbolic tangent sigmoid transfer function was employed due to its steeper derivatives in calculating the gradient compared to other activation functions considered for this study. During the fitting process, 70% of the observation was used for data training, 15% for validation and the remaining 15% was used to test the accuracy of the network. Although it requires more memory, the use of the Levenberg–Marquardt algorithm (LMA or LM) to train the neural network was seen as viable due to the simplicity of the network and the fact that it operates faster than the other training algorithms considered. The training process was interrupted automatically when the generalization stopped improving, indicated by an increase in the mean square error of the validation samples.

Results and Discussion

The progress of the training process was measured by a separate set of data in order to avoid data dependency, the same was done to the testing data.

In order to assess the improvement of the neural network’s accuracy, the mean square error (MSE), which is established by the squared difference between the outputs and expected values, was used in order to have a more error sensitive approach to the best network. The regression values, which measure the correlation between the outputs and expected values, were also recorded. These values range from 0 to 1, where 0 represents a random relationship and 1, a close relationship between outputs and target data. Results for the training of networks with ten input neurons and 5-9 neurons in the hidden layers are given in Table 7, while the results for the network with a reduced number of features has its results given in Table 8. For the sake of scalability the root of the average MSE was calculated.

# of neurons in hidden layer	RMSE average			Regression value		
	Training	Validation	Testing	Training	Validation	Testing
5	<u>1.67</u>	<u>5.1</u>	3.58	<u>0.982</u>	<u>0.983</u>	0.995
6	2.47	5.55	9.66	0.971	0.989	0.881
7	1.75	4.12	7.69	0.999	0.991	0.94
8	1.23	6.08	9.66	0.999	0.943	0.966
9	8.89	16.82	11.4	0.952	0.868	0.859

Table 7. Root mean square error and regression values for BPNN with 10 input neurons

# of neurons in hidden layer	RMSE average			Regression value		
	Training	Validation	Testing	Training	Validation	Testing
<u>3</u>	<u>2.94</u>	<u>5.49</u>	2.91	<u>0.995</u>	<u>0.985</u>	0.996
4	2.23	5.19	4.00	0.997	0.979	0.994

Table 8. Root mean square error and regression values for BPNN with 5 input neurons

With the regression values of the networks shown in both Tables 7 and 8, exhibiting such a strong relation between the output values of the neural networks and the expected values, it could be concluded that the BPNN is successful in predicting the outputs with the data provided to it. Comparing the performances of the neural networks, firstly amongst the models fed observations with ten attributes, the RMSE average value was at its lowest and the regression value was at its closest to 1 when the neural network was designed with five neurons in the hidden layer. Better results were also achieved when the network was designed with five input neurons and three neurons in the hidden compared to when four neurons in the hidden layer were used. Comparing these two well performing networks, the result for the network using the attributes selected by the RST for both regression and RMSE show to be better; therefore, the proposed model has proven to be successful in making an accurate prediction while reducing the amount of data initially made available in half.

Looking back at the results of the RST algorithm, the assignment, reading skill, quizzes, speaking and activity scores being determined as factors which have a direct impact on the students' performance at the end of the course and later on establishing that they can serve as a better input for the BPNN in making an accurate prediction of the student performance, validates the claims of the language institute from which the data was acquired to have a system based in language use and practice, given that only one of the five the attributes is exam or grammar based, this knowledge can be used by the administration of the institute to better allocate resources in order to maximize student success or by teachers, in order to aid students in risk of having a poor end of term performance by making an early assessment. If such were not the case and the results showed themselves to be different from the intended system that prioritizes daily use of the language, the administration would be urged to fix the undesired bias in the system, by making the necessary changes to reach the desirable outcome and make an assessment after a large enough number of students had passed through the adjusted new system to make another assessment.

Conclusion

In this study the end of course performance of students in a language institute was predicted using Rough Set Theory (RST) and Backpropagation Neural Network (BPNN). The design of the model was done taking into account the joint strengths and likelihood of eliminating each other's weaknesses seen in the two individual algorithms. The data was provided from a language institute where a 3 month long in-person English language course aided by an online platform used for assignments is administered. The dataset consists of 10 attributes and one decision of which only four attributes are used in the calculation of the overall average. Using RST in the ROSE2 program, the features were reduced, establishing the 5 attributes that have a higher impact on the overall student performance. Therefore, proving the initial hypothesis stated at the beginning of the study to be true. The following stage was to initialize the BPNN for both (original and reduced) datasets and compare the results to evaluate the accuracy of the proposed model in comparison to the analysis of the original dataset. The results showed that by using the reduced features it is possible to get a better result in the prediction of student performance. This model not only enables the administration of educational institutions to better assess the education system, but it also has the potential to aid teachers in having a more individual approach in helping students at risk. In future studies other factors related to student behavior and educational background could also be integrated to the study.

References:

1. Z. Pawlak, Rough set, *Int. J. Comput. Inf. Sci.* 11 (5) (1982) 341–356
2. S. John Walker, Big data: a revolution that will transform how we live, work, and think, *Int. J. Advertising* 33 (1) (2014) 181–183.
3. Y.Yao, Three-way decisions with probabilistic roughsets, *Inform.Sci.* 180(3) (2010)341–353.
4. Li, X., Jiang, Q., Hsu, M. K., & Chen, Q. (2019). Support or risk? Software project risk assessment model based on rough set theory and backpropagation neural network. *Sustainability (Switzerland)*, 11(17). <https://doi.org/10.3390/su11174513>
5. C.S. Son, Y.N. Kim, H.S. Kim, H.S. Park, M.S. Kim, Decision-making model for early diagnosis of congestive heart failure using rough set and decision tree approaches, *J.Biomed.Inform.* 45(5)(2012)999–1008.
6. P.J. Lingras, Y. Yao, Data mining using extensions of the rough set model, *J. Am.Soc.Inf.Sci.* 49(5)(1998)415–422
7. Priyanka Das, Asit Kumar Das, Janmenjoy Nayak, Danilo Pelusi, Weiping Ding, Group incremental adaptive clustering based on neural network and rough set theory for crime report categorization, *Neurocomputing*, 2019
8. Baker, R. S. (2015). *Big data and education* (2nd ed.). New York, NY: Teachers College, Columbia University.
9. Ferreira-Mello, R., André, M., Pinheiro, A., Costa, E., & Romero, C. (2019). Text mining in education. *WIREs: Data Mining and Knowledge Discovery*, 9(6), e1332
10. Andrzej Janusz [aut], Lala Septem Riza [aut], Dominik 'Slezak [ctb], Chris Cornelis [ctb], Francisco Herrera [ctb], Jose Manuel Benitez [ctb], Christoph Bergmeir [ctb, cre], Sebastian Stawicki [ctb], (2019) Package “RoughSets” (R documentation)
11. Lang, C., Siemens, G., Wise, A., & Gasevic, D. (2017). *Handbook of learning analytics*. SOLAR, Society for Learning Analytics and Research. New York, NY: SOLAR.
12. D'Mello, S. (2017). Emotional learning analytics. In *Handbook of learning analytics* (p. 115). New York, NY: SOLAR.
13. Deep Learning Toolbox Documentation - MathWorks Benelux. (n.d.). Retrieved May 3, 2020, from https://nl.mathworks.com/help/deeplearning/index.html?s_tid=CRUX_lftnav
14. Asif, R., Merceron, A., Ali, S. A., & Haider, N. G. (2017). Analyzing undergraduate students' performance using educational data mining. *Computers and Education*, 113, 177–194. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2017.05.007>

15. Berens, J., Schneider, K., Görtz, S., Oster, S., & Burghoff, J. (2019). Early Detection of Students at Risk - Predicting Student Dropouts Using Administrative Student Data from German Universities and Machine Learning Methods†. † *Journal of Educational Data Mining*, 11(3), 1–41. Retrieved from <https://jedm.educationaldatamining.org/index.php/JEDM/article/view/389>
16. Yang, T. Y., Brinton, C. G., Joe-Wong, C., & Chiang, M. (2017). Behavior-Based Grade Prediction for MOOCs Via Time Series Neural Networks. *IEEE Journal on Selected Topics in Signal Processing*, 11(5), 716–728. <https://doi.org/10.1109/JSTSP.2017.2700227>
17. Bakhshinategh, B., Zaiane, O. R., ElAtia, S., & Ipperciel, D. (2018). Educational data mining applications and tasks: A survey of the last 10 years. *Education and Information Technologies*, 23(1), 537–553. <https://doi.org/10.1007/s10639-017-9616-z>
18. Aldowah, H., Al-Samarraie, H., & Fauzy, W. M. (2019). Educational data mining and learning analytics for 21st century higher education: A review and synthesis. *Telematics and Informatics*, 37(April 2018), 13–49. <https://doi.org/10.1016/j.tele.2019.01.007>
19. Saedudin, R. R., Sutoyo, E., Kasim, S., Mahdin, H., & Yanto, I. T. R. (2018). Attribute selection on student performance dataset using maximum dependency attribute. *Proceeding - 2017 5th International Conference on Electrical, Electronics and Information Engineering: Smart Innovations for Bridging Future Technologies, ICEEIE 2017, 2018-Janua*, 176–179. <https://doi.org/10.1109/ICEEIE.2017.8328784>
20. Sarra, A., Fontanella, L., & Di Zio, S. (2019). Identifying Students at Risk of Academic Failure Within the Educational Data Mining Framework. *Social Indicators Research*, 146(1–2), 41–60. <https://doi.org/10.1007/s11205-018-1901-8>
21. Cazarez, R. L. U., & Martin, C. L. (2018). Neural networks for predicting student performance in online education. *IEEE Latin America Transactions*, 16(7), 2053–2060. <https://doi.org/10.1109/TLA.2018.8447376>
22. Romero, C., & Ventura, S. (2020). Educational data mining and learning analytics: An updated survey. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Data Mining and Knowledge Discovery*, (December 2019), 1–21. <https://doi.org/10.1002/widm.1355>
23. Ramasubramanian, P., Iyakutti, K., & Thangavelu, P. (2009). Enhanced data mining analysis in higher educational system using rough set theory. *African Journal of Mathematics and Computer Science Research*, 2(9), 184–188.

24. Cables, E. H., Lamata, M. T., & Verdegay, J. L. (2019). Uncertainty Management with Fuzzy and Rough Sets (Vol. 377). <https://doi.org/10.1007/978-3-030-10463-4>



ESJ Natural/Life/Medical Sciences

Identificaciòn Y Clasificaciòn De La Flora, De La Laguna De Cacota, Norte De Santander Colombia

Jairo Alberto Suàrez Comesaña, PhD

Universidad Internacional Iberoamericana (UNINI)

luis Roberto Sàncchez Montaño, Msc

Universidad de Pamplona (UNIPAMPLONA)

[Doi:10.19044/esj.2021.v17n7p16](https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n7p16)

Submitted: 30 July 2020

Accepted: 15 January 2021

Published: 28 February 2021

Copyright 2021 Author(s)

Under Creative Commons BY-NC-ND

4.0 OPEN ACCESS

Cite As:

Suàrez Comesaña J.A. & Sàncchez Montaño L.R. (2021). *Identification And Classification Of The Flora, Laguna Of Cacota, North Of Santander Colombia*. European Scientific Journal, ESJ, 17(7), 16. <https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n7p16>

Resumen

La Laguna de Cúcota, está ubicada en la cordillera Oriental de Colombia, en el Departamento Norte de Santander, incrustada en la zona más alta del Municipio de Cúcota de Velasco, de formación glacial, está a una Altura de 2.918 m.s.n.m. Se caracteriza por una topografía inclinada, una temperatura que oscila entre 6 y 14 grados centígrados, con vegetación de Bosque Montano Alto y el humedal es de tipo Frailejonal, diversificado con manchas de Pajonal y Arbustal. Los objetivos que se trazaron en el estudio fue calcular la diversidad, dominancia y similitud de la vegetación presente en este santuario de flora de igual manera se determinó la superficie del páramo y el área de la laguna. La metodología de investigación empleada fue de tipo cuantitativo, exploratorio, descriptivo y explicativo, donde al azar según las condiciones particulares se delimitaron 4 parcelas cada una de 100 mts cuadrados, con el propósito de identificar y describir las especies vegetales presentes por número y porcentaje de plantas, tomando su correspondiente fotografía, para darle el nombre vulgar, científico y en algunas sus principales características, se empleó para este estudio la información de la bibliografía existente y la pericia del experto para la identificación florística, teniendo como base la información recolectada. Dentro de los principales Resultados, se logró identificar un total de 75 especies de plantas y 3 de líquenes, como es un área de intervención antrópica se ven características de dominancia de una

especie con gran número de individuos y poca riqueza y diversidad, característica de las parcelas donde se tienen las condiciones de encharcamiento de sus suelos en el área del humedal, la gran diferencia se presenta en la parcela de bosque donde se encontró mayor diversidad en riqueza de especies y homogeneidad de individuos por especie. Otro acierto fue el cálculo de la superficie del humedal en 12,3 Ha y el área de la laguna en 4,1 Ha.

Palabras-claves: Diversidad, Humedal, Páramo, Fraylejonal, Chuzcal, Pajonal Y Ecosistema

Identification and Classification of the Flora, Laguna of Cacota, North of Santander Colombia

Jairo Alberto Suárez Comesaña, PhD

Universidad Internacional Iberoamericana (UNINI)

luis Roberto Sánchez Montaña, Msc

Universidad de Pamplona (UNIPAMPLONA)

Abstract

The Lagoon of Càcota is located in the eastern mountain range of Colombia, in the Department of Norte de Santander, embedded in the highest area of the Municipality of Càcota de Velasco, of glacial formation, and its height is 2,918 meter above sea level. Characterized by a sloping topography, a temperature that ranges between 6 and 14 degrees Celsius, with High Montane Forest vegetation and the wetland is of the Frailejonal type, diversified with grass and bush stains. The objectives that were outlined in the study were to calculate the diversity, dominance and similarity of the vegetation present in this flora sanctuary, in the same way the surface of the páramo and the area of the lagoon were determined. The research methodology used was quantitative, exploratory, descriptive and explanatory, where at random, according to the particular conditions, 4 plots each of 100 square meters were delimited, with the purpose of identifying and describing the plant species present by number and percentage of plants, taking their corresponding photograph, to give it the common, scientific name and in some of its main characteristics, the information from the existing bibliography and the expertise of the expert for floristic identification were used for this study, based on the information collected. Among the main results, it was possible to identify a total of 75 species of plants and 3 of lichens, as it is an area of anthropic intervention, there are characteristics of dominance of a species with a large number of individuals and little richness and diversity, characteristic

of the plots where there are ponding conditions of their soils in the wetland area, the great difference is present in the forest plot where the greatest diversity in species richness and homogeneity of individuals by species was found. Another success was the calculation of the surface of the wetland at 12.3 Ha and the area of the lagoon at 4.1 Ha.

Keywords: Diversity, Wetland, Páramo, Fraylejonal, Chuzcal, Pajonal And Ecosystem

Introducción

Latinoamérica es uno de los lugares del mundo, donde se presenta, la menor afectación de los ecosistemas en su diversidad biológica, más aún en el área del Amazonas, la Patagonia, la Atlántica o del Pacífico sur, los bosques tropicales de montaña y los Tepuyes; a éstos se suman la Antártica (Mittermeier, 1997).

El relictos de bosques del trópico conforma la despensa básica de la biodiversidad del planeta y es el resultado de un proceso de evolución que tardó más de 100 millones de años (generando un almacén de material genético irremplazable). Solo ostentan un área de territorio del 6%, y conviven en estos bosques un valor mayor de la mitad de la gran mayoría de las especies del planeta. (Juan Ramírez Marín, 2007).

La República de Colombia, tiene una inmensa riqueza en recursos naturales, ocupando el segundo puesto de competencia entre las doce naciones con mayor biodiversidad del planeta, siguiendo a Brasil (Mittermeier, 1997). Se encuentra dentro de los once países que aún mantienen conservadas las superficies extensas de sus bosques originales, parcialmente sin amenazas (Mittermeier, 1997). De esta manera se observa que en estos sistemas ecológicos mantengan sus formas evolutivas, biológicas y naturales para continuar generando y preservando la diversidad biológica de la que dependemos todos (Mittermeier, 1997).

El gran capital en diversidad biológica que tiene Colombia, se manifiesta en diversas maneras, en su extensión territorial, cuenta con el 10% de la diversidad biológica de la tierra, pero solo ostenta una superficie del 0.7% de territorio continental del mundo (Mittermeier, 1997).

En varias ocasiones se ha informado que: "la flora, la fauna y los organismos microscópicos del planeta interactúan con su hábitat físico en los sistemas ecológicos, conforman la unidad fundamental del desarrollo sostenible (WCFSD, 1996). Los elementos bióticos de este capital transcendental dan respaldo para que el nivel de la vida y las pretensiones del ser humano se cumplan en la adaptación al cambio del entorno y fuentes para los requerimientos de las necesidades básicas" (WCFSD, 1996).

En Colombia se encuentran 34 complejos de páramos ubicados sobre las tres cordilleras y en la sierra nevada de Santa Marta, con una superficie de 14.434 km², que equivale a un 1.3% del área continental de la nación, (Hofstede, 2002), ubicados en los departamentos de: Antioquia, Tolima, Santander, Norte de Santander, Risaralda, Cesar, Guajira, Boyacá, Cundinamarca, Arauca, Casanare, Meta, Huila, Caquetá, Viejo Caldas, Valle, Magdalena, Chocó, Nariño y Putumayo (Morales M., 2007).

En el Departamento de Norte de Santander, se encuentran amplias zonas de páramo, entre ellos el del humedal de la Laguna de Càcota (Morales M., 2007); el conocimiento de la riqueza biológica que nos rodea, es la base para generar la conciencia y cultura de conservación y preservación de las áreas estratégicas y de importancia ecológica, como es el caso de la zona de Humedal de Páramo de la Laguna de Càcota, que se constituye en el origen de la fuente vital del recurso hídrico del Municipio del mismo nombre.

La vegetación de paramo tiene las características morfológicas especiales como son: contar con vellosidades densas en la hoja, que le permiten mantenerse en lugares con alta radiación solar y de ser reguladores hídricos al retener la humedad de la neblina para condensarla desde su follaje, descender por sus tallos hasta llegar al colchón absorbente de musgos en el suelo, quienes retienen el agua y luego la van liberando, para mantener una humedad natural en el ecosistema, los convierten en santuarios con despensas de agua dulce, en zonas de gran importancia ambiental, para la supervivencia de las especies que habitan el planeta.

Es importante describir la intervención del hombre en este sector, en uno de sus costados en el área del humedal donde nace el agua, en el que se estableció un cultivo silvícola de pinos (*Pinus patula*), según los lugareños hace más de 50 años y que en estos momentos hace parte del paisaje natural de la zona. De igual manera se pudo evidenciar por observación y dialogo con las personas del sector de la siembra de cultivos tradicionales semestrales (papa, arveja, habas), que fomentan la presencia de algunos insectos propios de los cultivos que en algunos momentos se están adaptando a la flora del lugar y a la presencia de ganado vacuno y equino, que son altamente perjudiciales para mantener las condiciones del habitat presente.

Es así que los cultivos generan un gran efecto en el páramo, debido a que las labores de movimiento de suelo para la siembra generan el proceso de arrancar las plantas: al arar el suelo, se desarrolla secado de la superficie con la consecuencia de liberar gran cantidad de sustancias nutricionales inmovilizadas, ya que éstos son volcánicos, originando una producción alta en el primer cultivo, concibiendo una supuesta productividad inicial, lo que pareciera que las explotaciones agrícolas en el páramo fueran muy buenas, pero contrariamente al terminar la primera cosecha, con ella también termina la liberación de nutrientes, quedando el suelo con una baja disponibilidad de

ellos. Es así, que por la sequía se disminuye gran cantidad de la materia orgánica y de igual manera la capacidad de retener el agua. En algunos casos estos suelos, pasan de ser retenedores de agua, al secarse como se modifica su estructura y pierden esta característica, (Podwojewski, 2000).

La ganadería tradicional, que utiliza zonas de pradera para alimentar a animales herbívoros, tiene las condiciones de soportar el pisoteo y el pastoreo, es así que las plantas se benefician al ser consumidas y mejoran su producción. El efecto en los páramos no es igual, presentándose consecuencias tanto por el consumo al desprenderse una gran parte de la planta y por el pisoteo que debilita este tipo de vegetación, (Verweij, 1992)

Esta investigación, se centra en la importancia que tiene el estudio de la diversidad de flora de una zona de páramo, que cuenta con la característica de poseer un humedal que alimenta la laguna de Cacota.

Metodología

Este estudio se realizó en franjas de vegetación, tanto de pajonal-frailejón como de arbustal, ubicado en los alrededores de la Laguna de Cócota, en alturas entre 2890 y 2950 m.s.n.m, vereda Matelata, municipio de Cócota de Velasco, Norte de Santander, en la vertiente oriental de la cordillera Oriental en su parte más septentrional.



Figura 1. Ubicación del área de estudio (tomado de Google Earth, 2013)

El diseño de investigación que se empleó en el trabajo, fue no experimental, debido a que no se manipuló ninguna variable de estudio y se recopiló la información de identificación de las plantas nativas en el ambiente natural, (Reio, 2020).

El estudio es de tipo cuantitativo, porque la investigación se centró en el conteo manual del número de especies por parcela, de individuos por especie y porcentajes de dominancia y similitud de especies por parcelas, su alcance es exploratorio debido a que no se encuentran reportes de trabajos de identificación y clasificación de la flora de la laguna de Cócota y queda la información como referente y base para futuras investigaciones. También, su

alcance es descriptivo en razón a que determina las características de comunidades, en este caso florísticas del páramo de la laguna. De igual manera es correlacional, al buscar la relación entre las 4 áreas de estudio en el número de especies y cantidad de individuos por especie, indicador que también se puede tomar como componente en algunos fenómenos que se asocian al alcance explicativo Hernandez Sampieri, 2014).

El procedimiento que se realizó fue seleccionar al azar, 4 (cuatro) parcelas de 100 mts cuadrados cada una, delimitando su perímetro con cuerda las que formaron cuadrados de 10 metros de lado. Se efectuó el inventario de las especies que se reconocían en campo y para las que no, se tomaron fotografías y algunas muestras para su posterior identificación taxonómica, mediante claves taxonómicas y comparación con imágenes de herbarios virtuales como herbario nacional Colombiano (COL), (Raz L, 2020), del jardín botánico de Bogotá (JBB), (Nimtz, 2015), del jardín botánico de Nueva York (NY), del instituto Smithsonian (US), (Metz, 2019) del Field Museum (F), del Museo de historia Natural de Paris (P), (Museo de Historia Natural de Francia, 2020), entre otros.

Se hizo una descripción morfológica de las especies de las plantas presentes, para determinar la biodiversidad se realizaron los siguientes procedimientos:

1. La riqueza (número de individuos por especies y especies por parcela, empleando un cuadro en Excel), la dominancia o abundancia (Número de individuos predominantes por especie, empleando un cuadro en Excel), se quiso trabajar en la uniformidad (igualdad de individuos por especie) pero las parcelas no contaban con este criterio eran totalmente des uniformes y similitud de especies por parcela (aplicando el dendograma de agrupamiento por similitud) por cada parcela, se realizó el conteo o inventario manual de individuos o la estimación en porcentaje de éstos especies con crecimiento agrupado.

2. Se utilizando el Software PAST, este programa nos arroja varios índices de biodiversidad como el de Shannon, por parcela de estudio. El documento final, fue socializado, mediante 2 talleres uno a la comunidad que vive cerca de la zona de estudio para concientizarla de la importancia de la conservación de la flora existente en este lugar y otro taller con las autoridades municipales y ambientales para informarles de los resultados obtenidos en la investigación y para que haga parte de la caracterización ambiental de este santuario de flora.

Zonas De Estudio

Parcela No.1



Foto: Jairo Suárez Comesaña

Ubicación Geográfica: Coordenadas: $7^{\circ}17.508' N$, $72^{\circ}38.366' O$ este, a una Altura de 2.918 m.s.n.m.

Características presentes en la parcela: la topografía presenta una pendiente con inclinación leve, con una vegetación de tipo pajonal, frailejónal, el suelo presenta una humedad alta caracterizada por ser una zona pantanosa.

Parcela No. 2



Foto: Jairo Suárez Comesaña.

Ubicación Geográfica: Coordenadas: $7^{\circ}17.537' N$, $72^{\circ}38.352' O$ este, a una Altura de 2.925 m.s.n.m.

Características presentes en la parcela: la topografía es con una pendiente mínima, con una vegetación de tipo pajonal, arbustal, el grado de humedad es moderado, se presenta humedad en el suelo y en partes hay pantano.

Parcela No. 3



Foto: Jairo Suárez Comesaña.

Ubicación Geográfica: Coordenadas: 7°17.579' N, 72°38.3339' Oeste, a una Altura de 2.929 m.s.n.m.

Características presentes en la parcela: la topografía presenta una leve inclinación, el suelo es más seco y firme, con una vegetación de tipo frailejonal, arbustivo con flores.

Parcela No. 4



Foto: Jairo Suárez Comesaña.

Ubicación Geográfica: Coordenadas: 7°17.306' N, 72°38.167' Oeste, a una Altura de 2.916 m.s.n.m.

Características presentes en la parcela: la topografía presente es con una pendiente moderada, con una vegetación de bosque montano alto, con suelo seco de color oscuro.

Resultados



Figura 1. Riqueza de géneros y de especies para las familias de angiospermas más diversas en los alrededores de la laguna de Càcota.

La familia de mayor riqueza fue las angiospermas donde se identificaron: la Asterácea, con 8 géneros y 12 especies, seguida de Orchidaceae con 8 géneros y 8 especies, luego están las familias Cyperaceae con 3 género y 5 especies, después esta Ericaceae e Hypericaceae, cada una con un género y con 4 especies, continuando con dos familias con 3 especies, para terminar con las restantes 16 familias cada una con un solo género y una sola especie (figura1)

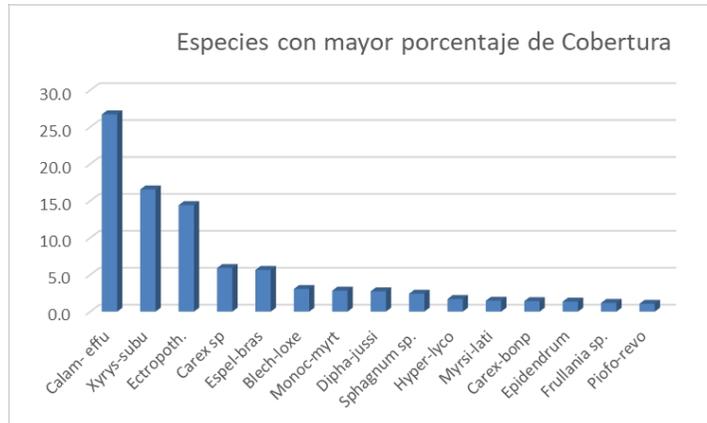


Figura 2. Porcentaje de abundancia de especies, donde las 15 primeras tienen una cobertura individual superior a 1%, mientras que las restantes 60 especies, sus valores individuales de cobertura no alcanzan al 1%

En lo que respecta a la cobertura, las especies que presentaron mayores valores fueron *Calamagrostis effusa* con el 26,7% junto con *Xyris subulata* con el 16 % (figura2), dentro del pajonal prospera a la sombra un musgo del género *Ectropothecium* presentando una cobertura del 14,4%, seguidamente está otra especie de aspecto graminoide como lo es *Carex bonplandii* con el 5,9%, también típica de lugares húmedos, cercano a este valor aparecen los frailejones con 5,6 % representados en 191 individuos.

Tabla 1. Especies de plantas registradas en la zona de estudio con su abundancia total y la cobertura relativa.

FAMILIA	ESPECIE	ABUNDANCIA TOTAL	COBERTURA RELATIVA
	Angiospermas		
Alstroemeriaceae	<i>Bomarea sp.</i>	1	0,030
Apiaceae	<i>Eryngium humboldtii</i>	1	0,030
Asteraceae	<i>Ageratina tinifolia</i>	3	0,089
Asteraceae	<i>Baccharis mutisiana</i>	1	0,030
Asteraceae	<i>Baccharis prunifolia</i>	1	0,030
Asteraceae	<i>Erigeron karwinskianus</i>	1	0,030
Asteraceae	<i>Espeletia brassicoidea</i>	191	5,644
Asteraceae	<i>Hieracium avilae</i>	1	0,030
Asteraceae	<i>Hypochaeris radicata</i>	1	0,030
Asteraceae	<i>Lourteigia stoechaedifolia</i>	1	0,030
Asteraceae	<i>Pentacalia abietina</i>	1	0,030

Asteraceae	<i>Pentacalia ledifolia</i>	5	0,148
Asteraceae	<i>Piofontia revolute</i>	36	1,064
Asteraceae	<i>Sigesbeckia jorullensis</i>	1	0,030
Berberidaceae	<i>Berberis densa</i>	10	0,296
Bromeliaceae	<i>Puya goudotiana</i>	31	0,916
Bromeliaceae	<i>Puya kilipii</i>	1	0,030
Bromeliaceae	<i>Tillandsia denudate</i>	9	0,266
Caprifoliaceae	<i>Valeriana pavonii</i>	1	0,030
Clusiaceae	<i>Clusia multiflora</i>	21	0,621
Cyperaceae	<i>Carex bonplandii</i>	6%	1,418
Cyperaceae	<i>Carex sp</i>	25%	5,910
Cyperaceae	<i>Oreobolus venezuelensis</i>	1%	0,236
Cyperaceae	<i>Rhynchospora macrochaeta</i>	1%	0,236
Cyperaceae	<i>Rhynchospora nervosa</i>	%	0,236
Ericaceae	<i>Gaultheria anastomosans</i>	6	0,177
Ericaceae	<i>Gaylussacia buxifolia</i>	1	0,030
Ericaceae	<i>Macleania rupestris</i>	17	0,502
Ericaceae	<i>Vaccinium cf. floribundum</i>	5	0,148
Gentianaceae	<i>Halenia cuatrecasasii</i>	2	0,059
Hypericaceae	<i>Hypericum goyanesii</i>	7	0,207
Hypericaceae	<i>Hypericum lycopodiodes</i>	58	1,714
Hypericaceae	<i>Hypericum sp.</i>	3	0,089
Hypericaceae	<i>Hypericum phellos</i>	3	0,089
Iridaceae	<i>Orthrosanthus monadelphus</i>	12	0,355
Lythraceae	<i>Cuphea ciliate</i>	1	0,030
Melastomataceae	<i>Miconia elaeoides</i>	1	0,030
Melastomataceae	<i>Miconia sp</i>	1	0,030
Melastomataceae	<i>Monochaetum myrtoideum</i>	96	2,837
Myrtaceae	<i>Myrcianthes myrsinoides</i>	17	0,502
Orchidaceae	<i>Cyrtochilum sp.</i>	11	0,325
Orchidaceae	<i>Elleanthus aurantiacus</i>	1	0,030
Orchidaceae	<i>Epidendrum sp.</i>	46	1,359

Orchidaceae	<i>Fernandizia sp.</i>	8	0,236
Orchidaceae	<i>Odontoglossum lindenii</i>	1	0,030
Orchidaceae	<i>Stelis sp.</i>	30	0,887
Orchidaceae	<i>Stenorynchos vaginatus</i>	3	0,089
Orchidaceae	<i>Telipogon sp.</i>	1	0,030
Phytolaccaceae	<i>Phytolacca bogotensis</i>	1	0,030
Poaceae	<i>Calamagrostis effuse</i>	41%	26,714
Poaceae	<i>Cortaderia cf. hapalotricha</i>	1%	0,236
Poaceae	<i>Holcus lanatus</i>	1%	0,236
Polygonaceae	<i>Rumex acetosella</i>	1	0,030
Primulaceae	<i>Myrsine latifolia</i>	50	1,478
Rhamnaceae	<i>Rhamnus goudotiana</i>	7	0,207
Rosaceae	<i>Hesperomeles heterophylla</i>	7	0,207
Rosaceae	<i>Rubus acantophyllos</i>	2	0,059
Rosaceae	<i>Rubus floribundus</i>	3	0,089
Rubiaceae	<i>Arcytophyllum nitidum</i>	1	0,030
Solanaceae	<i>Cestrum buxifolium</i>	1	0,030
Symplocaceae	<i>Symplocos decorticans</i>	18	0,532
Xyridaceae	<i>Xyrys subulata</i>	18%	16,548
	Briofitos		
Dicranaceae	<i>Dicranum sp.</i>	4	0,118
Frullaniaceae	<i>Frullania sp.</i>	5%	1,182
Hypnaceae	<i>Ectropothecium sp.</i>	20%	14,421
Sphagnaceae	<i>Sphagnum sp.</i>	3%	2,423
	Lycopodiaceas		
Lycopodiaceae	<i>Diphasium jussiaei</i>	3%	2,748
Lycopodiaceae	<i>Huperzia sp.</i>	2	0,059
Lycopodiaceae	<i>Lycopodium cernuum</i>	8	0,236
Lycopodiaceae	<i>Lycopodium clavatum</i>	24	0,709
Lycopodiaceae	<i>Lycopodium sp.</i>	3	0,089
	Helechos		
Blechnaceae	<i>Blechnum loxense</i>	104	3,073
Dryopteridaceae	<i>Dryopteris wallichiana</i>	1	0,030
Dryopteridaceae	<i>Elapholossum muscoides</i>	1	0,030

Polypodiaceae	<i>Polypodium murorum</i>	24	0,709
Pteridaceae	<i>Jamesonia flexuosa</i>	18	0,532

Para la zona de estudio se registró un total de 75 especies de plantas de las cuales 61 son angiospermas, estando distribuidas en 52 géneros y 26 familias,-Además, se registraron 5 especies de helechos dentro de la subclase Polypodiidae distribuidos en 4 familias; 3 especies de líquenes: 5 especies de Pteridophyta de la familia Lycopodiaceae (subclase Lycopodiidae) y dentro de los briofitos se determinaron 4 familias, cada una con un género y una especie, (TABLA 1)

Tabla 2. Índice de diversidad de Shannon

unidad muestra	índice de diversidad de Shannon
Parcela. 1	<u>4,460475476</u>
Parcela. 2	<u>1,997113369</u>
Parcela. 3	<u>4,493345337</u>
Parcela. 4	<u>12,87365184</u>

Con la aplicación del programa PAST, ingresamos los datos de número de individuos por especie por parcela, donde vemos los resultados en la tabla 2, que en cada parcela de muestreo varía en gran medida, es así que la parcela número 2 es la de poca diversidad y es la que presenta mayor encharcamiento del suelo, mientras que las parcelas 1 y 3 presentaron un índice medio en proporcionalidad parecido por ser suelos que no presentan encharcamiento y un valor muy alto de diversidad para la parcela 4, la cual se ubicaba en un relicto de bosque, estratificado y de ahí la mayor riqueza de especie, muy por encima comparada con las otras que se ubicaban en la franja de pajonal-frailejónal típica, que constituye la franja de páramo propiamente dicha. Esa misma diferencia se aprecia en el dendrograma de similaridad de la figura 3, donde las parcelas 1 y 3 comparten un 84% de especies ss, no obstante, hay diferencias marcadas con la parcela 2, también en la comunidad de pajonal-frailejónal con solo un 20% de similitud florística y con la comunidad de bosque, si las diferencias son máximas, solo teniendo un 10% de especies en común.

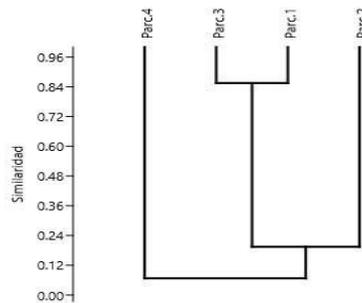


Figura 3. Dendrograma de similaridad entre unidades de muestreo

Esta gráfica, describe la similaridad en composición de especies entre los sitios de muestreo, para el caso de estudio de las parcelas 1, 2, 3 y 4, se encuentra que la parcela 1 y 3 son las más afines en un 70% de especies compartidas, mientras que las parcelas 2 y 4 solo participan con un 17% de sus especies. La mayor parte de la parcela 4, se caracteriza por un ecosistema diferente al humedal, presentando una composición florística de matorral, comparten un 10% de las especies de las otras parcelas.

Conclusiones

Se logró determinar según los resultados de los inventarios recaudados en la parcela 2, que en las áreas del humedal del páramo de la laguna de cacota son pobres en diversidad, por no contar con riqueza de especies y uniformidad de individuos por especie, esto es originado posiblemente por ser una zona que presenta encharcamiento.

Se identificó la dominancia y similitud en los inventarios de las parcelas 1 y 3 empleando los resultados del dendrograma, es importante decir que las condiciones parecidas, en humedad del suelo sin encharcamiento, que están contiguas al humedal y caracterizadas por ser de tipo pajonal frailejonal son sustento de este resultado.

Se estableció empleando el índice de Shannon que en el área de la parcela 4, donde se presenta una zona de bosque montano alto, es el lugar de mayor diversidad tanto en riqueza y uniformidad de individuos por especie y cantidad de especies en este sector, esto podría deberse a que hay más especies acondicionadas a suelos secos que encharcados.

Se delimitó el humedal de la zona de páramo de la Laguna de Cácota, permitió determinar la presencia de dos condiciones agroecológicas caracterizadas por un área con suelos encharcados con predominancia de vegetación arbustiva de porte bajo y otra seca, con especies arbórea de porte medio.

En referencia a la superficie del humedal, éste consta de 12,3 hectáreas y el área de la laguna es de 4.1 Hectáreas, esta zona es importante por presentar condiciones ideales para la regulación hídrica, continuando con las dispensas de agua dulce, para conservar la vida de nuestro planeta.

El presente trabajo es el punto de partida para futuras investigaciones sobre la diversidad florística de la estrella hídrica del Nudo de Santurbán, que contribuyan a la conservación de estos santuarios hídricos.

Se debe comprar esta área de importancia ambiental y ecológica para evitar el ingreso de ganado a este sector con sus nefastas consecuencias.

References:

1. Bernal, H. &. (1991). Planeamiento para la elaboración de la Flora Fanerogámica del Parque Nacional Natural Chingaza. Cuadernos Divulgativos [Facultad de Ciencias,, 1-12.
2. Carrillo-Fajardo, M. Y., & Morales-Puentes, M. E.-L. (2017). CATÁLOGO DE LA FLORA (ANGIOSPERMAS) DEL PÁRAMO. Museo de Historia Vegetal, 15-29.
3. CLAD. (2007a). Modelo abierto de gestión para resultados en el sector público. Centro Latinoamericano de Administración para el Desarrollo, 7.
4. Cleef, A. (1979). The phytogeographical position of the neotropical vascular. Larsen & L.B., 175—184.
5. Goebel, K. (1975). LA VEGETACION DE LOS PARAMOS VENEZOLANOS. Caracas: Instituto Experimental Jardín Botánico.
6. Hernandez Sampieri, R. (2014). Metodología de la investigación . Mexico: Mc Gram Hill.
7. Hofstede, R. (2002). Los páramos andinos, su diversidad, sus habitantes, sus problemas y sus. 25.
8. Juan Ramírez Marín, J. M. (2007). Biodiversidad. Quèrun, 85, 175.
9. Lozada, I., Rincón, H., Sarmiento, M., & Ramos, J. (2008). Regla fiscal cuantitativa para consolidar y blindar las finanzas publicas en Colombia. Revista de Economía Institucional, 312.
10. Metz, L. T. (2019). <https://www.hisour.com/es/new-york-botanical-garden-nyc-united-states-22207/>. Obtenido de <https://www.hisour.com/es/new-york-botanical-garden-nyc-united-states-22207/>: <https://www.hisour.com/es/new-york-botanical-garden-nyc-united-states-22207/>
11. Mittermeier, R. A. (1997). Hot Spots, Earth's Biollgically. Mexico: Cemex.
12. Morales M., J. O. (2007). Atlas de páramos en Colobia. Alexander von Humbolt, 208.

13. Museo de Historia Natural de Francia. (2020). <http://visitavirtual360.com/museo-nacional-de-historia-natural-de-francia/>. Obtenido de <http://visitavirtual360.com/museo-nacional-de-historia-natural-de-francia/>: <http://visitavirtual360.com/museo-nacional-de-historia-natural-de-francia/>
14. Nimtz, E. G. (2015). Páramos circundantes de la sábana de Bogotá. Bogota.
15. Petr Sklenar, J. L. (2005). Flora Genérica de los Páramos. Guía Ilustrada de las Plantas Vasculares. New York: New York Botanical Garden.
16. Rangel-CH. (2004). Colombia Diversidad Biótica IV. Bogota D.C.
17. Raz L, A. H. (03 de Agosto de 2020). Herbario Nacional de Colombia (Col). Obtenido de Herbario Nacional de Colombia (Col).: <https://doi.org/10.15472/ea8sek> accessed via GBIF.
18. Reio, T. G. (2020). Nonexperimental research: strengths, weaknesses and issues of precision. Obtenido de Emeraldinsight.com: <http://www.Emeraldinsight.com>
19. Ribeiro, J. d. (1999). Flora da Reserva Ducke: guia de identificação das plantas. Manaus.
20. Toro Morillo, J. (2000). Árboles y arbustos del Parque Regional Arví. Medellin: Corporación Autónoma Regional del centro de Antioquia.
21. WCFSD. (1996). Latin America and the Caribbean Regional Hearing. San José.



Intervenir E Investigar En El Aula: Estrategia Didáctica Para Aprender Química

M.C. María Guadalupe Ruacho Soto

Dr. Rigoberto Marín Uribe

Dra. Isabel Guzmán Ibarra

Dra. Ma. Concepción Soto Valenzuela

Universidad Autónoma de Chihuahua, México

[Doi:10.19044/esj.2021.v17n7p31](https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n7p31)

Submitted: 01 December 2020

Accepted: 13 February 2021

Published: 28 February 2021

Copyright 2021 Author(s)

Under Creative Commons BY-NC-ND

4.0 OPEN ACCESS

Cite As:

Guadalupe Ruacho Soto M., Marín Uribe R., Guzmán Ibarra I. & Soto Valenzuela C. (2021). *Intervenir e Investigar en el Aula: Estrategia Didáctica para Aprender Química*. European Scientific Journal, ESJ, 17(7), 31. <https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n7p31>

Resumen

El propósito de este artículo es presentar resultados de la aplicación de una estrategia didáctica para aprender química en la educación superior sustentada en el Modelo para el Desarrollo y Evaluación de Competencias Académicas. El estudio se realizó con estudiantes de segundo semestre de la asignatura “Procesos químicos de la vida humana” de la Licenciatura en Nutrición. Se construyeron y aplicaron, en una intervención áulica, secuencias didácticas cuya estructura incluye dos dispositivos: uno de formación y otro de evaluación auténtica; el dispositivo de formación emplea situaciones problema reales de la profesión, cuya resolución comporta la movilización de saberes y el desarrollo de competencias. El proceso de intervención áulica incluyó momentos de práctica reflexiva y de acompañamiento docente. El enfoque de la investigación-formación-acción realizado incorpora el análisis cualitativo de datos recogidos mediante videograbación, cuaderno de notas y observación reflexiva de la intervención. Se concluye que la estrategia didáctica produce cambios graduales al transitarse de un estilo de docencia tradicionalista a una práctica educativa innovadora transformada y transformadora.

Palabras-claves: Secuencias Didácticas, Situaciones Problema, Procesos Químicos, Didáctica De La Química

Intervene and Investigate in the Classroom: Didactic Strategy to Learn Chemistry

M.C. María Guadalupe Ruacho Soto

Dr. Rigoberto Marín Uribe

Dra. Isabel Guzmán Ibarra

Dra. Ma. Concepción Soto Valenzuela

Universidad Autónoma de Chihuahua, México

Abstract

The purpose of this article is to present results of the application of a didactic strategy to learn chemistry in higher education based on the Model for the Development and Evaluation of Academic Competences. The study was carried out with second semester students of the subject “Chemical processes of human life” of the Bachelor of Nutrition. Didactic sequences were built and applied in a classroom intervention, the structure of which includes two devices: one for training and the other for authentic evaluation; The training device uses real problem situations in the profession, the resolution of which involves the mobilization of knowledge and the development of skills. The classroom intervention process included moments of reflective practice and teacher accompaniment. The research-training-action approach carried out incorporates the qualitative analysis of data collected through video recording, notebooks and reflective observation of the intervention. It is concluded that the didactic strategy produces gradual changes when moving from a traditionalist teaching style to a transformed and transformative innovative educational practice.

Keywords: : didactic sequences, problem situations, chemical processes, chemistry didactics

Introducción

Para muchos estudiantes de carreras del área de ciencias de la salud el estudio de la química representa un reto, pues ello conlleva el razonamiento y análisis de conceptos teóricos de naturaleza abstracta y su comprensión requiere el desarrollo del pensamiento crítico. Esta problemática no es exclusiva de un espacio o edad de los estudiantes, pues se observa en los niveles de secundaria, bachillerato y profesional (Castillo et al., 2013; Fathi-Azar et al., 2013; 2013; Garritz, 2010; Menargues, 2012). Generalmente, a los

profesores de química les es transferida la responsabilidad de la existencia de una baja percepción social sobre la química, señalándose en cierta medida que su actuar antepone el aspecto pragmático de la ciencia dejando de lado su papel de profesores ante un grupo de estudiantes en formación, por lo que no se logran enaltecer sus alcances y trascendencia (Edwards et al., 2016; Herradón, 2012).

Para estudiantes de carreras del campo de la salud la química es una asignatura básica, resultando primordial el adquirir su conocimiento y lograr la integración a la práctica de estos conocimientos de carácter científico, a fin de obtener las competencias necesarias para su futuro desempeño profesional (Ausubel et al., 2006). Esta integración es la principal meta de la educación en ciencias y hace necesario que su enseñanza posea relevancia dentro de un contexto práctico, ya que comúnmente se enseña con base en conceptos teóricos, lo cual induce a la memorización (Lazo, 2012; Martínez, 2014).

Lo anterior, evidencia que las más diversas propuestas y tendencias educativas no han generado los cambios esperados, encontrando que las posiciones convencionales, en cuanto al campo pedagógico o bien al eclecticismo imperante, actualmente se encuentran articulados a los programas de las asignaturas y a las competencias de los estudiantes (Escribano, 2017).

Respecto del papel que juega el profesor en el proceso de aprendizaje de sus estudiantes, planteamos que este deberá ser de mediador a fin de ayudarles a superar las situaciones problemáticas que enfrentan. Asimismo, encaminarlos hacia su formación integral ante fenómenos complejos (Blanchard & Muzás, 2016), los cuales, recurrentemente encapsulan a los estudiantes en realidades desfiguradas que se les han introyectado. Estas realidades constituyen las dificultades que entraña el aprendizaje de la ciencia, y con ella de la química, provocando aversión, miedo y apatía frente a lo que les presentan como desconocido y difícil de aprender, que, además de ser incomprensible, figura como una visión alejada de su vida cotidiana o con niveles de abstracción que parecen estar fuera de su alcance, cuando en realidad son fenómenos que forman parte de su existencia (Fernández y Moreno, 2008; Matlin et al., 2016; Reibstein, 2017).

Con base en lo descrito, en este estudio se plantea la necesidad de construir estrategias didácticas desde el enfoque de competencias que mejoren el nivel de aprovechamiento de la química en estudiantes universitarios del área de la salud. El objeto de estudio se enfoca a la atención de los procesos de enseñanza aprendizaje de la química en los estudiantes de segundo semestre de la asignatura "Procesos químicos de la vida humana", de la Licenciatura en Nutrición; dicha asignatura proporciona conocimientos para el desarrollo de las capacidades y para la toma de decisiones, además, sienta las bases de los saberes en ciencias que permiten comprender los mecanismos bioquímicos de

la persona y su entorno. (Alvarado, 2012; Cuenca, 2011; Holbrook, 2005; Ortega, 2015).

En ese sentido, el propósito de este artículo es presentar una parte de los resultados de dicha investigación, en la cual se construyó y aplicó, en un proceso de intervención áulica, una estrategia didáctica para la enseñanza-aprendizaje de la química en la educación superior, la cual se encuentra sustentada en el Modelo para el Desarrollo y Evaluación de Competencias Académicas (Guzmán et al., 2014), M-DECA en lo sucesivo.

Se consideró que el M-DECA se adapta a las necesidades y objeto de estudio de esta investigación. Este modelo, en su estructura y operación, se basa en el diseño y puesta en práctica de secuencias didácticas, las cuales emplean una tipología de actividades agrupadas en dos dispositivos: uno de formación, basado en la pedagogía de la integración (Roegiers, 2010), la teoría de las situaciones didácticas (Brousseau, 2007) y otro de evaluación, que se sustenta en la evaluación auténtica (Brown, 2015; Cárdenas, y Pastrana, 2016; Monereo, 2009; Moria & Zaim, 2017).

El M-DECA propone que las experiencias vividas en el proceso de enseñanza-aprendizaje, deben ser reales, situadas y sustentables para obtener el bagaje de competencias requerido y le sean significativas a los estudiantes (Guzmán et al., 2014). De tal forma, promueve el desarrollo de las competencias académicas y su evaluación mediante momentos reflexivos y de acompañamiento para el estudiante, además, señala que los elementos del concepto de competencias marcan niveles de coherencia que se trasladan e instalan en las prácticas educativas y su correspondiente evaluación, estableciendo así, una alineación constructiva que expresa y articula los componentes que integran el modelo: formación-intervención-evaluación-investigación. Guzmán et al (2014) definen competencia como la capacidad o aptitud de una persona para la movilización interna de recursos cognitivos para responder de forma pertinente a una situación problema.

La Enseñanza de la Química: Competencias y Teoría de las Situaciones

La teoría de las situaciones sostiene que el estudiante aprende adaptándose a entornos que le presenten dificultades y contradicciones, haciendo uso de su capacidad para aprender solucionando esas dificultades (Brousseau, 2007). Una situación proporciona momentos de aprendizaje cuando los estudiantes se enfrentan a un problema y buscan su solución utilizando sus conocimientos y apropiándose de los que faltan, ya sea individualmente o con sus pares sin la intervención del docente (Brousseau, 2007; García y Posso, 2017; Panizza, 2003), analizando, modificando o construyendo sus conocimientos a través de una sucesión de actividades que les permiten desarrollar competencias situadas dentro de un contexto definido a través del diálogo y la reflexión (Guzmán et al., 2014). Se considera que:

Las competencias no pueden definirse sino en función de situaciones, están tan situadas como los conocimientos en el contexto social y físico. El concepto de situación se vuelve el elemento central del aprendizaje: es en situación que el alumno se construye, modifica o refuta los conocimientos contextualizados y desarrolla competencias a la vez situadas. [...] Ya no basta con enseñar contenidos disciplinares descontextualizados (área del trapecio, suma de fracciones, procedimiento de cálculo mental, reglas de sintaxis, modo de conjugación, etc.) sino de definir situaciones en las cuales los alumnos pueden construir, modificar o refutar conocimientos y competencias a propósito de contenidos disciplinares (Jonnaert et al., 2008, p.3).

Al trabajar por competencias, el concepto de situación no solo se vuelve indiscutible sino además insustituible. Si una situación representa para el estudiante un obstáculo o un reto a vencer, y cuya solución genera nuevos aprendizajes, entonces la llamamos “situación problema”; en ese sentido, “La situación-problema y el objetivo obstáculo regulan, potencian, contribuyen en el aprendizaje en el estudiante.” (Sarzoza y Pérez, 2017, p.596). Bajo la noción de “contrato didáctico” la retroalimentación de las situaciones puede darse en ambientes caracterizados por ser eminentemente didácticos o pueden estar referidos a medios a-didácticos; con esta última noción se acude a un “nuevo contrato didáctico” y, con ello, al incumplimiento del contrato convencional (implícito, no escrito), en donde, el rol de enseñar está depositado en la figura del profesor y el de aprender recae en el estudiante.

La naturaleza del aprendizaje de ciencias, conlleva buscar conocimientos significativos desde el inicio, esto implica que continuamente el estudiante mantenga su estructura mental preparada para la recepción de nuevos conocimientos cada vez más desarrollados y complejos, pues los primeros sirven de ancla para los siguientes, tal como sucede en los aprendizajes de la química que se construyen en un continuo por modificación de ideas, razonamiento y el marco de referencia personal (Ausubel et al., 2006; Bretz et al., 2013; Díaz-Barriga y Hernández, 2010; Lazo, 2012).

Asimismo, se considera importante abordar el conocimiento científico desde perspectivas socioconstructivistas capaces de llevar al estudiante a generar y potencializar el aprendizaje de la química, considerando sus bases conceptuales para comprenderla y mediante la construcción y puesta en práctica de situaciones didácticas que acrecienten su formación en en cuanto a dotarlos de mayor autonomía, y hacerlos más conscientes y sociocríticos (Sarzoza y Pérez, 2017). Adoptar una postura sociocrítica conduce a los estudiantes al análisis minucioso y en contexto “de la situación o problemática de la realidad social a entender, que promueva la idea de vivir juntos, en favor

de la realización de cambios necesarios para la superación de las problemáticas existentes.” (Grijalba et al., 2020, p.67)

El M-DECA propone el aprendizaje por competencias a partir de situaciones problema que permiten la reflexión y la interiorización de saberes, cumpliendo también con las dos condiciones para alcanzar la significancia: a) que los temas sean interesantes, y b) que permanezcan; es por ello que las secuencias didácticas se estructuran de manera que favorecen la disposición para apropiarse del conocimiento al resolver un problema.

Dadas sus características, el M-DECA puede ser utilizado como andamio cognitivo para estudios o investigaciones en educación y adquisición de competencias, por lo que se considera apropiado para la didáctica de la química (Guzmán et al., 2014; Marín et al., 2015). Dos características que lo hacen pertinente es que considera los dos aspectos fundamentales en el aprendizaje: la formación y la evaluación, y en ambas, los estudiantes participan activamente. Además, consta de los cuatro componentes teórico-metodológicos mencionados que lo hacen integral: conceptual, formación, evaluación, e investigación.

El componente conceptual, como se señaló antes, define la competencia como un conjunto de saberes y actitudes para tomar acción ante una situación y los recursos para afrontarla. Este conjunto es la base de las estrategias de formación y evaluación; el dispositivo de formación, se enfoca en lograr las competencias de la asignatura, razón por la cual las secuencias parten de situaciones encaminadas al análisis e interiorización de saberes a través de actividades de aprendizaje. Las situaciones problema deben ser complejas y abiertas, lo cual mejora la capacidad del pensamiento crítico, las capacidades cognitivas básicas, el razonamiento y, por ende, el aprendizaje de la química. (Ausubel, 2006; Del Valle, 2008; Díaz-Barriga, 2006; Roegiers, 2010)

El componente de formación se estructura mediante una tipología que posee cuatro elementos: a) situación problema, b) actividades de aprendizaje, c) evidencias de desempeño, y d) recursos de apoyo.

El componente de evaluación, influye en la disposición para elaborar constructos y, con ello, obtener aprendizajes (Roegiers, 2016). La interacción de los actores; profesor, estudiante y materiales o actividades educativas apoyan el logro de los aprendizajes necesarios y las competencias para el análisis de información, comprensión científica y rigor analítico, desarrollando también el enfoque lógico, pragmático, analítico y argumentativo (Moreira, 2009, 2012; Overton, 2013; Sarzosa y Pérez, 2017; Thron, 2010).

El componente de investigación, evalúa la intervención áulica al validar el modelo y evaluar las acciones formativas, tal como se efectúa en una investigación-acción-participativa (Elliott, 2005). Se propone para

realizarse en tres etapas: 1) Cosituacional, valora el enfoque, aprendizajes y nivel de construcción, 2) Cooperacional, el profesor-investigador realiza la intervención en el aula e investiga la experiencia, y 3) Coproducción, análisis de la experiencia en grupo (Guzmán et al., 2014).

Método

Este estudio se plantea como un trabajo con enfoque cualitativo. Un aspecto medular en esta investigación se centra en un programa de formación de profesores, donde se construyen secuencias didácticas basadas en situaciones problema, las cuales se implementan en una intervención en el aula. Esto significa, no solo el dominio de saberes disciplinares, sino además, implica incursionar en los campos pedagógico y didáctico en lo referente al diseño de los ambientes de aprendizaje para el desarrollo de competencias, asimismo, en el análisis permanente de la forma en cómo se establecen las interacciones en las aulas para el logro de competencias estudiantiles; esto es, transitar del plano de los saberes pedagógicos al espacio de los saberes didácticos (Zambrano, 2019).

Nuestro estudio, puede considerarse como una investigación-formación-acción en la cual se recorren momentos metodológicos fundamentales en donde se analizan “la pregunta por la naturaleza del saber enseñado, la relación sujeto-objeto, la producción de conceptos didácticos, la relación con el saber en la doble perspectiva sujeto-objeto-sujeto, la génesis del saber enseñado, las representaciones del saber, entre otros.” (Zambrano, 2019, p.80).

Se estimó conveniente adoptar como método la investigación-formación-acción docente, entendida como aquella en la cual los participantes “tengan oportunidad de relatar, junto con otros, historias acerca de su práctica docente y para que esas formas de interpretación del mundo escolar sean puestas en escritura, indagación, deliberación y cambio.” (Suárez y Metzdorff, 2018, p. 50).

Mediante la participación en procesos reflexivos y creativos los profesores-investigadores participan en este doble rol, como sujetos y objetos de su propio proceso de formación e intervención áulica (Soto, 2015). La investigación-formación-acción surge de los cuestionamientos a los procesos de formación e intervención áulica basados en una racionalidad técnico-instrumental actual, con el propósito de incursionar en una racionalidad crítico-emancipadora (Habermas, 1986).

La investigación-formación-acción fundamenta sus principios en perspectivas metodológicas que emanan de la postura (auto)biográfica-narrativa (Bolívar y Domingo, 2019; Huchim y Reyes, 2013), de la investigación (auto)etnográfica (Alegre-Agís y Riccò, 2017; Blanco, 2012) y de la investigación-acción en el salón de clases (Anderson y Herr, 2007;

Batallán, 2007; Elliott, 2005); donde adopta particularidades de investigación-acción participativa en el aula; en esta última, los docentes adoptan el rol de profesores-investigadores que participan en el desarrollo del currículo desde una posición de generación de conocimiento sobre y para la docencia.

Desde esta postura de investigación-formación-acción, se realiza una observación reflexiva de cómo se produce el conocimiento en el aula, ya sea procesos de aprendizaje cooperativo, de rigor científico o de carácter analítico, así como de las competencias transversales, como el saber actuar, primordial en el desempeño profesional (Marín et al., 2015). Las observaciones realizadas fueron de tipo participativo, los estudiantes agrupados en tríadas realizaron trabajo colaborativo e interacción grupal (Medrano et al., 2015).

Muestra

El estudio se desarrolló en la Facultad de Enfermería y Nutriología de la Universidad Autónoma de Chihuahua (UACH). La muestra fue el grupo de estudiantes 2In2 de segundo semestre de la materia de “Procesos químicos de la vida humana”, compuesto por 21 estudiantes (11 de ellos son mujeres), con edades de 18 y 21 años de edad. Del total de estudiantes, 10 se inscribieron a la materia por primera vez, siete por segunda y cuatro por tercera ocasión. La asignatura se cursó en 48 horas teóricas y 32 horas en laboratorio; se realizó en turno vespertino con tres horas los días martes y dos horas los viernes. En la integración del grupo no hubo criterios de inclusión o de exclusión.

Procedimiento

El procedimiento metodológico, contempló cuatro etapas:

Primera etapa: formación. Se realizó un diplomado que incluyó el aprendizaje de los fundamentos del M-DECA, fue empleado como base de esta investigación para observar la adquisición de las competencias en cuestión: formación continua, diseño de la docencia, transposición didáctica, progresión de las competencias, comunicación educativa, y evaluación del logro de las competencias (Guzmán et al., 2014).

Segunda etapa: construcción y diseño de secuencias didácticas. Las secuencias didácticas se construyeron enfocándolas a los objetos de estudio de la asignatura de “Procesos químicos de la vida humana”. Se diseñaron 11 secuencias didácticas, como guías para el estudiante en el proceso de intervención, que agrupan los contenidos (naturaleza química del ser humano, carbohidratos, lípidos, proteínas, enzimas, ácidos nucleicos, vitaminas y minerales, agua, electrolitos y buffers, sangre y respiración, y acción hormonal) del programa de la asignatura. Las secuencias construidas individualmente fueron inicialmente valoradas al interior de cada tríada de profesores mediante una rúbrica. Se procedió a implementar los ajustes y las adecuaciones que se indicaron y, en un segundo momento, las secuencias

fueron evaluadas por un grupo de expertos que las validó, generando algunas sugerencias de correcciones sobre aspectos de contenidos y refinamiento de los instrumentos, las cuales se aplicaron, en un tercer momento, fueron presentadas ante el grupo para su validación final, quedando listas para su utilización (Guzmán et al., 2014).

Las situaciones problema que se diseñaron fueron reales, retadoras y motivadoras, para ello, se consideraron tópicos actuales y relevantes sobre cada tema y se incluyeron preguntas generadoras de mayores niveles de participación, colaboración y dominio. Con esto se buscó que los estudiantes percibieran la relación directa existente entre la escuela y su futuro quehacer. Asimismo, que lograran aprendizajes mientras realizaban trabajo reflexivo, integrando los saberes previos con los nuevos.

Del total de secuencias diseñadas se presentan en enseguida las situaciones problema de las secuencias dos y ocho (carbohidratos y agua), de su aplicación en la intervención áulica se describen los resultados en el apartado correspondiente.

Unidad de análisis	Categoría de análisis	Situación problema
Secuencia didáctica 2	Situación problema	Carbohidratos

Los carbohidratos son los compuestos orgánicos más abundantes en la naturaleza, como ejemplo la glucosa la principal fuente de energía y la molécula central del metabolismo general de todos los seres vivos aerobios. Dada su importancia adquiere relevancia el conocerlos y poder comprender cómo contribuyen con el metabolismo del ser humano, ante las diferentes situaciones en la alimentación, el ayuno, el ejercicio, etc., cuál es su papel en una de las enfermedades más comunes en nuestro país: la diabetes, patología a la que un Nutriólogo se enfrentará continuamente en su quehacer profesional. Siendo ésta la parte medular de esta situación-problema, su solución da razón para el planteamiento de los siguientes cuestionamientos:

1. *¿Qué relación guarda la glucosa con la insulina y el glucagón en la diabetes?*
2. *¿Cuáles son las funciones de las Glucoproteínas y cuál es su utilidad en la respuesta inmune?*
3. *¿Qué utilidad tendrá conocer sobre los Carbohidratos en mi desempeño profesional?*

Unidad de análisis	Categoría de análisis	Situación problema
Secuencia didáctica 8	Situación problema	Agua

El agua líquida formada por Oxígeno e Hidrógeno es el componente más importante y abundante sobre la superficie terrestre, sin ella la vida no hubiera sido posible ya que sus características y propiedades fisicoquímicas hacen posible que muchos organismos se desarrollen en los océanos, pero también en ambientes adversos como los desiertos donde hay poca agua o donde el agua es caliente o muy fría como en los polos. Tomando en consideración que el agua es vital para el desarrollo general del metabolismo de los seres vivos y está presente en cualquier proceso normal o anormal, se toman para su estudio estos cuestionamientos:

1. *Se ha descrito que el agua es el disolvente universal, Si esta declaración fuera estricta. ¿Podría haber surgido la vida sobre la tierra? ¿Cómo las propiedades del agua intervienen?*
2. *Muchas moléculas son polares, aunque no formen enlaces de hidrógeno significativos ¿Que tiene tan poco usual el agua que hace posible el enlace de hidrógeno? ¿Cómo se relaciona el agua con otras biomoléculas?*
3. *El hielo es menos denso que el agua. Si no fuera así ¿Cómo se verían afectados los océanos? ¿Cómo se vería afectado el desarrollo de la vida en la Tierra?*
4. *¿De qué manera participan los puentes de Hidrógeno en la transferencia de información genética?*
5. *El estudio del agua y sus propiedades bioquímicas tiene una utilidad y aplicación en el ámbito de mi carrera profesional ¿cómo sustento esta afirmación?"*

Tercera etapa: intervención áulica con el grupo de estudiantes. El proceso de intervención se desarrolló a partir de las secuencias didácticas diseñadas y validadas, aplicadas al grupo-muestra. La aplicación de las secuencias se dio en un proceso de intervención áulica, el cual se observó y registró mediante: 1) La videograbación de los acontecimientos durante el desarrollo de cada sesión de clase; el tiempo total de las videograbaciones en el aula y en el laboratorio fue de 30 horas, en ellas se incorpora el trabajo colaborativo y la interacción de las tríadas y del grupo, incluyendo prácticas de laboratorio donde se recrean los conceptos teóricos de las secuencias didácticas de manera experimental, 2) Una bitácora que contiene la descripción escrita de los hallazgos relevantes acontecidos durante la intervención, y 3) Registro de la observación detallada y reflexiva del desarrollo de la intervención.

Cuarta etapa: valoración de la experiencia. Los resultados obtenidos se analizaron buscando comprender cómo fue la experiencia para los estudiantes. Asimismo, se realiza la descripción holística de la investigación puntualizando cómo los estudiantes interactuaron. El análisis de los hallazgos proporcionó información sobre el grado de conocimiento desarrollado y permitió comprender sus significados.

Análisis de los datos

La sistematización de los datos se realizó en dos grandes momentos.

1) Organización de la información: esta se dio a partir de la Matriz de Análisis de la Práctica Educativa (MAPE). Se tomó como Unidad de Análisis a las secuencias didácticas, como Categorías de Análisis a los elementos que las conforman (intenciones formativas, situaciones problema, actividades de aprendizaje y evidencias de desempeño), y como Criterios fueron considerados, entre otros: univocidad, apropiación, realidad, significatividad, pertinencia, relevancia, integración, y desempeños. Esta organización facilitó los procesos de reducción de datos, su clasificación y categorización logrando establecer relaciones entre lo planeado y lo logrado en las diferentes categorías

y criterios trabajados: intenciones formativas situaciones problema, evidencias de desempeño, actividades de aprendizaje, recursos de apoyo y evaluación, bajo esta lupa, el análisis resultó enriquecedor.

2) Análisis e interpretación: a partir de los datos organizados, en este momento se profundizó en el análisis e interpretación mediante la teoría fundamentada, la cual permitió arribar a productos y explicaciones o conceptualizaciones teóricas “con un marco explicativo para entender el fenómeno estudiado, en un proceso ordenado y constante de comparación, análisis y codificación.” (De la Espriella y Gómez, 2020, p.127). La teoría fundamentada se manejó en tres niveles de análisis, donde la codificación fue básica, implicando una lectura detallada y exhaustiva para la identificación de subtemas. La codificación realizada fue de tres tipos: abierta, esta permitió encontrar categorías en los datos; axial, con ella se hallaron relaciones entre categorías; y selectiva, donde se pretendió explicar las relaciones y localizar las categorías centrales. (De la Espriella y Gómez, 2020) este análisis se apoyó en el programa Atlas Ti 7.5.7 (San Martín, 2014).

Resultados

En este artículo se presentan resultados parciales de la investigación, estos corresponden a la valoración de la tercera etapa de la investigación referida al proceso de intervención en el aula. En el análisis general de estos resultados para su presentación se tomaron, como representativas para el análisis a profundidad, a cinco de las 11 secuencias trabajadas con los estudiantes (2, 8, 9, 10 y 11). Aquí se presentan los resultados de las «Categorías»: situación problema, actividades de aprendizaje, y evidencias de desempeño, de las secuencias dos y ocho (carbohidratos y agua), descritas en la etapa dos de la sección de procedimiento metodológico. Los resultados se ofrecen en matrices construidas a partir de los testimonios o episodios verbales y su interrelación con los «criterios de análisis», definidos en el MAPE.

Situaciones problema

Dada la importancia y trascendencia en el estudio, en esta sección se presentan los resultados de la aplicación de dos situaciones problema: primero, la del tema de carbohidratos, y enseguida, la del agua (ver su estructura en etapa dos del procedimiento metodológico).

En la situación problema de la secuencia del tema carbohidratos se transversalizó un tema muy importante: la diabetes —segunda causa de muerte en México—, y uno de los principales motivos de atención nutricional. Esto sitúa a la situación en un contexto relevante en el quehacer del nutriólogo; así, se consideró pertinente su inclusión en la situación, orientando su última pregunta a una reflexión crítica. En el aula se dió lo siguiente:

Estudiante	Episodio verbal	Comentario
21fP (T1)	<i>Los monosacáridos son azúcares tales como el azúcar de mesa o azúcar de la fruta que es la fructosa, maíz-dextrosa y glucosa.</i>	La actividad consistía en explicar las características Físicoquímicas de los monosacáridos. Habló leyendo de su cuaderno en voz alta. Se presentó la lectura de una oración, la cual no contenía la información solicitada, nombrando compuestos que no eran monosacáridos y que no se referenciaban o comparaban.
Docente	<i>¿La sacarosa es mono o disacárido?</i>	Pregunta de apoyo docente. La respuesta correcta era: el azúcar de mesa es la sacarosa y es un disacárido, y la dextrosa es un oligosacárido. Se denotaba confusión en los términos y no se advertía estudio previo, solo ideas vagas y algunas erróneas.
20Fp (T1)	<i>Maestra, pero en 10 min no vamos a poder aprender todo.</i>	Interviene otra integrante de la tétada. Los 10 minutos se otorgaron para que organizaran los materiales de acuerdo a los roles de cada integrante.
Docente	<i>Pero en las actividades previas Uds. estudiaron el tema y sabían el subtema a desarrollar.</i>	Silencio...
Docente	<i>¿Cuántos monómeros contienen los azúcares simples?</i>	Ayuda docente, buscando crear diálogo y alguna pregunta introductoria y sencilla a la vez para romper el silencio.
20fP	<i>Son de 3 a 7 átomos de carbono.</i>	Su respuesta era correcta, ya que respondió sobre átomos de carbono y no monómeros de monosacárido.
Docente	<i>¿La sacarosa de cuantos es?</i>	Silencio prolongado.
21fP	<i>Los monosacáridos son azúcares, tales como el azúcar de mesa que es una azúcar simple y es de 3 a 7 átomos de carbono.</i>	Toma la palabra, repite parte de lo ya expresado y que era incorrecto. Confusión entre átomos de carbono y moléculas de monosacáridos, disacáridos y oligosacáridos.
Docente	<i>Cuando nos referimos a un disacárido no es de 3 a 7 átomos de carbono sino 12....</i>	Ayuda docente aclarando los términos.

Se escogió esta secuencia para ilustrar a cómo se desarrollaron las primeras sesiones de clase, con cambio de roles de docente y estudiantes, esto es, un nuevo «contrato didáctico» —implícito— (Brousseau, 2007).

En las primeras sesiones se realizaron ajustes y mejoras a las secuencias y a sus actividades de aprendizaje, motivados por la resistencia al cambio, por parte de los estudiantes, ante una relación educativa que les

implicaba mayor esfuerzo al aprender a través de una nueva metodología. Inicialmente, se presentó, en forma de secuencias, el nuevo contrato didáctico, pero no se “negoció”, solo se asumió como una nueva propuesta de trabajo.

Conforme se hizo evidente el compromiso de desarrollar, dentro de las actividades de aprendizaje, lecturas previas y entregables en tiempos establecidos, esto provocó conflicto manifiesto en segmentos de interactividad tensos, esto puso en riesgo la relación estudiantes-docente; llevando a momentos de malestar, como se observa en la matriz anterior.

Esta secuencia de Carbohidratos, establece lecturas previas del tema a fin de refrescar lo conceptual tratado en el semestre anterior. Se recomendó la lectura del capítulo de carbohidratos en dos libros de bioquímica, ambos adecuados al nivel de estudiantes de segundo semestre de licenciatura. En el diseño de las actividades de aprendizaje se indicaba que en la clase previa, se analizara un video alusivo al tema, además, que el docente estableciera un diagnóstico respecto del nivel de conocimientos del grupo.

De acuerdo con los resultados se estimó necesario realizar un repaso conceptual para aterrizar conceptos. De esta forma, se acordó realizarlo durante la siguiente clase, antes de entrar a las actividades para abordar la situación problema. Para esta actividad se distribuyó material impreso para su análisis en las tríadas.

Este cambio en la progresión de la secuencia fue uno de los primeros en los que se observó una distancia entre lo planeado y lo realizado, esto generó negociaciones para cambios en la docencia.

A partir de este acuerdo, los estudiantes realizarían las actividades de aprendizaje como estaban definidas en las secuencias, pero a cambio, la demanda de los estudiantes se centró en que al final de la clase el docente diera una “exposición magistral” sobre el tema abordado. Ante esto, se incluyeron ajustes en la organización grupal, patrones de integración para el trabajo didáctico y el orden de algunas actividades de aprendizaje.

Se accedió a la solicitud de los estudiantes buscando no crear mayor controversia, estimando que el proyecto podría encontrarse en riesgo. El nuevo contrato didáctico, tenía dos aspectos a cuidar: el compromiso de los estudiantes de asumir su nuevo rol que implicaba el aprendizaje autónomo con la ayuda del profesor y, la preocupación de la docente por cuidar esta regla y realizar un rol de acompañamiento y apoyo (Brousseau, 2007; Guzmán et al., 2014).

Los ajustes se realizaron a partir de la siguiente secuencia, donde se desarrolló una curva de aprendizaje “transicional” hacia el establecimiento de una nueva metodología, de un ambiente de aprendizaje distinto y de nuevas relaciones grupales. En esta transición se logró captar el interés del grupo y crear conciencia de que estaban logrando aprendizajes de los temas a través del diálogo en tríadas y grupalmente. Esta modificación se tomó dado que ésta

era la segunda secuencia y los estudiantes apenas estaban conociendo la nueva metodología y se advertían desorientados ante las cláusulas —no escritas— que establecía el nuevo contrato didáctico.

En la secuencia 8 se aborda la situación problema del tema del Agua (ver su diseño y estructura en la etapa dos de la sección de procedimiento metodológico). Se resalta que la estructura de la situación problema fue determinante para su desarrollo en el aula, siendo el detonante del principal conflicto cognitivo a nivel grupal que logró captar el interés de los estudiantes, haciendo evidente, para ellos, la distancia entre los saberes que poseían y los que ignoraban.

Con base en los acuerdos establecidos en la secuencia dos, relacionados con el apoyo del docente en la exposición del tema al final de la sesión que resumizaba la secuencia abordada, y en el análisis conceptual individual de los estudiantes, previo a la situación problema; durante la clase se efectuaría el análisis de la situación problema a nivel de las tríadas, seguido por un debate grupal y al cierre la explicación docente sobre el tema.

Se observó que la mayoría de los estudiantes habían llevado a cabo las lecturas previas, quienes no, realizaban las dos actividades de manera simultánea. Las tríadas que iniciaron el debate presentaron una solución al problema, que parecía lógica, fundada en el conocimiento de conceptos poco profundos pero enfocados de manera incorrecta, el conflicto cognitivo se dio porque ellos consideraban que sus apreciaciones sí eran correctas, pero no lograban arribar a la solución. La situación problema favoreció este momento de coyuntura y desconcierto grupal, donde el apoyo docente y la rápida transposición didáctica fueron determinantes para que los estudiantes llegaran a la solución.

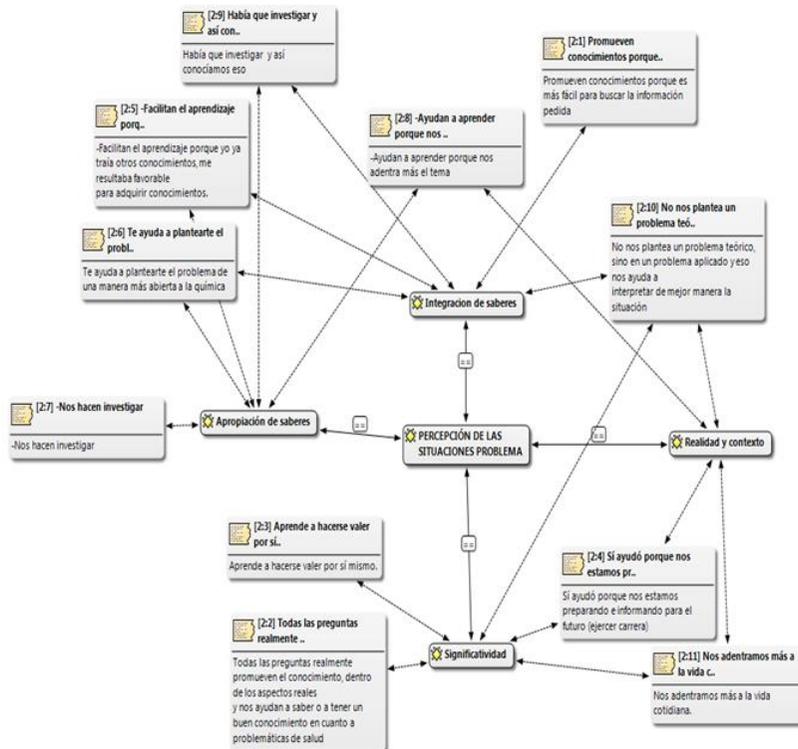
En sus tríadas	Testimonio	Comentario
Varios estudiantes	<i>¿Cuáles moléculas no se pueden disolver en el agua?</i>	Varios estudiantes se preguntan entre ellos en voz baja.
03mP	<i>No sé exactamente como, pero pues las moléculas de los lípidos no se pueden disolver en el agua, como que ejemplo, pero las moléculas en la célula no se pueden disolver.</i>	Menciona dudando y gradualmente toma confianza y trata de explicarlo con un ejemplo que es correcto. Y que no alcanza a concretar totalmente pero su razonamiento si es correcto.
05mP	<i>Las excepciones podrían ser las hidrofóbicas ese tipo de moléculas no se pueden disolver en el agua.</i>	Reafirma sus concepciones

Los estudiantes avanzados del grupo lograron argumentar la solución correcta, abriendo la pauta a todo el grupo, entendiendo que las soluciones estaban a su alcance. Esto dio la confianza que necesitaba el grupo, los menos

avanzados, confiaron en que lo podían lograr. Con esta secuencia se dió un cambio cognitivo tal que les permitió arribar a conclusiones.

Las situaciones problema fueron percibidas por los estudiantes como significativas, pertinentes y enfocadas, lo cual sucede cuando hacen conciencia que esos saberes son de aplicación o similares con los entonos profesionales que corresponden a su carrera. Otro aspecto relevante fue que pudieron hacer conciencia de su capacidad para aprender por sí mismos, al apropiarse de saberes e integrarlos a contextos reales, esto se evidenció al analizar las interrelaciones entre las diferentes categorías que emergieron del análisis con Atlas Ti, siendo las principales: apropiación e integración de saberes, significatividad y realidad y contexto, tal como se corroboró en el análisis de sus comentarios los cuales se observan en la Figura 1.

Figura 1. Percepción y categorización de las situaciones problema



Actividades de aprendizaje

En esta categoría, durante la intervención en el aula con la secuencia ocho (tema Agua), se observó una evolución hacia la nueva metodología de aprendizaje. Los estudiantes realizaron las actividades previas propuestas, se incorporaron al tema con mayor facilidad y sus diálogos fueron más reflexivos y críticos.

Las vivencias que se dieron en esta secuencia representan un parteaguas, marcan el momento de transición entre el antes y el después, el cambio de paradigma en el cual los estudiantes tomaron conciencia de lo que significaba la situación problema y de que podían lograr su solución.

Quienes aún no habían iniciado el proceso de realizar actividades previas, tocaron fondo, se enfrentaron a un conflicto, haciendo evidente que no es posible solucionar un problema sin poseer conocimientos básicos.

Al final de esta secuencia se efectuó la acordada explicación magistral sobre el tema trabajado. Sin embargo, en esta secuencia adquirió otra dimensión, pues los estudiantes advirtieron que, siendo los mismos conceptos estudiados y comprendidos al solucionar el problema, resultaba repetitiva la explicación sobre un tema ya tratado; así, los estudiantes gradualmente dejaron de tener interés en una “cátedra” docente. Se observó cómo se desarrolló un proceso de innovación, primero en unos estudiantes, luego otros, de acuerdo a sus capacidades, conocimientos previos y formas de aprender. Fueron el acercamiento a los conocimientos, y la adquisición de seguridad y confianza, los disparadores de los logros posteriores, acorde con Perrenoud (2011, p.124), quien menciona: “a veces es necesario llegar varias veces hasta el umbral de una puerta antes de atreverse a entrar”.

En las siguientes secuencias, tres de las seis tríadas del grupo, adoptaron el hábito de la lectura, análisis y diálogo colectivo del tema en estudio de manera previa a la clase. Enseguida dos tríadas se sumaron a este proceso; la tríada restante trabajó por separado.

La acción de cierre de las actividades de aprendizaje —exposición magistral del tema—, solo se realizó en las siguientes dos secuencias, pues conforme los estudiantes fueron realizando las actividades previas, aumentó su grado de análisis y comprensión, de tal forma que al final de cada secuencia ya no buscaban la seguridad de la exposición magistral, esta se substituyó por una mayor retroalimentación sobre ejemplos en contexto o aplicaciones prácticas de los temas como se observa a continuación:

Estudiante	Episodio verbal
12mP	<i>Hacer la clase como más de ejemplo, explicando lo químico, pero también ejemplos de lo cotidiano</i>
05mP	<i>Ejemplos que nos lleven a tener una vista más general de lo que nos podemos topar.</i>

Evidencias de desempeño

Esta categoría de la secuencia ocho describe “La reflexión y análisis de las propiedades fisicoquímicas del agua: disolventes, coligativas y térmicas, estableciendo las relaciones y diferencias entre ellas; de forma que proporcionen los elementos de análisis y solución a los cuestionamientos de la situación problema”. Su diseño incluyó una reflexión con detonadores de la

discusión, por ejemplo: el agua es el disolvente universal, si esa declaración fuera estricta ¿pudo haberse formado la vida en la tierra?

Esto define al agua como el disolvente universal y nos coloca ante un concepto trivial, pero ubica al agua como una molécula que disuelve todo, ¿cómo lo hace?, ¿realmente lo hace?, ¿por qué se ha ganado este adjetivo? Estas preguntas tienen su base en las propiedades fisicoquímicas del agua y son retomadas para explicar su comportamiento en un contexto biológico.

Esto generó la reflexión sobre teorías y conceptos, implicando su comprensión al no disponer de conocimientos previos.

Las evidencias de desempeño en esta secuencia incluyen la reflexión y análisis de los aspectos conceptuales básicos, para enfrentar las situaciones problema desde diferentes ópticas, primero de manera individual, considerando conocimientos previos, enseguida, su desempeño en el trabajo de las tríadas, posteriormente, en el trabajo grupal; en esta etapa se dio el pensamiento analítico y crítico, llegando a soluciones colaborativamente.

La siguiente matriz evidencia cómo el cuestionamiento favoreció aprendizajes del pensamiento crítico durante la intervención en el aula.

Participante	Episodio verbal	Comentario
05mP	<i>Maestra, bueno yo entendí, yo este.... yo diría que no se pudo haber surgido la vida porque este... el agua es el disolvente universal, si esta declaración fuera estricta o sea yo a lo que entendí, es que si realmente el agua todo lo puede disolver absolutamente todo ¡aja j... No hubiera podido haber dado la vida.</i>	Esta respuesta evidenció como la situación problema fue el detonante de análisis introspectivo que permitió evidenciar que la adquisición de saberes y el pensamiento crítico se habían desarrollado. El estudiante al inicio dudoso, proporcionó una respuesta lógica y correcta.
Docente	<i>¡Así es! ¡Es correcto!, si fuera totalmente estricta, todo lo que hay en la naturaleza se podría disolver... ¿Se podría haber dado la vida?</i>	Ayuda docente, motivando el análisis del cuestionamiento.
05mP	<i>No, porque, porque no hubiera podido darse la vida. Porque si se hubiera formado algo, bueno si pudiera haberse formado algo, porque el agua lo hubiera disuelto.</i>	Interviene de nuevo el estudiante y explica al grupo las bases teóricas de su respuesta.

De manera adicional, evidencia el desarrollo de competencias transversales como la confianza en sí mismo, no solo en lo individual, sino que también a nivel de grupo los estudiantes desarrollaron competencias.

Discusión

Un hallazgo importante es cómo los estudiantes transitan en una sucesión de estadios que inician en la zona de confort que brinda la metodología enseñanza-aprendizaje tradicional —tipo bancario— donde el profesor entrega conocimientos y ellos los reciben (Ordaz, y Britt, 2018). Ante la perspectiva de evaluación auténtica, basado en evidencias y, contraria a la evaluación tradicional, el proyecto fue bien acogido.

La necesidad de realizar actividades previas, de socializar las situaciones problema y de buscar soluciones con enfoques bioquímicos, hizo evidente que no se dominaba el tema y que no existía el hábito de la lectura.

Al inicio de la intervención se generaron desequilibrios e incertidumbre, lo cual se superó al tomar conciencia de que los conocimientos eran accesibles y comprensibles; así, las siguientes secuencias evidencian cambios favorables en la comprensión y en el logro de aprendizajes con base en el análisis crítico de las situaciones problema.

Los estudiantes al saber que existiría al final de la sesión una explicación teórica accesible y comprensible del tema les dio seguridad y favoreció que se abrieran a la metodología de aprendizaje propuesta para trabajar en las actividades de aprendizaje diseñadas en las secuencias.

Esta fue una devolución adicional muy importante, pues los hábitos de estudio y el trabajo colaborativo se fortalecieron lo mismo que sus aprendizajes (Azorín, 2018). Al final, en las últimas secuencias fue innecesario realizar el “repaso” sobre el tema abordado, pues los estudiantes ya se habían apropiado de él al buscar soluciones a las situaciones problema, incluso resultaba repetitivo y provocaba poco interés, además de distracción. Respecto del trabajo de los estudiantes con las situaciones problema se observó como las desarrollaron en tres momentos: acción, formulación y validación, de acuerdo con la teoría de las situaciones. En dichos momentos de la situación caracterizamos los avances y retrocesos de los estudiantes, en lo individual, en tríada y grupalmente (García, y Posso, 2017).

Se observó la conformación de tres tipos de estudiantes quienes presentaron un desarrollo avanzado, otros de progreso medio y los que avanzaron lo suficiente para demostrar que sí aprendían del tema, cubriendo lo básico solicitado.

El cuestionarse sobre soluciones a problemas de docencia sitúa a los profesores en la posición de investigadores, preguntándose sobre sus marcos teóricos y prácticas cotidianas, convirtiendo así a la investigación-acción en un proceso de aprendizaje que les conduce a realizar análisis críticos de las situaciones que abordan y teorizando sobre sus prácticas. La articulación empleada en este artículo de investigación-formación-acción, implica religar la docencia (formación) y la investigación a través de la acción de los profesores involucrados en procesos formativos y de intervención áulica.

Conclusiones

El objetivo de la investigación se alcanzó al lograr que los estudiantes vivenciaran la experiencia de aprendizaje mediante secuencias didácticas, y con ello, fueran capaces de movilizar sus recursos cognitivos ante las situaciones problema que enfrentaron, de manera particular, en las temáticas de la química aplicada al desempeño profesional.

Esta estrategia didáctica para la enseñanza de la química en la educación superior demostró su efectividad en cuanto a los aprendizajes logrados y a la participación de los estudiantes en una nueva metodología que implicó vivir un nuevo contrato didáctico.

El principal detonante para la mejora de los logros académicos son las situaciones problema relevantes, reales y situadas dentro de un contexto profesional que capta el interés de los estudiantes. Además los estudiantes muestran que su nivel de desarrollo del pensamiento crítico aumenta.

Haber trabajado con los estudiantes y seguirlos en la progresión de sus aprendizajes permitió, como lo destaca la teoría, ajustar y refinar la situación didáctica cuando los estudiantes acuden a comportamientos y actitudes que muestran la fuerte dependencia que tienen del profesor, y la nostalgia que sienten por retornar a la comodidad que les brindan las clases tradicionales, lo cual se hizo evidente en nuestra experiencia.

Puede concluirse que las situaciones problema en cuanto a su planeación e implementación muestran su efectividad durante la intervención áulica, donde los estudiantes logran niveles de autonomía, como se describe en el apartado de fundamentos teóricos.

Las situaciones problema resultan de gran valía al llevar a los estudiantes a adquirir mayor compromiso y más responsabilidad en el trabajo colaborativo. En cuanto al trabajo con situaciones problema es de desatascar que emplea más tiempo que el utilizado en las clases donde priva la clase magistral basada en la enseñanza por temas.

Limitaciones del estudio

Entre las limitaciones del estudio se mencionan: a) la resistencia al cambio por parte de los estudiantes, ya que se encuentran en una situación cómoda con sus esquemas tradicionales (que han interiorizado durante su vida escolar); b) el nivel de conocimientos previos de los estudiantes al inicio del curso; c) encontrar el balance ideal entre los requerimientos de la metodología en estudio y las ayudas docentes, es decir, aprendizajes por sí mismos, clase magistral, y trabajo extraclase; y d) la necesidad de crear conciencia respecto de su capacidad para aprender.

Líneas de acción futuras

Como líneas de acción u oportunidades para futuras investigaciones se encuentran: a) Dado su carácter interdisciplinario, aplicar el M-DECA en otras asignaturas sobre todo las relacionadas con ciencias que representan dificultad a los estudiantes; b) En relación con las innovaciones digitales, aplicar el programa Programa Thumult Hype en un curso completo, ya que su empleo en esta investigación generó muy buenos resultados; y c) Crear comunidades de práctica de profesores interesados en mejorar su práctica pedagógica, aplicando el M-DECA.

References:

1. Alegre-Agís, E. y Riccò I. (2017). Contribuciones literarias, biográficas y autoetnográficas a la antropología médica en España: el caso catalán. *Salud Colectiva*, 13(2), 279-293. <https://doi.org/10.18294/sc.2017.1203>
2. Alvarado, K. W. (2012). Incidencia de los trabajos prácticos en el aprendizaje de los estudiantes de Química General I en conceptos de materia, energía y operaciones básicas, en la UPNFM de la sede de Tegucigalpa. [Disertación de Maestría no publicada]. Universidad Pedagógica Nacional, Francisco Morazán, Tegucigalpa.
3. Anderson, G. y Herr, K. (2007). El docente-investigador: investigación-acción como una forma válida de conocimientos. En I. Sverdlick, (Comp.), *La investigación educativa. Una herramienta de conocimiento y acción*. Novedades Educativas.
4. Ausubel, D. P., Novak, J. D. y Hanesian, H. (2006). *Psicología educativa un punto de vista cognoscitivo*. Trillas
5. Azorín-Abellán, C. (2018). El método de aprendizaje cooperativo y su aplicación en las aulas. *Perfiles Educativos*, 40(161), 181-194. <https://doi.org/10.22201/iisue.24486167e.2018.161.58622>
6. Batallán, G. (2007). *Docentes de infancia. Antropología del trabajo en la escuela primaria*. Paidós.
7. Blanchard, M., & Muzás, M. (2016). *Los Proyectos de Aprendizaje: un marco metodológico clave para la innovación*. Narcea ediciones.
8. Blanco, M. (2012). ¿Autobiografía o autoetnografía? *Desacatos*, 38, 169-178.
9. Bolívar, A. y Domingo, J. (2019). *La investigación (auto) biográfica y narrativa en educación*. Octaedro.
10. Bretz, S.L., Michel Fray, Laura B. Bruck y Marcy H. Towns. (2013). What Faculty Interviews Reveal about Meaningful Learning in the Undergraduate Chemistry Laboratory. *J. Chem. Educ.*, 90(3), 281–288. <https://doi.org/10.1021/ed300384r>

11. Brousseau, G. (2007). *Iniciación al estudio de la teoría de las situaciones didácticas*. Libros del Zorzal.
12. Brown, R. (2015). *La evaluación auténtica: El uso de la evaluación para ayudar a los estudiantes a aprender*. RELIEVE. *Revista Electrónica de Investigación y Evaluación Educativa*, 21(2), 1-10. Doi: <http://dx.doi.org/10.7203/relieve.21.2.7674>
13. Cárdenas, F.A., y Pastrana, L.H. [Editores Académicos]. (2016). *Aprendizaje y evaluación auténtica. Experiencias y perspectivas de aplicación*. Facultad de ciencias de la educación, maestría en docencia. Universidad La Salle. Kimpres S.A.S.
14. Castillo, A.; Ramírez, M.; González, M. (2013). *El aprendizaje significativo de la química: condiciones para lograrlo*. *Omnia*, 2, 11-24.
15. Cuenca, C.V. (2011). *Propuesta de estrategias de enseñanza para la promoción de la salud desde la Química del Carbono, tecnología y ambiente, Tercer grado de educación secundaria para tres instituciones educativas del país ubicadas en el cono este y sur de la ciudad de Lima y pertenecientes al grupo de escuelas promotoras de la salud*. [Disertación de maestría no publicada]. Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima.
16. De la Espriella, R., y Gómez, C. (2020). *Teoría fundamentada*. *Revista Colombiana de Psiquiatría*, 2, 127-133. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rcp.2018.08.002>
17. Del Valle, C.M. y Curotto, M. M. (2008). *La resolución de problemas como estrategia de enseñanza y aprendizaje*. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 2, 463-479.
18. Díaz-Barriga, F. (2006) *Enseñanza Situada: Vínculo entre la escuela y la Vida*. Mc Graw Hill.
19. Díaz-Barriga, F. y Hernández, R. G. (2010). *Estrategias docentes para un aprendizaje significativo una interpretación constructivista*. Mc Graw Hill.
20. Edwards, J., Ceci, Ch., y Ratcliffe, E. (2016). *What the public really thinks about chemistry*. *Chemistry International*, 38(3-4), 16-19. Doi: <https://doi.org/10.1515/ci-2016-3-406>
21. Elliott, J. (2005). *La investigación-acción en educación*. Ediciones Morata
22. Escribano, E. (2017). *La educación en América Latina: desarrollo y perspectivas*. *Actualidades Investigativas en Educación*, 17(2), 1-23. Doi 10.15517/aie.v17i1.28147
23. Fathi-Azar, E., Bayrami, M., Vahedic, S., & Adli, V. A. (2013). *The effect of instructional analogies in interaction with logical thinking*

- ability on achievement and attitude toward chemistry. *Chem. Educ. Res. Pract.*, 14(14), 566-575. Doi <https://10.1039/c3rp00036b>
24. Fernández, J., y Moreno, J. (2008). La química en el aula: entre la ciencia y la magia. Universidad Politécnica de Cartagena (UPCT), Departamento de Ingeniería Química y Ambiental.
 25. García, B. E., Posso, L. M. (2017). Situaciones didácticas en la enseñanza del enlace químico. *Educere*, 21(70), 581-592.
 26. Garritz, A. (2010). La enseñanza de la química para la sociedad del siglo XXI, caracterizada por la incertidumbre. *Educ. Quim.*, 21(1), 2-15.
 27. Grijalba, J., Mendoza, & Beltrán, H. (2020). La formación del pensamiento sociocrítico y sus características: necesidad educativa en Colombia. *Universidad y Sociedad*, 12(1), 64-72.
 28. Guzmán, I., Marín, R., e Inciarte, A. J. (2014). Innovar para transformar la docencia universitaria. Un modelo para la formación por competencias. Ediciones Astro Data, S.A.
 29. Habermas, J. (1986). Ciencia y técnica como ideología. *Tecnos*.
 30. Herradón, H. (2012). Enseñanza y Divulgación de la Química y la Física. *Garceta*.
 31. Holbrook, J. (2005). Making Chemistry teaching relevant. *Chemical Education International*, 6(1), 1-12.
 32. Huchim, D. y Reyes, R. (2013). La investigación biográfico-narrativa, una alternativa para el estudio de los docentes. *Revista Electrónica Actualidades Investigativas en Educación*, 13(3), 1-27.
 33. Jonnaert, P., Barrete, J., Masciotra, y Yaya, M. (2008). Las competencias como organizadoras de los programas de formación: hacia un desempeño competente. *Profesorado. Revista de curriculum y formación del profesorado*, 12(3), 1-31
 34. Lazo, L. (2012). Estrategia para la enseñanza y el aprendizaje de la Química General para estudiantes de Primer Año de Universidad. *Diálogos Educativos*, 23, 68-89.
 35. Marín, R., Guzmán, I., Inciarte, A. y Araya, E. (2015). Intervenir e investigar en el aula. Experiencias en la formación de profesores. *Alfagrama Ediciones*.
 36. Martínez, B. M. (2014). Conceptos claves, laboratorios de investigación y bases de datos: estrategias para la enseñanza de Bioquímica en siglo XXI. *Química Viva* 13(1), 5-17.
 37. Matlin, S., Mehta, G., Hopf, H., & Krief. (2016). One-world chemistry and systems thinking. *Nature Chemistry*, 8(5), 393-398.
 38. Medrano, C. M., Osuna, I., y Garibay, J. L. (2015). La eficiencia del aprendizaje cooperativo en la enseñanza de la química en el nivel

- medio superior. RIDE Revista Iberoamericana para la Investigación y el Desarrollo Educativo, 6(11), 1-10.
39. Menargues, S. y Gómez, S. (2012). Estrategias didácticas para la promoción de la química en la enseñanza secundaria y bachillerato. *An. Química, Real Sociedad Española de la Química*, 109(3), 218-223.
 40. Monereo, C. (2009). La autenticidad de la evaluación. En M. Castelló (ed.) *La evaluación auténtica en enseñanza secundaria y universitaria* (pp. 15-32). Edebé.
 41. Moreira, M. A. (2009). Aprendizaje significativo de las ciencias: Condiciones de ocurrencia, progresividad y criticidad. Ponencia en II Jornadas de Enseñanza e Investigación Educativa en el campo de las Ciencias Exactas y Naturales. La Plata, Argentina. http://www.fuentesmemoria.fahce.unlp.edu.ar/trab_eventos/ev.612/ev.612.pdf
 42. Moreira, M. A. (2012). ¿Al final, que es aprendizaje significativo? [Versión electrónica]. *Revista Currículum*, 25, 29-56.
 43. Moria, E., & Zaim, M. (2017). Using Authentic Assessment to Better Facilitate Teaching and Learning: The Case for Students' Writing Assessment. *Advances in Social Science, Education and Humanities Research (ASSEHR)*, 148, 333-337. Doi: 10.2991/icla-17.2018.57
 44. Ordaz, G. J., y Britt, M. (2018). Los caminos hacia una enseñanza no tradicional de la química. *Actualidades Investigativas en Educación*, 18(2), 1-20.
 45. Ortega, D.T. y Palacios, J. (2015). Experiencias en la enseñanza experimental basada en competencias. [Versión electrónica]. *Educación Química-Universidad Nacional Autónoma de México*, 26(1), 31-42.
 46. Overton, T., Potter, N. y Leng, C. (2013). A study of approaches to solving open-ended problems in chemistry. *Chem. Educ. Res. Pract.*, 46(14), 468-475. Doi: 10.1039/c3rp00028a
 47. Panizza, M. (2003). Conceptos básicos de la teoría de las situaciones didácticas. En M. Panizza, O. Bartolomé, C. Broitman, D. Fregona, y H. Itzcovich, *Enseñar matemáticas en nivel inicial y el primer ciclo de la EGB, análisis y propuestas*. Paidós
 48. Perrenoud, P. (2011). *Desarrollar la práctica reflexiva en el oficio de enseñar. Profesionalización y razón pedagógica*. Graó.
 49. Reibstein, R. (2017). A more ethical chemistry. *Current Opinion in Green and Sustainable Chemistry*, 8(12), 36-44.
 50. Roegiers, X. (2010). *Una pedagogía de la integración: competencias e integración de los conocimientos en la enseñanza*. Fondo de cultura económica.

51. Roegiers, X. (2016). Marco conceptual para la evaluación de las competencias. Oficina Internacional de Educación de la UNESCO (OIE-UNESCO). <http://www.ibe.unesco.org/es/documento/marco-conceptual-para-la-evaluaci%C3%B3n-de-competencias>
52. San Martín, D. (2014). Teoría fundamentada y Atlas.ti: recursos metodológicos para la investigación educativa. *Revista Electrónica de Investigación Educativa*, 16(1), 104-122. <http://redie.uabc.mx/vol16no1/contenido-sanmartin.html>
53. Sarzosa, E. Z. y Pérez, Á. M. (2017). Situaciones didácticas para el aprendizaje de la argumentación en Química. *Educere*, 21(70), 593-610.
54. Soto, M. C. (2015). Experiencias docentes en intervención psicomotriz para el logro de competencias en preescolar (Dissertation doctoral no publicada), Universidad Autónoma de Nuevo León.
55. Suárez, D. y Metzdorff, V. (2018). Narrar la experiencia educativa como formación. La documentación narrativa y el desarrollo profesional de los docentes, en *Espacios en Blanco*. *Revista de Educación*, 28, 49-74.
56. Zambrano, A. (2019). Naturaleza y diferenciación del saber pedagógico y didáctico. *Pedagogía y Saberes*, 50, 75–84.

Efectividad De Un Polímero Retenedor De Humedad Para Elevar La Supervivencia En Plantaciones De Mezquite (*Prosopis Glandulosa Torr.*) En Zonas Áridas

Gabriel Sosa Pérez (PhD)

David Efraín Hermosillo Rojas (MS)

Pedro Jurado Guerra (PhD)

Manuel Pomposo Alarcón Bustamante (MS)

José Luis García Pérez (MS)

Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), Campo Experimental "La Campana" Km. 33.3 Carretera Chihuahua-Ojinaga. Aldama, Chihuahua, México

[Doi:10.19044/esj.2021.v17n7p55](https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n7p55)

Submitted: 15 December 2020

Accepted: 12 February 2021

Published: 28 February 2021

Copyright 2021 Author(s)

Under Creative Commons BY-NC-ND

4.0 OPEN ACCESS

Cite As:

Sosa Pérez G., Hermosillo Rojas D.E., Jurado Guerra P., Alarcón Bustamante M.P. & García Pérez J.L. (2021). *Efectividad De Un Polímero Retenedor De Humedad Para Elevar La Supervivencia En Plantaciones De Mezquite (Prosopis Glandulosa Torr.) En Zonas Áridas*. European Scientific Journal, ESJ, 17(7), 55. <https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n7p55>

Resumen

El uso de polímeros retenedores de humedad es una técnica que se ha utilizado para incrementar la supervivencia en plantaciones de restauración forestal, sin embargo, escasos estudios han evaluado su efectividad. El objetivo del estudio fue evaluar el efecto de diferentes dosis de un polímero retenedor de humedad en la supervivencia de tres plantaciones de mezquite (*Prosopis glandulosa Torr.*), en dos sitios de zonas áridas del estado de Chihuahua, México. Se utilizó un polímero hecho a base de potasio en dosis desde tres hasta diez gramos por planta. Se midió la precipitación en cada sitio, la humedad del suelo en cada planta y los porcentajes de supervivencia de cada plantación en diferentes fechas a lo largo de un año. Los porcentajes de supervivencia después de un año fueron 34%, 59% y 83%. No se encontró efecto positivo de ninguna dosis de hidrogel en la supervivencia. La humedad en el suelo por efecto del polímero es muy corta en condiciones de poca precipitación y altas temperaturas, y los eventos de lluvia distanciados en

tiempo no son suficientes para la rehidratación del polímero. Esto genera una igualdad de condiciones en términos de humedad del suelo para las diferentes dosis durante los meses críticos de sequía, en los cuales se registró la mayor mortandad de planta.

Palabras-claves: Hidrogel, Lluvia Sólida, Poliacrilato, Potasio, Restauración Forestal

Effectiveness of a Moisture-Retaining Polymer to Increase Survival in Mesquite Plantations (*Prosopis Glandulosa Torr.*) of Arid Lands

Gabriel Sosa Pérez (PhD)

David Efraín Hermosillo Rojas (MS)

Pedro Jurado Guerra (PhD)

Manuel Pomposo Alarcón Bustamante (MS)

José Luis García Pérez (MS)

Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias
(INIFAP), Campo Experimental "La Campana" Km. 33.3 Carretera
Chihuahua-Ojinaga. Aldama, Chihuahua, México

Abstract

Moisture-retaining polymers are frequently used to increase survival in forest restoration plantations, however, few studies have evaluated their effectiveness. The objective of the study was to evaluate the effect of different doses of a moisture-retaining polymer on the survival of three mesquite plantations (*Prosopis glandulosa Torr.*), in two sites of arid lands in the State of Chihuahua, Mexico. A polymer made from potassium was used in doses from three to ten grams per plant. Precipitation at each site was measured, as well as soil moisture at each plant, and the survival percentages at different dates after plantations. The survival percentages in the three plantations after one year were 34%, 59%, and 83%. No positive effect of any dose was found on survival. The effect of the polymer on soil moisture is very short under low precipitation and high temperatures. Isolated rainfall events did not rehydrate the polymer. The highest plant mortality was during the critical months of drought, and soil moisture was the same for the different doses during these months.

Keywords: Forest Restoration, Hydrogel, Polyacrylate, Potassium, Solid Rain, Drought

Introducción

El éxito o fracaso de una plantación de restauración forestal depende de un gran número de factores tanto climáticos como técnicos (Rodríguez-Trejo, 2006). Los primeros no se pueden controlar por el hombre, mientras que los factores técnicos tienen un origen totalmente antropogénico, y por ende pueden ser de alguna manera manipulados. Estos factores comprenden desde el sistema de producción de planta en el vivero, transporte, método de plantación y manejo post plantación (Capó, 2001). Dentro de estos factores, algunos se han considerado tradicionalmente muy importantes, como la calidad de planta (Mexal & Landis, 1990; Prieto et al., 2003; Rodríguez, 2008). Sin embargo, aún y cuando se utilice planta de buena calidad y se prepare el suelo adecuadamente, existe otra causa muy importante de mortandad, la cual ha sido asociada principalmente a la sequía, especialmente en las zonas áridas y semiáridas del norte de México (Comisión Nacional Forestal [CONAFOR], 2016). Esto y otros factores han sido la causa de que en México se tengan bajos porcentajes de supervivencia. En 2014, por ejemplo, la supervivencia promedio a nivel nacional fue de 56% para todos los tipos de ecosistemas, y este valor fue mayor en más de cinco puntos porcentuales con respecto a los registrados en el periodo 2010-2013 (CONAFOR, 2016). Para las zonas áridas y semiáridas del estado de Chihuahua los mismos informes reportan valores de supervivencia de tan solo el 33%.

Una de las técnicas que se ha utilizado en los últimos años como una medida para incrementar los porcentajes de supervivencia, es el uso de polímeros retenedores de humedad, comúnmente conocidos como hidrogeles. Los hidrogeles, hidro-retenedores o súper absorbentes, son polímeros hidrófilos hechos a base de acrilato de potasio, poliacrilato de potasio, o poliacriláminas que por su estructura molecular atraen magnéticamente las moléculas del agua logrando absorber entre 200 a 400 veces su peso en agua (Cisneros-Zayas et al., 2018; Freitas et al., 2002; Kazanskii & Dubrovskii, 1992). Esta propiedad ha llevado a muchas aplicaciones prácticas, particularmente en la agricultura, para mejorar la retención de agua de los suelos y el suministro de agua de las plantas (Kazanskii & Dubrovskii, 1992).

El tema de hidrogeles en el campo de la agricultura no es nuevo, sobre todo a nivel internacional, dado que existe un considerable número de estudios en relación a su efectividad en diferentes cultivos agrícolas (Al-Humaid & Moftah, 2007; Rivera-Hincapié et al., 2007; Rojas et al., 2004), suelos (Abedi-Koupai et al., 2008; Andry et al., 2009; Cortés et al., 2007), o bajo diferentes climas y condiciones de humedad (Bai et al., 2010; Rojas et al., 2004). Sin embargo, en el sector forestal de México es un tema relativamente reciente con escasos estudios que han evaluado su efectividad. La literatura en el ámbito forestal internacional reporta una considerable variabilidad en la

efectividad para reducir el estrés hídrico, pues mientras unos estudios reportan resultados positivos en el crecimiento o supervivencia (Al-Humaid & Moftah, 2007; Sarvas et al., 2007; Viero et al., 2002; Viero & Little, 2006), otros estudios sugieren que la aplicación no tiene efectos significativos en dichas variables (Del Campo et al., 2011; García, 2017; Patricio, 2014). Una reciente compilación de resultados de 42 estudios publicados en revistas científicas de revisión por pares hecha por Crous (2017), indicó que la efectividad del hidrogel en plantaciones forestales puede ser influenciado por: 1) químicos presentes en el suelo; 2) dosis aplicada; 3) tipo de polímero; 4) distribución del tamaño de partícula en el hidrogel; 5) textura del suelo; 6) restricciones físicas para la expansión del hidrogel; 7) capacidad hidrofílica del hidrogel; 8) conductividad hidráulica entre el suelo y las partículas del hidrogel bajo condiciones no saturadas; 9) el método de aplicación; y 10) la humedad del suelo al momento de la plantación y los riegos subsecuentes. Dada esta complejidad, no ha sido fácil encontrar recomendaciones o estudios en el ámbito de restauración forestal, que aseguren el éxito en la aplicación de hidrogel, especialmente para elevar la supervivencia en campo, que es la variable de mayor interés para técnicos o productores forestales.

Otro tema de vital importancia en la toma de decisiones para el uso de hidrogel es el aspecto económico. El costo del producto en el mercado mexicano al momento de este estudio varía entre \$7.00 a \$14.00 dólares estadounidenses por kilogramo, dependiendo de la calidad o marca. La cantidad a utilizar depende de la dosis recomendada, la cual tampoco está claramente establecida, pues mientras algunas empresas vendedoras recomiendan alrededor de 20 g por planta, esto puede resultar en costos muy altos para plantaciones de restauración forestal. Aunado al costo del producto además se agrega el costo de aplicación, dado que la aplicación de hidrogel implica: 1) transporte de agua al sitio de plantación (lo cual puede ser complicado en sitios de difícil acceso o escasa disponibilidad de agua); 2) hidratación del polímero en grandes contenedores; 3) transporte del hidrogel hidratado hasta cada planta a ser establecida; y 4) mezcla del polímero hidratado con el suelo que rodea a la raíz. Dadas todas estas implicaciones es importante realizar evaluaciones en campo, bajo condiciones reales que permitan generar información sobre el efecto de dichos retenedores en la supervivencia, lo cual es de vital importancia para las diferentes condiciones ambientales y en específico para las zonas áridas y semiáridas.

El objetivo general del estudio fue evaluar el efecto de un polímero retenedor de humedad en la supervivencia de tres plantaciones de mezquite (*Prosopis glandulosa* Torr.), en dos zonas áridas del estado de Chihuahua. Los objetivos específicos fueron evaluar: 1) el efecto de diferentes dosis de hidrogel en la humedad del suelo y supervivencia; y 2) el efecto del hidrogel bajo diferentes escenarios de precipitación.

Materiales y métodos

Áreas de estudio y establecimiento de las plantaciones

La primera plantación se estableció en el municipio de Nuevo Casas Grandes, Chihuahua. El sitio se localiza en las coordenadas 30° 50' 35.55" latitud norte y 107°56' 20.05" longitud oeste, a una altitud de 1420 msnm. El clima predominante es muy seco templado [BWkw(x')] y la temperatura media anual es de 16.5 °C (Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática [INEGI], 2003). La precipitación media anual es de 312 mm, con régimen de lluvias en verano y la precipitación invernal es de 10.2% del registro anual (INEGI, 2003). La evaporación total anual normal es de 1971 mm (Comisión Nacional del Agua [CONAGUA], 2020). El tipo de suelo es litosol + regosol eútrico de textura media (INEGI, 2003).

La plantación se realizó el 27 de julio de 2017 con planta de mezquite de seis meses de edad. La planta fue producida en bolsas negras de polietileno en un vivero de la región y el diámetro promedio de la planta fue de 3.8 mm (Desv. Est.= 0.7 mm) con una altura promedio de 14.7 cm (Desv. Est.= 3.0 cm). La planta fue podada en vivero. La plantación se realizó dentro de un área de restauración de mayor extensión, donde se construyeron bordos en curvas a nivel para retener escurrimientos e incrementar la humedad. La distancia entre bordos fue de 12 m y entre cada bordo se realizaron terrazas individuales para el establecimiento de las plantas. La excavación en la terraza fue de 30 cm de profundidad y con un diámetro aproximado de 60 cm. La pendiente del terreno es alrededor del 3%. Se utilizó un polímero hecho a base de potasio comercialmente conocido como Lluvia Sólida®, que de acuerdo a su etiqueta comercial es capaz de adsorber hasta 400 veces su peso en agua, dependiendo del tipo de suelo, calidad del agua, clima, etc.

El diseño experimental fue completamente al azar con cuatro tratamientos (dosis de hidrogel por planta) y cinco repeticiones. Las unidades experimentales fueron líneas de 25 plantas dando un total de 500 plantas en todo el experimento. Las dosis fueron: 0 g (testigo), 3 g, 6 g y 9 g de hidrogel aplicado en seco. Estas dosis fueron inferiores a las recomendadas por los fabricantes, las cuales son alrededor de 20 g por planta. El hidrogel en seco fue mezclado con el suelo que rodea a la raíz de la planta. No se realizó la hidratación previa del hidrogel debido a la acumulación de agua en las terrazas individuales. Después de la plantación se realizaron evaluaciones de supervivencia el 30 de agosto de 2017, 11 de noviembre de 2017 y el 7 de junio de 2018. Se evaluó también la humedad del suelo (contenido volumétrico de agua) con un medidor portátil FieldScout TDR 300 (Time-Domain Reflectometer- Spectrum Technologies Inc) en las mismas fechas de sobrevivencia. Para ello se utilizaron varillas de 20 cm de largo que fueron introducidas en el suelo alrededor de la planta. La precipitación durante el periodo de estudio fue medida directamente en el sitio de plantación mediante

un pluviómetro automático de balancín con data logger (HOBO®). No se realizaron riegos a la plantación.

La segunda plantación se estableció en el municipio de Aldama, Chihuahua. El sitio se localiza en las coordenadas 28° 51' 07.80" latitud norte y 105° 52' 07.08" longitud oeste, a una altitud de 1205 m snm. El clima predominante en la región es muy seco semicálido [BS0kw (w)] y la temperatura anual varía entre 18 y 22 °C (INEGI, 2003). La precipitación anual fluctúa entre 250 y 300 mm, con régimen de lluvias en verano (Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias [INIFAP], 2006). La precipitación invernal es menor al 5% del registro anual y el tipo de suelo es Xerosol Lúvico de textura media (INEGI, 2003). Esta plantación se realizó el 9 de septiembre de 2017, prácticamente terminada la temporada de lluvias, esto con el fin evaluar la efectividad del hidrogel en condiciones de escasa humedad. Se utilizó planta de cuatro meses de edad, producida en vivero con malla sombra y en contenedores de polietileno negro, con un volumen de 310 cm³. El diámetro promedio de la planta fue de 3.8 mm (Desv. Est.= 0.3 mm), con una altura promedio de 40.8 cm (Desv. Est. = 9.5 cm). Para la preparación del terreno se utilizó una rastra de discos de forma uniforme en todo el terreno, de tal forma que se facilitara la realización de las cepas para la plantación. El terreno es plano y debido a la rugosidad creada por el paso de la rastra no hubo escurrimiento superficial hacia alguna dirección en particular, por lo que no fue necesario realizar terrazas individuales a las plantas o alguna otra obra de captación de agua.

El diseño experimental consistió en cuatro tratamientos distribuidos completamente al azar con cinco repeticiones. Las unidades experimentales fueron líneas de 10 plantas, dando un total de 200 plantas en todo el experimento. Las dosis fueron 0 g (testigo), 3 g, 6 g y 10 g del polímero retenedor de humedad, el cual en este caso fue previamente hidratado en dos litros de agua al momento de la plantación. A las plantas testigo se les aplicó solo agua. Después de la plantación se realizaron evaluaciones de supervivencia a los 5, 13, 19, 26, 37 y 45 días, así como a los 2.5, 6.4 y 9.5 meses. Se evaluó también la humedad del suelo con la sonda TDR 300 y se utilizó un pluviómetro automático para medir la precipitación en el sitio.

La tercera plantación fue establecida en la misma zona que la segunda plantación de Aldama, pero un año más tarde (01 de agosto de 2018) y con planta de mayor edad. Se utilizaron plantas de 15 meses de edad, producidas en bolsas de polietileno negro en un vivero con malla sombra. A diferencia de la plantación anterior la planta se estableció en plena temporada de lluvias con la finalidad de evaluar el efecto de las lluvias en la rehidratación del hidrogel. El diámetro promedio de la planta fue de 5.5 mm (Desv. Est. = 1.3 mm), con una altura promedio de 39.7 cm (Desv. Est. = 11.9 cm). La preparación del terreno fue similar a la segunda plantación. El experimento consistió en sólo

dos tratamientos con cuatro repeticiones distribuidas completamente al azar. Los tratamientos fueron 0g (testigo) y 10 g del polímero por planta, el cual fue previamente hidratado en dos litros de agua al momento de la plantación. A las plantas testigo se les aplicó solo agua. La unidad experimental fueron líneas de 26 plantas dando un total de 208 plantas en todo el experimento. Después de la plantación se realizaron evaluaciones de supervivencia a los 15 días, 5, 10 y 12 meses. Se evaluó también la humedad del suelo alrededor de cada planta con la sonda TDR 300 en las mismas fechas de evaluación de sobrevivencia, además de otras tres ocasiones después de eventos grandes de lluvia. La precipitación fue medida con un pluviómetro automático en el sitio de plantación.

Análisis de datos

Se realizaron análisis de varianza de forma separada para cada fecha de medición y en cada sitio de plantación, a fin de evaluar el efecto de las diferentes dosis de hidrogel sobre la humedad del suelo y la supervivencia. Para la tercera plantación donde sólo hubo una dosis de hidrogel se realizaron pruebas de t-student. Todos los análisis y gráficas se realizaron mediante el Software R v. 3.6.1. (R Core Team, 2020). Las comparaciones múltiples de medias fueron realizadas mediante la prueba de Tukey con una diferencia significativa a $p \leq 0.05$. Los datos de precipitación diaria y por evento fueron procesados en el programa RIST (Rainfall Intensity Summarization Tool) versión 3.99 (United States Department of Agriculture [USDA], 2019).

Resultados

Plantación en Nuevo Casas Grandes, Chih. 2017-2018

El promedio de supervivencia en la primera evaluación realizada en Nuevo Casas Grandes, Chihuahua, el 30 de agosto de 2017 (un mes después de la plantación) fue de 67.8% (Desv. Est. = 8.7%), sin diferencias significativas entre los tratamientos ($p \geq 0.41$). El testigo tuvo un porcentaje un poco más alto con 81% (Desv. Est.= 8.9%), mientras que el resto de los tratamientos tuvieron una media entre 62 y 65% (Figura 1A). A casi cuatro meses de la plantación (Figura 1B), la supervivencia tuvo un ligero decremento en todos los tratamientos, con una media general de 64.0%, y sin diferencias significativas entre tratamientos ($p \geq 0.5$). El rango en las medias fue del 59 al 76%, donde el testigo se mantuvo con el mayor porcentaje. A prácticamente un año después de la plantación la media en supervivencia decreció a 40% (Figura 1C), con un rango entre 36% y 46%, donde el valor mínimo de este rango correspondió a la dosis de 3 g, y el valor máximo al testigo, sin diferencias significativas entre tratamientos ($p \geq 0.6$).

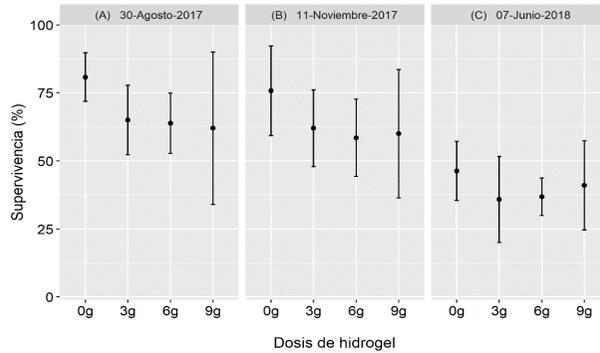


Figura 1. Supervivencia de mezquite (media \pm desviación estándar) con diferentes dosis de hidrogel por planta, en tres fechas de evaluación de la plantación en Nuevo Casas Grandes, Chihuahua. No se encontraron diferencias significativas dentro de cada fecha de evaluación.

La precipitación total entre la fecha de plantación y la última evaluación, es decir, a prácticamente un año, fue de sólo 142 mm, lo cual es apenas el 45% de la precipitación media anual reportada en la región de estudio. Se registraron sólo dos eventos de precipitación importantes, de 20 mm de lluvia cada uno, al cuarto y quinto días posteriores a la fecha de plantación (Figura 2). Después de dichos eventos, las lluvias más significativas ocurrieron el 15 y 19 de agosto con 15 y 24 mm, respectivamente. En seguida de estas fechas no hubo ningún evento que haya superado los 10 mm y no hubo precipitación después del 18 de noviembre de 2017.

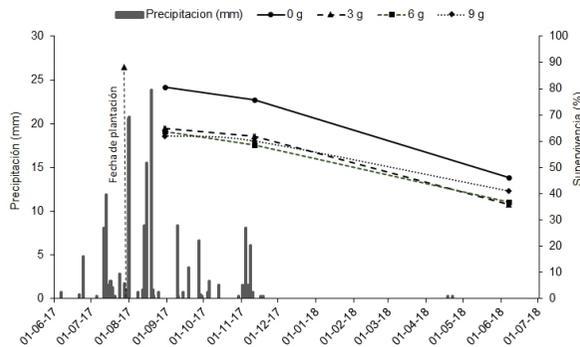


Figura 2. Precipitación por eventos de junio 2017 a junio 2018 y supervivencia de mezquite por dosis de hidrogel en Nuevo Casas Grandes, Chihuahua.

Los resultados de humedad en el suelo no mostraron diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos en ninguna de las evaluaciones. En la primera evaluación, a prácticamente un mes después de la plantación y 10 días después del último evento significativo de lluvia, el promedio general de humedad fue del 11.6% (Desv. Est.=1.4%), con medias muy similares entre tratamientos ($p \geq 0.46$) (Figura 3).

Plantación en Aldama, Chih. 2017-2018

La segunda plantación se realizó en Aldama el 9 de septiembre de 2017, prácticamente al término de la temporada de lluvias. Al momento de la plantación, la precipitación acumulada fue de 262 mm y los eventos más significativos de lluvia ocurrieron 15 días antes de la plantación (Figura 4). A partir de la fecha de plantación y hasta la última evaluación del siguiente año (2018), la precipitación total registrada fue de sólo 62 mm con muy pocos eventos de lluvia y distanciados en tiempo (Figura 4).

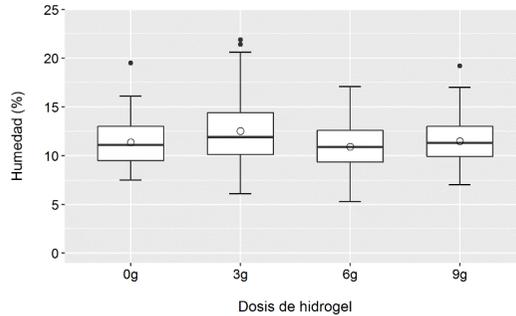


Figura 3. Porcentaje de humedad en el suelo por dosis de hidrogel a un mes de la plantación con mezquite en Nuevo Casas Grandes, Chihuahua. La línea horizontal dentro de la caja representa la mediana, el círculo el promedio, la caja contiene entre el 25% y 75% de los datos y los puntos son datos atípicos. n= 125 plantas por tratamiento. Las diferencias no fueron estadísticamente significativas.

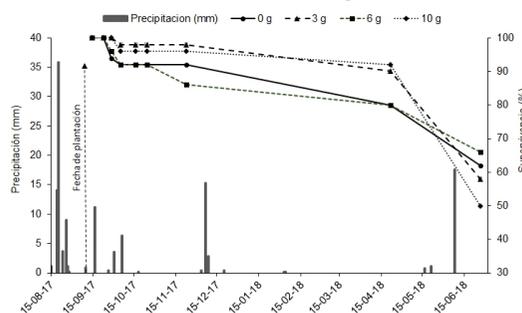


Figura 4. Precipitación por eventos de agosto 2017 a junio 2018 y supervivencia de mezquite con diferentes dosis de hidrogel en una plantación de 2017 en Aldama, Chihuahua.

Durante las primeras dos evaluaciones (5 y 13 días después de la plantación) no hubo mortandad de planta (Figura 5A, 5B). Sin embargo, la humedad en el suelo disminuyó drásticamente y sorpresivamente el promedio más alto de humedad a los cinco días después de la plantación fue para el testigo con 10.3% (Desv. Est.= 2.4%) (Figura 6A). Este valor fue significativamente diferente sólo al tratamiento de 6 g por planta, que tuvo el valor de humedad más bajo con 7.6% (Desv. Est.=0.7%) ($p \geq 0.04$). No hubo

diferencia entre el testigo y los otros dos tratamientos: 3 g y 10 g por planta, cuyo promedio fue de 8.5% y 8.9%, respectivamente.

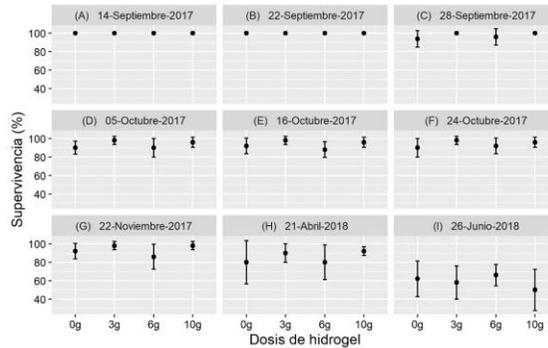


Figura 5. Promedio y desviación estándar por dosis de hidrogel, para nueve evaluaciones de supervivencia de mezquite en una plantación de 2017 en Aldama, Chihuahua. No se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos en ninguna de las evaluaciones.

Posterior a la primera evaluación de humedad, el único evento de precipitación más significativo fue el día 16 de septiembre de 2017 con 11 mm de lluvia (Figura 4). Aparentemente, dicho evento no fue suficiente para la rehidratación del polímero, pues el segundo muestreo de humedad tuvo valores bastante similares al primero (Figura 6B), con una media general de 8.4% (Desv. Est. = 2.8%). Posterior a esta evaluación no se encontraron diferencias en el contenido de humedad en el suelo.

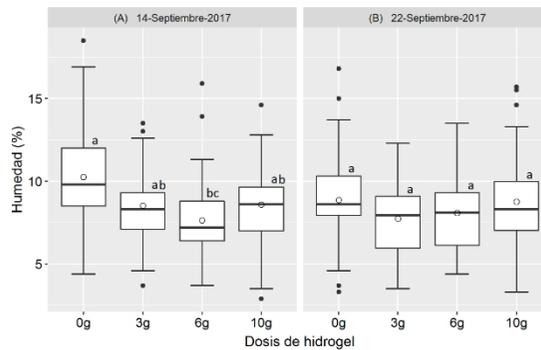


Figura 6. Porcentaje de humedad en el suelo, por dosis de hidrogel, a los 5 y 13 días después de la plantación de mezquite en 2017 en Aldama, Chihuahua. Letras diferentes indican diferencias significativas.

En cuanto a la supervivencia a los 19 días después de la plantación, la media general decreció al 98% (Figura 5C), pero sin diferencias entre tratamientos ($p \geq 0.37$). Hasta los 2.5 meses después de la plantación (Figura 5G), el porcentaje de supervivencia para todos los tratamientos se mantuvo entre 90 y 98%, excepto para la dosis de 6 g por planta, que tuvo un promedio más bajo con 86%, pero esta diferencia no fue significativa con respecto a los

otros tratamientos ($p \geq 0.11$). Durante la época de sequía (abril de 2018, Figura 5H), la supervivencia disminuyó a 86% y sin diferencias significativas entre tratamientos ($p \geq 0.51$). Los tratamientos de 3 g y 10 g tuvieron valores cercanos con una media de 90 y 92%, mientras que el testigo tuvo un 80% de supervivencia y este valor fue igual a la media del tratamiento de 6 g por planta.

En la última evaluación y prácticamente después del periodo de sequía la media general disminuyó a 59% y tampoco se presentaron diferencias significativas entre tratamientos ($p \geq 0.56$). El valor más bajo al final de la evaluación fue para el tratamiento de 10 g por planta con una media de 50%, y la media incrementó a 58, 62 y 66% para los tratamientos de 3, 0 y 6 g, respectivamente (Figura 5I).

Plantación en Aldama, Chih. 2018-2019

La tercera plantación realizada el 01 de agosto de 2018 en Aldama mostró resultados similares a las anteriores, aunque con una ligera ventaja en el tratamiento de hidrogel con respecto al testigo, pero sin diferencias estadísticamente significativas (Figura 7).

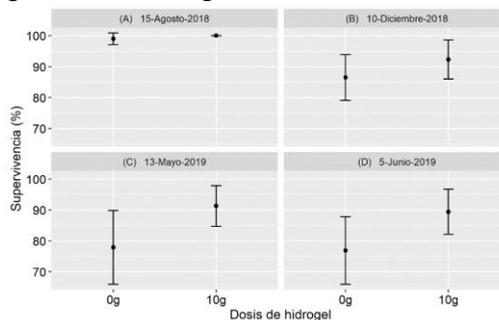


Figura 7. Promedio y desviación estándar por dosis de hidrogel, para cuatro evaluaciones de supervivencia de mezquite en una plantación de 2018 en Aldama, Chihuahua. No se encontraron diferencias estadísticamente significativas en ninguna de las evaluaciones.

A 15 días de la plantación prácticamente no hubo mortandad de planta (Figura 7A). La plantación además se benefició por un evento de lluvia de casi 60 mm el día 17 de agosto de 2018 (Figura 8), lo que permitió mantener un nivel alto de supervivencia. Después de este evento de precipitación se realizaron muestreos de humedad los días 24 y 27 de agosto para ver el efecto en la rehidratación del hidrogel, pero no se encontraron diferencias significativas ($p=0.32$ y $p=0.57$) (Figura 9B y 9C).

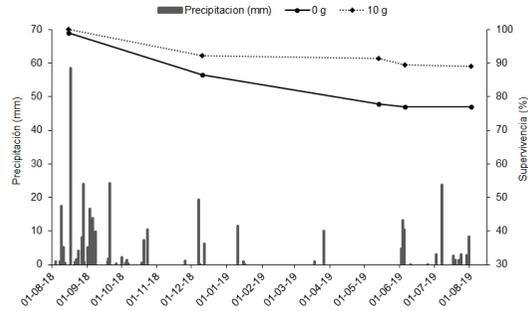


Figura 8. Precipitación por eventos de agosto 2018 a agosto 2019 y supervivencia de mezquite por dosis de hidrogel en la plantación de 2018 en Aldama, Chihuahua.

La segunda evaluación de supervivencia fue realizada el día 10 de diciembre de 2018 y la media en supervivencia para el testigo fue del 86.5%, mientras que la media para el tratamiento con hidrogel fue de 92.3%, sin diferencias significativas ($p \geq 0.27$) (Figura 7). Esta evaluación fue realizada tres días después de un evento de precipitación de 20 mm (Figura 8), sin embargo, no se encontraron diferencias en la humedad del suelo entre el tratamiento con hidrogel y el testigo (Figura 9D), cuyo promedio general fue de 13.5%. La tercera evaluación en la supervivencia fue realizada en mayo de 2019, es decir, en las últimas semanas de la temporada de sequía y tampoco se encontraron diferencias significativas ($p \geq 0.09$). Esto a pesar de que el testigo tuvo una reducción de 8.7% con respecto a la evaluación anterior, mientras que el tratamiento con hidrogel se redujo en sólo 1.0% (Figura 7).

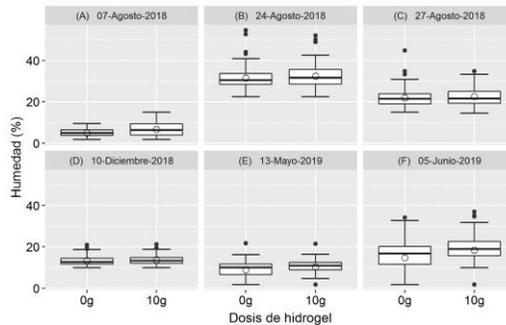


Figura 9. Contenido de humedad en el suelo en seis evaluaciones realizadas a la plantación con mezquite entre 2018 y 2019 en Aldama, Chihuahua.

La penúltima evaluación fue realizada el 5 de junio de 2019, después de dos eventos de precipitación los días 3 y 4 de junio, con 13 y 11 mm de lluvia respectivamente. Sin embargo, aparentemente esto no fue suficiente para la rehidratación del hidrogel pues no se encontraron diferencias significativas en la humedad ($p \geq 0.76$) (Figura 9F). A partir de esta fecha inició el periodo de lluvias de 2019, por lo que no se encontraron diferencias significativas tanto en la supervivencia como en la humedad en la última

evaluación del 01 de agosto de 2019, con una media general en la supervivencia del 83.2%.

Discusión

Los resultados indican que no hubo efecto positivo de ninguna de las dosis de hidrogel en la supervivencia de mezquite. Esto puede ser explicado por una rápida deshidratación del hidrogel debido a las condiciones extremas del clima. Al respecto, otros estudios han indicado que los polímeros retenedores de humedad tienen poca efectividad para incrementar la supervivencia o crecimiento bajo condiciones extremas de sequía. Sloan (1994) sugiere que esto se debe a que la cantidad de agua absorbida por un hidrogel es suficiente para mantener una planta viva por un periodo de tiempo corto, pero es difícil mantener la supervivencia si las condiciones de sequía persisten. En un experimento de estrés hídrico con *Pinus halepensis* de seis meses de edad en macetas, Hüttermann et al. (1999) encontraron que las plantas tratadas con 2 g de hidrogel por cada kilogramo de suelo (Stockosorb® K400), retardaron la mortalidad de la planta por 6 días comparado al testigo, mientras que un mayor volumen de hidrogel (4 g kg⁻¹) retardó la mortalidad por 18 días. En un estudio similar, Savé et al. (1995) encontraron que el uso de 200 y 400 ml de hidrogel hidratado en macetas de 2.9 litros, retardó la mortalidad de *Pinus pinea* L. de un año de edad comparado con el testigo, por 10 y 28 días, respectivamente. Estos resultados, por lo tanto, indican que puede haber un beneficio en la supervivencia, siempre y cuando las condiciones extremas de sequía no se extiendan más allá del periodo de beneficio obtenido por el uso del hidrogel.

El beneficio temporal del hidrogel, sin embargo, puede ser nulo o bastante corto en zonas áridas dado los largos periodos sin precipitación y altas temperaturas. Los resultados de este estudio por ejemplo indican que el efecto temporal en la humedad puede ser incluso menor a cinco días en condiciones de muy baja humedad en el suelo (Figura 6). Sin embargo, la mayor mortandad de planta en los tres experimentos se registró durante los meses más críticos de sequía que son de marzo a junio, es decir, entre siete y diez meses después de la fecha de plantación. Esto se debe a que son los meses con prácticamente nula precipitación (Figura 2 y Figura 4) y máximas temperaturas. Los promedios mensuales de las temperaturas máximas en Aldama, Chihuahua entre abril y junio van de 25 a 32 °C (CONAGUA, 2020). Esta falta de precipitación y altas temperaturas explican la mayor mortandad de planta durante este periodo del año, meses en que ya no hay un efecto del hidrogel, independientemente de la dosis utilizada.

Otro aspecto importante es la rehidratación del polímero. Los resultados de este estudio indican que eventos de entre 10 y 20 mm no son suficientes para la rehidratación del hidrogel utilizado. Al respecto, Yu et al.

(2011) encontraron que el tiempo de hidratación de un hidrogel es mucho más largo cuando está mezclado con el suelo, que cuando se encuentra en agua destilada. Crous (2017) explica que esto se debe a que el polímero sólo absorbe el agua que está en contacto directo con la partícula de hidrogel, y no es capaz de absorber agua de su alrededor cuando se encuentra mezclado con el suelo. En este sentido, Ghebru et al. (2007) recomiendan aplicar riegos al suelo provisto con hidrogel antes de que el suelo este completamente seco, con el fin de que el polímero pueda reabsorber agua eficientemente. El riego, sin embargo, es simplemente una actividad que no es considerada en las plantaciones de restauración forestal debido a la dificultad de transportar agua hasta los sitios de plantación y a los altos costos que esto implicaría.

Otro tema que aún es objeto de discusión es la dosis de hidrogel recomendada. Al respecto se han hecho muchos experimentos, pero la mayoría de ellos han sido con plantas en macetas y bajo condiciones controladas. Por ejemplo, en el estudio realizado por Hüttermann et al. (1999) mencionado anteriormente, se utilizaron dosis de 2 y 4 g de hidrogel por kilogramo de suelo en maceta. Si consideramos que la dimensión de una cepa común para la plantación de un árbol debe ser de 40 x 40 x 40 cm (CONAFOR, 2010), esto da un volumen de 64 000 cm³. Asumiendo una densidad aparente del suelo de 1.2 g cm⁻³ tenemos 76.8 kg de suelo por cepa común, es decir, en una dosis de 10 g de hidrogel por planta se tiene una relación de 0.13 g de hidrogel por kilogramo de suelo. Esto es de 15 a 30 veces menos que aquellas dosis utilizadas por Hüttermann et al. (1999). Esto sin considerar que la cepa común no es un medio aislado del resto del suelo, pues en una plantación a una distancia de tres metros entre plantas (1111 árboles por hectárea), la planta es expuesta a un volumen de suelo mucho mayor. Todo este suelo que rodea a la planta hace que la humedad provista por el hidrogel sea expuesta a un alto potencial de succión, dado por la absorción y capilaridad del potencial matricial del suelo, y el potencial osmótico, mismo que puede ser muy alto en caso de suelos salinos (Jury & Horton, 2004). Además de esto, la humedad inyectada al suelo mediante el hidrogel también puede ser afectada por el posible flujo gravitacional del agua al momento de la aplicación, así como la disminución de humedad por el agua que toman las plantas para sobrevivir a la sequía. Con todas estas consideraciones no es de extrañarse que el hidrogel dura poco tiempo hidratado en zonas áridas.

En cuanto a la forma de aplicación, se ha reportado que aplicaciones de hidrogel en seco justo por debajo de la raíz de la planta pueden resultar contraproducente, ya que al expandirse el hidrogel la planta es sacada del suelo (Sarvas et al., 2007). En este estudio no se observó este problema debido a que la aplicación de hidrogel en seco se mezcló con el suelo. Es importante también considerar que la aplicación en seco se realizó sólo en la plantación donde se realizaron terrazas individuales a la planta. Es decir, el suelo debe

llegar a saturarse completamente de agua para asegurar la hidratación del hidrogel. Por otro lado, se han realizado experimentos cubriendo la raíz de la planta con hidrogel hidratado antes de plantar (Sloan 1994), pero los resultados no han sido satisfactorios debido al espacio poroso que dejan las partículas de hidrogel una vez deshidratadas, lo que causa espacios de aire alrededor de las raíces más finas. Un efecto similar fue observado en las dosis más altas en este estudio. Observaciones cualitativas al momento de incrustar las varillas del TDR indicaron que el suelo estaba más poroso alrededor de las plantas con mayor dosis, en comparación al testigo. Esto podría explicar los valores más altos de humedad para el testigo (Figura 6), dado que las varillas del TDR estuvieron menos expuestas a espacios de aire en el suelo al momento de tomar la lectura. Otra observación que refuerza esta hipótesis son pequeños hundimientos de suelo alrededor de las plantas con las dosis más altas de hidrogel (Figura 10).



Figura 10. Planta de mezquite con nueve gramos de hidrogel mostrando un ligero hinchamiento en el suelo por efecto de la hidratación del hidrogel, después de un evento de lluvia (izquierda). Planta con hundimientos en el suelo al momento de tomar las lecturas de humedad con el TDR, debido a la alta porosidad creada por las partículas del hidrogel deshidratado (derecha).

Estos hundimientos pueden ser explicados por los espacios porosos que deja el hidrogel en el suelo una vez deshidratado. De la misma forma, esto explicaría la alta variabilidad que se encontró en los porcentajes de supervivencia de la dosis de 9 g en la plantación de 2017 en Aldama (Figura 1). Es decir, entre más alta sea la dosis, hay más probabilidad de que la raíz de la planta quede expuesta a más espacios con aire debido a la mayor cantidad de partículas de hidrogel.

Otros estudios en México con dosis más altas tampoco han reportado beneficios significativos en la supervivencia. En un estudio donde se utilizó hidrogel para el establecimiento de *Pinus greggi* en Coahuila (García, 2017), no se encontraron diferencias significativas en la humedad entre una dosis de 25 g de hidrogel por planta (40% de humedad) y el testigo (33% de humedad) durante 10 meses de la plantación. De igual forma, no se reportó una diferencia significativa entre la supervivencia, con una media de 83% para el tratamiento

de hidrogel, contra 92% en el testigo. En otro estudio sobre supervivencia y desarrollo de *Pinus arizonica* bajo condiciones de sequía extrema en Coahuila, tampoco encontraron diferencias estadísticamente significativas en la supervivencia entre las dosis de 2.5, 5 y 7.5 g, con una media general de 43% (Patricio, 2014). En general este y varios estudios indican que la aplicación de hidrogeles en el ámbito de plantaciones de restauración forestal debe ser tomado con cautela, debido a los altos costos que implica y pocos o nulos beneficios que pueden ser obtenidos.

Conclusiones

El estudio evaluó el efecto de un polímero retenedor de humedad en la supervivencia de tres plantaciones de *Prosopis glandulosa* Torr. Los resultados indicaron que no hubo efecto positivo de ninguna de las dosis de hidrogel en la supervivencia. Estos resultados corresponden a zonas semiáridas con precipitaciones anuales menores a 300 mm, plantaciones sin riego y dosis de hidrogel entre 3 y 10 g por planta. La efectividad del polímero para retener la humedad en el suelo es de muy corto tiempo y no tiene efecto durante los meses críticos de sequía y altas temperaturas, en los cuales se registró la mayor mortandad de planta. Esto indica que dosis más altas tampoco tendrían mayor efectividad en la supervivencia. La cantidad de precipitación de los pocos eventos de lluvia separados en tiempo no es suficiente para la rehidratación del polímero. Por consiguiente, los resultados sugieren que el incremento en la supervivencias de una plantación de restauración forestal con mezquite en zonas semiáridas no se consigue con la aplicación de hidrogel y sigue basado en los factores tradicionales que son, entre otros; calidad de planta, preparación del terreno y precipitación.

References:

1. Abedi-Koupai, J., Sohrab, F., & Swarbrick, G. (2008). Evaluation of hydrogel application on soil water retention characteristics. *Journal of plant nutrition*, 31(2), 317-331. doi: 10.1080/01904160701853928
2. Al-Humaid, A. I., & Moftah, A. E. (2007). Effects of hydrophilic polymer on the survival of buttonwood seedlings grown under drought stress. *Journal of Plant Nutrition*, 30(1), 53-66. doi:10.1080/01904160601054973
3. Andry, H., Yamamoto, T., Irie, T., Moritani, S., Inoue, M., & Fujiyama, H. (2009). Water retention, hydraulic conductivity of hydrophilic polymers in sandy soil as affected by temperature and water quality. *Journal of Hydrology*, 373(1-2), 177-183. doi:10.1016/j.jhydrol.2009.04.020
4. Bai, W., Zhang, H., Liu, B., Wu, Y., & Song, J. (2010). Effects of super-absorbent polymers on the physical and chemical properties of

- soil following different wetting and drying cycles. *Soil use and management*, 26(3), 253-260. doi:10.1111/j.1475-2743.2010.00271.x
5. Capó, A. (2001). *Establecimiento de plantaciones forestales: Los ingredientes del éxito*. Saltillo Coahuila: Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Departamento Forestal.
 6. Cisneros-Zayas, E., Cun-González, R., Rosales-Naranjo, L., & González-Morales, D. (2018). Lluvia sólida, para un uso eficiente del agua. Resultados preliminares. *Revista Ingeniería Agrícola*, 8(1), 13-20.
 7. Comisión Nacional del Agua [CONAGUA]. (2020). Normales climatológicas por estado. Recuperado de <https://smn.conagua.gob.mx/es/informacion-climatologica-por-estado?estado=chih>
 8. Comisión Nacional Forestal [CONAFOR]. (2016). *Monitoreo de Restauración Forestal y Reconversión Productiva 2014*. Zapopan, Jalisco, México: CONAFOR.
 9. Comisión Nacional Forestal [CONAFOR]. (2010). *Prácticas de reforestación*. Zapopan, Jalisco, México: CONAFOR.
 10. Cortés, A. B., Ramírez, I. X. B., Eslava, L. F. B., & Niño, G. R. (2007). Evaluación de hidrogeles para aplicaciones agroforestales. *Ingeniería e Investigación*, 27(3), 35-44.
 11. Crous, J. W. (2017). Use of hydrogels in the planting of industrial wood plantations. *Southern Forests: a Journal of Forest Science*, 79(3), 197-213. doi:10.2989/20702620.2016.1221698
 12. Del Campo, A. D., Hermoso, J., Flors, J., Lidón, A., & Mavarro-Cerrillo, R. M. (2011). Nursery location and potassium enrichment in Aleppo pine stock 2. Performance under real and hydrogel-mediated drought conditions. *Forestry*, 84 (3), 235-245. doi:10.1093/forestry/cpr009
 13. Freitas, T. L., Bertonha, A., & Andrade, A. C. (2002). Uso de hidrogel na agricultura. *Revista do Programa de Ciências Agro-Ambientais, Alta Floresta*, 1(1), 23-31.
 14. García, V. J.T. (2017). *Sobrevivencia y crecimiento en una plantación de Pinus greggii Engelm. establecida con retenedores de humedad en Saltillo, Coahuila, México*. Tesis de Licenciatura, UAAAN, Saltillo, Coahuila, México.
 15. Ghebru, M.G., Du Toit, E.S., & Steyn, J.M. 2007. Water and nutrient retention by AquaSoil® and Stockosorb® polymers. *South African Journal of Plant and Soil* 42(1), 32-36. doi:10.1080/02571862.2007.10634778
 16. Hüttermann, A., Zommorodi, M., & Reise, K. (1999). Addition of hydrogels to soil for prolonging the survival of *Pinus halepensis*

- seedlings subject to drought. *Soil and Tillage Research* 50: 295-304.
doi:10.1016/S0167-1987(99)00023-9
17. Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática [INEGI]. (2003). *Síntesis de Información Geográfica del Estado de Chihuahua*. Aguascalientes, México: INEGI.
 18. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias [INIFAP]. (2006). *Estadísticas Climatológicas del Estado de Chihuahua (Periodo 1961-2003)*. Chihuahua, México: Centro de Investigación Norte Centro. Libro Técnico No. 1.
 19. Jury, W. A., & Horton, R. (2004). *Soil physics*. John Wiley & Sons.
 20. Kazanskii, K. S., & Dubrovskii, S. A. (1992). Chemistry and physics of "agricultural" hydrogels. *Advances in Polymer Science*, 104, 97-133.
 21. Mexal, J. G., & Landis, D. T. (1990). Target seedling concepts: height and diameter. In: Rose, R., Campbell, S. J., & Landis, T. D. (eds.). *Target Seedling Symposium: Proceedings, Combined Meeting of the Western Forest Nursery Associations* (pp. 17-35). Fort Collins, CO. USA: USDA Forest Service, Rocky Mountain Forest and Range Experiment Station.
 22. Patricio, H. N. (2014). *Evaluación de tres dosis de hidrogel en la sobrevivencia y desarrollo de Pinus arizonica Engelm. Variedad stormiae Martínez plantados bajo condiciones de sequía extrema*. Tesis de licenciatura. UAAAN, Saltillo, Coahuila, México.
 23. Prieto, R. J. A., Vera, C. G., & Merlín, B. E. (2003). Factores que influyen en la calidad de brinzales y criterios para su evaluación en vivero. Durango, Dgo. México: Campo Experimental Valle del Guadiana-INIFAP-SAGARPA. Folleto Técnico Núm. 12.
 24. R Core Team (2020). *R: A language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. Recuperado de <https://www.R-project.org/>.
 25. Rodríguez-Trejo, D. A. (2006). Notas sobre el diseño de plantaciones de restauración. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente* 12(2), 111-123.
 26. Rodríguez-Trejo, D. A. (2008). *Indicadores de calidad de planta forestal*. México, D. F. México: Mundi-Prensa.
 27. Rojas, B., Aguilera, R., Prin, J.L., Cequea, H., Cumana, J., Rosales, E., & Ramírez, M. (2004). Estudio de la germinación de semillas de tomate en suelos áridos extraídos de la península de Araya (Venezuela) al utilizar polímeros de tipo hidrogeles. *Revista Iberoamericana de Polímeros*, 5(1): 17-27.
 28. Rivera-Hincapié, C. A., Baeza-Aragón, C. A., & Chavarriaga-Montoya, W. (2007). Efecto de un retenedor de agua y dosis crecientes

- de fertilizantes foliares sobre la producción de tomate chonto y larga vida bajo cubierta plástica agroclear. *Agronomía*, 15(1), 103-119.
29. Sarvas, M., Pavlenda, P., & Takáčová, E. (2007). Effect of hydrogel application on survival and growth of pine seedlings in reclamations. *Journal of Forest Science*, 53(5), 204-209.
 30. Savé, R., Pery, M., Marfá, O., & Serrano, L. (1995). The effect of a hydrophilic polymer on plant water status and survival of transplanted pine seedlings. *HortTechnology* 5(2): 141-143.
 31. Sloan, J. P. (1994). The use of root dips on North American conifer seedlings: A review of the literature. *Tree Planter's Notes* 45(1): 26-31.
 32. United States Department of Agriculture [USDA]. (2019). RIST (Rainfall Intensity Summarization Tool). Recuperado de <https://www.ars.usda.gov/southeast-area/oxford-ms/national-sedimentation-laboratory/watershed-physical-processes-research/research/rist/rist-rainfall-intensity-summarization-tool-download/>
 33. Viero, P. W. M., Chiswell, K. E. A., & Theron, J. M. (2002). The effect of a soil-amended hydrogel on the establishment of a *Eucalyptus grandis* clone on a sandy clay loam soil in Zululand during winter. *The Southern African Forestry Journal*, 193(1), 65-75. doi:10.1080/20702620.2002.10433519
 34. Viero, P. W., & Little, K. M. (2006). A comparison of different planting methods, including hydrogels, and their effect on eucalypt survival and initial growth in South Africa. *Southern African Forestry Journal*, 208(1), 5-13. doi:10.2989/10295920609505256
 35. Yu, J., Shainberg, I., Yan, Y. L., Shi, J. G., Levy, G. J., & Mamedov, A. I. (2011). Superabsorbents and semiarid soil properties affecting water absorption. *Soil Science Society of America Journal* 75(6): 2305-2313. doi:10.2136/sssaj2010.0397

Activité Anti-Inflammatoire Et Études Phytochimiques De L'extrait Aqueux Des Écorces *Distemonanthus Benthamianus* Baill. (Caesalpiniaceae : Leguminosae - Caesalpinioideae)

Kouadio Kouakou John, Doctorant
Ouattara-Soro Fatou Shcherazade, Professeur
Abizi Georges, Doctorant
Zougrou N'guessan Ernest, Docteur
Kouakou Koffi Roger, Docteur
Begbin Kouassi Emile, Doctorant
Kplé Tatiana Kangah Mireille, Doctorant
Kablan Kassi Jean-Jacques, Doctorant
Koffi Severin, Doctorant

UFR Biosciences,
Université Felix Houphouët Boigny, Abidjan, Côte d'Ivoire

[Doi:10.19044/esj.2021.v17n7p74](https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n7p74)

Submitted: 05 December 2020

Accepted: 15 January 2021

Published: 28 February 2021

Copyright 2021 Author(s)

Under Creative Commons BY-NC-ND

4.0 OPEN ACCESS

Cite As:

John K.K., Fatou Shcherazade O-S., Georges A., N'guessan Ernest Z., Koffi Roger K., Kouassi Emile B., Kangah Mireille K.T., Jean-Jacques K.K. & Severin K. (2021). *Activité Anti-Inflammatoire Et Études Phytochimiques De L'extrait Aqueux Des Écorces Distemonanthus Benthamianus* Baill. (Caesalpiniaceae : Leguminosae - Caesalpinioideae). European Scientific Journal, ESJ, 17(7), 74. <https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n7p74>

Résumé

Distemonanthus benthamianus est une plante utilisée en médecine traditionnelle dans certains pays Africains tels que : la Côte d'Ivoire, le Ghana, le Cameroun etc. Plusieurs études ont été réalisées relatives à son effet sur les activités antioxydante, antitumorale, antituberculeuse, bactéricide, antivirale. L'objectif de ce travail a été d'évaluer in vivo l'activité anti-inflammatoire de l'extrait total aqueux des écorces de cette plante. Pour atteindre cet objectif, le screening phytochimique a été réalisé afin de déterminer les métabolites secondaires présents dans l'extrait de la plante. L'activité anti-inflammatoire a été évaluée par l'ingestion de la carragénine 1% au niveau l'aponévrose plantaire des rats Wistars. Le screening phytochimique a révélé

la présence de tanins, polyphénols, flavonoïdes, saponosides, de triterpènes et d'alcaloïdes Les résultats de l'activité anti-inflammatoire ont montré que le diclofénac et l'extrait aqueux de la plante ont atteint leur activité maximale d'inhibition de l'œdème à la 3ème heure avec une inhibition de 52.88 %, et 44.95%, 60.03% et 70.19 aux doses de 200, 400 et 800mg/kg/pc respectivement. Quant à la prednisone, il a atteint son activité maximale de 26.66% à la 4ème heure. L'inhibition de l'œdème des pattes des rats par l'extrait de la plante montre ainsi les propriétés anti-inflammatoires de cet extrait. L'utilisation de cette plante comme un anti-inflammatoire en milieu naturel serait donc justifiée.

Mots clés : Œdème, Anti-Inflammatoire, *Distemonanthus Benthamianus*

Anti-Inflammatory Activity and Phytochemical Studies of the Aqueous Extract of the Bark *Distemonanthus Benthamianus* Baill. (Caesalpinaceae: Leguminosae - Caesalpinioideae)

Kouadio Kouakou John, Doctorant
Ouattara-Soro Fatou Shcherazade, Professeur
Abizi Georges, Doctorant
Zougrou N'guessan Ernest, Docteur
Kouakou Koffi Roger, Docteur
Begbin Kouassi Emile, Doctorant
Kplé Tatiana Kangah Mireille, Doctorant
Kablan Kassi Jean-Jacques, Doctorant
Koffi Severin, Doctorant
UFR Biosciences,
Université Felix Houphouët Boigny, Abidjan, Côte d'Ivoire

Abstract

Distemonanthus benthamianus is a plant used in traditional medicine in some African countries such as: Ivory Coast, Ghana, Cameroon etc. Several studies have been carried out relating to its effect on antioxidant, anti-tumor, anti-tuberculosis, bactericidal and antiviral activities. The objective of this work was to evaluate in vivo the anti-inflammatory activity of the total aqueous extract of the bark of this plant. To achieve this goal, phytochemical screening was carried out to determine the secondary metabolites present in the plant extract. Anti-inflammatory activity was assessed by ingestion of 1% carrageenan in the plantar fascia of Wistar rats. The phytochemical screening revealed the presence of tannins, polyphenols, flavonoids, saponosides,

triterpenes and alkaloids The results of anti-inflammatory activity showed that diclofenac and the aqueous extract of the plant reached their maximum activity of inhibition of edema at the 3rd hour with an inhibition of 52.88%, and 44.95%, 60.03% and 70.19 at doses of 200, 400 and 800 mg / kg / bw respectively. As for prednisone, it reached its maximum activity of 26.66% at the 4th hour. The inhibition of rat paw edema by the plant extract thus demonstrates the anti-inflammatory properties of this extract. The use of this plant as an anti-inflammatory in a natural environment would therefore be justified.

Keywords: Edema, Anti-Inflammatory, *Distemonanthus benthamianus*

Introduction

L'inflammation est un mécanisme de défense de l'organisme contre les agressions d'origine physique, chimique, biologique ou infectieuse, indispensable à son intégrité (Cheriti et al., 2016). Cette réponse immunitaire protectrice peut être parfois néfaste du fait de l'agressivité de l'agent pathogène, de sa persistance, des anomalies de régulation et de production des cellules intervenant dans l'inflammation (Weill et al., 2003). Ces processus inflammatoires sont impliqués dans l'apparition d'un grand nombre de pathologies humaines tel que l'arthrite, le diabète, l'asthme, les allergies et le cancer (Viladomiu et al., 2016). L'inflammation et ses pathologies associées constituent de plus en plus un problème majeur de santé tant par la majorité de personnes qui en souffrent que aussi par les différentes formes sous lesquelles elles se manifestent. Leur traitement est souvent basé sur l'apport des anti-inflammatoires, non stéroïdiens (AINS) et des glucocorticoïdes. Ces molécules présentent des effets secondaires néfastes à l'organisme surtout en cas d'utilisation à longue durée, particulièrement dans le traitement des inflammations chroniques (Chiolo et al., 2000).

La prise des anti-inflammatoires présente souvent des risques gastro-intestinaux (ulcère gastroduodénaux, perforation, sténose), des risques rénaux tels que l'insuffisance rénale aiguë et parfois des complications cardiaques (Soubrier et al., 2013). La recherche de nouvelles molécules médicales sans risques d'effets secondaires s'avère indispensable pour les traitements des sujets. C'est pourquoi, l'accent est de plus en plus mis sur la recherche de nouvelles molécules douées d'activités anti-inflammatoires dans les plantes médicinales. Par ailleurs, très peu d'étude sur l'activité anti-inflammatoire de *Distemonanthus benthamianus* ont été réalisées. C'est donc dans ce contexte que s'inscrit ce présent travail de recherche dont l'objectif consiste à évaluer les activités anti-inflammatoires et phytochimiques de l'extrait aqueux des écorces de *Distemonanthus benthamianus*, espèce de la sous-tribu de

Dialiinae, sous-famille de Caesalpinioideae, famille de Fabaceae (APG IV, 2016).

Cette espèce est un arbre de taille moyenne à grande, atteignant 40 m de haut. La surface de l'écorce est lisse, parfois orange à rouge et devenant vert pâle à jaunâtre, se desquamant par grandes plaques irrégulières, écorce interne fine, fibreuse, crème à orange ou rose-brun, poisseuse ; cime ombelliforme, assez ouverte. Ses rameaux sont pubescentes courtes mais rapidement glabres, pourpres. Les feuilles sont alternes, composées imparipennées. L'inflorescence est cyme axillaire ayant l'apparence d'une panicule, atteignant 10(-30) cm de long, à poils courts à des fleurs sont bisexuées, légèrement zygomorphes

(Distemonanthus_benthamianus_PROTA, 2019).

Les fruits sont des gousses elliptiques aplaties avec des graines elliptiques aplaties (CIRAD Forestry Department, 2009). L'espèce s'étend de la Guinée et de la Sierra Leone jusqu'au Cameroun, et vers le sud jusqu'au Gabon et au Congo méridional (Aiyegoro, et al., 2008). Cette plante est utilisée en médecine traditionnelle contre les infections de la peau, bucco-dentaires et urogénitales, les maladies inflammatoires telles que les hépatites, le rhumatisme, les bronchites et les troubles sanguin (Nguelefack et al., 2005 ; Akendengué et Louis, 1994).

Matériel et méthodes

Matériel végétal

Le matériel végétal comprend des écorces de la tige de *Distemonanthus benthamianus* (legumineae) récoltés dans la ville de Yakasse-Mé dans la région de la Mé et situé à 15 km de la ville d'Abidjan, Côte d'Ivoire. Les écorces ont été récoltées dans les mois de novembre et décembre 2018 et identifiées au Jardin botanique de l'Université Felix Houphouët Boigny de Côte d'Ivoire. Ce spécimen a été répertorié dans l'index herbarium du centre floristique de Côte d'Ivoire sous le numéro 12473.

Matériel animal

Les rats Albinos de souche Wistar, mâles et femelles ont été élevés à l'animalerie de l'Ecole Nationale Supérieur d'Abidjan (ENS) où la température moyenne varie entre 25-26°C, avec un cycle photopériodique de 12 heures de lumière/obscurité. Les rats sont logés dans des cages en plastique et ont été nourris avec des granulés fournis par FACI (Société de Fabrication d'Aliments Composés Ivoiriens) additionnés à des pains secs provenant des boulangeries environnantes. Ils ont reçu comme eau de boisson de l'eau de robinet dans des biberons. La litière utilisée est la sciure, renouvelée deux fois par semaine pour assurer le bon état hygiénique des animaux.

Méthodes

Préparation de l'extrait

Les écorces de *Distemonanthus benthamianus* ont été nettoyées et séchées à l'abri du soleil pendant quatre semaines. Elles ont été pulvérisées à l'aide d'un broyeur électrique. L'extrait aqueux de la plante a été obtenu à partir de 100 g de poudre dissous dans 1000 ml d'eau distillée et homogénéisée à l'aide d'un mixeur pendant 15 minutes à la température ambiante à une vitesse de 3000 tr/min. Après une période de décantation pendant 3 minutes, le surnageant a été filtré sur du tissu blanc puis trois fois sur du coton hydrophile. Le filtrat a été séché dans une étuve de type Med center venticell à 55° C pendant 48 heures afin d'obtenir l'extrait sec.

Étude du criblage phytochimique

Criblages phytochimiques par la méthode de coloration en tube. Les analyses tri phytochimiques ont été réalisées au laboratoire de pharmacognosie de l'UFR des Sciences Pharmaceutiques. Les tests phytochimiques préliminaires ont été réalisés sur les extraits aqueux d'écorce de *D. benthamianus* selon les méthodes décrites par Trease et Evan (2002).

Les flavonoïdes ont été caractérisés par la réaction dite à la cyanidine, les tanins catéchiques par le réactif de STIASNY (Formol 30 %, HCL concentré : 1/0,5), les tanins galliques par la réaction du réactif de STIASNY suivi du test au chlorure ferrique à 2 % (FeCl₃ à 2%) et les polyphénols par le test de chlorure ferrique à 2%. Le test de LIEBERMANN a permis de caractériser les polyterpènes et stérols. La caractérisation des saponosides est basée sur l'apparition d'une mousse après agitation de l'extrait. Les réactifs de DRAGENDORFF et BOUCHARDAT ont été utilisés pour la recherche des alcaloïdes. Quant à la recherche des quinoniques, elle a été faite en utilisant le réactif de BORNTRAEGEN (ammoniaque dilué au 1/2) et Les saponines avec le test à la mousse.

Tests de détections des composés phytochimiques par la méthode de Chromatographie sur couche mince (CCM)

La CCM a été réalisée pour confirmer la présence des certains groupes chimiques déterminés par la méthode de Trease et Evans (2002) dans l'extrait aqueux de d'écorce de *D. benthamianus*. L'identification des phytocomposés par CCM a été faite suivant les méthodologies décrites par (Békro et *al.*, 2007 ; Brou et *al.*, 2010). La solution à tester a été déposée à l'aide de capillaire sous forme de points sur les plaques chromatographiques (60 F254, support-aluminium, 20×20, Fluka-Silica gel/DC). Les plaques ont été par la suite introduites dans une cuve de développement contenant un développant (mélange de solvants organiques). Les différents développants utilisés sont

l'Hexane/Acétate d'éthyle (5/1), le Chloroforme/Acétate d'éthyle (6/5), l'Hex/AcoEt/AcOOH (4/3/4/0) et le n-Butanolique/Hex/ChCl (2/1). La séparation a été stoppée lorsque le front du développement a été atteint.

Les chromatogrammes ont été révélés à l'aide des réactifs spécifiques et/ou appropriés appelé (révélateurs) en solution vaporisée. Les révélateurs utilisés étaient le réactif Liebermann-Bürchard, Godin, Dragendorff, solution de KOH 5%, AlCl₃, FeCl₃ ainsi que la solution de Vanille sulfurique. Les plaques ont été observées dans le visible et sous observation UV. Les colorations des spots observés dans les chromatogrammes ont été enregistrées.

Activité anti-inflammatoire de l'extrait aqueux des écorces de *Distemonanthus benthamianus*

L'induction de l'œdème de la patte postérieure du rat par la carragénine (1%) a été effectuée selon la méthode de Winter et collaborateurs (1962). Des rats ayant un poids compris entre 130 g et 170 g ont été mis en jeun pendant 24 heures. Les rats ont été repartis dans 6 lots de 6 rats chacun. Le diamètre au temps T₀ de la patte postérieure droite a été déterminé à l'aide d'un pied à coulisse numérique (Bukhari, 2013).

Les différents lots ont été constitués : Les témoins œdémateux ont reçu l'eau distillée, les deux lots de référence, ont reçu respectivement le Diclofenac Sodium (20 mg/kg/kg) et le Prednisone (20 mg/kg/pc), les lots EADB1, EADB2, et EADB3 ont reçu respectivement l'extrait aux doses de 200, 400, 800 mg/kg/pc.

Une heure après administration par gavage des différents solutions, 0,1 ml de la solution de carragénine à 1%, il a été injecté par voie cutanée au niveau de l'aponévrose plantaire de la patte arrière droite de chaque rat. L'évolution de l'œdème droite a été déterminé à 1 h, 2 h, 3 h, 4 h, 5 h, 6 h (Anupana et al., 2012) et 24 heure. L'importance de l'œdème a été appréciée par la détermination de la moyenne du pourcentage d'augmentation (%AUG) du volume de la patte de rat suivant la formule :

$$\%AUG = \frac{V_t - V_0}{V_0} \times 100$$

V_t : Volume de la patte au temps t
V₀ : Volume initial de la patte

L'activité anti-inflammatoire a été aussi évaluée par le calcul du pourcentage d'inhibition (%INH) de l'œdème selon la formule :

$$\%INH = \frac{\%AUG_{TM} - \%AUG_{TT}}{\%AUG_T} \times 100$$

%AUG_{TM} : pourcentage augmentation des témoins
%AUG_{TT} : pourcentage d'augmentation des Traités

Prelèvement du sang et analyse des marqueurs de l'inflammation

Après 6 heures, le sang a été récupéré par la queue dans des tubes EDTA pour analyses hématologiques et des tubes secs pour les analyses immunobiochimiques à savoir la C-Protéine Réactive (CRP).

Analyse statistique des résultats

Les résultats ont été exprimés en moyenne accompagnées des erreurs standards sur la moyenne (Moyenne \pm ESM). La représentation graphique des données a été effectuée à partir du logiciel Graph Pad Prism 7.0 (Microsoft USA). L'analyse statistique des résultats a été réalisée en utilisant l'analyse des variances (ANOVA ONE WAY). Les différences entre les moyennes ont été déterminées selon le test de comparaison de Dunnet, $P < 0,05$ est considéré comme significative.

Résultats

L'étude phytochimique de l'extrait aqueux de *Distemonanthus benthamianus* a permis d'obtenir les résultats présents dans le tableau I. Les résultats révèlent que les composés extractibles polaires sont majoritaires dans l'écorce de *Distemonanthus benthamianus* s. Il ressort de ce tableau que l'extrait aqueux d'écorce de *D. benthamianus* contient les polyphénols, les flavonoïdes, les polyterpènes et les tanins, des coumarines et les saponosides. Les alcaloïdes sont également présents dans les écorces de *D. benthamianus* à travers le test de DRAGENDORFF ; il a été également constaté l'absence des substances quinoniques.

Les résultats de la CCM présentés dans le tableau II révèlent la présence de coumarines, de flavonoïdes, de composés phénoliques, des triterpènes lupanes, des terpènes/stérols, des tanins et des alcaloïdes.

Tableau I. Etude phytochimique de l'extrait aqueux des écorces de *D. benthamianus*

Composés recherchés	Procédure d'identification	Extrait aqueux de <i>D. benthamianus</i>
Polyphénols	Fer (III)chlorure	+
Tannin galliques	Fer (III)chlorure	+
Flavonoïdes	Test de Shinoda	+
Coumarine	Hydroxyde de potassium	+
Stérols etTerpène	Liebermann-Buchard	+
Saponines	Pouvoir aphrogène	+
Alcaloïdes	Réactif de Dragendorff	+
	Réactif de Bourchardart	-
Substances quinoniques	Réactif de Borntraegen	-

Présence : + ; absence :-

Tableau II. Identification des composés chimiques par le CCM

Developants	Réactifs utilisés	Groupes chimiques	COLORATION		REF
			Visible	UV/336	
Hexane/Acetate d'ethyle (5/1)	KOH	Coumarine		vert	0.19
				bleu	0.25
	APB	Coumarine		vert	0.11
				bLeu	0.34
	GODIN	Sterols	violet		0.55
	LB	Sterols	brun		0.05
		Triterpène lupane	orange		0.19
VAN	Triterpène	violet		0.88	
Chloroforle/ Acetate d'ethyle (6/5)	KOH	Coumarine		jaune	0.16
				bleu	0.40
	APB	Coumarine		jaune	0.11
				bleu	0.21
	GODIN	Terpène	rouge		0.09
		Sterols	violet		0.58
		Triterpène	vert		0.26
	AlCl3	Flavonoïde		bleu	0.14,
				jaune	0.30
	DPPH	Terpène		jaune	0.09
Activités antioxydante		jaune pâle	0.44		
hex/CHCl3/ AcoEth/ACOOH (4/3/4/0.5)	KOH	Coumarine		vert	0.13
				bleu	0.51
	APB	Coumarine		vert	0.53
	FeCl3	Tanin	brun		0.53
		Flavonoïde	brun		0.53
	AlCl3	Flavonoïde		bleu	0.25
				vert	0.41
DPPH	Tanin, Flavonoïde		jaune pâle	0.56	
Hex/CHCl3 (2/1)	KOH	Coumarine		vert	0.70
	APB	Coumarine		vert	0.73
	AlCl3	Composés phénolique		rouge	0.49
		Flavonoïde, composés phénoliques		vert	0.69

Evaluation des effets des différents produits sur l'œdème induite par la carragénine

L'œdème a été induit au niveau de la patte postérieure gauche du rat. La variation de l'œdème a été appréciée une heure après l'administration des différents produits par voie orale. Les résultats obtenus ont été comparés à ceux du Diclofenac de Sodium (anti-inflammatoire non stéroïdien), en raison de 20 mg/kg/pc et à ceux du prednisone (anti-inflammatoire stéroïdien). Les résultats des traités sont comparés à ceux des témoins œdémateux. L'injection de la carragénine 1% dans la patte postérieure gauche des rats témoins œdémateux provoque un œdème qui passe de 2.92±0.14 mm à 3.25 ± 0.19 mm dans la première heure puis à 3.85±0.049 mm, 3.77± 0.04 et 3.67 ± 0.05 mm

après 4 heures, 6 heures et 24 heures respectivement (Figure 1). Ces valeurs correspondent à des pourcentages d'augmentation des œdèmes respectives de 11.44%, 32.13, 30.41% et 26.66%. Ces résultats montrent que l'œdème maximal a été atteint à la 4^{ème} heure (Figure 2).

En présence d'extrait, les œdèmes des pattes ont atteint leurs maximums activités par la réduction de l'augmentation des œdèmes des pattes à la 6^{ème} heure pour les doses de 400 et 800 mg/kg/pc avec 14,74% et 12,62% d'augmentation respectivement. Pour la dose de 200 mg/kg/pc, le pourcentage d'augmentation d'œdème maximal de 23.26% a été atteint à la 5^{ème} heure (Figure 3). Comparé aux témoins œdémateux ces résultats sont considérablement significatifs pour EADB2 ($p < 0.001$) et EADB3 ($p < 0.0001$). L'extrait a prévenu considérablement l'œdème des pattes des rats avec des pourcentages d'inhibition maximal de 32.63%; 63.11% et 73.19% respectivement pour les lots EADB1, EADB2 et EADB3 à la troisième heure.

En présence de Diclofenac, il a été enregistré une augmentation moins importante du diamètre de la patte dont le maximum était de 17.48% au bout de la quatrième heure (Figure 3). La Figure 4 montre les pourcentages d'inhibition de l'œdème par le Diclofenac de sodium et l'extrait. Le Diclofenac a prévenu l'œdème dès la première heure (33.99%) avec un maximal de 52.88% à la troisième heure après injection de la carragénine 1%.

Les rats ayant reçu l'extrait aux doses de 800mg/kg/pc ont montré un pourcentage d'inhibition très prononcé par rapport au Diclofenac ($P < 0.01$) au bout des 24 heures d'appréciation.

Pour la dose de 400 mg/kg/pc, il a été indiqué qu'il n'existe aucune différence significative ($p > 0.05$) par rapport au Diclofenac. Cependant, le Diclofenac s'est montré plus efficace que l'extrait à la dose de 200 mg/kg/pc ($p < 0.05$) (Figure 4).

La figure 5, indique que le lot qui a reçu la prednisone a montré une augmentation importante de l'œdème dont le maximum de 27.35% est atteint après la troisième heure. Ce qui correspond à un pourcentage d'inhibition de 25.58% (Figure 6). Le maximum de pourcentage d'inhibition de 26.16% est atteint à la 4^{ème} heure. Il a été constaté que son action sur l'inhibition est significativement faible ($p < 0.0001$) par rapport à celle exercée par l'extrait aux doses de 400 et 800 mg/kg/pc (EADB2, EADB3). Cependant, il n'existe pas de différence significative ($P > 0.05$) entre le pourcentage d'inhibition de prednisone et l'extrait à la dose de 200mg/kg/pc (EADB1). L'action du Prednisone (AS) sur l'inhibition de l'augmentation de l'œdème est très faible par rapport au Diclofenac de Sodium (ANS) avec une différence significative, $p < 0.0001$.

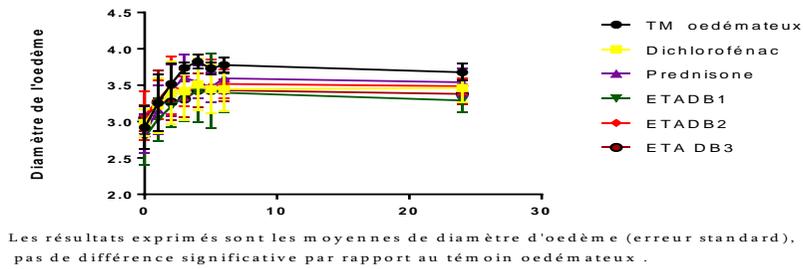


Figure 1. Variation de diamètre

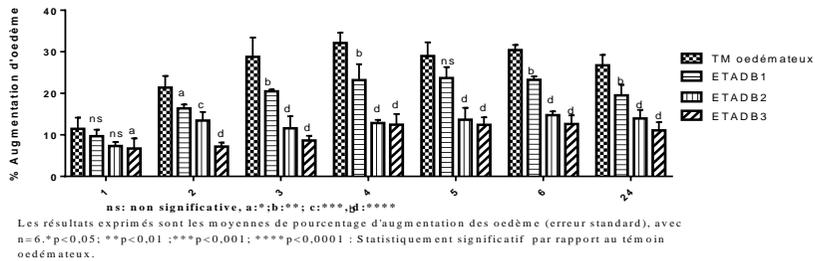


Figure 2. Pourcentage d'augmentation de l'œdème

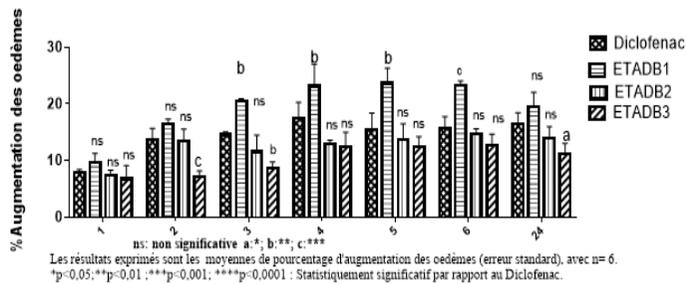


Figure 3. Pourcentage d'augmentation de l'œdème des lots ETADB et Diclofe

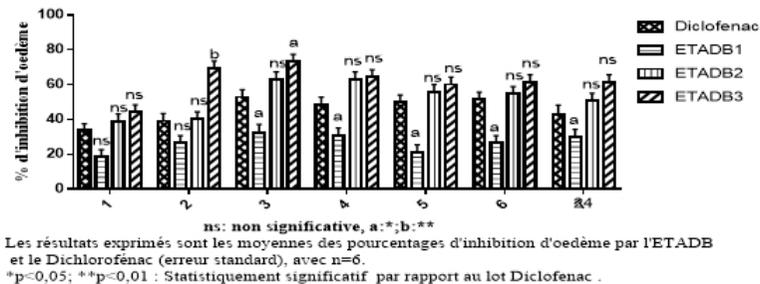


Figure 4. Effet d'inhibition de l'œdème par l'extrait et le Diclofenac

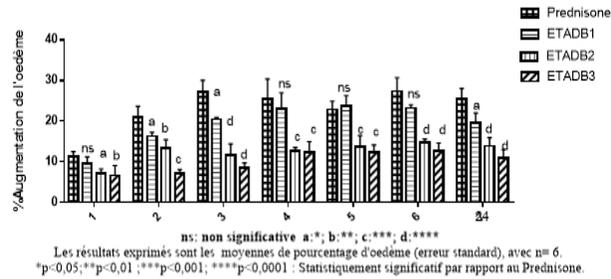


Figure 5. Effet d'augmentation de l'œdème par l'extrait et le Prednisone

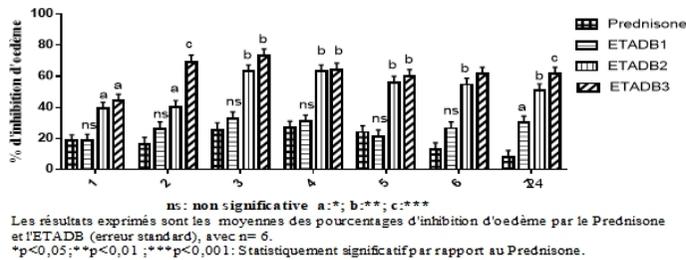


Figure 6. Effet d'inhibition de l'œdème par l'extrait et le Prednisone

Effet anti-inflammatoire sur l'expression des leucocytes et des plaquettes

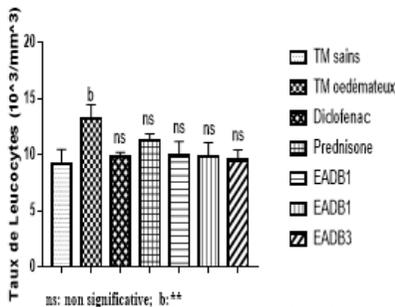
Dans la présente étude, nous nous intéresserons aux leucocytes et aux plaquettes qui sont des marqueurs de l'inflammation sérique (Figure 7 et 10). L'injection des produits de Dichlorofenac, de Prednisone et de l'extrait aqueux de *D. benthamianus* a entraîné une baisse significative ($p < 0.01$) du taux de leucocytes dans le sang par rapport aux témoins œdémateux ($13.19 \pm 0.73 \cdot 10^3/\text{mm}^3$). Le taux de leucocytes des rats traités avec les différents produits ne sont pas significativement différents ($p > 0.05$) du taux de leucocytes obtenus chez les rats témoins sains (9.18 ± 0.74). Les taux de neutrophiles ($6.19 \pm 0.31 \cdot 10^3/\text{mm}^3$) et de monocytes ($1.58 \pm 0.24 \cdot 10^3/\text{mm}^3$) des rats œdémateux sont significativement supérieurs ($p < 0.01$, $p < 0.05$ respectives) à ceux des rats témoins ($3.88 \pm 0.37 \cdot 10^3/\text{mm}^3$ de neutrophiles et $1.13 \pm 0.13 \cdot 10^3/\text{mm}^3$ monocytes). Par contre, il n'a pas été observé de différence significative ($p > 0.05$) entre les lots traités et témoin (Figure 8 et 9).

Les taux de plaquettes des lots témoins œdémateux ($763 \pm 21.26 \cdot 10^3/\text{mm}^3$) et les rats traités à la prednisone ($721 \pm 27.72 \cdot 10^3/\text{mm}^3$) sont très significativement élevés par rapport à celui des rats témoins sains. Celui des rats du lot EADB1 ($683 \pm 23.29 \cdot 10^3/\text{mm}^3$), est significativement supérieur ($p < 0.01$) à celui du lot témoin sain qui est de $515 \pm 27.72 \cdot 10^3/\text{mm}^3$. Cependant il n'existe pas de différence significative ($p > 0.05$) entre les taux plaquettaires enregistrés au niveau des lots témoins sains et les lots EADB2 ($646.7 \pm 7.0 \cdot 10^3/\text{mm}^3$), EADB3 ($563 \pm 30.27 \cdot 10^3/\text{mm}^3$) et de Diclofenac ($561 \pm 23.3 \cdot 10^3/\text{mm}^3$).

Evaluation de la CRP sérique après induction de l'œdème par la carragénine.

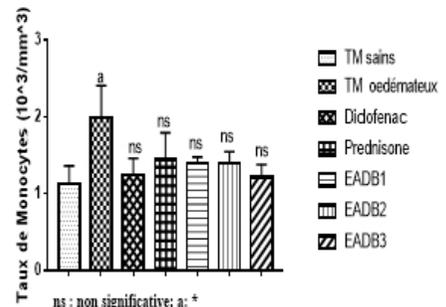
Les résultats du dosage de la C-Réactive Protéine (CRP) sont représentés dans la figure 11. Ces résultats montre qu'il existe une différence significative entre la concentration en CRP des rats témoins œdémateux et celles des témoins sains ($p < 0.0001$). La CRP des lots de Diclofenac et de prednisone est significativement élevée par rapport aux témoins sains ($p < 0.05$ et $p < 0.01$ respectives).

La comparaison entre la teneur sérique en CRP des lots traités par l'extrait aqueux de *D. benthamianus* révèle une différence négligeable par rapport aux témoins sains. En revanche, il existe une différence significative entre les lots traités par la plante et le témoin œdémateux ($p < 0.05$ pour l'EADB1 et $p < 0.01$ pour EADB2 et EADB3).



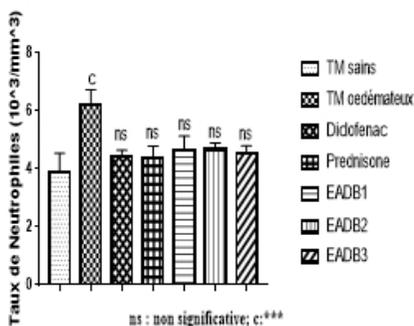
Les résultats exprimés sont les moyennes de taux de leucocytes \pm (erreur standard), avec $n = 6$. ** $p < 0.01$: Statistiquement très significatif par rapport au témoin sain.

Figure 7. Taux de leucocytes



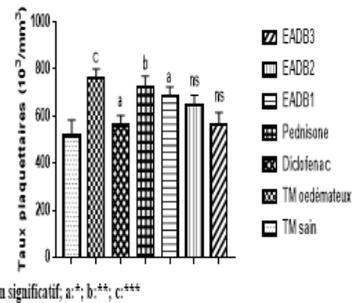
Les résultats exprimés sont les moyennes de taux de Monocytes \pm (erreur standard), avec $n = 6$. * $p < 0.05$: Statistiquement très significatif par rapport au témoin sain.

Figure 8. Taux de monocytes



Les résultats exprimés sont les moyennes de taux de Neutrophile \pm (erreur standard), avec $n = 6$. *** $p < 0.001$: Statistiquement très significatif par rapport au témoin sain.

Figure 9. Taux de neutrophiles



Les résultats exprimés sont les moyennes de taux plaquettaires \pm (erreur standard), avec $n = 6$. * $p < 0.05$, ** $p < 0.01$, *** $p < 0.001$: Statistiquement très significatif par rapport au témoin sain.

Figure 10. Taux de plaquettes sanguin

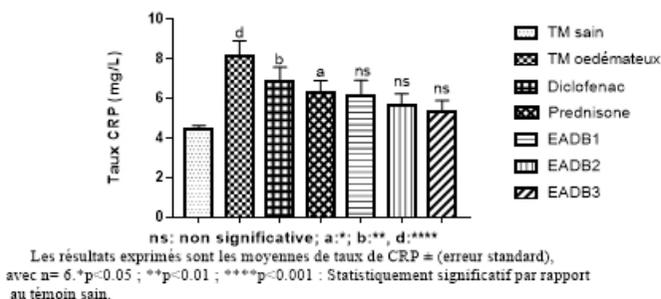


Figure 11. Taux de la Concentration de Protéine Réactive (CRP)

Discussion

Etude phytochimique

L'étude phytochimique basée sur les réactions en tubes, ont révélé que l'extrait aqueux de *Distemonanthus benthamianus* renferme la plupart des groupes chimiques recherchés à savoir les polyphénols, les flavonoïdes, les tanins galliques, les saponines, les coumarines, les alcaloïdes. Ces résultats, confirmés à travers les CCM sont en accord à ceux de Obame (2009) et Akapo et collaborateurs (2020), qui en plus de ces composés, a mise en évidence d'autres composés tels que les composés réducteurs et les protoantocyanes qui n'ont été recherché dans cette étude.

Ces molécules sont impliquées dans la gestion de plusieurs maladies telles que les tumeurs, les cancers, le diabète, les inflammations, la drépanocytose et le stress oxydatif (Guerrero et Ruter, 2002 ; Ndukwe et al., 2005 ; Arisawa et al., 2006; Sahu et Saxena, 2013; Kplé et al., 2020).

L'œdème induite par l'ingestion de la carragénine au niveau de l'aponévrose plantaire de la patte postérieure est l'examen le plus fréquemment adopté pour évaluer l'activité anti-inflammatoire des produits naturels (Ouedraogo et al., 2012). La carragénine provoque une inflammation typiquement liée à l'activation de la cyclooxygénase (Di Rosa, 1972). Le développement de l'œdème après son injection, est un processus biphasique (Wantana et al., 2009). La première phase se produit juste après son administration, entraînant la libération de l'histamine et la sérotonine à partir des mastocytes. Ces facteurs provoquent des modifications vasculaires qui conduisent à l'exsudation plasmatique (Subhan et al., 2007 ; Akindele et Adeyni, 2007). Elle est suivie dans la seconde, par un gonflement, causé par la libération accrue des métabolites de l'acide arachidonique tels que les prostaglandines et les leucotriènes dans la zone inflammatoire (Yam et al., 2009 ; Buapool et al., 2013 ; Mandal et al., 2015). Cette étape est sensible aux antagonistes de synthèses des prostaglandines et aux anti inflammatoires naturels ou de synthèses tels que les glucocorticoïdes (Mhadhebi et al., 2011 ; Reto & al.,

2014). Les anti-inflammatoires non stéroïdiens également inhibent les enzymes de la cyclooxygénase impliquées dans la synthèse de prostaglandines (Kulkani et al., 2000).

Evaluation de l'activité anti-inflammatoire

L'évaluation de l'activité anti-inflammatoire de la plante a été évaluée en suivant l'évolution des œdèmes, le dosage de la CRP et la NFS. Dans cette étude, il a été question d'abord de vérifier la validité de la méthode en testant le Diclofénac, un anti-inflammatoire non stéroïdien et le prednisone (un anti-inflammatoire stéroïdien) efficaces contre l'œdème à la carragénine (Ravi et al., 2011).

L'augmentation des diamètres des pattes lésées jusqu'à la 6ème heure chez les témoins œdémateux, indique que toute réduction d'œdème durant les 6 heures serait due aux effets des produits administrés. Durant cette étude cinétique, le Diclofénac de Sodium a réduit l'augmentation de l'œdème dès la première heure avec 33.99 % d'inhibition. Il a inhibé l'œdème pendant tout le temps de l'expérimentation et a montré un pourcentage d'inhibition maximal de 52.88 % à la 3ème heure. Par contre, le Prednisone a réduit faiblement l'œdème dès la première heure avec un pourcentage d'inhibition de 18.57 % et a atteint son activité maximale à la 4ème heure avec un pourcentage d'inhibition de 26.66 %. Concernant l'extrait, il a plus ou moins réduit l'œdème déjà à la 1ère heure, avec respectivement des pourcentages d'inhibition les plus élevés 39.01% et 44.16% aux doses 400 et 800 mg/kg/pc. L'extrait tout comme le Diclofénac, a atteint son activité maximale à la 3ème heure avec une inhibition de 44.95% ; 60.03% et 70.19 % respectivement aux doses 200, 400 et 800 mg/kg/pc. L'activité inhibitrice de l'extrait aqueux de *D. benthamianus* sur la période d'expérimentation était tout à fait comparable à celle du Diclofénac de sodium et non à celle de la prednisone. L'activité maximale de la plante étant observé à la 3ème heure d'expérimentation au moment de la libération des prostaglandines dans le site inflammatoire, pourrait s'expliquer par la présence au sein de cette plante, des inhibiteurs de la cyclooxygénase qui conduiraient à l'inhibition de la synthèse des prostaglandines. Ce résultat confère à la plante un mécanisme d'action anti inflammatoire semblable à celui des anti-inflammatoires non stéroïdiens et pourrait s'expliquée par la présence des composés bioactifs tels que les composés phénoliques et les saponines (Santangelo, 2007). De nombreuses études ont montré que les polyphénols et leurs métabolites inhiberaient les activités enzymatiques du métabolisme de l'acide arachidonique et réduiraient la production des médiateurs de l'inflammation tels que l'acide arachidonique, des monoxydes d'azote, de prostaglandines et de leucotriènes (Kim et al., 2004 ; Guo et al., 2009). Les polyphénols sont donc responsables des activités anti-inflammatoires d'où leur utilisation comme des agents chimio préventifs

potentiels (Sahu et Saxena, 2013). L'effet anti inflammatoire des stérols, terpènes et saponines pourrait être dû à une inhibition de la cyclooxygénase et la libération des cytokines pro-inflammatoires (Patocka, 2003 ; Awad et *al.*, 2005 ; Araico et *al.*, 2007).

Les résultats obtenus dans ce test permettent d'affirmer aussi que l'activité anti-inflammatoire des extraits de *D. benthamianus* est liée en grande partie à l'effet des extraits sur l'infiltration des cellules inflammatoires ainsi que leurs médiateurs libérés dans le site inflammatoire. Pour cela, la migration cellulaire et la production de certains médiateurs clés de l'inflammation sont vérifiés dans la présente étude.

Réaction du produit sur leucocytes du le sang

La NFS (numération de la formule sanguine) a été utilisée dans cette étude afin de quantifier le taux de leucocytes et principalement les monocytes, les neutrophiles et les lymphocytes dans le sang des rats. En effet, lors de l'inflammation induite par la carragénine, les monocytes et les neutrophiles sont recrutés depuis le sang vers le lieu du désordre pour y remplir leurs fonctions de phagocytes (Kumar et Robbins, 2007 ; Kumar et *al.*, 2013). Les analyses hématologiques ont indiquées un taux élevé de ces cellules chez les rats œdémateux non traités par rapport aux lots traités et témoins sains.

Les produits administrés ont réduit le taux des leucocytes. En effet l'administration des anti-inflammatoires entraîne une baisse du taux de leucocytes dans le sang. Par ailleurs, les polyphénols, flavonoïdes et tanins sont de meilleurs inhibiteurs de la migration des leucocytes (Middleton et *al.*, 2009), ceci pourrait justifier ces résultats. De même, la NFS a indiqué que des lots traités avec le *D. benthamianus* ont un taux plaquettaire très proche du témoin sain, cette baisse serait liée à la baisse de production des molécules pro-inflammatoires. En effet, Les thrombocytes en plus de leur principale fonction d'agrégation plaquettaire pendant la coagulation sanguine (Fujimori et *al.*, 1998) ont aussi la capacité de reconnaître les corps étrangers, d'initier et de moduler des réponses inflammatoires (Klinger, 1997). Lors des phénomènes inflammatoires, les médiateurs inflammatoires libérés entraînent une production accrue de plaquettes (Weill et *al.*, 2003 ; Esmon, 2005). L'extrait agirait donc sur ces médiateurs en inhibant leur synthèse, ce qui justifie la différence significative de taux plaquettaire entre les rats œdémateux traités et les rats non traités.

Réaction du produit sur le taux de la CRP sanguine

En ce qui concerne le taux de CRP présente dans le sérum des rats, la carragénine a provoqué une augmentation de la CRP chez tous les rats. Cette différence significative chez les témoins œdémateux serait due à la synthèse et à la forte libération de la CRP dans le sang sous l'influence des médiateurs

de l'inflammation induite par la carragénine (Jialal et *al.*, 2004 ; Ablj, 2002). L'administration de l'ETA de *D. benthamianus* et des molécules de référence aux rats œdémateux a diminué la concentration de CRP induit par l'injection de la carragénine. Par ailleurs, la présence des groupes chimiques dans la plante serait responsable de l'inhibition de la synthèse des molécules pro-inflammatoires responsables de la forte libération des protéines de l'inflammation (CRP, haptoglobine, orosomucoïde, céruléoplasmine) lors des phénomènes inflammatoires (Jialal et *al.*, 2004 ; Giraudet, 1992).

Conclusion

Cette étude s'inscrit dans le cadre de la valorisation des plantes médicinales et surtout de la recherche de nouvelles molécules à partir d'extraits de plantes. Au cours de ce travail, Les études phytochimiques basée sur des tests spécifiques ont montré la présence des polyphénols, des flavonoïdes, des saponines, des alcaloïdes, des poly terpènes et des stérols dans l'extrait aqueux des écorces de *D. benthamianus*. Cette plante représente une source potentielle de molécule bioactive. Par ailleurs, l'activité anti-œdémateuse de la plante a permis de confirmer les propriétés anti-inflammatoires de la plante puisqu'il réduit de façon significative les œdèmes des pattes des rats. Cette activité est comparable à celle de diclofénac qui est un anti-inflammatoire de référence. Ceci a été aussi confirmé par l'étude sérologique et hématologique qui a montré une augmentation significative des globules blancs, des plaquettes, de CRP pour les rats témoins œdémateux par rapport aux rats traitées par l'extrait.

L'activité anti-inflammatoire des écorces de *D. benthamianus* montre que cette plante possède un puissant effet thérapeutique ce qui supporte son usage traditionnel pour le soulagement de divers affections inflammatoires. Les résultats obtenus lors de cette étude sont intéressants, cependant des études complémentaires seront nécessaires afin de comprendre les mécanismes cellulaires et moléculaires liés à cette activité anti-inflammatoire. Ces études doivent être orientées vers la détermination des composés actifs de *Distemonanthus benthamianus* et l'évaluation de leurs effets sur le processus inflammatoire.

References:

1. Ablj, H. (2002). C-reactive protein : history and revival. Eur. J. Intern. Med. 13(7):412-22.
2. Aiyegoro, O.A., Akinpelu, D.A., Afolayan, A.J. & Okoh, A.I., (2008). Antibacterial activities of crude stem bark extracts of *Distemonanthus benthamianus* Baill. Journal of Biological Sciences 8(2): 356–361.
3. Akakpo-Akue, J., Kplé, T.K.M., Coulibaly, K., AHON, G.M., Fofié, Y., Yapo -Crezoit. A., Zirihi, G.N. & Kra, A. K.M. (2020).

- Ethnobotanical study of medicinal plants used against sickle cell anaemia in the eastern part of the Côte d'Ivoire; *J. Anim. Plant Sci.* Vol. 45 (1): 7839-7852.
4. Akendengué, B. & Louis, A.M. (1994). Medicinal plants used by the masango people in gabon. *Journal of Ethnopharmacology* 41, 193–200.
 5. Akindede, A.J. & Adeyemi, O. (2007). Antipyretic activity of *Byrsocarpus coccineus* Schum and Thonn. *Internat J Pharmaocol*, 4: 357–612.
 6. Anupama, A. S., Kishor, N. R., Rahul, D. K., et Kanchan, S. M. (2012). Evaluation of antiinflammatory and analgesic activities of *Tamarindus indica* seeds. *Int J Pharm Sci Drug Res*; 4(3): 213-217.
 7. APG IV. (2016). An update of Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering. *Botanical Journal of the Linnean Society*. 181: 1–20. <https://doi.org/10.1111/boj.12385>.
 8. Araico, A., Terencio, M. C., Alcaraz, M. J., Domínguez, J. N., León, C. & Ferrándiz, M. L. (2007). Evaluation of the antiinflammatory and analgesic activity of Me-UCH9, a dual cyclooxygenase-2/5lipoxygenase inhibitor. *Life Sciences* ; 80: 2108-2117.
 9. Arisawa, K., Soda, M. & Akahoshi, M. (2006). Human T-cell lymphotropic virus type-1 infection and risk of cancer : 15.4 year longitudinal study among atomic bomb survivors in Nagasaki, Japan. *Cancer Sci*, 97, 535-9.
 10. Awad, E.M. (2005). In vitro decrease of the fibrinolytic potential of cultured human fibrosarcoma cell line, HT1080, by *Nigella sativa* oil. *Phytomedicine*; 12: 100-107.
 11. Békro, Y.A., Mamyrbekova, B.J.A., Boua, B.B., Tra Bi F.H. & Ehilé E.E. (2007). Etude ethnobotanique et screening phytochimique de *Caesalpinia benthamiana* (Baill.) Herend. Et Zarucchi (Caesalpinaceae). *Sciences et Nature* 4 (2) : 217-225.
 12. Brou, K.G., Mamyrbekova-Békro, J., Dogbo, D.O., Gogbeu, S.J. & Békro, Y.A. (2010). On the Qualitative Phytochemical Composition of Crude Hydromethanolic extracts of the Leaves of 6 Varieties of *Manihot Esculenta* Crantz of Côte d'Ivoire. *European Journal of Scientific Research* 45(2): 200-211.
 13. Buapool, D., Mongkol, N., Chantimal, J., Roytrakul, S., Srisook, E. & Srisook, K. (2013). Molecular mechanism of anti-inflammatory activity of *Pluchea indica* leaves in macrophages RAW 264.7 and its action in animal models of inflammation. *J. Ethnopharmacol.* 146, 495–504.

14. Bukhari (2013). The central analgesic and anti-inflammatory activities of the methanolic extract of carthamus oxycantha; journal of physiologyand, 64, 3, 369-375.
15. Cheriti, A., Rahmani, S. & Belboukhari, N. (2016). Evaluation de l'activité antiinflammatoire d'extraits aqueux de feuilles Limoniastrum feei (Plumbaginacea). Algerian Journal of Arid Environment "AJAE", 6(1), 80-86.
16. Chiolero, A., Würzner, G. & Burnier, M. (2000). Les inhibiteurs sélectifs de la cyclooxygénase de type 2 : moins d'effets rénaux que les anti-inflammatoires non stéroïdiens classiques. Néphrologie, 21 : 425-430.
17. CIRAD Forestry Department, (2009). Movingui. [Internet] Tropix 6.0. <http://tropix.cirad.fr/africa/movingui.pdf>. March 2012.
18. Di Rosa, M. (1972). Biological properties of carrageenan. J Pharm Pharmacol; 24: 89-102.
19. Distemonanthus benthamianus (PROTA). (2019). PlantUseFrançais. [https://uses.plantnetproject.org/fr/Distemonanthus_benthamianus_\(PROTA\)](https://uses.plantnetproject.org/fr/Distemonanthus_benthamianus_(PROTA)).
20. Esmon (2005). The interaction between Inflammation and coagulation. Br. J. Haematol, 131:417-430.
21. Fujimori, H., Ozaki, K. & Nomuras, S. (1998). Characterisation of platelets abnormalities of Tester Moriyama (TM) rats with storage pool deficiency. Lab. Anim. Sci, 48, 5 : 490-495.
22. Giraudet P. (1992). Concept et intérêt clinique des profils protéiques, Feuilles Bio ; 33/188 : 61-69.
23. Guerrero, J.M. & Reiter, R.J. (2002). Melatonin-immune system relationships. Curr Top Med.
24. Guo, W., Kong, E. & Meydani, M. (2009). Dietary Polyphenols, Inflammation and Cancer. Nutritionandcancer,61 (6): 807-810.
25. Jialal, I., Devaraj, S. & Venugopal, S.K. (2004). C-Reactive Protein: Risk Marker or Mediator in Atherothrombosis. Hypertension, 44: 6-11.
26. Kulkarni, S.K., Jain N.K. & Singh A. (2000). Cyclooxygenase isoenzymes and newer therapeutic potential for selective COX-2 inhibitors. Methods and Findings in Experimental and Clinical Pharmacology, 22:291-298.
27. Kumar, S. & Pandey, A.K., 2013. Chemistry and biological activities of flavonoids: an overview. The Scientific World Journal, ID: 162750; 1-16.
28. Kumar, V., & Robbins, S.L. (2007). Robbins basic pathology (Philadelphia, PA: Saunders/Elsevier).

29. Kim, H.P., Son K.H. & Chan H.W., 2004. Anti-inflammatory plant flavonoids and cellular action mechanisms. *J Pharmacol Sci*; 96 : 229-245.
30. Kple, T.K.M., Akakpo-Akue, J., Golly, J.K., Fofié, Y., Ahon, M.G., Kra, M.A., Sanogo, I. & Yapo-Crezoit, A.C. (2020). Phytochemical characterization of three plants and their antisickling activity in the management of sickle cell disease; *Journal of Biosciences and Medecine*, V8: 100-112.
31. Klinger, M.H. (1997). Platelets and inflammation. *Anat Embryol*; 196 : 1-11.
32. Mandal, G., Chatterjee, C. & Chatterjee, M. (2015). Evaluation of anti-inflammatory activity of methanolic extract of leaves of *Bougainvillea spectabilis* in experimental animal models. *Pharmacognosy Res. Jan-Mar*; 7(1): 18-22.
33. Middleton S., Vermeulen W., Byth Wilson K., Sullivan C. & Middleton, P. 2009. Treatment of obstructive sleep apnoea in Samoa progressively reduces daytime blood pressure over 6 months. *Respirology*, 14(3), 404-410.
34. Mhadhebi, L., Laroche-Clary, A., Robert, J. & Bouraoui, A. (2011). Antioxidant, anti-inflammatory, and antiproliferative activities of organic fractions from the Mediterranean brown seaweed *Cystoseira sedoides* *Revue canadienne de physiologie et pharmacologie*, 89 (12): 911-921
35. Nguelefack, E.M.P., Ngu, K.P., Atchade, A., Dimo, T., Tsabang, N. & Mbafor, J.T. (2005). Phytochemical composition and in vitro effects of the ethyl acetate bark extract of *Distemonanthus benthamianus* Baillon (Caesalpinaceae) on *Staphylococcus aureus* and *Streptococcus agalactiae*. *Cameroon J. Exp. Biol.*, 1: 50-53.
36. Ndukwe, K.C., Okeke, I.N., Lamikanra, A., Adesina, S.K. & Aboderin, O. (2005). Antibacterial activity of aqueous extract of selected chewing sticks. *J. contemp. Dent. Pract*; 3(6):86-94.
37. Ouédraogo, N., Lompo, M., Sawadogo, R.W., Tibiri, A., Hay, A.E., Koudou J. & Guissou I. P., (2012). Etude des activités anti-inflammatoire, analgésique et antipyrétique des décoctés aqueux des feuilles et des racines de *Pterocarpus erinaceus* Poir. (Fabaceae). *Phytothérapie*. pp. 1-7.
38. Patocka, J. (2003). Biologically active pentacyclic triterpenes and their current medicine signification. *J. Appl. Biomed* 1, 7-12.
39. Ravi S.S., Mushtaq, A., Zahoor, A.W., Vikas, S., Vijay, V.M., & Prerna, U., (2011). Antiinflammatory effects of Dashmula, an Ayurvedic preparation, versus Diclorofenac in animal models. *J Chem Pharm Res*; 3: 882-888.

40. Reto, M., Almeida, C., Rocha, J., Sepodes, B., & Figueira, M.E., (2014). Green Tea (*Camellia sinensis*): Hypocholesterolemic Effects in Humans and Anti-Inflammatory Effects in Animal. *Pharmacology & Pharmacy*; 5: 1113-1118.
41. Sahu, R. & Saxena, J. (2013). Screening of Total Phenolic and Flavonoid Content in Conventional and Non-Conventional Species of Curcuma. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 2(1): 176-179.
42. Santangelo, C., Vari, R., Scazzocchio, B., Di Benedetto, R., Filesi, C., & Masella, R. (2007). Polyphenols, intracellular signalling and inflammation. *Annali-Istituto Superiore Di Sanita*, 43 (4), 394.
43. Soubrier, M., Rosenbaum, D. & Tatar, Z. (2013). Antiinflammatoires non stéroïdiens et vaisseaux. *Revue du rhumatisme*, 80(3), 204-208.
44. Subhan, N., Alam, A., Ahmed, F. & Shahid, I.Z. (2008). Antinociceptive and gastroprotective effect of the crude ethanolic extracts of *Excoecaria agallocha* linn. *Turk J. Pharm. Sci.* 5 (3): 143-154.
45. Trease, G. & Evans, S.M. (2002). *Pharmacognosy*. 15th Ed. English Language Book Society, Bailliere Tindall, London, pp 23-67
46. Viladomiu, M., Hontecillas, R. & Bassaganya-Riera J. (2016). Modulation of inflammation and immunity by dietary conjugated linoleic acid. *European journal of pharmacology*, 785, 87-95.
47. Wantana, R., Tassanee, N. & Subhad-hirasakul, S. (2009). Antinociceptive, antipyretic, and anti-inflammatory activities of *Putranjiva roxburghii* Wall. Leaf extract in experimental animals. *J Nat Med*, 63 (3): 27-
48. Weill, B., Bateux, F. & Dhainaut, J. (2003). Immunopathologie et reactions inflammatoires. Eds, De Boeck, Universite (Paris) ; 12-23.
49. Winter, C.A., Risley, F.A. & Nuss, O.W. (1962). Carrageenin induced oedema in hand paw of the rat as assays anti-inflammatory drugs. *Proc. Soc. Exp. Biol. Med.*, 111, 544-547
50. Yam, M.F., Ang, L.F., Ameer, O.Z., Salman, I.M., Aziz, H.A. & Asmawi, M.Z. (2009). Anti-inflammatory and Analgesic Effects of *Elephantopus tomentosus* Ethanolic Extract; *J.Acupunct Meridian Stud*; 2 (4):280–287



Déterminants Individuels Et Contextuels Du Paludisme Chez Les Enfants De 6-59 Mois En République Démocratique Du Congo

*Christian Ngomenzey Musuyi
Franklin Bouba Djourdebbe
Emmanuel Ekambi*

Institut de Formation et de Recherche Démographiques,
Université de Yaoundé II SOA

[Doi:10.19044/esj.2021.v17n7p94](https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n7p94)

Submitted: 03 December 2020

Accepted: 22 January 2021

Published: 28 February 2021

Copyright 2021 Author(s)

Under Creative Commons BY-NC-ND

4.0 OPEN ACCESS

Cite As:

Ngomenzey Musuyi C., Bouba Djourdebbe F. & Ekambi E. (2021). *Déterminants Individuels Et Contextuels Du Paludisme Chez Les Enfants De 6-59 Mois En République Démocratique Du Congo*. European Scientific Journal, ESJ, 17(7), 94.

<https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n7p94>

Resumen

Le paludisme est une maladie parasitaire qui sévit principalement dans les pays pauvres de la zone tropicale. Parallèlement à la recherche d'un vaccin, la politique préventive contre le paludisme reste l'utilisation de la moustiquaire en RDC tout comme dans d'autres pays africains. Cependant, le taux de prévalence du paludisme chez les enfants de moins de cinq ans a augmenté comparativement à son niveau de 2014. Cette étude vise une meilleure compréhension des déterminants du paludisme chez les enfants de 6-59 mois en RDC. Les données utilisées proviennent de l'Enquête Démographique et de Santé (EDS) de 2013-2014. Deux méthodes sont utilisées dans ce travail : l'analyse descriptive (bivariée et multivariée) et l'analyse explicative multiniveau. En premier lieu, à travers l'analyse factorielle des correspondances multiples, ce travail a montré que les enfants impaludés résident en milieu rural et dans les provinces du Centre, du Nord-est et du Nord-ouest. En général, ces enfants vivent dans les communautés où la proportion des pauvres est élevée. Ils appartiennent à des ménages pauvres qui ne disposent d'aucune moustiquaire, de ce fait, ces enfants ne dorment pas sous une moustiquaire. Leurs mères sont agricultrices et sans niveau

d'instruction ou de niveau primaire. En second lieu, à travers une régression logistique multiniveau, ce travail a montré que les enfants qui vivent dans les provinces du Centre et du Sud-est contractent davantage le paludisme que ceux de l'Ouest. Le risque de contracter le paludisme baisse avec l'amélioration du niveau de vie des ménages et l'amélioration du niveau d'instruction de la mère. Par ailleurs, ce travail a identifié la promiscuité dans le ménage, le type de lieu d'aisance, l'utilisation de la moustiquaire, l'âge de l'enfant comme les déterminants du paludisme chez les enfants en RDC. Cette étude a permis de mettre en lumière les différents déterminants qui modulent la transmission du paludisme. Ce constat devrait se traduire par une réadaptation des stratégies de lutte contre le paludisme en RDC. Ces stratégies de lutte devraient cibler les enfants de 24-59 mois en tenant compte de la disparité régionale.

Mots clés : Enfant, Environnement, Paludisme, Analyse multiniveau, RDC

Individual and Contextual Determinants of Malaria in Children 6-59 Months in the Democratic Republic of the Congo

Christian Ngomenzey Musuyi

Franklin Bouba Djourdebbe

Emmanuel Ekambi

Institute for Training and Demographic Research,
University of Yaoundé II SOA

Abstract

Malaria is a parasitic disease that rages mainly in poor countries in the tropics. Along with the search for a vaccine, the preventive policy against malaria remains the use of mosquito nets in the DRC as in other African countries. However, the prevalence rate of malaria in children under five has increased compared to 2014 levels. This study aims to better understand the determinants of malaria in 6-59 months in the DRC. The data used comes from the 2013-2014 Demographic Health and Survey (DHS). Two methods are used in this work: descriptive analysis (bivariate and multivariate) and multilevel explanatory analysis. First, through the factorial analysis of multiple correspondents, this work has shown that malarious children reside in rural areas and in the Center, North-East and North-West provinces. In general, these children live in communities where the proportion of poor people is high. They belong to poor households that do not have any mosquito

nets, so these children do not sleep under the mosquito net. Their mothers are farmers and have no education or primary education. Secondly, through the multi-level explanatory analysis, this work has shown that children living in the central and south-eastern provinces contract malaria more than those in the west. The risk of contracting malaria decreases as the standard of living of households improves and the level of education of the mother improves. In addition, this work identified the promiscuity in the household, the type of toilet facility, the use of the mosquito net, the age of the child as the determining factors of malaria in children in the DRC. This study has made it possible to shed light on the various factors which modulate the transmission of malaria. This observation should result in a readaptation of control strategies against malaria in DRC. These control strategies should target children aged 24-59 months, taking into account the regional disparity.

Keywords: Child, Environment, Malaria, Multilevel analysis, DRC

Introduction

Les débats sur les facteurs explicatifs du paludisme et les politiques de lutte ne cessent de s'amplifier en dépit des travaux déjà réalisés dans des disciplines diverses et variées (Pierrat, 2010). Des mécanismes restent en effet à comprendre afin de tenter de juguler cet enjeu de santé publique majeur pour les pays du Sud (Moiroux, 2012). Le paludisme est une maladie parasitaire qui sévit principalement dans les pays pauvres de la zone tropicale (Saïdou, 2018 ; Soma et al., 2018). Il est dû à un protozoaire du genre plasmodium transmis à l'homme par la piqûre d'un moustique du genre Anophèle femelle infectée (Carnevale et Robert, 2009). Cette infection palustre constitue un risque majeur de morbidité et de mortalité (Audry et Gaüzère, 2019). En 2010, près de la moitié de la population mondiale était exposée aux risques de contracter le paludisme (Hanitriniaina, 2017). L'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) fait état de 219 millions de cas et 435 000 décès rapportés dans le monde au cours de l'année 2017 (OMS, 2018). Les enfants de moins de cinq ans ont représenté 61 % (266 000) des décès dus au paludisme dans le monde (OMS, 2018).

De toutes les régions affectées par cette maladie, l'Afrique supporte une part disproportionnée de la charge mondiale du paludisme. En 2016, 9 cas de paludisme sur 10 et 9 décès sur 10 dus à cette maladie sont survenus sur ce continent. Environ 80% de cas du paludisme proviennent de quatorze pays de l'Afrique subsaharienne et de l'Inde. Près de la moitié des cas enregistrés en 2017 dans le monde concerne quatre pays de l'Afrique subsaharienne à savoir le Nigéria (25%), la République Démocratique du Congo (RDC) (11%), le Mozambique (5%) et l'Ouganda (4%) (OMS, 2018). En RDC, le paludisme demeure l'endémie majeure et la première cause de morbidité (Losimba et al.,

2018). Il est également parmi les trois premières causes de mortalité dans le groupe des plus vulnérables, à savoir les enfants de moins de cinq ans et les femmes enceintes (MPSMRM, MSP et ICF International, 2014). En plus des pertes en vies humaines et de l'absentéisme scolaire, le paludisme coûte cher en dépenses de santé publique. Un épisode de paludisme grave revient à au moins 95 \$ US pour l'enfant, sachant qu'un enfant congolais fait, en moyenne, 10 épisodes de fièvre par an (MPSMRM, MSP et ICF International, 2014). Le paludisme est un facteur d'aggravation de la pauvreté, une cause d'inégalités et un frein au développement (Saïdou, 2018).

Pourtant, les Objectifs de Développement Durable (ODD)¹, la déclaration d'Alma-Ata (1978)², la déclaration d'Abuja³ et l'initiative mondiale « Faire Reculer le Paludisme » (FRP)⁴ mettent l'accent sur la réduction de la morbidité et de la mortalité dues au paludisme. La reconnaissance de l'importance de ce problème sanitaire et de l'existence de ces disparités a donné lieu à plusieurs études sur les déterminants du paludisme. Outre leurs apports scientifiques, elles ont joué un rôle important dans l'élaboration des stratégies de lutte contre ce problème de santé publique. Certes, ces études ont porté des fruits, mais ceux-ci restent insuffisants car le problème demeure préoccupant dans la plupart des pays africains (OMS, 2018). Il existe une hétérogénéité spatiale et sociale module différemment dans la transmission du paludisme (Remy, 1988 ; Maud, 2006 ; Nkamba et al., 2014). Les travaux de plusieurs auteurs ont mis en exergue l'influence des facteurs contextuels dans le risque d'attraper le paludisme (Noguer, 1979 ; Pierrat, 2010). Or, les modèles multiniveaux ont été développés pour répondre aux problèmes spécifiques posés par des données structurées selon plusieurs niveaux (Courgeau et Baccaïni, 1997 ; Nganawara, 2016). Les enfants d'un même quartier ou d'un même ménage partagent un ensemble de caractéristiques communes qui peuvent contribuer à la survenue du paludisme (Koné, 2012). Les unes de ces caractéristiques étant attachées à l'aléa et les autres à la vulnérabilité. Les politiques de préventions contre les moustiques

¹ L'Objectif de Développement Durable (ODD3) relatif à la santé. Particulièrement la cible 3.3 «D'ici à 2030, mettre fin à l'épidémie du VIH/Sida, à la tuberculose, au paludisme et aux maladies tropicales négligées et combattre l'hépatite, les maladies transmises par l'eau et autres maladies transmissibles ».

² Un des objectifs de la déclaration d'Alma-Ata se rapportait à la prévention et le contrôle des grandes endémies contre le paludisme.

³ Un des objectifs du sommet des chefs d'états et de gouvernements africains tenu à Abuja était qu'en 2005, au moins 60 % des enfants atteints de paludisme auront accès à un traitement approprié dans les 24 heures.

⁴ L'initiative mondiale FRP (Roll Back Malaria, RBM en Anglais) s'est fixée comme objectif la réduction de la mortalité spécifique liée au paludisme, de 50 % d'ici 2010, de 30 % d'ici 2015 et de 20 % d'ici 2025. En l'an 2030, le paludisme devrait, ainsi, cesser d'être une cause majeure de morbidité, de mortalité et de pertes socioéconomiques en Afrique.

se fondent sur les facteurs liés à la vulnérabilité que sur ceux qui se rattachent à l'aléa (Pierrat, 2010).

La première conception du paludisme au II^{ème} siècle avant Jésus-Christ se fonde sur la corrélation entre la présence d'eau stagnante, les marais et les fièvres bénignes à effets pathogènes (Stefani, 2011). Ainsi, deux moyens de protection étaient mis en exergue : éviter d'habiter les zones inondables insalubres et drainer les marais (Drame, 2010). La théorie de transmission vectorielle du paludisme par des moustiques émise par Ross et Manson en 1897 a conduit aux politiques de destruction des moustiques (Capelle, 2007). Déjà dans les années 1960, l'échec de la politique d'éradication des moustiques au DDT⁵ a été suivi par l'émergence de la résistance de l'anophèle aux insecticides et la résistance du parasite aux antipaludiques (Pierrat, 2010). Parallèlement à la poursuite des recherches sur un potentiel vaccin et des nouveaux traitements, la prévention est au centre de la gestion de l'épidémie (Pierrat, 2010 ; OMS, 2015). Le principal moyen de prévention reste la moustiquaire (Mamadou, 2018). Certaines études montrent que l'utilisation de moustiquaire réduit fortement le risque d'attraper le paludisme (Takudzwa, 2018 ; Hajison et al., 2018). Comme dans d'autres pays africains, la stratégie préventive de lutte contre le vecteur du paludisme en RDC est essentiellement l'utilisation de la moustiquaire (PNLP-RDC, 2017).

Cependant entre 2014 et 2018, le taux d'utilisation de la moustiquaire chez les enfants de moins de cinq ans est passé de 56% à 51% (MPSMRM, MSP et ICF International, 2014 ; INS-RDC, 2018). A côté de cette baisse légère de l'utilisation de la moustiquaire, une augmentation de la prévalence du paludisme chez les enfants de moins de cinq ans de 23% à 31% s'observe (MPSMRM, MSP et ICF International, 2014 ; INS-RDC, 2018). D'une part, ce constat semble montrer que l'utilisation de la moustiquaire n'est pas l'unique variable à prendre en compte dans la prévention du paludisme. D'autre part, ce constat évoque la nécessité de rechercher d'autres variables déterminantes dans l'explication du paludisme chez l'enfant. Cet article vise à (i) dresser le profil des enfants de 6-59 mois par rapport au paludisme et à (ii) identifier les déterminants individuels et contextuels du paludisme chez les enfants de 6-59 mois.

Méthodes

Contexte d'étude et données

La RDC est un pays d'Afrique centrale. Elle se situe à cheval sur l'Equateur avec une superficie de 2 345 409 km². De plus, elle a une ligne côtière de 42 kilomètres de long sur l'océan atlantique à l'embouchure du

⁵ DDT : Dichlorodiphényltrichloroéthane, premier insecticide moderne développé au début de la seconde guerre mondiale. Le DDT entraînait une forte pollution des sols.

fleuve Congo (MPSMRM, MSP et ICF International, 2014). La ligne côtière peut créer des biotopes favorables au développement des gîtes larvaires.

La pluviométrie annuelle en RDC est généralement élevée. Elle varie entre 1500 et 2000 mm près de l'équateur, et entre 1400 et 1500 mm dans les zones tropicales et montagneuses (MPSMRM, MSP et ICF International, 2014). Cette pluviométrie est à la base de multiples crues et du développement de nombreux marécages, gîtes potentiels d'anophèles. La pyramide d'âge de la RDC a une base très large qui se rétrécit rapidement vers un sommet effilé, ce qui traduit un niveau de fécondité. Par conséquent, la taille des ménages est élevée, particulièrement en milieu urbain où 17% des ménages comptent 9 personnes (MPSMRM, MSP et ICF International, 2014). Pourtant, une taille réduite de la famille permet d'augmenter les investissements réalisés en matière de santé, particulièrement dans la prévention contre le paludisme, pour chaque enfant (Banque Mondiale, 2018).

La persistance de la violence et de l'insécurité a déchiré le tissu social du pays. Plus de 3,5 millions de personnes ont perdu la vie dans la guerre qui a éclaté en 1998, dont près de la moitié était des enfants de 6-59 mois (Banque Mondiale, 2018). Dans les provinces de l'Est, environ 2 millions d'enfants n'ont pas accès à l'éducation ni à la santé, car les conflits ont endommagé les écoles et les FOSA. Dans un contexte d'instabilité politique et/ou de crise, il est difficile de mettre en œuvre des programmes préventifs et curatifs pour l'amélioration de la santé des enfants comme celle des adultes. Il en va de même des programmes visant la lutte contre le paludisme. Il est évident que la prévalence du paludisme est élevée dans les zones à conflits comme le Kasai.

Le coût élevé des soins de santé dans les formations sanitaires par rapport au revenu de la population constitue un défi majeur. Les ménages constituent la principale source et un acteur clé du financement de la santé en RDC dans une proportion de 41% des dépenses courantes de santé (Makamba et Manunga, 2004). La dépense courante des ménages est en grande partie affectée à des dépenses pour les soins curatifs (64%), pour l'achat des médicaments délivrés sur ordonnance (30%) et pour les soins préventifs 2% (MSP, 2016). La prévention du paludisme en RDC est essentiellement orientée vers la lutte anti-vectorielle. Il s'agit de l'utilisation de la moustiquaire imprégnée d'insecticide, promotion de l'assainissement et la pulvérisation intra domiciliaire. L'utilisation de la moustiquaire imprégnée d'insecticide à grande échelle est une stratégie adoptée par le PNLN dans la prévention du paludisme chez les enfants de moins de cinq ans (PNLN-RDC, 2017). La lutte contre le parasite est essentiellement tournée vers le traitement préventif intermittent au cours de la grossesse pour les femmes enceintes (Losimba et al., 2018).

Les données de cette étude proviennent de l'Enquête Démographique et de Santé (EDS-RDC II) réalisé entre 2013 et 2014 en RDC. L'opération a été

réalisée sur le terrain entre fin novembre 2013 et début février 2014. Les vingt-six nouvelles provinces ont constitué les domaines d'études. Dans chaque domaine d'étude, trois strates ont été créées : la strate des villes statutaires, la strate des cités et la strate du milieu rural. Le tirage de l'échantillon a été fait strate par strate. L'EDS-RDC II s'est basé sur un sondage aréolaire, stratifié au niveau des unités primaires et tiré à plusieurs degrés. Pour les strates des villes statutaires et des cités, au premier degré, un certain nombre de quartiers, à partir de la liste exhaustive de l'ensemble des quartiers des villes ou des cités, a été tiré. Au second degré, on a tiré 34 ménages dans les quartiers sélectionnés au premier degré.

Pour les strates du milieu rural, on a tiré au premier degré le secteur ou la chefferie et au deuxième degré un ou plusieurs villages dans les secteurs et chefferies tirés au premier degré. Au troisième degré, on a tiré 34 ménages dans les villages tirés au deuxième degré. Au-delà 500 ménages dans la grappe, le quartier ou le village échantillonné a été subdivisé en plusieurs segments parmi lesquels un seul a été retenu dans l'échantillon. À l'opposé, les villages de petite taille ont été regroupés.

Au premier degré, le tirage a été effectué avec probabilité proportionnelle à la taille en population des unités de sondage. Au total, 540 grappes (quartier ou village) ont été tirées. Par contre, aux deuxième et troisième degrés, on a procédé à un tirage systématique avec probabilité égale. Au total de 18 360 ménages (5 474 en milieu urbain dans 161 grappes et 12 886 en milieu rural dans 379 grappes) ont été tirés.

La base de sondage de l'EDS RDC II est le recensement scientifique de la population de 1984. Elle a été actualisée partiellement à plusieurs reprises par des recensements administratifs et récemment dans le cadre des élections présidentielles et législatives de 2011. Cette base de sondage est la même que celle qui a été utilisée par l'enquête Multiple Indicator Cluster Surveys (MICS) de 2010 et par l'enquête 1-2-3 (Emploi, Secteur Informel et Consommation des ménages) de 2012, menées par l'Institut National de la Statistique (INS).

Toutes les femmes âgées de 15-49 ans vivantes habituellement dans les ménages sélectionnés, ou présentes la nuit précédant l'enquête, étaient éligibles pour être enquêtées. De plus, dans un sous-échantillon d'un ménage sur deux, tous les hommes de 15-59 ans étaient éligibles pour être enquêtés. Dans ce sous-échantillon, 8489 enfants de 6-59 mois étaient également éligibles pour un test du paludisme et pour des tests de couverture vaccinale.

Variables

Deux tests ont permis le dépistage du paludisme. Le Test de Diagnostic Rapide (TDR), plus précisément le SD BIOLINE Malaria Antigen P.f, et la goutte épaisse. Le TDR identifie les antigènes et non parasites. La mesure des

antigènes au lieu des parasites se traduit par le fait qu'un test sera positif pendant un certain temps après le traitement réussi d'une infection en raison des antigènes résiduels. De ce fait, il donne un nombre élevé de cas que la goutte épaisse.

La goutte de sang était obtenue à partir de la même piqûre au bout du doigt effectuée pour le test d'hémoglobine et le TDR. Après séchage, les lames étaient rangées dans des boîtes spéciales avec des dessiccateurs et des contrôleurs d'humidité. Ces boîtes étaient transférées de façon régulière au Laboratoire National de Référence (LNR) pour la recherche d'hématozoaires par microscopie. Le résultat de la microscopie constitue la variable dépendante de cette étude. Cette variable est une variable dichotomique, elle distingue les enfants de 6-59 mois testés positifs au paludisme de ceux qui n'ont pas été positifs.

Les variables indépendantes font références aux caractéristiques de la communauté (province de résidence, milieu de résidence et proportion des pauvres), caractéristiques du ménage (le niveau de vie, promiscuité dans le ménage, la disponibilité de la moustiquaire dans le ménage et type de toilettes), les caractéristiques de la mère et de l'enfant (ethnie de la mère, âge de la mère, religion de la mère, niveau d'instruction de la mère, occupation de la mère, culture de la mère sur le paludisme utilisation de la moustiquaire, sexe de l'enfant et âge de l'enfant). La variable niveau de vie est créé à partir du confort de l'habitat et possessions de certains biens par le ménage (Cf. annexe 2). Une analyse en composantes principales a été ensuite effectuée. La première composante a enfin été retenue comme indicateur de niveau de vie. La variable culture de la mère sur le paludisme a été construite à partir de 17 variables. De ces variables, 6 sur les modes de transmission, 7 sur les symptômes de la maladie et 4 sur les modes de prévention (Cf. Annexe 3).

Méthodes d'analyse

Ce travail utilise, en premier lieu, l'Analyse Factorielle des Correspondances Multiples (AFCM). Cette étude caractérise d'abord les principaux axes factoriels et ensuite, utilise le plan factoriel pour affiner notre typologie afin de dégager le profil des enfants selon leur état paludique. La caractérisation des principaux axes est faite sous SPSS 25 et le plan factoriel sous SPAD 5.5. Ainsi, en second lieu, cette étude fait recours à la régression logistique multiniveau à effets aléatoires. La modélisation avec les effets aléatoires se fait en considérant deux hypothèses (Givord et Guillerm, 2016). La première est que la distribution des effets groupes inobservés suit une loi normale (ou tout au moins une loi paramétrique qu'on peut spécifier). La seconde est que ces effets groupes sont indépendants des variables explicatives. Cette deuxième hypothèse est forte et difficile à être vérifiée.

Formellement, l'équation s'écrit :

$$Y_{ij} = \beta_0 + \beta x_{ij} + \gamma x_j + \alpha_j + \varepsilon_{ij} \quad j = 1, \dots, J \quad i = 1, \dots, n_j$$

Sous les hypothèses : $\varepsilon_{ij} \sim N(0, \sigma_\varepsilon^2)$ et $\alpha_j \sim N(0, \sigma_\alpha^2)$

Les paramètres β_0 , β et γ correspondent respectivement à la constante, au vecteur des variables explicatives de niveau 1 et au vecteur des variables explicatives de niveau 2. σ_ε^2 et σ_α^2 représentent respectivement les variances intra-groupe et inter-groupe. Ces variances permettent de calculer l'ICC (Intra Class Correlation).

$$\Omega = \frac{\sigma_\alpha^2}{(\sigma_\alpha^2 + \sigma_\varepsilon^2)}$$

L'ICC (Ω) correspond à la part de la variance expliquée par l'effet groupe et peut être utilisé comme un premier indicateur de l'utilité de recourir à une modélisation multiniveau (Koné, 2012). Lorsque Ω est proche de 1, cela signifie que les unités au sein d'un même groupe sont très proches et se distinguent beaucoup de celles des autres groupes. A l'inverse, si Ω est proche de zéro, cela signifie que les observations à l'intérieur d'un même groupe ne sont pas plus semblables entre elles que des observations de groupes différents.

Quatre modèles sont estimés dans ce travail : M0, M1, M2 et M3. Le modèle M0 ou modèle vide fournit la répartition de la variance entre les différents niveaux, grâce aux termes aléatoires inclus à chacun d'eux. Les modèles M1 et M2 rendent compte de la variabilité de la variance entre les communautés par rapport au modèle vide M0. Dans le modèle M3 (modèle complet), les variables explicatives des niveaux 1 et 2 sont toutes introduites dans le modèle vide. Ce modèle complet permet de distinguer l'effet des caractéristiques individuelles de l'effet des caractéristiques de la communauté, ainsi que les effets aléatoires propres à chaque niveau (Nganawara, 2016).

La qualité de l'ajustement des modèles est faite à partir du test de Wald au seuil de 5%. Le test de Wald dans les modèles multiniveaux permet de comparer un modèle courant au même modèle multiniveau mais ayant uniquement la constante dans la partie fixe. Il permet de rejeter l'hypothèse selon laquelle le vecteur des effets des différents coefficients est nul et de conclure qu'au moins une variable indépendante exerce une influence sur la variable dépendante et donc de justifier la significativité du modèle. Les valeurs des coefficients d'un modèle multiniveaux binaire sont à interpréter avec précaution car leur valeur dépend directement des choix de modélisation et notamment de la contrainte identifiante qui consiste à fixer la variance des résidus individuels (Givord et Guillerm, 2016). Elle vaut classiquement $\frac{\pi^2}{3}$ dans le modèle logit (variance d'une loi logit standard) et 1 dans le modèle probit.

Présentation des résultats

Analyse descriptive multivariée de l'état palustre chez les enfants de 6-59 mois

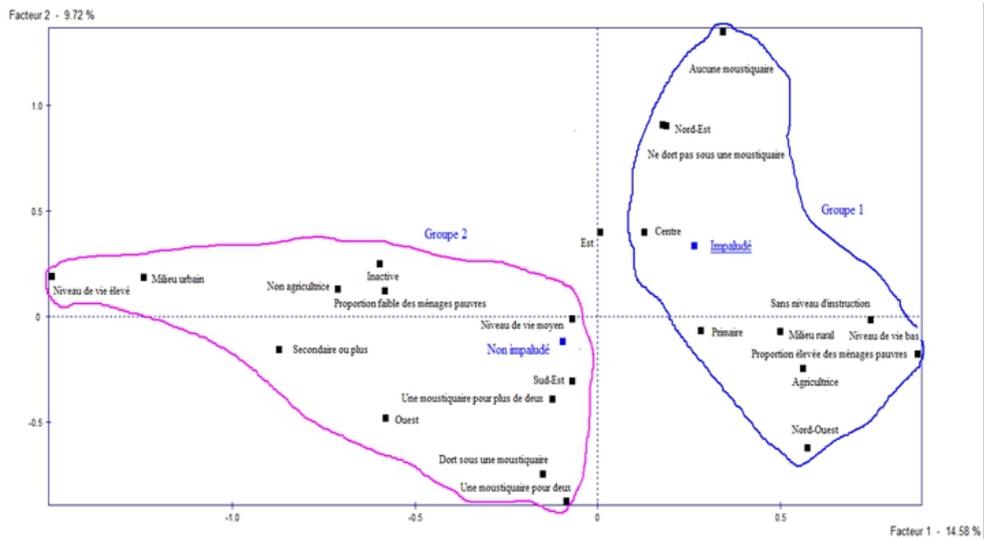
Interprétation des axes

L'objectif des analyses factorielles est d'étudier le profil des enfants impaludés en RDC. Les trois premiers axes factoriels (1, 2 et 3) contribuent respectivement à 14,58%, 9,72% et 6,6%, soit environ 30,9% de l'inertie totale. L'axe 1 ordonne les enfants selon le milieu de résidence, la proportion des ménages pauvres dans la communauté, le niveau de vie du ménage, le niveau d'instruction et l'occupation de la mère (respectivement 17,15%, 15,59%, 20,88%, 11,09% et 8,77%). L'axe 2 est constitué principalement de la disponibilité des moustiquaires dans le ménage et de l'utilisation de la moustiquaire (respectivement 14,96% et 15,31%). L'axe 3 organise les enfants selon la province de résidence, l'ethnie et la religion de la mère (respectivement 33,94%, 32,58% et 8,27%). Ainsi, l'axe 1 peut être interprété comme l'axe socio-économique, l'axe 2 comme celui de la disponibilité des moyens préventifs dans le ménage et du comportement préventif de la mère et l'axe 3 est interprété comme l'axe culturel.

Profil des enfants par rapport au paludisme

Le Graphique 1 illustre le premier plan factoriel (axes 1 et 2) dans lequel deux grands groupes d'enfants s'opposent diamétralement. Dans le premier groupe à gauche se retrouvent les enfants impaludés, qui résident en milieu rural et dans les provinces du Centre, du Nord-est et du Nord-ouest. En général, ces enfants vivent dans les communautés où la proportion des pauvres est élevée. Ils appartiennent à des ménages pauvres qui ne disposent d'aucune moustiquaire, de ce fait, ils ne dorment pas sous une moustiquaire. Leurs mères sont agricultrices et sans niveau d'instruction ou de niveau primaire. Le deuxième groupe regorge d'enfants non impaludés, qui vivent en milieu urbain et dans les provinces de l'Ouest et du Sud-est. Dans l'ensemble, ces enfants appartiennent à des communautés à faible proportion des ménages pauvres. Ils sont issus des ménages de niveau de vie moyen ou élevé qui possèdent une moustiquaire pour deux personnes ou pour plus de deux personnes. De ce fait, ils dorment davantage sous une moustiquaire. Leurs mères sont actives non agricultrices ou inactives et de niveau d'instruction secondaire ou plus.

Graphique 1. Profil des enfants par rapport au paludisme



Source : Exploitation données de l'EDS-RDC II, 2013-2014

Présentation du résultat de la régression multiniveau

La mise en évidence de la décomposition de la variance montre que les caractéristiques propres aux communautés influencent la survenue du paludisme chez l'enfant. Le modèle M0 (tableau 1) montre que la part de la variance attribuable à la communauté est de 41,88 % dans l'explication du risque de contracter le paludisme chez les enfants de 6-59 mois. L'effet des caractéristiques individuelles (caractéristiques du ménage, de la mère et de l'enfant) sur le risque de contracter le paludisme (tableau 1 ; modèle M1). Il en ressort que les caractéristiques individuelles ont un impact sur la survenue du paludisme chez l'enfant, car elles permettent d'améliorer le modèle nul. L'introduction des variables individuelles au modèle nul baisse la variance entre les communautés d'environ 11,67% (Tableau 1, Modèle 1). Ce modèle explique significativement la survenue du paludisme chez les enfants ($X^2=248,87$ (25dl), $p < 0,000$).

Les caractéristiques communautaires introduites dans le modèle nul apportent également une contribution dans l'explication du paludisme chez les enfants (Tableau 1, modèle M2). Ces caractéristiques de la communauté influencent de façon favorable ou défavorable le risque d'accès palustre des enfants. Ces effets sont significatifs à l'exception de la variable proportion des pauvres au sein d'une communauté. En référence au modèle nul, la variance entre les communautés diminue de 9,31% (Tableau 1, Modèle M2). Ce modèle explique significativement le risque de contracter le paludisme chez les enfants ($X^2=65,91$ (7dl), $p < 0,000$).

Le modèle complet inclut les effets des caractéristiques individuelles et ceux des caractéristiques de la communauté dans l'explication de la survenue de l'infection palustre chez les enfants (Tableau 1, Modèle M3). La diminution de la variance entre les communautés par rapport au modèle nul est plus importante que celle que l'on observe dans les modèles M1 et M2, soit 13,38% (Tableau 1, Modèle M3). L'introduction des variables explicatives individuelles et contextuelles dans le modèle nul contribue donc à mieux appréhender les facteurs influençant la survenue du paludisme chez les enfants. Ce modèle explique significativement le risque de contracter le paludisme chez les enfants de 6-59 mois ($X^2=258,87$ (32dl), $p < 0,000$). La prise en compte de toutes les variables dans le modèle apporte quelques changements dans l'influence de chacune des caractéristiques retenues. Par rapport au modèle M1, l'ethnie de la mère devient non significative et le type de lieu d'aisance significatif. La significativité du niveau de vie des ménages s'améliore. Par rapport au modèle M2, le milieu de résidence devient non significatif et la significativité de la province de résidence se détériore. Dans ce modèle M3, le risque de contracter le paludisme augmente avec l'âge de l'enfant. Les enfants de 24-59 mois ont 2,14 fois plus de risques de contracter le paludisme que ceux moins âgés de 6-23 mois. L'utilisation de la moustiquaire baisse significativement le risque de contracter le paludisme : les enfants qui ne dorment pas sous une moustiquaire ont 1,24 fois plus de risques de contracter le paludisme.

Le risque de contracter le paludisme chez les enfants baisse avec le niveau d'instruction de la mère. Comparativement aux enfants des mères sans niveau d'instruction, les enfants des mères de niveau secondaire ou plus ont 39,2% moins de risques de contracter le paludisme. Le risque de contracter le paludisme diminue significativement avec l'augmentation du niveau de vie. Les enfants des ménages de niveau de vie moyen et élevé ont respectivement 13,8% et 45% moins de risques de contracter le paludisme. La promiscuité influence significativement la survenue du paludisme chez les enfants. Les enfants des ménages dont une pièce est partagée par plus de trois personnes ont 1,18 fois plus de risques de contracter le paludisme que leurs homologues des ménages dont une pièce est partagée par 1-3 personnes.

La province de résidence influence fortement la survenue du paludisme chez les enfants de 6-59 mois. Les enfants des provinces du centre et ceux du Sud-est ont respectivement 2,54 et 2,93 fois plus de risques de contracter le paludisme que leurs homologues qui résident dans les provinces de l'Ouest.

La proportion des pauvres dans la communauté, le milieu de résidence, la disponibilité des moustiquaires, la culture de la mère sur le paludisme, l'occupation, la religion et l'ethnie de la mère et le sexe de l'enfant ne discriminent pas significativement les enfants face au paludisme.

Tableau 1. Déterminants individuels et contextuels du paludisme chez l'enfant

Variables	Modalités	M0	M1	M2	M3
Partie fixe	Constante	0,233 ^{***}	0,253 ^{***}	0,157 ^{***}	0,122 ^{***}
Caractéristiques individuelles					
Sexe de l'enfant	Masculin		Réf		Réf
	Féminin		1,040		1,043
Age de l'enfant	6-23 mois		Réf		Réf
	24-59 mois		2,134 ^{***}		2,142 ^{***}
Utilisation de la moustiquaire	Utilise		Réf		Réf
	N'utilise pas		1,255 ^{**}		1,241 ^{**}
Ethnie de la mère	Kasaï-Katanga et Tanganyika		Réf		Réf
	Bakongo		0,724		1,599
	Bas Kasaï_Kwilu Kwango		0,415 ^{***}		0,812
	Cuvette Centrale		0,425 ^{***}		0,914
	Ubangi et Itimbiri		0,637 ^{**}		1,914
	Uele_Lac_Albert		1,179		1,822
Religion de la mère	Basele Komo maniema et kivu		0,384 ^{***}		1,043
	Catholique		Réf		Réf
	Protestante		0,959		0,949
Age de la mère	Autre religion		0,918		0,926
	15-24 ans		Réf		Réf
	25-34 ans		1,055		1,056
Niveau d'instruction de la mère	35-49 ans		1,104		1,111
	Sans niveau		Réf		Réf
	Primaire		0,964		1,949
Occupation de la mère	Secondaire ou plus		0,633 ^{***}		0,608 ^{***}
	Agricultrice		Réf		Réf
	Inactive		0,998		0,980
Culture sur le paludisme	Non agricultrice		0,941		0,912
	Faible		Réf		Réf
	Moyenne		0,939		0,946
Niveau de vie du ménage	Forte		0,907		0,932
	Bas		Réf		Réf
	Moyen		0,888		0,862 [*]
Promiscuité	Elevé		0,583 ^{***}		0,550 ^{***}
	1-3 Personne par pièce		Réf		Réf
Type de lieu d'aisance	Plus 3 personne par pièce		1,174 ^{**}		1,177 ^{**}
	Toilette non améliorée		Réf		Réf
Disponibilité de moustiquaire	Toilette améliorée		0,848		0,848 [*]
	Aucune moustiquaire		Réf		Réf
	Une moustiquaire pour plus de deux		0,981		0,985
Caractéristiques communautaires	Une moustiquaire pour deux		0,958		0,970
	Caractéristiques communautaires				
Provinces	Ouest			Réf	Réf
	Nord-ouest			1,451	0,947
	Centre			2,992 ^{***}	2,536 ^{***}
	Sud-est			3,356 ^{***}	2,933 ^{***}

	Est			0,941	0,745
	Nord-est			3,587***	1,890
Milieu de residence	Rural			Réf	Réf
	Urbain			0,717*	1,160
Proportion des pauvres	Elevée			Réf	Réf
	Faible			0,828	0,813
Partie aléatoire	Variance individuelle	$\frac{\pi^2}{3}$	$\frac{\pi^2}{3}$	$\frac{\pi^2}{3}$	$\frac{\pi^2}{3}$
	Variance communautaire	0,224	0,199	0,195	0,195
Coefficient intra Classe (ICC)		41,88	36,99	37,98	36,32
Variation de l'ICC en % par rapport au Modèle M0			11,67	9,31	13,28
Khi-deux de Wald			248,87***	65,91***	267,27***
Note : ***, ** et * respectivement significatif à 1%, 5% et à 10%					
Source : Exploitation des données de l'EDS-RDC II, 2013-2014					

Discussion et Conclusion

Les résultats montrent que les enfants des provinces du centre et ceux du Sud-est ont plus de risques de contracter le paludisme que leurs homologues qui résident dans les provinces de l'Ouest. Ces résultats révèlent une disparité régionale face à la survenue du paludisme chez les enfants en RDC. Ces résultats corroborent ceux trouvés dans les études antérieures au Niger (Abdou, 2014) ; en Guinée (Barry, 2015) ; au Mali (Diallo, 2016) ; au Bénin (Samakou, 2017) ; au Burkina Faso (Kaboré, 2019 ; Ouedragaogo et al., 2018). Les caractéristiques climatiques, entomologiques et parasitologiques confèrent à chacune des provinces du centre et du Sud-est un faciès (Remy, 1988 ; Maud, 2006). Les provinces du Centre sont caractérisées par un climat tropical humide dans l'ex-Kasaï oriental (Sankuru, Lomami et Kasaï oriental) et un climat tropical équatorial dans l'ex-Kasaï occidental (Kasaï et Kasaï central) (PNUD, 2009b ; PNUD, 2009c). La saison des pluies dure huit mois et la saison sèche quatre mois. Dans l'ex-Kasaï oriental, la saison des pluies s'étend de septembre à avril et la saison sèche de mai à août (PNUD, 2009c). Dans l'ex-Kasaï occidental, la saison des pluies va de mi-août à mi-janvier et de mi-février à mi-mai et la saison sèche quant à elle va de mi-janvier à mi-février et de mi-mai à mi-août (PNUD, 2009b). Les provinces du Sud-est ou l'ex-Katanga (Tanganyika, Haut-Lomami, Haut-Katanga et Lualaba) connaissent un climat tropical humide et un climat tempéré (PNUD, 2009d). Les conditions climatiques de ces provinces favorisent la prolifération des moustiques. La fréquence des pluies explique l'abondance des anophèles (Doumbia, 2007). Les pluies abondantes sont par ailleurs dévastatrices des gîtes larvaires (Capelle, 2007 ; Pierrat, 2010). Ces provinces du centre et du Sud-est font partie du faciès tropical avec au moins 60 à 400 piqûres infectées par personne et par an. La prémunition apparaît plus tardivement, vers l'âge de 10 ans (MPSMRM, MSP et ICF International, 2014). Les conditions socio-

économiques et politiques des provinces du centre et du Sud-est renforcent cette vulnérabilité des enfants face au paludisme (UNICEF, 2018).

Le Gouvernement a besoin de ressources pour prévenir la survenue du paludisme chez les enfants (Itriago, 2011). L'assiette restreinte des recettes fiscales ne permet pas aux pouvoirs publics de la RDC de mobiliser les revenus nécessaires pour financer leurs propres activités et fournir des services publics (Banque Mondiale, 2018). La part du budget de l'Etat consacrée à la santé est modique et largement inférieure aux engagements d'Abuja (15%) et l'aide extérieure insuffisante (MSP, 2016 ; BCC, 2018). Par ricochet, la part du budget de la santé allouée aux activités de la lutte antipaludique reste faible dans tout le pays (PNLP-RDC, 2017). De ce fait, les activités et les zones d'interventions du PNLDP deviennent de plus en plus sélectives. Les grandes campagnes de distribution des moustiquaires se font plus dans les provinces de l'Ouest que dans les provinces du Centre et du Sud-est (Losimba et al., 2018). Les ménages des provinces du centre et du Sud-est possèdent moins de moustiquaires que ceux de l'Ouest (INS-RDC, 2018). La possession des moustiquaires dans le ménage n'est pas synonyme de l'accès à la moustiquaire et de son utilisation (USAID, 2014). Néanmoins, cette augmentation en possession de moustiquaires imprégnées d'insecticides a permis d'améliorer l'accès de la population aux moustiquaires et même le taux d'utilisation, aussi bien en milieu urbain qu'en milieu rural (Losimba et al., 2018).

Les provinces de l'Ouest connaissent de moins en moins les situations d'instabilités, les guerres et autres, contrairement aux provinces du Centre et du Sud-est. Les affrontements entre les milices de Kamuina Nsapu et les forces de défense et de sécurité dans les provinces du centre sont susceptibles d'empêcher toute activité préventive contre le paludisme⁶. Pendant ces violences, certaines familles ont vécu avec leurs enfants à ciel ouvert sans accès à l'eau salubre, aux soins de santé ni à la moindre moustiquaire pour se protéger de la malaria (UNICEF, 2018). L'instabilité politique et les violences freinent et empêchent la mise en œuvre des programmes de développement (Barbieri, 1991).

Les résultats montrent que le risque de contracter le paludisme diminue avec l'amélioration du niveau de vie des ménages. Longuepée (2006) ; Yovoga (2009) ; Nkemba et al. (2014) ; Barry (2015) ; Fournet et al. (2015) ;

⁶ L'insurrection des Kamuina Nsapu a été déclenchée en août 2016, lorsque le chef coutumier du même nom (Jean-Pierre Mpandi) a été exécuté avec plusieurs de ses adeptes au cours d'un assaut mené à son domicile par les forces de défense et de sécurité congolaises. Jean-Pierre Mpandi était entré en confrontation ouverte avec les autorités nationales depuis que celles-ci avaient refusé de reconnaître officiellement son statut de chef coutumier Kamuina Nsapu, un droit pourtant consacré en vertu de la loi de 2015 fixant le statut des chefs coutumiers. De mars à juillet 2017, il y a eu d'exécutions sommaires, des actes de torture, des mutilations, des violences sexuelles, des pillages, des destructions de biens, des arrestations et des détentions arbitraires et des transferts forcés de populations.

Saïdou (2018) ; Ouedragaogo et al. (2018) et Kaboré (2019) ont abouti à des résultats similaires. En dépit des campagnes de distribution gratuite de moustiquaires, les moyens préventifs (la moustiquaire, l'insecticide et le spirale anti-moustique etc.) ont un coût (Takudzwa, 2018). Les coûts de prévention du paludisme en Afrique sont en fait assumés par la population (Nkemba et al., 2014). Il existe une relation étroite entre l'économie des ménages et le paludisme (Longuepée, 2006). La structure des dépenses des ménages pauvres en RDC révèle une prédominance des dépenses incompressibles (aliment, logement, etc.) (PNUD, 2009a). Dans ces ménages, l'arbitrage entre l'achat des produits préventifs contre le paludisme et les besoins incompressibles reste en faveur des besoins incompressibles. Ces ménages réduisent les fonds alimentaires pour faire face aux dépenses médicamenteuses (Diallo, 2003). Les femmes chef de ménage sont contraintes de sacrifier leur jour de travail pour s'occuper des enfants atteints de paludisme (Pierrat, 2010).

La qualité du logement et la nature de sa construction, sa conception, les matériaux utilisés et l'emplacement sont considérés comme ayant un impact sur la vulnérabilité des résidents du ménage au paludisme (Takudzwa, 2018). Les enfants des ménages de niveau de vie moyen ou élevé vivent dans des conditions d'habitations moins favorables aux moustiques (Kaboré, 2019). L'amélioration des logements diminue le risque de contracter le paludisme en raison de la diminution de l'entrée des moustiquaires dans la maison moderne. Les maisons équipées d'écrans ou d'avant toits fermés ont un effet protecteur sur les occupants contre la menace des piqûres des moustiques infectés. Toutefois, les enfants de ménages riches contractent également le paludisme. Ces ménages riches possèdent de l'électricité ou des générateurs (Pierrat, 2010). La lumière électrique attire les vecteurs du paludisme, d'où son utilisation comme pièges à moustiques (Takudzwa, 2018). Cependant, le lien entre le paludisme et l'électricité reste complexe et exige des études pour une compréhension plus poussée (Takudzwa, 2018). En outre, les ménages riches ont tendance à vivre en ville et repoussent les animaux domestiques. D'où, la concentration des piqûres sur l'homme qui est la seule proie disponible pour l'anophèle (Remy, 1988 ; Pierrat, 2010).

Les résultats montrent que la promiscuité augmente le risque de contracter le paludisme chez les enfants (Fournier et Haddad, 1995 ; Maud, 2006 ; Pierrat, 2010 ; Takudzwa, 2018). En RDC, le développement économique ne suit pas la croissance de la population. Ceci provoque une concentration de citadins très pauvres dans des quartiers dégradés, ou, plus généralement, dans des zones périphériques sous-équipées. Dans ces quartiers, les ordures ménagères traînent partout et l'eau stagne dans les cours à l'hivernage provoquant ainsi le développement des moustiques (PNUD, 2009a). A Kinshasa, comme dans les autres villes du pays, les pauvres sont

entassés et plusieurs ménages partagent souvent une même concession. La taille moyenne des ménages est plus élevée dans les centres urbains (MPSMRM, MSP et ICF International, 2014). Les résultats montrent que les enfants des ménages qui utilisent les toilettes améliorées contractent moins le paludisme que les enfants des ménages qui utilisent les toilettes non améliorées. Kaboré (2019) est arrivé à la même conclusion. Les eaux des toilettes non améliorées stagnent parfois dans la cours ou dans un trou creusé par les membres du ménage. Les anophèles ont une forte capacité d'adaptation (Capelle, 2007). Ces eaux usées qui stagnent deviennent, de ce fait, le lieu de développement des moustiques.

Les enfants des mères de niveau d'instruction secondaire ou plus ont moins de risque d'attraper le paludisme par rapport aux enfants des mères de niveau primaire ou sans niveau. Ces résultats concordent avec ceux trouvés par Pierrat (2010) ; Fournet et al. (2015) ; Diallo (2016) et Kaboré (2019). En RDC, peu de femmes ont un niveau d'instruction secondaire ou plus (MPSMRM, MSP et ICF International, 2014). De tels constats montrent que le niveau d'instruction élevée distingue une femme congolaise dans la société et dans son foyer. Ce niveau élevé d'instruction confère à la femme un statut public et un statut privé (Rakotondrabe, 2004) et la fait participer à la prise de décision dans le couple en matière de santé et d'hygiène des enfants. Le niveau d'instruction élevée atténue le poids de la tradition et des pratiques défavorables à la santé des enfants (Franckel, 2004). Le niveau d'instruction de la mère a une influence sur le comportement sanitaire du ménage (Rakotondrabe, 2004). Les mères instruites sont favorables et assimilent correctement les conseils préventifs sur le paludisme (Pierrat, 2010). L'instruction de la mère influence les connaissances, attitudes et pratiques du ménage au sujet de la morbidité palustre (Takudzwa, 2018).

En outre le niveau d'instruction de la femme congolaise est associé à son statut socio-économique. Les femmes de niveau d'instruction supérieure ou plus font partie de la catégorie de femmes de niveau d'instruction secondaire ou plus. Ces femmes de niveau d'instruction supérieure ou plus trouvent davantage du travail que leurs homologues hommes. Le taux de chômage des femmes est inférieur à celui des hommes (INS-RDC, 2014). Il est susceptible que ces femmes accèdent aux revenus plus élevés qui pourraient aussi leur permettre de se procurer des moyens préventifs contre le paludisme. Les enfants des mères instruites vivent dans des ménages de niveau de vie élevé ayant diverses possibilités de protéger contre les piqûres des moustiques. Outre la possibilité de se procurer des insecticides, des spirales anti-moustiques, ces enfants des mères instruites vivent dans les milieux urbanisés qui repoussent les gîtes larvaires des moustiques (Maud, 2006).

Les résultats montrent que les enfants qui ne dorment pas sous une moustiquaire sont davantage impaludés. Ces résultats corroborent ceux

trouvés Au Malawi (Hajison et al., 2018) ; Au Burkina Faso (Bouba Djourdebbé et al., 2018) ; Au Zimbabwe (Takudzwa, 2018). Toutefois, les enfants qui dorment sous une moustiquaire contractent aussi le paludisme (Kaboré, 2019). Ceci s'explique par le fait que l'anophèle est aussi en activité avant 23h quoi qu'elle soit réputée être en activité maximale entre 23h et 6h (Audry et Gatizère, 2019). Dans les zones périphériques des milieux urbains où vivent les pauvres, les enfants sont contraints d'attendre la cuisson des aliments jusqu'aux heures tardives (Takudzwa, 2018). Parfois, ces enfants jouent également jusqu'à des heures tardives.

Chez les enfants de 6-59 mois, le risque d'attraper le paludisme augmente avec l'âge de l'enfant. Sabatinelli et al. (1986), Othingue (2005), Mutombo et al. (2018), Saïdou (2018) et Kaboré (2019) ont abouti aux résultats similaires. Ce résultat s'explique par le fait que certains groupes d'âges sont plus vulnérables que d'autres (Takudzwa, 2018). Les enfants de moins d'un an sont moins vulnérables au paludisme en raison des anticorps acquis dans l'utérus de leur mère (Carnevale et Vaugelade, 1987 ; Takudzwa, 2018). Il a été constaté que les garçons plus sensibles que les filles (Le Hersan, 2000). En outre, les enfants de 6-23 mois bénéficient de plus de protection et d'attention que leurs aînés de 24-59 mois (Pierrat, 2010). Généralement, les mères ont tendance à leur faire porter les habits longs qui laissent de moins en moins la peau du corps visible (ANOFEL, 2014).

La province de résidence, le niveau de vie des ménages, le type de lieu d'aisance, la promiscuité dans le ménage, le niveau d'instruction de la mère, l'utilisation de la moustiquaire et l'âge de l'enfant déterminent significativement le paludisme chez les enfants de 6-59 mois. Ainsi, ces hypothèses spécifiques associées à ce travail ont été vérifiées. La moustiquaire réduit le risque de contracter le paludisme. Le risque de contracter le paludisme diminue avec le niveau de vie et le niveau d'instruction de la mère. La province de résidence influence la survenue du paludisme chez les enfants de 6-59 mois.

Toutefois, ce travail a des limites liées aux données et à la méthodologie utilisée qu'il convient de signaler. Les variables composites facilitent certes l'interprétation, cependant elles ont le défaut d'être subjectives. Egalement, la zone de dénombrement utilisée pour définir les communautés n'est pas une entité. Dans l'attente d'un potentiel vaccin, pour atteindre les objectifs d'élimination du paludisme ici de 2030, nous formulons les recommandations ci-après au gouvernement et aux partenaires au développement : de mener des actions préventives dans les provinces du Centre (Sankuru, Lomami, Kasai oriental, Kasai et Kasai central et du Sud-est (Tanganyika, Haut-Lomami, Haut-Katanga et Lualaba) ; d'élaborer et de mettre en œuvre un plan d'aménagement du territoire pour éviter des constructions anarchiques qui causent les gîtes larvaires ; de renforcer les

projets d'assainissements en milieux urbain et rural ; d'initier des enquêtes entomologiques dans chaque zone de dénombrement lors des enquêtes démographiques de santé (EDS) et de s'intéresser à la spatialisation des données pour identifier les déterminants environnementaux du paludisme.

References:

1. Abdou Louche (2014), Évolution spatio-temporelle de la morbidité palustre chez les enfants de moins de cinq ans au Niger, mémoire de Master en Démographie, Université de Yaoundé II Soa, IFORD, 144 p. + annexes.
2. Association Française Des Enseignants De Parasitologie Et Mycologie (2014), Paludisme, France, Document de travail, Paris, Université Médicale Virtuelle Francophone, 27p.
3. AUBRY Pierre Et GAÜZERE Bernard-Alex (2018), Paludisme, Document pédagogique, Centre René Labusquière, Institut de Médecine Tropicale, Université de Bordeaux, 30p.
4. Barbieri M. (1991), Les déterminants de la mortalité des enfants dans le tiers monde, Les dossiers du CEPED, Paris, n° 18, 35p.
5. Barry Mamadou Saliou (2015), Disparités régionales de la morbidité palustre chez les enfants de moins de cinq ans en Guinée, mémoire de Master en Démographie, Université Yaoundé II Soa, IFORD, 140 p. +annexes.
6. Banque Mondiale (2018), Diagnostic systématique pays : Priorités de politiques pour réduire la pauvreté et promouvoir la prospérité partagée dans un pays fragile sortant d'un conflit, République démocratique du Congo, Document de travail, Kinshasa, n° 112733-ZR, 188p.
7. Boco Germain (2011), Déterminants individuels et contextuels de la mortalité des enfants de moins de cinq ans en Afrique au sud du Sahara : Analyse comparative des enquêtes démographiques et de santé, Thèse en Démographie, Université de Montréal, 249p + annexes.
8. Bouba Djourdebbe Franklin (2015), Facteurs environnementaux immédiats et santé des enfants dans les zones de l'Observatoire de population de Ouagadougou, thèse en Démographie, Université de Montréal, 210p. + annexes.
9. Capelle Angélique (2007), Paludisme et réchauffement climatique, mémoire de 2è année en Ecologie Humaine et Santé, Université Paul Cézanne Aix-Marseille, 28p. + annexes.
10. Carnevale P. Et Robert V. (2009), Les anophèles : Biologie, transmission du Plasmodium et lutte anti-vectorielle, Marseille (France), IRD Éditions, 402p.).

11. Carnevale P. Et Vaugelade J. (1987), Paludisme, morbidité palustre et mortalité infantile et juvénile en Afrique sub-saharienne, WHO/MAL/87.1036, Document de travail, 20 p.
12. Courgeau D. Et Baccaïni B. (1997), « Analyse multi-niveaux en sciences sociales », population, vol.4, pp.831-863.
13. Diallo D. (2016), Disparités régionales de la morbidité palustre chez les enfants de 6-59 mois au Mali : Recherche des facteurs explicatifs, mémoire de Master en Démographie, Université Yaoundé II Soa, IFORD, 95p. + annexes.
14. Diallo Yveline. (2003). « Pauvreté et maladie », in : Jaffré Y. et Olivier de Sardan J. (2003), Une médecine inhospitalière : les difficiles relations entre soignants et soignés dans cinq capitales d'Afrique de l'Ouest, Marseille (France), Editions Hommes et Société, pp.157-216.
15. Doumbia Sidy (2007), Impact du changement climatique sur l'incidence du paludisme au Mali de 1998 à 2007, thèse en Médecine, Université de Bamako, 86p.
16. Drame Papa Makthar (2010), Relation Homme-Vecteur au cours du paludisme : Développement d'un nouvel outil immuno-épidémiologique évaluant l'efficacité de la lutte anti-vectorielle, thèse en Biologie et pathologies humaines, Université Cheik Anta Diop, Ecole Doctorale « Sciences de la vie, de la santé et de l'environnement », 346p. + annexes.
17. Fournet F. et al. (2015), « Analyse de la distribution socio-spatiale du paludisme dans une ville moyenne ouest africaine, Bobo-Dioulasso (Burkina Faso) », *Dynamiques Environnementales-Journal international des géosciences et de l'environnement*, n°36, pp. 155-169.
18. Fournier P. Et Haddad S. (1995), « Les facteurs associés à l'utilisation des services de santé dans les pays en développement », in : Hubert G. Et Piche V.(1995), Sociologie des populations, Montréal, PUM/AUPELF-UREF, pp 289-325.
19. Franckel Aurélien (2004), Les comportements de recours aux soins en milieu rural au Sénégal : Le cas des enfants fébriles à Niakhar, thèse de doctorat en Démographie, Université Paris X Nanterre, 466p. + annexes.
20. Givord Pauline Et Guillerm Marine (2016), Méthodologie statistique : Modèles multiniveaux, INSEE, Document de travail, Paris, 64p.
21. Hajison P. et al. (2018), « Malaria in children under-five: A comparison of risk factors in lakeshore and highland areas, Zomba district, Malawi », *PLoS ONE*, Vol. 13, n°11, pp. 1-16.

22. Hanitriniaina Felana Angella Ihantamalala (2017), Modélisation de la dynamique du paludisme à Madagascar, thèse en Géographie, Université de la réunion, 120p + annexes.
23. INS-RDC (2014), Rapport global de l'enquête 1-2-3 : Résultats de l'enquête sur l'emploi, le secteur informel et sur la consommation des ménages de 2012, Rapport de l'enquête, Kinshasa, 164p.
24. INS-RDC (2018), Enquête par grappes à indicateurs multiples de 2017-2018, République Démocratique du Congo, Rapport de résultats de l'enquête, Kinshasa, 601p.
25. Itriago Deborah (2011), Décider de son développement : La fiscalité pour combattre la pauvreté, Rapport de recherche d'OXFAM, Londres, 8p.
26. Kabore Sidbewende Théodore (2019), Disparités régionales de la morbidité palustre des enfants de moins de cinq ans au Burkina Faso, mémoire de Master en démographie, Université de Yaoundé II SOA, IFORD, 175p + annexes.
27. Kone Karna Georges (2012), L'équité de l'accès aux soins dans un contexte de subvention des médicaments : Une analyse économétrique des déterminants du recours aux soins à Dakar, thèse de doctorat en économie de la santé, Université Cheikh Anta Diop, 239p. + annexes.
28. Le Hesran J. (2000), « Les particularités du paludisme chez l'enfant », *Med Trop*, Vol. 60, n°1, pp. 92–98.
29. Longuepee D. (2006), « Paludisme, institutions et croissance : Que penser du débat actuel ? », *Économie et institutions*, n°8, pp. 95–118.
30. Losimba Joris, Emina Jacques, Mbolipay Josué, Karamere Johanna, Kakesa Olivier, Nana Ismaël, Humes Michael Et Ye Yazouma (2018), Evaluation de l'impact des interventions de lutte contre le paludisme sur la mortalité toutes causes confondues chez les enfants de moins de cinq ans en République Démocratique du Congo de 2005 à 2015, Pnlp-Rdc, Document de travail, 77p.
31. Makamba Mbonariba Et Manunga (2004), La problématique du financement de la sante en République Démocratique du Congo, Document de travail, Ministère de la santé, Kinshasa, 27p.
32. Mamadou Lamine Poreko (2018), Etudiants subsahariens à Toulouse et prévention du paludisme d'importation, thèse en Médecine, Université Toulouse III–Paul SABATIER, 71p. + annexes.
33. Maud Cussac (2006), Impacts des facteurs environnementaux et sociodémographiques dans la ville d'Ouagadougou (Burkina Faso), Mémoire de Master en Géographie de la santé, Université de Nanterre, 58p. + annexes.
34. Moiroux Nicolas (2012), Modélisation du risque d'exposition aux moustiques vecteurs de Plasmodium spp. Dans un contexte de lutte

- anti-vectorielle, thèse en Ecologie, Environnement, Université Montpellier II, 252 p. + annexes.
35. Ministère Du Plan Et Suivi Des Mise En Œuvre De La Revolution De La Modernite, Ministère De La Sante Publique, et ICF INTERNATIONAL (2014), Enquête Démographique et de Santé, République Démocratique du Congo 2013-2014, Calverton, Maryland, U.S.A. : MPSMRM, MSP et ICF International, 678p.
 36. Ministère De La Sante Publique (2016), Plan National de développement Sanitaire (PNDS) 2016-2020 : Vers la couverture sanitaire universelle, MSP, Kinshasa, 97p.
 37. Mutombo A. et al. (2018), « Paludisme grave chez les enfants âgés de moins de cinq ans à l'hôpital Panda à Likasi, République Démocratique du Congo », *Revue de l'Infirmier Congolais*, Vol. 2, pp. 4-10.
 38. Nganawara D. (2016), Famille et scolarisation des enfants en âge obligatoire scolaire au Cameroun : Une analyse à partir du recensement de 2005 (Collection Rapport de recherche de l'Observatoire Démographique et Statistique de l'Espace Francophone (ODSEF), Université Laval, Québec, 50p.
 39. Nkemba B. et al. (2014), « Vulnérabilité économique des ménages au cours d'une épisode du paludisme dans la zone de santé de Miti-Murhesa en RD Congo », *International Journal of Innovation and Applied Studies*, Vol. 8, n°3, pp. 912-919.
 40. Noguer A. (1979), « Les facteurs influençant la distribution géographique du paludisme dans le monde », *Revue genevoise de géographie (Globe)*, Tome 119, pp. 15-25.
 41. ORGANISATION MONDIALE DE LA SANTE (2015), Rapport mondial sur le paludisme 2015, Suisse, Document de travail, Genève, 165 p.
 42. ORGANISATION MONDIALE DE LA SANTE (2018), Rapport mondial sur le paludisme 2017, Suisse, Document de travail, Genève, 196 p.
 43. Othingue N. (2005), Étude épidémiologique et spatiale du paludisme en milieu urbain au Sahel : N'Djaména, Tchad, thèse de Doctorat en Géographie, Université de Bâle (Suisse), 156 p. + annexes.
 44. Ouedraogo M. et al. (2018), « Spatial distribution and determinants of asymptomatic malaria risk among children under five years in 24 districts in Burkina Faso », *Malaria Journal*, Vol. 17, n°460, pp. 1-12.
 45. Pierrat Charlotte (2010), Des moustiques et des hommes, thèse de en Géographie, Université Paris 1 Panthéon Sorbonne, 149p + annexes.
 46. PNLP-RDC (2017), Rapport annuel d'activités 2016, République Démocratique du Congo, Rapport, Kinshasa, 44p.

47. PNUD (2009a), Kinshasa : Pauvreté et conditions de vie des ménages, République Démocratique du Congo, Document de travail, Kinshasa, 20p.
48. PNUD (2009b), Kasai Occidental : Pauvreté et conditions de vie des ménages, Document de travail, Kasai Occidental, 20p.
49. PNUD (2009c), Kasai Oriental : Pauvreté et conditions de vies ménages, Document de travail, Kasai Oriental, 20p.
50. PNUD (2009d), Katanga : Pauvreté et conditions de vie des ménages, Document de travail, Katanga, 20p.
51. Rakotondrabe Faraniaina Patricia (2004), Statut de la femme et santé des enfants à Madagascar, thèse de Doctorat en Démographie, Université de Yaoundé II Soa, IFORD (Cameroun), 370 p. + annexes.
52. Remy G. (1988), « Spécificités urbaines du paludisme en Afrique tropicale ». *ORSTOM, série Entomo. Méd*, Vol. 6, n°2, pp. 3-20.
53. Sabatinelli G. et al. (1986), « Prévalence du paludisme à Ouagadougou et dans le milieu rural limitrophe en période de transmission maximale », *Parassitologia*, Vol. 28, n°1, pp. 17-31.
54. Saïdou Hamadou (2018), Pauvreté, paludisme et réformes des systèmes de santé en Afrique : Trois études appliquées au Cameroun, thèse en sciences économiques, Université Paris-Dauphine, 181p. + annexes.
55. Samakou Guy Landry (2017), Les facteurs individuels et contextuels de la morbidité palustre infanto-juvenile au Bénin, mémoire de Master en démographie, Université de Yaoundé II SOA, IFORD, 93p. + annexes.
56. Soma D. et al. (2018), « Transmission entomologique du paludisme à Nanoro, site de l'essai vaccinal RTS'S au Burkina Faso », *Revue du CAMES: Science de la santé*, Vol. 5, n°2, pp. 15-20.
57. Stefani Aurélien (2011), Epidémiologie du paludisme et environnement : Étude de deux populations amérindiennes de l'est et de l'ouest guyanais, thèse pour le doctorat en Sciences de la Vie, Spécialité Santé Publique, Université des Antilles et de la Guyane, 369p. + annexes.
58. Takudzwa David, (2018), Household determinants of malaria in Mutasa District of Zimbabwe, Thesis in Public Health, Walden University, 172p + appendix.
59. UNICEF, O. D. N. U. P. L. (2018). *Kasai : Les enfants, premières victimes de la crise*. Rapport, Kinshasa, 24p.
60. UNITED STATES AGENCY FOR INTERNATIONAL DEVELOPMENT (2014), Comprendre et Utiliser les Enquêtes Démographiques et de Santé, U.S.A., Document de travail, Calverton, 65p.

61. Yovoga R. (2009), Recours thérapeutiques des mères en cas de paludisme chez les enfants de moins de cinq ans au Bénin, mémoire de Master en Démographie, Université de Yaoundé II Soa, IFORD (Cameroun), 154p. + annexes.

Annexe

Annexe 1. Taux de non-réponse des variables de l'étude

Variables	Modalités de la variable	% de la modalité	Réponses valides	Valeurs manquantes	%
Résultat de la goutte épaisse	Impaludé	26,34	8489	0	0,00
	Non impaludé	73,66			
Sexe de l'enfant	Masculin	49,84	8489	0	0,00
	Féminin	50,16			
Age de l'enfant	6-23 mois	32,84	8489	0	0,00
	24-59 mois	67,16			
Utilisation de la moustiquaire	N'utilise pas	45,54	8489	0	0,00
	Utilise	54,46			
Age de la mère	15-24 ans	40,07	8088	401	4,72
	25-34 ans	43,45			
	35-49 ans	16,48			
Ethnie de la mère	Bakongo	6,56	8046	443	5,21
	Bas-Kasaï et Kwilu-Kwango	15,29			
	Cuvette centrale	9,66			
	Ubangi et Imbiri	13,44			
	Uélé-Lac Albert	8,8			
	Basele-Komo-Maniema et Kivu	17,09			
Religion de la mère	Kasaï-Katanga et Tanganyika	29,17			
	Catholique	43,22	8059	430	5,07
	Protestante	27,35			
Niveau d'instruction de la mère	Autre religion	29,43			
	Sans niveau	21,80	7725	764	9,00
	Primaire	44,89			
Occupation de la mère	Secondaire et plus	33,31			
	Inactive	24,04	8088	401	4,72
	Agricultrice	52,27			
Culture du ménage Paludisme	Active non agricultrice	23,69			
	Faible	19,89	8482	7	0,08
	Moyenne	48,21			
Niveau de vie du	Forte	31,90			
	Bas	40,00	8387	102	1,20

ménage	Moyen	40,00			
	Elevé	20,00			
Promiscuité dans le ménage	1-2 enfants	20,18	8489	0	0,00
	3 enfants	34,39			
	Plus de 3 enfants	45,43			
Type de toilettes	Toilette non améliorée	62,94	8488	1	0,01
	Toilette améliorée	37,06			
Disponibilité de la Moustiquaire	Aucune moustiquaire	25,72	8489	0	0,00
	Une moustiquaire pour plus de deux	10,70			
	Une moustiquaire pour deux	63,59			
Milieu de résidence	Rural	70,88	8489	0	0,00
	Urbain	29,12			
Province de résidence	Ouest	22,95	8489	0	0,00
	Nord-ouest	15,88			
	Centre	20,56			
	Sud-est	12,59			
	Est	16,26			
	Nord-est	11,70			
Proportion de ménages pauvres	Elevée	39,26	8489	0	0,00
	Faible	60,74			

Source : Exploitation des données de l'EDS-RDC II, 2013-2014

Annexe 2. Variables incluses dans l'indicateur niveau de vie du ménage

Variables	Réponses valides	Réponses manquantes	Taux de non réponses en %
Confort de l'habitat			
- Source d'eau de boisson	8487	2	0,02
-Matériau du sol	8484	5	0,06
-Principal matériau du toit	8488	1	0,01
-Principal matériau des murs extérieurs	8484	5	0,06
Possessions de certains biens			
-Possession des biens matériels			
- Electricité	8484	5	0,06
- Poste radio	8484	5	0,06
-Télévision	8485	4	0,05
- Réfrigérateur	8488	1	0,01
-Générateur	8487	2	0,02
- Réchaud			
- Chaises	8484	5	0,06
- Lits	8483	6	0,07
- Lampes	8486	3	0,04
- Four	8470	19	0,22
- Machine à coudre	8477	12	0,14
- Bicyclette	8485	4	0,05

- Téléphone portable	8487	2	0,02
- Motocyclette	8487	2	0,02
- Voiture	8487	2	0,02
- Ordinateur	8487	2	0,02
- Loyer	8481	8	0,09

Source : Exploitation des données de l'EDS-RDC II, 2013-2014

Annexe 3. Variables incluses dans l'indicateur Culture de la mère sur le paludisme

Variables	Réponses valides	Réponses manquantes	Taux de non réponse en %
Comment attrape-t-on le paludisme			
- Piqûre de moustique	8484	5	0,06
- Piqûre autres insectes	8484	5	0,06
- Transfusion sanguine	8484	5	0,06
- De la mère à l'enfant	8484	5	0,06
- Eau à boire	8484	5	0,06
- sorcellerie	8484	5	0,06
Les symptômes du paludisme			
- Fièvre	8486	3	0,04
- Maux de tête	8486	3	0,04
- Douleur généralisée	8486	3	0,04
- Diarrhée	8486	3	0,04
- Coma	8486	3	0,04
- Frisson	8486	3	0,04
- Convulsion	8486	3	0,04
Comment se protéger contre les piqûres des moustiques			
- Utilisation de l'insecticide	8484	5	0,06
- Dormir sous une MII	8484	5	0,06
- Dormir sous une moustiquaire simple	8484	5	0,06
- Assainissement	8484	5	0,06

Source : Exploitation des données de l'EDS-RDC II, 2013-2014

Détermination Du Régime Alimentaire De La Girafe d'Afrique De l'Ouest (Giraffa Camelopardalis Peralta Linnaeus 1758) En Saison Sèche Dans Les Zones Excentrées De Fandou, Dingazi-Banda Et Simiri Au Niger

*Hamadou O.
Amadou Oumani A.
Morou B.*

UFR Biosciences,
Université Dan Dicko Dankoulodo de Maradi, Niger

Mahamane A.
Université de Diffa, Diffa, Niger

[Doi:10.19044/esj.2021.v17n7p120](https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n7p120)

Submitted: 29 January 2021
Accepted: 15 February 2021
Published: 28 February 2021

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

Cite As:

Hamadou O., Amadou Oumani A., Morou B. & Mahamane A. (2021). *Détermination Du Régime Alimentaire De La Girafe d'Afrique De l'Ouest (Giraffa Camelopardalis Peralta Linnaeus 1758) En Saison Sèche Dans Les Zones Excentrées De Fandou, Dingazi-Banda Et Simiri Au Niger*. European Scientific Journal, ESJ, 17(7), 120.

<https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n7p120>

Résumé

La girafe du Niger (*Giraffa camelopardalis peralta*), est une espèce relique bénéficiant depuis plusieurs décennies d'une protection intégrale et cohabite de manière assez harmonieuse avec les humains. Ces dernières années, les girafes colonisent progressivement de nouveaux habitats et peu d'informations sont connues sur le régime alimentaire dans les nouvelles zones. La détermination du régime alimentaire de la girafe en saison sèche dans les zones excentrées de Fandou, Dingazi-banda et Simiri, a pour objectif d'identifier les espèces végétales, les plus recherchées par la girafe pour une gestion durable de l'espèce au Niger. Trois (3) méthodes à savoir l'observation directe, l'indice d'abrutissement et l'analyse microscopique des crottes ont été utilisées. Il ressort de cette étude, que 23 espèces végétales appartenant à 10 familles sont consommées par la girafe du Niger. *Vigna anguculata* a été retrouvé à travers les indices d'abrutissement. Les femelles ont un spectre

alimentaire plus large (19 espèces végétales) que les mâles (16 espèces végétales). Les espèces végétales, les plus consommées sont *Combretum glutinosum* (15,60%), *Balanites aegyptiaca* (11,60%) et *Faidherbia albida* (37,60%). Le broutage de *Mitragyna inermis* n'est pas observé chez les mâles. *Maerua crassifolia* et *Ziziphus mauritiana*, présentant des indices d'abrutissement élevés, sont moins broutées par la girafe. La faible fréquence de la girafe sur certaines espèces végétales n'est que la conséquence de sa disponibilité dans l'habitat.

Mots clés : Régime alimentaire, Girafe, Saison sèche, Fandou, Dingazi-banda, Simiri, Niger

**Determination of the Diet of the West African Giraffe
(*Giraffa Camelopardalis Peralta Linnaeus 1758*) in the Dry
Season in the Outlying Areas of Fandou, Dingazi-Banda and
Simiri in Niger**

Hamadou O.

Amadou Oumani A.

Morou B.

UFR Biosciences

Université Dan Dicko Dankoulodo de Maradi, Niger

Mahamane A.

Université de Diffa, Diffa, Niger

Abstract

The Niger giraffe (*Giraffa camelopardalis peralta*), is a replicant species that has enjoyed full protection for several decades and cohabits quite harmoniously with humans. In recent years, giraffes have gradually colonized new habitats and little is known about the diet in the new areas. Determining the giraffe's diet during the dry season in the outlying areas of Fandou, Dingazi-banda and Simiri, aims to identify the plant species most sought after by the giraffe for sustainable management of the species in Niger. Three (3) methods, namely direct observation, browsing index and microscopic analysis of droppings were used. This study shows that 23 plant species belonging to 10 families are consumed by the Niger giraffe. *Vigna anguculata* was found through the browsing indices. Females have a wider food spectrum (19 plant species) than males (16 plant species). The most consumed plant species are *Combretum glutinosum* (15.60%), *Balanites aegyptiaca* (11.60%) and *Faidherbia albida* (37.60%). Grazing of *Mitragyna inermis* is not observed in

males. *Maerua crassifolia* and *Ziziphus mauritiana*, with high browsing indices, are less browsed by giraffe. The giraffe's low frequency on certain plant species is only a consequence of its availability in the habitat.

Keywords: Diet, Giraffe, Dry season, Giraffe, Fandou, Dingazi-banda, Simiri, Niger

Introduction

La girafe du Niger (*Giraffa camelopardis peralta*), seule représentante de l'espèce en Afrique de l'Ouest, avait une grande répartition sur le continent africain. Mais les actions anthropiques, associées aux phénomènes climatiques, ont entraîné une réduction considérable de son aire de répartition (Morou, 2010). Elle figure sur la liste des taxons protégés intégralement au Niger (Loi n°98-07 du 29 avril 1998) et est classée dans la catégorie « Vulnérable » sur la liste rouge de l'Union Internationale pour Conservation de la Nature (UICN) en 2018. Cette catégorie comprend les espèces confrontées à une menace à l'état sauvage.

C'est pourquoi, diverses opérations ont été entreprises pour sa conservation. Elle jouit d'une protection intégrale et cohabite de manière assez harmonieuse avec les humains. Ces dernières années, les girafes colonisent progressivement de nouveaux habitats. Ainsi, depuis 2005, de petits troupeaux de girafes se sont inféodés dans la zone de Fandou, région de Tillabéry au Niger (Ambouta, 2006), mais les données sur le régime alimentaire de la girafe dans ces zones nouvellement colonisées sont très limitées. En effet, la connaissance du régime trophique d'un herbivore est fondamentale car les ressources alimentaires peuvent quantitativement et qualitativement influencer sur les processus de croissance, de reproduction ou de survie qui affectent les individus constituant une population (Baubet, 1998 *in* Morou, 2010).

L'étude du régime alimentaire en saison sèche constitue une contribution à la connaissance de l'écologie, l'éthologie et la biologie de la girafe. Elle vise la mise en place des stratégies pour améliorer qualitativement et quantitativement les ressources alimentaires utilisées par la girafe, mais également son habitat pour une gestion durable de l'espèce.

Matériel et méthodes

Présentation de la zone d'étude

La présente étude a été conduite dans les nouvelles zones de distribution de la girafe entre 13°43' et 14°45' de latitude Nord et 2°50' à 3°33' de longitude Est. Elle comprend les zones de Fandou, de Dingazi-banda et de Simiri. Elle est située dans la région de Tillabéry (figure1).

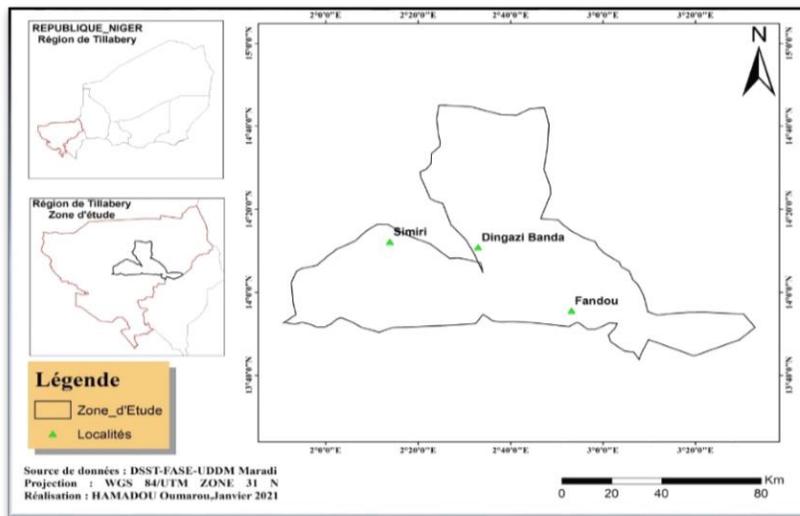


Figure 1. localisation de la zone d'étude

Sur le plan géomorphologique, on distingue, les sols du plateau ou Fakara qui sont des mélanges de sables éoliens et des produits argilo-sableux issus du continental terminal et les sols des agrosystèmes qui sont en voie de dégradation poussée par déflation et ruissellement (Ambouta, 1999).

La brousse tigrée est une formation forestière constituée d'alternance de bandes de végétation et de sol nu. Les processus qui déterminent son évolution ont été relativement investigués (Leprun, 1992 ; Ambouta, 1984, 1997 ; Couteron *et al.* 1996). C'est l'une des formations végétales la mieux structurée de la zone sahélienne (Ambouta, 1999).

Les Végétations des agrosystèmes sont extrêmement dégradées. On retrouve au niveau des reliquats de brousse tigrée, une végétation typique de la formation du plateau (Hamadou, 2009). Les pluies sont irrégulières et mal réparties dans le temps et dans l'espace et avec une pluviométrie moyenne annuelle de 497,15 mm, ces 30 dernières années (Chaibou, 1999).

Méthodes

Observation directe de la girafe en pâture

Il s'agit d'observer directement la girafe lors des prises d'espèces végétales, ce qui nécessite un suivi régulier de la girafe dans son déplacement journalier (de 8 heures du matin à 19 heures au soir). Ainsi, toutes les espèces végétales broutées par la girafe sont notées sur des fiches de relevés établies à cet effet. Des échantillons de ces espèces sont récoltés pour constituer un herbier et confirmer leur identification au laboratoire. Le suivi a été fait en tenant compte du sexe de la girafe, de l'état reproducteur de la femelle (girafe

gestante ou allaitante) dans l'optique de voir, s'il y a une différence dans l'alimentation.

Indices d'abrouissement

Des indices ont été retenus en fonction du degré d'abrouissement des espèces végétales. L'indice d'abrouissement est le degré de pression exercée par les girafes sur l'espèce végétale. Il est quantifié en fonction de l'importance des traces d'abrouissement sur la plante. Quant à la fréquence d'abrouissement d'une espèce, elle est le nombre de fois où l'espèce a été broutée durant la période d'observation. 1= peu brouté, 2= moyennement brouté, 3= très brouté.

Le suivi a été fait pendant la saison sèche (Novembre 2018 à Juin 2019) et sa fréquence est mensuelle pour l'ensemble de la zone d'étude (3 jours à la fin de chaque mois) .

Analyse des crottes ou fèces de la girafe

Les fèces comportent des fragments qui ne sont pas complètement dégradés. En effet les ruminants décomposent très mal la matière organique ingérée (Burthey & Burthey, 1997 in Oumani, 2006).

Partant de ce constant et vu la difficulté du suivi direct par l'imprécision dans le repérage exacte des organes prélevés lorsque l'animal broute dans un fourré dense, l'analyse microscopique des épidermes des crottes permet de compléter les résultats obtenus par observations directes et par les traces d'abrouissement.

L'identification des fragments est faite par comparaison au catalogue de référence des structures microscopiques préétabli à partir des épidermes végétaux des espèces végétales présentes dans la zone (Butey, 1985). Cette identification est basée sur des observations attentives des particularités spécifiques des cellules épidermiques dont entre autres leur forme et leur disposition, la présence et la forme des stomates, des poils et des glandes (Leclerc, 1981).

Les principales étapes de cette analyse microscopique sont :

- **Etablissement du catalogue de référence**

Partant du fait que les cuticules gardent l'empreinte des cellules épidermiques au cours de leur transit intestinal de la plante dont elles dérivent (Butey, 1985), il a été procédé à la constitution d'un atlas de référence des épidermes des espèces végétales de la zone d'étude. Pour la présente étude nous avons appliqué cette méthode de séparation mécanique sur des espèces végétales fraîches. En outre seules les faces inférieures des feuilles sont considérées conformément aux travaux de Burthey et Burthey (1997). Elle consiste à placer un fragment végétal sur une lame de verre, à verser quelques gouttes d'eau de javel sur le fragment, à gratter très délicatement le tissu avec

une lame de rasoir jusqu'à l'obtention d'une cuticule assez claire qui sera par la suite passée dans l'eau de javel pendant 5 minutes, puis lavée à l'eau (Prat, 1932 ; Chapuis, 1979 ; Garcia-Gonzalez, 1984 ; Butey, 1987 ; Burtthey et Burtthey, 1997; Oumani, 2006). Les fragments ainsi obtenus sont placés entre lames et lamelles dans une goutte de glycérine, puis photographiés.

▪ **Analyse des épidermes fécaux**

Il a été procédé à un ramassage des fèces frais (Dusi, 1949) au cours du suivi des girafes. Au total, 33 échantillons (9 échantillons pour mâles adultes, 12 pour les femelles adultes non gestantes, 5 pour les femelles allaitantes et 7 pour les femelles gestantes) composés chacun de 15 crottes au maximum. Ces fèces mis dans des flacons sont conservés dans de l'alcool dilué (20 %) et transportés au laboratoire afin d'être analysés. Ils sont lavés sous une eau à débit faible puis écrasés avec une cuillère et tamisés à l'aide de deux tamis superposés de 0,500 mm et 0,250 mm de maille pour obtenir des fragments épidermiques assez homogènes et aisément observables. Cette opération permet d'une part d'éliminer les grands fragments susceptibles de gêner l'observation et d'autre part les petits fragments n'ayant pas une surface suffisante pour permettre leur caractérisation (Oumani, 2006). Le refus du deuxième tamis (0,250 mm) est décoloré à l'eau de javel pendant 2 heures et lavé à l'eau distillée. Ensuite, il est homogénéisé par agitation, puis montés entre lame et lamelle dans une goutte de glycérine pour l'observation au microscope (Burtthey et Burtthey, 1997). Cette durée de trempage permet une décoloration des épidermes végétaux et une identification, sans destruction excessive du matériel (Oumani, 2006). Pour chaque échantillon, cinq (5) lames ont été préparées et au moins 100 fragments épidermiques potentiellement identifiables ont été reconnus.

Les différents fragments épidermiques sont recensés par balayage méthodique continu de la lame échantillon (Chapuis, 1979 ; Delaunay, 1982). La reconnaissance est faite à partir des caractéristiques anatomiques distinctes : trichomes ou stomates (Jonson *et al.*, 1983) ou des structures cellulaires nettement visibles. Les espèces végétales non reconnues ont été considérées comme des indéterminées.

Traitement des données

Le test Khi-deux a été utilisé pour la comparaison des fréquences de la girafe par espèces végétales. Ce test a été réalisé grâce au logiciel SPSS 2.0.

La comparaison du régime alimentaire des mâles et femelles a été réalisée grâce à l'Indice de Similitude des Pourcentages (ISP) (Burtthey et Burtthey, 1997 *in* Oumani, 2006).

$ISP(j, k) = \frac{\sum_i \min(A_{ij}, A_{ik})}{\sum_i \max(A_{ij}, A_{ik})}$ avec A_{ij} et A_{ik} représentant respectivement les abondances relatives de l'espèce végétale i dans les échantillons j et k . Pour une valeur de cet ISP comprise entre 80 et 100, les

échantillons ont été considérés statistiquement identiques au seuil de probabilité de $p < 5\%$ (Ponce, 1991 ; Burtney et Burtney, 1997 in Oumani, 2006).

Résultats

Spectre alimentaire global de la girafe

Le spectre alimentaire global de la girafe en saison sèche se compose de 23 espèces végétales qui se répartissent en 10 familles. Le broutage des girafes est orienté numériquement sur les familles des Combretaceae (26,08%), les Mimosaceae (21,73%), les Capparidaceae (13,04%) ; Anacardiaceae (8,69%) et les Caesalpiniaceae (8,69%). Par contre, le broutage a été faible au niveau des cinq autres familles (Tableau n°1).

Tableau n°1 : Pourcentage des familles des espèces végétales consommées durant le suivi

Familles	Nombre des espèces	Pourcentage (%)
Anacardiaceae	2	8,69
Balanitaceae	1	4,34
Caesalpiniaceae	2	8,69
Capparidaceae	3	13,04
Combretaceae	6	26,08
Mimosaceae	5	21,73
Papilionaceae	1	4,34
Rhamnaceae	1	4,34
Rubiaceae	1	4,34
Ulmaceae	1	4,34
Total	23	100

Résultats des observations directes

Par observation directe de la girafe lors de son pâturage, 19 espèces végétales appartenant à 8 familles avec une prédominance des arbres, arbustes et des lianes (tableau n°2), ont été relevées dans son alimentation.

L'analyse de la fréquence relative de brout (figure 2) nous montre une préférence alimentaire orientée pour *Faidherbia albida* (37,60%), *Combretum glutinosum* (15,60%), *Balanites aegyptiaca* (11,60%), *Acacia nilotica* (8,61%), *Boscia senegalensis* (4,50%), *Ziziphus mauritiana* (4,19%), *Acacia senegal* (3,8%), *Bauhinia rufescens* (3,67%), *Acacia tortilis* (2,92%) et *Maerua crassifolia* (2,53%).

Les moins broutées sont *Acacia seyal*, *Combretum aculeatum*, *Guiera senegalensis*, *Mitragyna inermis*, *Mangifera indica*, *Pilostigma reticulatum* et *Terminalia avicennioides*.

L'analyse statistique de cette observation fait ressortir une différence significative entre les fréquences de brout des girafes sur les différentes espèces végétales consommées ($p=0,000$; $\chi^2=640,489$; $ddl=486$).

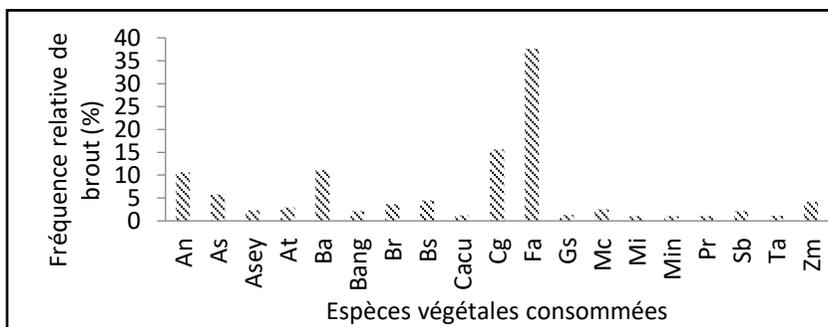


Figure 2. fréquence de brouit des espèces consommées par observation directe (**An** : *Acacia nilotica*, **As** : *Acacia senegal*, **Asey** : *Acacia seyal*, **At** : *Acacia tortilis*, **Ba** : *Balanites aegyptiaca*, **Bang** : *Boscia angustifolia*, **Br** : *Bauhinia rufescens*, **Bs** : *Boscia senegalensis*, **Cacu** : *Combretum aculeatum*, **Cg** : *Combretum glutinosum*, **Fa** : *Faidherbia albida*, **Gs** : *Guiera senegalensis*, **Mc** : *Maerua crassifolia*, **Mi** : *Mitragyna inermis*, **Min** : *Mangifera indica*, **Pr** : *Pilostigma reticulatum*, **Sb** : *Scleracarya birrea*, **Ta** : *Terminalia avicennioides*, **Zm** : *Ziziphus mauritiana*)

Tableau 2. Pourcentage des familles des espèces végétales consommées par observation directe

Familles	Nombre des espèces	Pourcentage (%)
Anacardiaceae	2	10,52
Balanitaceae	1	5,26
Caesalpiniaceae	2	10,52
Capparidaceae	3	15,78
Combretaceae	4	21,05
Mimosaceae	5	26,31
Rhamnaceae	1	5,26
Rubiaceae	1	5,26
Total	19	100

Espèces consommées

Selon les sexes

La figure 3, nous montre que le spectre alimentaire est plus élevé chez la femelle (19 espèces végétales) contre 16 espèces végétales chez le mâle.

L'indice de similitude des pourcentages, ISP= 88%, montre qu'il n'y a pas une certaine différence dans la prise alimentaire des mâles et des femelles.

Par contre, les espèces végétales non consommées ou non recherchées par les mâles sont *Combretum aculeatum*, *Mitragyna inermis* et *Terminalia avicennioides*. Le test khi-deux montre que ces différences de fréquence de brouit par espèce végétale n'ont pas été significativement différent chez les mâles ($\text{Chi}^2=247,119$; ddl= 240 ; $p= 0,362$) que chez les femelles ($\text{Chi}^2=375,979$; ddl= 360 ; $p= 0,270$).

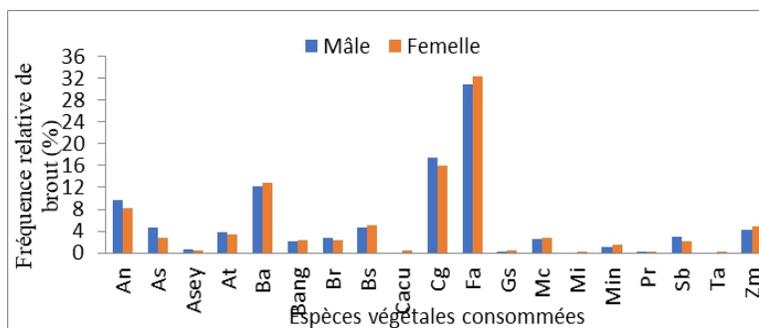


Figure 3. fréquence de brouet des espèces consommées par observation directe (**An** : *Acacia nilotica*, **As** : *Acacia senegal*, **Asey** : *Acacia seyal*, **At** : *Acacia tortilis*, **Ba** : *Balanites aegyptiaca*, **Bang** : *Boscia angustifolia*, **Br** : *Bauhinia rufescens*, **Bs** : *Boscia senegalensis*, **Cacu** : *Combretum aculeatum*, **Cg** : *Combretum glutinosum*, **Fa** : *Faidherbia albida*, **Gs** : *Guiera senegalensis*, **Mc** : *Maerua crassifolia*, **Mi** : *Mitragyna inermis*, **Min** : *Mangifera indica*, **Pr** : *Pilostigma reticulatum*, **Sb** : *Scleracarya birrea*, **Ta** : *Terminalia avicennioides*, **Zm** : *Ziziphus mauritiana*)

Organes brouetés

Les girafes prélèvent principalement les feuilles (74,57%) et les bourgeons (10,16%) des espèces végétales, et très rarement les fruits ou les gousses (figure 4). L'analyse statistique de cette différence de brouetage des organes végétaux a été significative par le test de khi-deux ($\chi^2 = 346,729$; ddl= 248 ; $p = 0,000$).

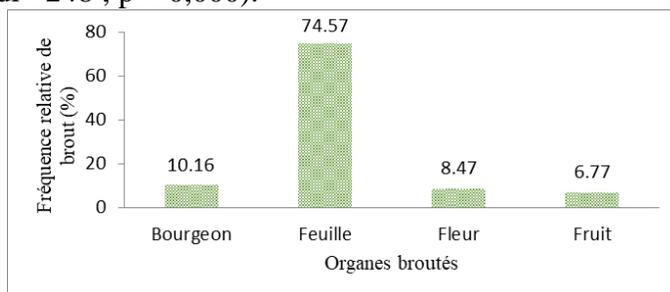


Figure 4. fréquence relative d'organes brouetés par la girafe

Indices d'abrouetissement

Les espèces végétales qui ont présenté un grand indice d'abrouetissement sont : *Acacia nilotica*, *Acacia seyal*, *Balanites aegyptiaca*, *Faidherbia albida*, *Maerua crassifolia*, *Mangifera indica*, *Vigna anguculata* et *Ziziphus mauritiana* (tableau 3).

Les autres espèces montrent des indices d'abrouetissements moyens ou faibles (tableau 3). L'analyse statistique par le test de Spearman ne montre aucune corrélation ($r = 0,388$; $n = 22$; $p = 0,074$) entre les indices et les fréquences de brouet.

En effet, les espèces présentant des indices d'abrouetissement faibles sont moins fréquemment brouetées.

Tableau 3. Fréquences relatives et indices d'abroustissement des espèces végétales

Espèces consommées	Indices	Fréquences relatives (%)
<i>Acacia nilotica</i>	3	6,25
<i>Acacia seyal</i>	3	2,08
<i>Balanites aegyptiaca</i>	3	8,33
<i>Boscia angustifolia</i>	2	4,16
<i>Boscia senegalensis</i>	2	14,58
<i>Celtis integrifolia</i>	1	4,16
<i>Combretum glutinosum</i>	3	16,66
<i>Faidherbia albida</i>	3	20,83
<i>Maerua crassifolia</i>	3	4,16
<i>Mangifera indica</i>	3	2,08
<i>Mitragyna inermis</i>	1	4,16
<i>Sclerocarya birrea</i>	1	6,25
<i>Vigna anguculata</i>	3	2,08
<i>Ziziphus mauritiana</i>	3	4,16
Total		100

Les espèces potentiellement recherchées appartiennent à 9 familles, avec une prédominance des Capparidaceae (21,42%), les Mimosaceae (21,42%), et les Anacardiaceae (14,28%) (Tableau 4).

Tableau 4. Pourcentage des familles des espèces végétales consommées

Familles	Nombre d'espèces	Pourcentage (%)
Anacardiaceae	2	14,28
Balanitaceae	1	7,14
Capparidaceae	3	21,42
Combretaceae	1	7,14
Mimosaceae	3	21,42
Papilionaceae	1	7,142
Rhamnaceae	1	7,14
Rubiaceae	1	7,14
Ulmaceae	1	7,14
Total	14	100

Régime alimentaire de la girafe par analyse microscopique des crottes

L'analyse microscopique des crottes fait ressortir un spectre alimentaire composé de 14 espèces végétales appartenant à 7 familles avec une prédominance des Mimosaceae (30,76%), les Combretaceae (23,07%), les Capparidaceae (15,38%) et les Anacardiaceae, les Balanitaceae, les

Caesalpiniaceae, les Rhamnaceae avec chacune 7,69%. Les indéterminées sont assez rares parmi les fragments analysés, avec 3,04%.

Les espèces les plus abondantes dans les crottes des girafes (figure 5) sont *Faidherbia albida*, *Balanites aegyptiaca*, *Combretum glutinosum* et *Ziziphus mauritiana*.

L'analyse statistique par le test Khi-deux de l'abondance absolue des espèces végétales dans les crottes de la girafe a été significative ($\chi^2=642,738$; ddl= 481 ; $p=0,000$).

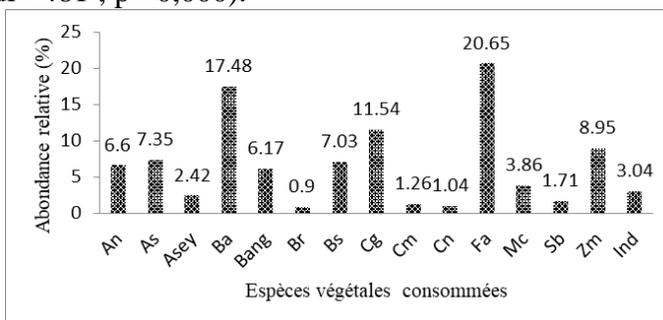


Figure 5. abondance relative des espèces végétales retrouvées dans les crottes des girafes (**An** : *Acacia nilotica*, **As** : *Acacia senegal*, **Asey** : *Acacia seyal*, **Ba** : *Balanites aegyptiaca*, **Bang** : *Boscia angustifolia*, **Br** : *Bauhinia rufescens*, **Bs** : *Boscia senegalensis*, **Cg** : *Combretum glutinosum*, **Cm** : *Combretum micranthum*, **Cn** : *Combretum nigricans*, **Fa** : *Faidherbia albida*, **Mc** : *Maerua crassifolia*, **Sb** : *Scleracarya birrea*, **Zm** : *Ziziphus mauritiana*, **Ind** : Indéterminées)

Comparaison des deux méthodes

19 espèces végétales sont identifiées par observation directe, contre 14 par analyse des crottes en saison sèche de la girafe dans les zones excentrées de Fandou, Dingazi-banda et Simiri. 11 espèces sont communes aux deux méthodes sur un total de 23 espèces végétales consommées (figure 6).

Des espèces comme *Acacia nilotica*, *Balanites aegyptiaca*, *Combretum glutinosum* et *Faidherbia albida*, fréquemment broutées selon les résultats de l'observation directe, sont aussi abondantes dans les crottes selon les données de l'analyse microscopique.

Les espèces telles que *Combretum accuelatum*, *Guiera senegalensis*, *Mitragyna inermis*, *Manguifera indica*, *Pilostigma reticulatum* et *Terminalia avicennioides*, sont absentes dans l'analyse microscopique des crottes. Par contre des espèces comme *Combretum micranthum*, *Combretum nigricans*, retrouvées par l'analyse des crottes ne figure pas sur la liste relevée lors de l'observation directe.

La comparaison des deux types d'analyse par le test ISP, a montré que les résultats de l'étude du régime alimentaire sur la base des deux méthodes sont significatives (ISP= 66,66%). En effet, des espèces qui ne figurent pas sur la liste établie lors de l'observation directe ont été retrouvées dans les

crottes par analyse microscopique. Le test de corrélation de Spearman confirme une corrélation entre les fréquences de broit des espèces végétales et leur présence dans les fèces ($r=0,620$; $n=582$; $p=0,000$).

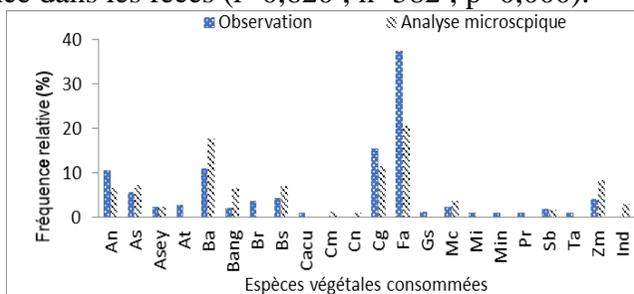


Figure 6. Comparaison des fréquences des espèces végétales les plus abondantes retrouvées par observation directe et dans les crottes (**An** : *Acacia nilotica*, **As** : *Acacia senegal*, **Asey** : *Acacia seyal*, **At** : *Acacia tortilis*, **Ba** : *Balanites aegyptiaca*, **Bang** : *Boscia angustifolia*, **Br** : *Bauhinia rufescens*, **Bs** : *Boscia senegalensis*, **Cacu** : *Combretum aculeatum*, **Cg** : *Combretum glutinosum*, **Fa** : *Faidherbia albida*, **Gs** : *Guiera senegalensis*, **Mc** : *Maerua crassifolia*, **Mi** : *Mitragyna inermis*, **Min** : *Mangifera indica*, **Pr** : *Pilostigma reticulatum*, **Sb** : *Scleracarya birrea*, **Ta** : *Terminalia avicennioides*, **Zm** : *Ziziphus mauritiana*)

Discussion

Cette grande gamme d'espèces consommées par la girafe, est la conséquence non seulement de sa capacité de traverser plusieurs types habitats lors de son déplacement (Skinner et Smithers, 1990 *in* Parker, 2004), mais aussi, pour couvrir ses besoins énergétiques, la girafe doit consommer une grande quantité d'aliments (Bell, 1971; Pellew, 1984). De plus comme l'a signalé Innis (1958 *in* Parker, 2004), la girafe a très peu de temps pour sélectionner les aliments consommés, ce qui explique l'étendu de son spectre alimentaire. Ce résultat est voisin de 21 espèces végétales trouvées par Morou (2016) sur la girafe dans la zone centrale (vallée du Dallol).

Par contre, il est différent de celui trouvé sur les girafes de l'Afrique de l'Est et du Sud où il a été dénombré 32 espèces en saison sèche (Dagg et al., 1976). Ce grand nombre d'espèces végétales identifié montre la grande plasticité du régime alimentaire de la girafe au Niger. La girafe consomme en principe plus d'une vingtaine d'espèces végétales (Parker, 2004). Ceci peut être le fruit de la disponibilité des espèces dans son habitat.

Au niveau du spectre alimentaire par observations directes le nombre d'espèces végétales trouvées par (Parker, 2004) a été plus important que celui trouvé par la présente étude dans les zones de Fandou, Dingazi-banda et Simiri au Niger (48 contre 23). Ceci peut être le fruit d'une différence de disponibilité alimentaire entre les deux habitats. En effet, le régime alimentaire des herbivores se calque sur la disponibilité alimentaire du milieu (Pellew, 1984 ;

Norbury et *al.*, 1992). Mise à part l'abondance des espèces alimentaires dans l'habitat, la qualité de ces dernières est importante dans le régime alimentaire, car l'animal chercherait les espèces ayant les plus grandes valeurs nutritives (Pellew, 1984). Le stade phrénologique de la plante joue également un rôle non négligeable dans le régime alimentaire.

Le nombre d'espèces végétales trouvées par analyse des crottes est différent de celui trouvé par Morou (2016) dans la zone centrale (14 contre 19) et de celui de l'Afrique du Sud (22 contre 14) étudiées par (Parker, 2004). Les espèces végétales, les plus consommées par la girafe en saison sèche sont *Faidherbia albida*, *Balanites aegyptiaca* et *Combretum glutinosum*. Ce qui corrobore nos résultats avec ceux trouvés par (Parker, 2004) qui affirme que 60 à 90 % des espèces végétales consommées par la girafe sont représentées par 3 espèces ou familles. Cette étude montre également que la girafe est plus fréquente sur les Acacia que sur les autres espèces. Ce résultat corrobore celui rapporté par plusieurs chercheurs ayant travaillé sur cette espèce (Field et *al.*, 1976 ; Ciofolo et Le Pend, 2002), Morou (2016). Cette préférence pour les Acacia serait due à la richesse de leurs feuilles en protéines et en eau (Cooper et *al.*, 1988) et à leur faible teneur en tanins (Parker, 2004). L'importance des feuilles des ligneux dans le régime alimentaire de la girafe confirme leur classement parmi les herbivores brouteurs (Owen, 1992). Il ressort aussi de cette étude que le régime alimentaire de la girafe est en fonction de la disponibilité alimentaire du milieu et de son appétibilité. Une espèce peut être bien appréciée par la girafe, tant qu'elle n'est pas en quantité suffisante dans le milieu, sa contribution dans le régime alimentaire peut être faible. Cela a été confirmé par (Morou, 2016) chez certaines espèces végétales, avec des indices d'abroustissement élevés.

Une des particularités du régime alimentaire de la girafe qu'on a pu démontrer est l'existence d'une différence sexuelle. Les femelles ont un spectre alimentaire plus important que les mâles. Aussi, les femelles gestantes et allaitantes, ont un spectre alimentaire plus large que les autres femelles. Ces mêmes types de résultats ont été obtenus par Cransac (1997) sur les Mouflons et Oumani (2002) sur les cerfs de Barbary. Ces auteurs expliquent que cette différence selon le sexe est liée aux besoins en énergie qui varient selon les mâles et les femelles. Les femelles qui sont gestantes ou allaitantes ont un besoin accru en énergie ce qui les pousse à la recherche des plantes beaucoup plus nutritif.

De même, des femelles gestantes, sont observées en train de sucer et de mâcher des os. En effet, il ne s'agit pas d'un comportement rare chez les herbivores. Les girafes sucent et mâchent parfois des os pour un apport complémentaire en calcium et phosphore. Cela a été observé chez les girafes Massai (*Giraffa camelopardalis tippelskirchi*) du Parc national de Katavi en Tanzanie (Dominique, 2016).

Conclusion

Le spectre alimentaire de la girafe en saison sèche dans les zones excentrées de Fandou, Dingazi et Simiri est composé de 23 espèces végétales. Cela a été obtenu à partir de la combinaison des méthodes d'observation directe, d'indice d'abrutissement et de l'analyse microscopiques des crottes. Ce qui démontre la grande plasticité de son régime alimentaire.

Les Acacia sont les espèces les plus recherchées par la girafe. Certaines espèces comme *Maerua crassifolia*, *Ziziphus mauritiana* sont très appréciées par la girafe mais sont très peu représentées au niveau des agrosystèmes des zones excentrées. La connaissance du régime alimentaire de la girafe et de ses préférences alimentaires est une grande contribution à l'amélioration de la gestion et à l'aménagement de la girafe et de son habitat. Les préférences alimentaires de la girafe sont variées et liées à la nature des espèces. Il serait intéressant d'envisager des actions de reboisement, de protéger des espèces appréciées par la girafe et de faire une étude similaire en saison pluvieuse.

Remerciements

Nous exprimons notre gratitude à l'endroit de tous ceux qui ont contribué à l'atteinte de des objectifs de cette étude, en particulier les populations locales de l'aire de répartition de la girafe, l'Association pour la Sauvegarde de la Girafe du Niger (ASGN) et le Bioparc de Doué La Fontaine (France).

References:

1. Ambouta J.M.K., 1984. Contribution à l'édaphologie de la brousse tigrée de l'Ouest nigérien. Thèse Docteur-Ingénieur, Univ. Nancy I, 116 p.
2. Ambouta J.M.K., 1994. Etude des facteurs de formation d'une croûte d'érosion et de ses relations avec les propriétés internes d'un sol sableux fin au Sahel. Ph.D, Universitaire Laval, Québec, 97 p
3. Ambouta J.M.K., 1997. Définition et caractérisation des végétations d'une brousse tigrée de l'Ouest nigérien In : d'Herbès J.M., Ambouta J.M.K., Peltier R., eds. Fonctionnement et gestion des écosystèmes forestiers sahéliens. John Libbey Eurotext. Paris : 41-57.
4. Ambouta J.M.K., 1999. Etat des lieux sur les connaissances en matière d'habitat pour les girafes du Niger. Rapport d'étude, 12p.
5. Ambouta K.J.M. 2006. Contribution à l'élaboration d'une stratégie de conservation à long terme de la girafe (*Giraffa camelopardalis peralta*) au Niger. Parc Régional W (ECOPAS) Niamey, Niger, 39-55.
6. Baubet E., 1998. Biologie du sanglier en montagne: bio démographie, occupation de l'espace et régime alimentaire. Thèse de Doctorat à l'Université Claude Bernard-Lyon 1, France. 299p.

7. Bell R.H.V., 1971. A grazing ecosystem in the Serengeti. *Sci. Amer.* 225:86-93.
8. Burtney A., 1985. Méthode d'étude du régime alimentaire d'un rongeur polyphage (*Apodemus sylvaticus* L., 1750) par l'analyse microscopique des fèces. *Mammalia*, 49 (4), 455- 483.
9. Butey A., 1987. L'analyse microscopique des fèces, une technique non perturbante d'étude des régimes alimentaires des mammifères phytophages. *Avicola*, 4 (1):33-38
10. Butey A. M. et Burtney F., 1997. Régime alimentaire saisonnier du cerf de Barbarie (*Cervus elaphus barbarus*) en Algérie. *Gibier Faune Sauvage, Game Wildl.*, 14 (4) : 551-567.
11. Chaibou, M., 1999. Pratique de gestion des ressources pastorales dans la zone de transition de la réserve de Biosphère de la région du « W » du Niger. DESS, CRESA de Niamey. 47p.
12. Chapuis J.L., 1979. Le régime alimentaire du lapin de garenne, (*Oryctolagus cuniculus* L) dans deux habitats contrastés: une lande Bretonne et un domaine de l'Île de France. Thèse troisième cycles, Rennes, 210 p
13. Ciofolo I. & Le Pendu Y., 2002. The Feeding Behaviour of Giraffe in Niger. *Mammalia*, t. 66, 2 (2002) 183 - 194.
14. Cooper N. Owen-Smith et Bryant J. P., 1988. Foliage acceptability to browsing ruminants in relation to seasonal changes in the leaf chemistry of woody plants in a South African savanna. *Oecologia*, 75 (1988) 336 - 342.
15. Couteron P., Mahamane A., et Ouédraogo P., 1996. Analyse de la structure de peuplements ligneux dans un «fourré tigré» au nord Yatenga (Burkina Faso). Etat actuel et conséquences évolutives. *Ann. Sci. For.*, 867-884.
16. Cransac N., 1997. Déterminismes de la ségrégation entre les sexes chez le Mouflon (*Ovis gmelini*) : rôle des caractéristiques de l'habitat. Thèse de Doctorat de l'Université Paul Sabatier de Toulouse : 114p.
17. Dagg A.I et Foster J.B., 1976. The giraffe, its anatomy, behavior and ecology. R. E. Krieger Publishing Co. Malabar, (1976) 232 pp.
18. Delaunay G., 1982. Contribution à la mise au point de méthodes de suivi des populations d'ongulés de haute montagne en milieu protégé : Etude sur le chamois dans le parc national des Ecrins. Thèse de 3e cycle, Université de Rennes, 280p.
19. Dominique M., 2016. Multi-locus analyses reveal four giraffe species instead of one. *Current biology* (2016). <https://mammifèresafricain.org/2019/08>

20. Dusi J. L., 1949. Methods for the determination of food habits of red Grouse in Northeast Scotland, using fecal analysis. *J. Wildl. Manage;* 13: 295-298.
21. Field C.R et Ross I. C., The savanna ecology of Kidepo National Park II. Feeding ecology of elephant and giraffe. *E. Afr. Wildl. J.*, 14 (1976) 1 - 15.
22. Garcia-Gonzalez R., 1984. L'emploi des épidermes végétaux dans la détermination du régime alimentaire de l'Isard dans les Pyrénées Occidentales. *Ecologie des milieux montagnards et de haute altitude. Document d'Ecologie Pyrénéenne, III-IV* : 307- 313.
23. Innis A.C., 1958. The behaviour of giraffe (*Giraffa camelopardalis*) in the Eastern Transvaal. *Proc. Zool. Soc., Lond.* 131:245-278.
24. Jonson M.K., Wofford H. et Pearson H.A., 1983. Digestion and fragmentation: influence on herbivore diet analysis. *J. Wildl. Manage;* 47 (3): 329-331.
25. Leclerc B., 1981. Nutrition et systèmes d'alimentation de la chèvre. *Symp.Int. Tours Mai 1981, Eds. Morand -Fehr, Bourbouze, de Semian* : 505-514.
26. Leprun J.C., 1992. Etude de quelques brousses tigrées sahéliennes: structure, Dynamique, écologie. In : Le Floch E., Grouzis M., Cornet A., Bille J.C., éd. L'aridité, une contrainte au développement. ORSTOM éditions, Paris:221-244. Libbey Eurotext, Paris: 105 – 118.
27. Morou B., 2010. Impacts de l'occupation des sols sur l'habitat de la girafe au Niger et enjeux pour la sauvegarde du dernier troupeau de girafes de l'Afrique de l'Ouest. Thèse pour obtenir le grade de Docteur de l'Université Abdou Moumouni de Niamey (Option : Biologie Appliquée).198 p +annexes.
28. Morou B., Sitou L., Oumani A., Mahamane A., 2016. Caractérisation du régime alimentaire de la girafe au Niger pendant la saison sèche. *Rev.Ivoir.Sci.Technol.*, 27 (2016) 160-174.
29. Norbury C.L. et Sanson G. D., 1992 Problems with measuring diet selection of terrestrial, mammalian herbivores. *Aus. J. Ecol.* 17 1 - 7.
30. Oumani A., 2006. Ecobiologie du cerf de Barbary (*Cervus elaphus barbarus* Bennet, 1833), en Kroumirie-Mogods. Thèse de Doctorat, Fac. Sci. Bizerte : 213p.
31. Oumani A., 2002. Le cerf de Barbarie, (*Cervus elaphus Barbarus*, Bennet, 1833) dans la réserve de Mhebès, régime alimentaire, recensement de la population dans la réserve de Mhebès, Mensuration des bois et répartition dans les Mogods. Mémoire de DEA, Fac. Sci. Bizerte, 127 p.
32. Owen-Smith R.N., 1992. Megaherbivores the influence of very large body size on ecology. Cambridge University, 182p.

33. Parker, 2004. The feeding biology and potential impact of introduced Giraffe (*Giraffa Camelopardalis*) in the eastern Cape Province, South Africa. Master of Science. Rhodes University, (2004) 136 p.
34. Pellew R.A., 1984. Food consumption and energy budgets of the giraffe. *J. Appl. Ecol.* 21 141-159.
35. Prat H., 1932. L'épiderme des graminées: étude anatomique et systématique. *Ann. Des Sc. Nat. Bot*, 10ème série:118-320
36. Skinner J.D. et Smithers R.H.M., 1990. The mammals of the southern African subregion. University of Pretoria Press, Pretoria, 604-606
37. Storr G.M., 1961. Microscopic analysis of faeces, a technique for ascertaining the diet of herbivores mammals, *Austral. J. Biol. Sci.*, 14, 157-164.
38. [Http: // www.iucn redlist.org/apps/redlist/details/136913/0](http://www.iucnredlist.org/apps/redlist/details/136913/0)

Caractérisation Des Propriétés Hydrodynamiques Des Aquifères Du Socle Dans Quelques Localités Du Nord De La Côte d'Ivoire

Omer Zephir De Lasme

Stéphane Delmas Kouadio

Université Péléforo Gon Coulibaly, Korhogo-Côte d'Ivoire

Adama Coulibaly

Université Félix Houphouët-Boigny, Côte d'Ivoire

[Doi:10.19044/esj.2021.v17n7p137](https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n7p137)

Submitted: 16 November 2020

Accepted: 11 January 2021

Published: 28 February 2021

Copyright 2021 Author(s)

Under Creative Commons BY-NC-ND

4.0 OPEN ACCESS

Cite As:

Zephir De Lasme O., Delmas Kouadio S. & Coulibaly A. (2021). Caractérisation Des Propriétés Hydrodynamiques Des Aquifères Du Socle Dans Quelques Localités Du Nord De La Côte d'Ivoire. European Scientific Journal, ESJ, 17(7), 137.

<https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n7p137>

Résumé

Cette étude est focalisée sur la caractérisation des propriétés hydrodynamiques des aquifères du socle dans six localités du nord de la Côte d'Ivoire : Ganaoni, M'bengue, Tongon, Nielle, Ferke et Tafire. L'objectif principal est d'évaluer la productivité des aquifères de ces localités. La base de données est essentiellement constituée par les fiches techniques de 10 forages contenant les résultats des essais de pompage et le rapport de foration. L'approche méthodologique débute par le calcul de la valeur de la transmissivité selon la méthode de Cooper-Jacob, puis le débit spécifique par le quotient du débit pompé et le rabattement mesuré, et enfin déterminer le débit critique à l'aide de l'Outil d'Aide à l'Interprétation des Pompages (OUAIP) conçu par des chercheurs du Bureau de Recherches Géologiques et Minières de la France. Les données acquises ont fait l'objet d'analyses statistiques descriptives et multivariées pour établir les équations de corrélation prédictive entre les paramètres hydrodynamiques des aquifères. La transmissivité est comprise entre $4,01 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$ et $1,18 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$ pendant que le débit spécifique varie entre $5,04 \cdot 10^{-2}$ et $4,38 \cdot 10^{-1} \text{ m}^2 \cdot \text{h}^{-1}$. Le débit critique est compris entre 1,05 et 6 m^3 / h . Les corrélations entre le débit

critique (Q_c) et le débit d'exploitation (Q) puis, entre la transmissivité (T) et le débit spécifique (Q_{sp}) sont respectivement traduites par les équations prédictives : Q_c (m^3h^{-1}) = $0.63 + 0.61Q$ et T ($m^2.h^{-1}$) = $0.63Q_{sp}^{1.3}$. La productivité dépend du potentiel hydrodynamique intrinsèque des aquifères et le calibrage des ouvrages hydrauliques de prélèvement. Ces résultats permettent d'envisager une meilleure gestion des ressources en eaux souterraines à travers la modélisation des écoulements et l'usage des modèles géostatistiques.

Mots clés : Essais De Pompage, Hydrodynamique, Transmissivité, Débit-Spécifique, Débit-Critique

Hydrodynamic Properties Characterization of Basement Aquifers in Few Localities in the North of Côte d'Ivoire

Omer Zephir De Lasme

Stéphane Delmas Kouadio

Université Péléforo Gon Coulibaly, Korhogo-Côte d'Ivoire

Adama Coulibaly

Université Félix Houphouët-Boigny, Côte d'Ivoire

Abstract

This study focused on the characterization of hydrodynamic properties of basement aquifers in six localities in the North of Côte d'Ivoire: Ganaoni, M'bengue, Tongon, Nielle, Ferke, and Tafire. The main objective is to assess the productivity of aquifers of these localities. The database is essentially pumping tests and drilling reports of 10 boreholes with the geological map. The methodological approach begins by calculating the value of transmissivity according to the Cooper-Jacob method, then the specific yield by the ratio of pumped flow rate and the measured drawdown, and finally determine the critical yield using the Pumping Interpretation Assistance Tool (OUAIP) designed by researchers from the Geological and Mining Research Office of France. The data acquired were subjected to descriptive and multivariate statistical analyzes to establish predictive correlation equations between hydrodynamic parameters of aquifers. Critical yield (Q_c) of borehole evolved between 1.05 and $6 m^3h^{-1}$, while the specific yield (Q_{sp}) ranged from $5.04 \cdot 10^{-2}$ to $4.38 \cdot 10^{-1} m^2h^{-1}$, and transmissivity varied from $4.01 \cdot 10^{-6} m^2s^{-1}$ to $1.18 \cdot 10^{-4} m^2s^{-1}$. Correlated parameters allowed to write predictive equations below: Q_c (m^3h^{-1}) = $0,63 + 0,61Q$ ($m^3.h^{-1}$) and T (m^2h^{-1}) = $0,63Q_{sp}^{1,3}$ ($m^2.h^{-1}$). Productivity depends on intrinsic hydrodynamical potentialities of aquifers and the calibration of pumping wells. Based on these results, the

better management of groundwater resources can improve through flow modeling and geostatistical patterns using.

Keywords: Pumping-Test, Hydrodynamic, Transmissivity, Specific Yield, Critical Yield

Introduction

La pénurie d'eau est devenue un problème crucial vécu par toutes les sociétés et particulièrement celles des pays en voie de développement dont la Côte d'Ivoire qui, à travers son gouvernement et ses partenaires au développement, a initié un vaste programme national d'hydraulique villageoise à partir de 1973 (Lasm et al., 2012). Cependant, la disponibilité de l'eau potable pour la couverture totale des besoins alimentaires des populations fut une équation difficile à résoudre pendant le premier semestre de l'année 2018 dans la zone centre-nord de la Côte d'Ivoire notamment à Bouaké, Niakara, Ferké, Doropo, Odienné, et Tiéningboué, (Konan, 2018). En effet, la plupart des forages équipés de pompes à motricité humaine (système hydraulique villageoise) implantés pour le captage des eaux souterraines ne sont plus en état d'usage dans ces régions. Certaines des raisons de l'abandon de ces ouvrages hydrauliques sont les pannes récurrentes des pompes, et l'insuffisance des débits délivrés pendant l'exploitation occasionnant les nombreuses heures et files d'attente. Ainsi, chercher à connaître les propriétés hydrodynamiques intrinsèques des réservoirs et les limites d'exploitation des ouvrages hydrauliques implantés dans ces zones revêt une grande importance dans le cadre de la gestion durable des ressources d'eaux souterraines. C'est dans cette optique que cette étude a été menée avec le thème suivant : caractérisation des propriétés hydrodynamiques des aquifères du socle dans quelques localités du Nord de la Côte d'Ivoire.

Situation Géographique, Contexte Géologique Et Hydrogéologique De La Zone D'étude

La présente étude concerne les forages isolés dans les localités des régions suivantes (figure 1) : Bagoué (Ganaoni), Tchologo (Niellé, Tongon, Diawala et Ferké), Poro (Sékonkaha) et le Hambol (Tafiré).

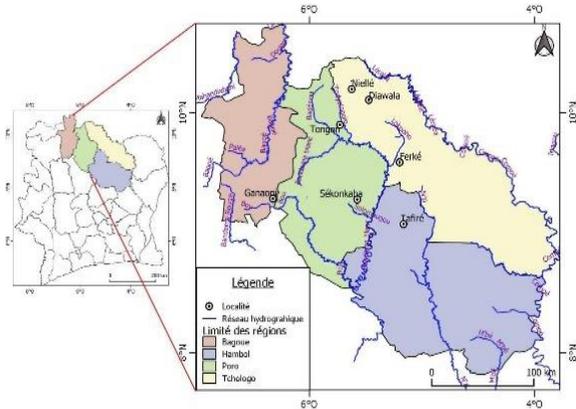


Figure 1. Localisation de la zone d'étude et des forages étudiés

Ces localités se trouvent dans le domaine du socle cristallin et cristallophyllien de la Côte d'Ivoire où les formations dominantes sont métamorphiques et magmatiques avec des reliques volcano-sédimentaires (voir figure 2). La géomorphologie se caractérise par un vaste plateau dont l'altitude varie entre 300 et 600 m (Geomines, 1982) avec une monotonie du relief interrompue par quelques rares collines dont la plus importante, Ouamelekoré (587 m) se trouve au Nord de Niellé (Kouakou et al., (2012). Sur le plan hydrologique, les localités concernées sont situées sur deux bassins versants principaux : Bandama et Volta Noire. Le bassin versant du Bandama a une superficie de 97 000 Km². Il englobe les localités de Ganaoni, M'bengué, Tafiré et Tongon. Le bassin versant de la Volta Noire a une superficie de 82 516 Km². Dans ce bassin, seule la localité de Niellé s'y trouve. Le réseau hydrographique de ces deux bassins est plus ou moins dense, avec les affluents du Bandama (Solomougou, Bou, Badenou) et de N'Zi (Lomi). Le Lomi passe plus au Nord de l'agglomération de Tafiré (Atté, 2010). Les récentes études sur les modèles conceptuels des aquifères du socle ont mis en évidence 3 différents types d'aquifères superposés en stratiforme ou non : les altérites, les horizons fissurés et les fractures profondes. Ces aquifères possèdent des propriétés hydrodynamiques singulières variables dans l'espace selon l'hétérogénéité du milieu de socle (Lachassagne et al., 2014). La productivité des réservoirs fracturés reste tributaire de la géométrie de la fracturation (Lasm, 2000). Les études hydrogéologiques précédentes en Côte d'Ivoire s'accordent à identifier dans plusieurs localités une productivité supérieure des aquifères de schistes devant les granites (Biémi, 1992) sous des épaisseurs d'altération plus ou moins importantes n'excédant pas la trentaine de profondeur (Soro, 2010 ; De Lasmé, 2013).

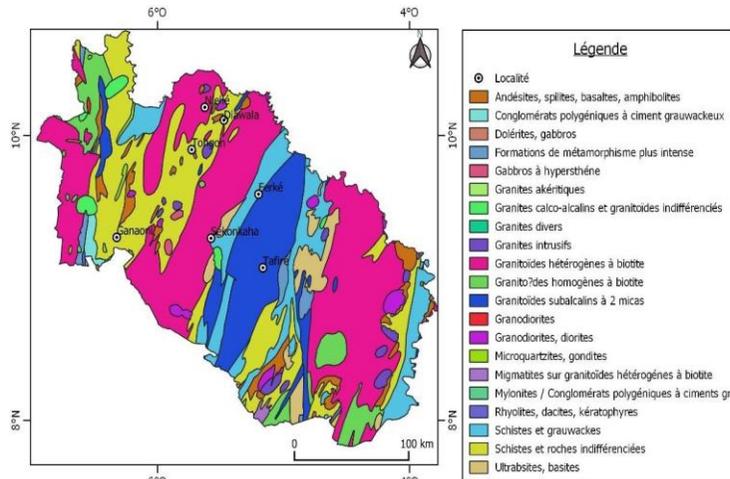


Figure 2. Carte géologique de la zone d'étude

Matériel Et Méthodes

Matériel

Le matériel ayant servi à réaliser cette étude est constitué des fiches techniques de forages d'eau. Ces fiches sont les résultats des essais de pompage et les procès-verbaux (rapports écrits) de foration et équipement d'ouvrages hydrauliques. Ces fiches ont été collectées à la direction technique de l'hydraulique du département de Korhogo. Le traitement de ces données brutes a nécessité le recours à la carte géologique du Nord de la Côte d'Ivoire et de certains logiciels spécifiques :

- STATISTICA version 7.1 a permis d'effectuer des analyses statistiques,
- OUAIP version 1.3 a été utile pour déterminer de manière automatique le débit critique exploitable dans les aquifères, et le paramètre hydrodynamique lorsque cela était possible dans les conditions théoriques satisfaites. Face à certaines exigences non satisfaites, le logiciel AQTESOLV a aussi été utilisé pour la même cause, à savoir le calcul des valeurs des paramètres hydrodynamiques.
- QGIS Desktop 3.12.2 a été utilisé pour la localisation des forages sur la carte géologique du Nord de la Côte d'Ivoire.

Méthodes

Détermination Des Valeurs Des Paramètres Hydrodynamiques

Le débit critique est le rendement à ne pas dépasser pendant l'exploitation au risque d'accélérer la détérioration de l'ouvrage et la mauvaise qualité de l'eau prélevée. La valeur du débit critique est déterminable graphiquement en identifiant sur la courbe caractéristique le point d'équivalence entre les pertes de charges linéaires et quadratiques lors des

essais de pompages de courte durée. Le logiciel OUAIP calcule automatiquement la valeur du débit à ce point d'équivalence.

Le débit spécifique noté Q_{sp} (m^3/h) est le paramètre traduisant la productivité intrinsèque de l'aquifère. Il est calculé par le quotient du débit pompé et du rabattement mesuré (équation 1) :

$$Q_{sp} = \frac{Q}{s} \quad \text{eq. (1)}$$

- Q : débit de pompage (m^3/h)
- s : rabattement induit par le pompage (m)

Le débit considéré dans cette étude est celui du premier palier (premier cycle logarithmique) qui induit naturellement un rabattement du niveau de la nappe pendant la durée du pompage. Le choix du premier palier est dû au fait qu'il a mis plus de temps (2 heures) alors que les autres paliers (deuxième et troisième paliers) se déroulent généralement en moins de temps que le premier (Ehoussou et al., 2018).

-La transmissivité des aquifères est déterminable graphiquement à travers l'approximation logarithmique proposée par Cooper-Jacob basée sur l'équation de Theis (équation 2). Le logiciel OUAIP propose l'interprétation des résultats d'essais de pompages suivant plusieurs solutions analytiques dont celle de Cooper-Jacob qui a été choisie en raison de la quasi-satisfaction des conditions d'application de cette méthode employée par plusieurs auteurs ayant travaillé dans les zones de socle en Côte d'Ivoire (Biémi, 1992 ; Soro et al., 2010 ; Kouassi, 2011 ; De Lasme, 2012).

$$s = \frac{Q}{4\pi T} \ln\left(\frac{2.25Tt}{r^2 S}\right) \quad \text{eq. (2)}$$

Avec :

- T : transmissivité (m^2/s)
- s : rabattement exprimé en m ;
- S : coefficient d'emmagasinement, sans dimension ;
- t : temps écoulé depuis le début du pompage, exprimé en s ;
- r : distance du piézomètre à l'axe du puits, en m.

L'approximation logarithmique s'appuie sur des hypothèses de simplification et, elle permet de calculer la valeur de la transmissivité par l'équation 3 suivante :

$$T = \frac{0,183Q}{\Delta s} \quad \text{eq. (3)}$$

Avec :

- T : transmissivité exprimée en m^2/s ;
- Q : débit de pompage du premier palier en m^3/s ;
- Δs : variation du rabattement (m) sur un cycle logarithmique du temps.

Les récents travaux de recherche en hydrogéologie quantitative du bureau de recherche géologique et minière en France recommandent désormais l'application préalable de la méthode de diagnostic en vue de réduire les incertitudes des résultats issus des solutions analytiques (Gutierrez et Dewandel, 2013). Le diagnostic consiste en l'analyse de la dérivée

logarithmique des rabattements ($ds/dlnt$) à la descente ou à la remontée, ce qui a l'avantage de représenter tous les régimes d'écoulement sur un seul et même graphique bi-logarithmique (Bourdet et al., 1983). Dans ce travail, la phase de diagnostic par l'analyse de la dérivée a été prise en compte car les résultats du calcul de la transmissivité ont été obtenus sous la version essai du logiciel AQTESOLV (Aquifer Test Solver) développé par la compagnie Hydrosolve aux Etats Unis d'Amérique. L'usage de ce logiciel a l'avantage d'afficher les graphiques du diagnostic puis d'effectuer automatiquement le calcul avec la solution analytique la plus idoine (Duffield, 2007)

Classification Des Paramètres Hydrogéologiques

Les paramètres hydrodynamiques tels que le débit spécifique et la transmissivité ont été classés en tenant compte des classes définies par des chercheurs dans des études antérieures similaires. Ainsi, pour mieux apprécier la distribution des débits de forage, le Comité Interafricain d'Études Hydrauliques (C.I.E.H.) a proposé les classifications suivantes (Lasm, 2000) :

- Classification des débits spécifiques
 $Q_{sp} < 0,1 \text{ m}^2/\text{h}$: débit spécifique faible ;
 $0,1 \text{ m}^2/\text{h} < Q_{sp} < 1 \text{ m}^2/\text{h}$: débit spécifique moyen ;
 $Q_{sp} > 1 \text{ m}^2/\text{h}$: débit spécifique fort.
- Classification de la transmissivité
Classe faible : $T < 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$;
Classe moyenne : $10^{-5} \text{ m}^2/\text{s} < T < 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$;
Classe forte : $T > 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$.

Analyse De Corrélation Des Paramètres

Afin de connaître l'influence des paramètres hydrodynamiques sur la productivité des forages, il a été effectué deux approches d'analyses statistiques. La première approche statistique consiste à établir des cercles de communautés afin d'identifier lesquels des paramètres évalués exercent une influence significative sur la productivité des aquifères. Cette approche a été réalisée à l'aide du logiciel STATISTICA suivant une analyse en composantes principales normées (ACPN) avec six (6) variables : la profondeur totale (Pt), la transmissivité (T), le niveau statique (NS), le débit d'exploitation (Q), le débit critique (Q_c) et le débit spécifique (Q_{sp}). La seconde approche permet de mettre en relation empirique deux à deux, les différents paramètres susceptibles d'être fortement corrélés tels que Pt (Profondeur totale) et Q (Débit d'exploitation) ; Q (Débit d'exploitation) et Q_c (Débit critique) puis Q_{sp} (Débit Spécifique) et T (Transmissivité). Cette seconde approche statistique a consisté à concevoir un nuage de points puis d'écrire des équations de droites de régression.

Resultats Et Discussion

Resultats

Analyses Statistiques

Les valeurs des paramètres hydrauliques des ouvrages de captage et celles des aquifères sont consignées dans le tableau I qui présente les principales caractéristiques statistiques descriptives.

Tableau I. Statistiques descriptives des paramètres hydrodynamiques

	$Pt(m)$	$NS(m)$	$Q(m^3.h^{-1})$	$Q_c(m^3.h^{-1})$	$Q_{sp}(m^2.h^{-1})$	$T(m^3.s^{-1})$
Effectif	10	10	10	10	10	10
Moyenne	65,41	7,14	3,77	2,98	$2,02.10^{-1}$	$2,75.10^{-5}$
Variance	1143,42	20,71	4,61	1,97	0,01	0,01
Écart-type	33,81	4,55	2,15	1,40	$1,19.10^{-1}$	$3,41.10^{-5}$
Minimum	31,00	1,30	0,85	1,05	$5,04.10^{-2}$	$4,01.10^{-6}$
Maximum	119,86	18,15	8,00	6	$4,38.10^{-1}$	$1,18.10^{-4}$
CV (%)	51,70	63,73	57,07	48,14	59,03	123,96

L'effectif des échantillons est faible mais non négligeable dans un contexte de milieu discontinu où l'homogénéité spatiale des propriétés hydrodynamiques ne peut être satisfaite totalement. La variance et l'écart-type de la profondeur forée sont assez éloignés de la valeur moyenne mais ils sont quasiment dans le même ordre de grandeur pour la transmissivité et le débit spécifique. De même, la variance et l'écart-type du débit critique et du débit d'exploitation ne sont pas assez éloignés de la moyenne. Cependant, le coefficient de variation de la transmissivité est extrêmement élevé, ce qui indique son état de dispersion autour de la moyenne.

Classification Des Paramètres

La fréquence de distribution des valeurs de débits spécifiques selon la classification proposée par le CIEH est présentée par la figure 3. Elle révèle que 80% des débits spécifiques sont moyens et 20% d'entre eux sont classés faibles.

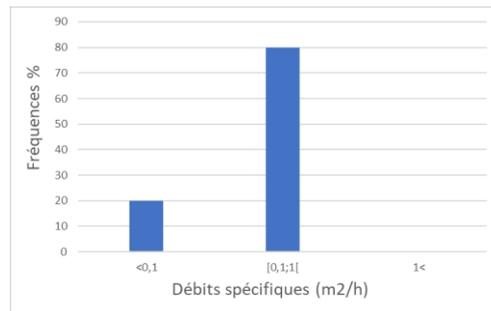


Figure 3. Fréquence de distribution des valeurs de débits spécifiques

La fréquence de distribution des valeurs de débits spécifiques selon la classification proposée par le CIEH est présentée par la figure 4. Elle montre que seulement 10% des valeurs de la transmissivité sont dans la classe forte ; pendant que la classe moyenne et la classe faible totalisent respectivement 60% et 30% de l'effectif total étudié.

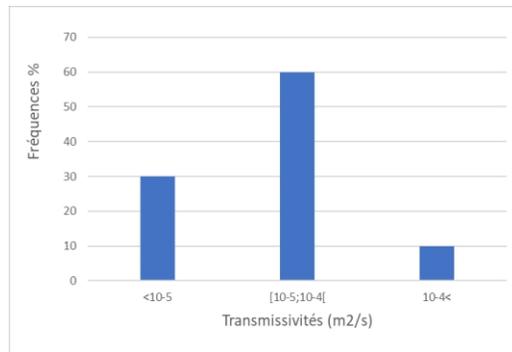


Figure 4. Fréquence de distribution des valeurs de la transmissivité

Au regard de cette classification, les aquifères étudiés peuvent être communément caractérisés par une transmissivité moyenne et un débit spécifique moyen.

Corrélation Entre Les Parametres

L'analyse en composantes principales normées a mis en évidence, à travers la matrice de corrélation, le niveau de corrélation qui existe entre les différents paramètres évalués (tableau III) :

Tableau III. Matrice de corrélation des paramètres

	Pt (m)	NS (m)	Q (m ³ /h)	Q_{sp} (m ² /h)	T (m ² /s)	Q_c (m ³ /h)
Pt (m)	1,00					
NS (m)	-0,64	1,00				
Q (m ³ /h)	0,62	-0,38	1,00			
Q_{sp} (m ² /h)	-0,02	0,13	0,56	1,00		
T (m ² /s)	-0,34	0,24	0,16	0,85	1,00	
Q_c (m ³ /h)	0,63	-0,48	0,93	0,33	-0,13	1,00

Il se dégage les corrélations pertinentes suivantes :

- ✓ très bonne corrélation entre T et Q_{sp} (0,85) puis entre Q et Q_c (0,93)
- ✓ moyenne corrélation de Pt avec Q (0,62), Pt avec Q_c (0,63) et Q avec Q_{sp} (0,56)
- ✓ très faible corrélation (0,16) de la transmissivité (T) avec le débit d'exploitation (Q), puis du niveau statique (NS) avec le débit spécifique (Q_{sp}).

La forte corrélation entre certains paramètres a constitué le gage de la mise en relation prédictive sous la forme d'une équation mathématique à une seule

inconnue. Le nuage formé par T et Q_{sp} indique que ces paramètres peuvent être ajustés suivant une équation de régression de type puissance avec un coefficient de corrélation égale à 0.63 avec un exposant caractéristique égal à 1.3 (figure 5). La relation est donnée par l'équation 5 :

$$T = 0.63Q_{sp}^{1.3} \quad \text{eq. (5)}$$

T et Q_{sp} sont exprimés dans la même unité (m²/h).

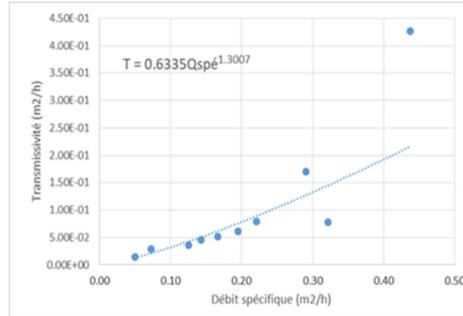


Figure 5. Droite de la relation entre la Transmissivité et le débit spécifique

De même, il est possible d'ajuster une droite de régression linéaire au nuage de points formé par le débit critique et le débit en exploitation. La relation prédictive dans un intervalle de confiance de 95% est celle d'une équation de fonction affine (equation 6) présentée dans la figure 6.

$$Q_c \left(\frac{m^3}{h} \right) = 0,63 + 0,61Q \left(\frac{m^3}{h} \right) \quad \text{avec } r = 0,93 \quad \text{eq.(6)}$$

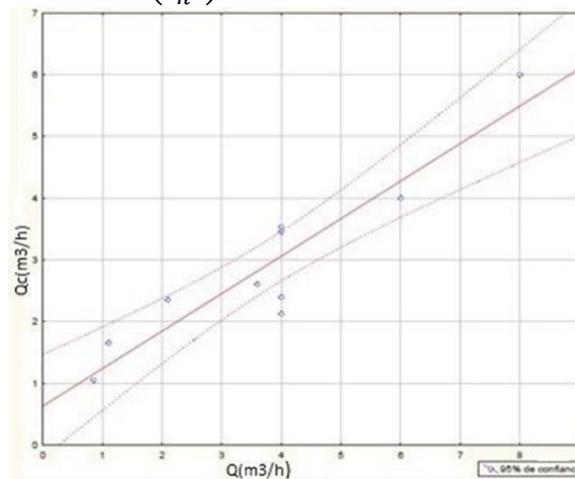


Figure 6. Graphique de la relation prédictive entre le débit critique (Q_c) et le débit d'exploitation (Q).

Facteurs influençant la productivité

Facteurs	Valeur Propre	% Total variance	Cumul valeurs propres	% Cumulé
1	2,96	49,26	2,96	49,26
2	2,11	35,12	5,06	84,38

Tableau IV. Valeurs propres, variances exprimées et cumulées des facteurs.

Les résultats de l'analyse multivariée ont permis d'identifier les principaux facteurs qui influencent le fonctionnement hydrogéologique des aquifères étudiés. Ces résultats sont résumés dans le tableau IV.

Les principaux facteurs sont au nombre 2, et ils représentent 84,38 % de la variance totale exprimée. Les coordonnées factorielles (tableau V) ont révélé l'identité des paramètres significatifs qui contribuent à la mise en œuvre d'un facteur. Le 1^{er} facteur (F1) est la calibration fixée par le débit d'exploitation (Q) et le débit critique (Q_c) de l'ouvrage hydraulique, tandis que le second facteur (F2) est la potentialité hydrodynamique intrinsèque de l'aquifère à travers le débit spécifique (Q_{sp}) et la transmissivité (T).

Tableau V. Coordonnées factorielles des variables

Variables	Facteur 1 (F1)	Facteur 2 (F2)
Pt	0,81	-0,37
NS	-0,66	0,41
Q	0,93	0,27
Q _c	0,93	0,02
Q _{sp}	0,37	0,92
T	-0,03	0,94

Les paramètres qui suscitent le 1^{er} facteur (F1) sont intelligemment fixés lors de l'équipement d'un ouvrage hydraulique dans un aquifère. Il ressort donc que le 1^{er} facteur de la productivité est celui des caractéristiques de l'équipement de l'ouvrage hydraulique. Le second facteur influençant la productivité est la potentialité hydrodynamique souterraine. Le cercle de communauté ou espace des variables est illustré à la Figure 7.

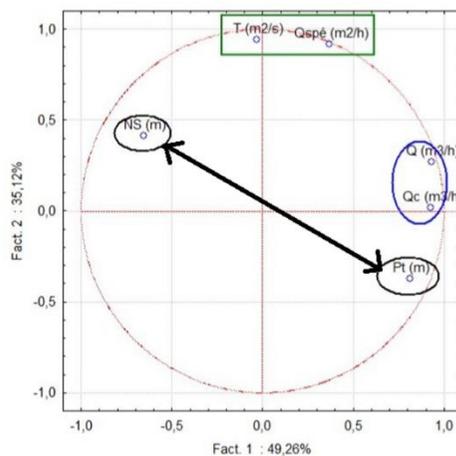


Figure 7/ Communauté des variables dans le plan factoriel F1-F2

Cette figure montre la proximité des paramètres fortement corrélés tels que T et Q_{sp} , puis Q et Q_c . Il faut y noter aussi la position diamétralement opposée de P_t et NS , ce qui témoigne de l'évolution indépendante ou encore l'inexistence de relation possible entre ces deux paramètres physiques (niveau de l'eau au repos *versus* profondeur de forage). En définitive, la productivité des aquifères et l'efficacité des ouvrages hydrauliques dépendent respectivement des potentialités hydrodynamiques (T , Q_{sp}) des aquifères et le calibrage (Q_c , Q) défini lors de l'équipement de l'ouvrage hydraulique avant sa mise en exploitation.

Discussion

Paramètres de productivité des aquifères et ouvrages hydrauliques

Les niveaux statiques varient entre 1,30 et 18,15 m. La moyenne est équivalente à 7,14 m. Les niveaux statiques sont tous inférieurs à 20 m, ce qui est quasiment similaire à ceux observés par Ehoussou et al., (2018) dans la région du Bélier, au centre de la Côte d'Ivoire, où les niveaux statiques fréquents sont compris entre 5 et 20m de profondeur. Cette similitude peut s'expliquer par le caractère similaire du contexte structural géologique du nord et du centre de la Côte d'Ivoire qui partagent la même histoire géologique et les mêmes formations géologiques (Yacé,2002).

Les débits d'exploitation des forages varient de 0,85 m³/h à 8 m³/h avec une moyenne de 3,77 m³/h. La classification de ces débits révèle que 90% sont supérieurs à 1m³/h. Ces observations sont en accord avec celles effectuées par plusieurs auteurs en zone de socle en Côte d'Ivoire (Kouassi et al.,2012 ; Koudou et al., 2016 ; Ewodo et al., 2017), qui indiquent qu'un débit de 1 m³/h est suffisant dans l'approvisionnement en eau potable des zones rurales.

Les débits critiques varient entre 1,05 et 6 m³/h avec une moyenne de 2,917 m³/h. Ces débits critiques sont les débits à ne pas dépasser au cours de l'exploitation des forages pour éviter la détérioration de l'ouvrage. Le débit critique est le débit qui conditionne très souvent l'exploitation d'un ouvrage hydraulique du fait qu'il permet une utilisation rationnelle de ce dernier. Ce débit permet de garantir une durabilité de la pompe à installer et surtout d'éviter l'épuisement de l'aquifère sollicité. La plupart des travaux antérieurs ne font pas cas de la valeur du débit critique ni sa relation avec le débit d'exploitation. Ce travail a le mérite de mettre en évidence ce paramètre qui permet d'apprécier le niveau de précaution établi lors de la mise en exploitation de l'ouvrage hydraulique.

Les débits spécifiques calculés varient entre $5,04.10^{-2}$ et $4,38.10^{-1}$ m²/h avec une moyenne de $2,02.10^{-1}$ m²/h. Ces débits spécifiques sont majoritairement dans la classe moyenne. Les débits spécifiques calculés ailleurs dans les zones de socle voisines sont aussi classés faibles à moyen ; notamment à Korhogo (Onetié et al., 2010) et à Katiola (Gnamba et al., 2014).

Les transmissivités obtenues s'inscrivent dans l'intervalle de $4,01.10^{-6}$ m²/s à $1,18.10^{-4}$ m²/s soit une moyenne de $2,75.10^{-5}$ m²/s. Ces valeurs observées sont dans le même ordre de grandeur que les valeurs de transmissivités brutes observées par Onetie et al. (2010) à Korhogo, Lasm et al. (2012) à Ferkessedougou, et Assemian et al. (2014) à Bongouanou.

Relation entre les paramètres hydrodynamiques

La relation entre le débit spécifique et la transmissivité a fait l'objet d'études antérieures (Onetié et al. 2010, Lasm et al., 2012) au terme desquelles les auteurs ont établi des équations mathématiques de corrélation de ces paramètres. La très forte corrélation de 0.85 obtenue dans cette étude corrobore donc les précédents travaux. Selon Onetie et al., (2010), la valeur du coefficient de corrélation dépendrait de la solution analytique ou empirique choisie pour calculer la valeur de la transmissivité. En effet, en vue de réduire les incertitudes de résultats des solutions analytiques, Dewandel et al. (2011) recommandent vivement l'application préalable de la méthode de diagnostic qui fait l'unanimité dans l'industrie d'exploration pétrolière depuis les travaux de Bourdet et al. (1983).

Conclusion

Cette étude a permis d'évaluer les propriétés hydrodynamiques des aquifères et de déterminer le débit critique de productivité des ouvrages hydrauliques en milieu de socle. Les relations entre les différents paramètres hydrodynamiques et hydrauliques ont contribué à une meilleure identification des facteurs influençant l'exploitation de la ressource souterraine. Il s'agit de l'hydrodynamique souterraine et le calibrage des ouvrages hydrauliques avant la mise en exploitation. La présente étude a mis en évidence le niveau faible à moyen de la transmissivité et le rendement spécifique fortement corrélés puis, les équations mathématiques prédictives suivantes :

- $Q_c = 0,63 + 0,61Q$
- $T = 0,63Q_{sp}^{1,30}$

Bien que les débits délivrés par les aquifères et ouvrages hydrauliques réalisés sont acceptables pour une alimentation eau potable de la population en milieu rural (Hydraulique Villageoise (HV), les résultats de cette étude ont révélé les caractéristiques hydrogéologiques permettant une meilleure exploitation des réservoirs souterrains et, aussi une bonne gestion de la ressource en eau souterraine vitale. Il est donc envisagé une modélisation de l'écoulement des eaux souterraines, comme un outil d'aide à la décision au service du développement durable dans la zone étudiée et les autres régions similaires.

References:

1. Ahoussi K. E. (2008). Évaluation quantitative et qualitative des ressources en eau dans le Sud de la Côte d'Ivoire. Application de l'hydrochimie et des isotopes de l'environnement à l'étude des aquifères continus et discontinus de la région d'Abidjan-Agboville. Thèse de Doctorat, Université de Cocody-Abidjan, Côte d'Ivoire, 270 p.
2. Assemian E. A., Kouamé K. F., Saley M. B., Affian K., Youan Ta M., Jourda J. P. & Biemi J. (2014). Étude de la productivité d'un aquifère de socle et approche statistique pour la détermination des tranches de profondeurs potentiellement productives : cas de la région de Bongouanou, Est de la Côte d'Ivoire, revues des sciences de l'eau, vol. 27, No 1, pp. 81-97. <https://doi.org/10.7202/1021984ar>.
3. Atté A. G. (2010). Mise en place d'outils d'aide à la décision pour la gestion des ressources en eau en côte d'ivoire : actualisation et extension des capacités du SIG sur le bassin versant du Bandama. Mémoire de fin de cycle, master spécialisé en gestion intégrée des ressources en eau (GIRE), Institut International de l'Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement (2iE), 50 p.
4. Biémi J. (1992). Contribution à l'étude géologique, hydrogéologique et par télédétection des bassins versants subsahariens du socle précambrien d'Afrique de l'Ouest : hydrostructurale, hydrodynamique, hydrochimie et isotopique des aquifères discontinus de sillons et des aires granitiques de la Haute Marahoué (Côte d'Ivoire), Thèse de Doctorat d'État, Université de Cocody-Abidjan, Côte d'Ivoire, 480 p.
5. Bourdet, Whittle T.M., Dougals, A.A., Pirard V.M., (1983) : A new set of type curves simplifies well test analysis, World Oil, 196, 95-106.
6. BRGM-Aquater (1991). Exploitation des eaux souterraines en socle cristallin et valorisation agricole : projet pilote expérimental en milieu rural pour des zones soudano- sahéliennes et sahéliennes. Rapport BRGM- AQUATER R 33576 Octobre 1991. BRGM, Orléans, Vol. 4.
7. C.I.E.H.(1982). Méthodes d'études et de recherches de l'eau souterraine des roches cristallines de l'Afrique de l'ouest, Atlas de photo-interprétation, Vol. 3, 143 p.
8. Cooper H. H. & Jacob C. C. (1946). A generalized graphical method for evaluating formation constants and summarizing well field history. Am. Geophys. Union Trans., Vol. 27, No. 04, pp. 526-534.
9. De Lasme O. Z. (2013). Contribution à une meilleure connaissance des aquifères fissures du socle précambrien: cas de la région de San Pedro (Sud-Ouest de la Côte d'Ivoire). Thèse de doctorat Hydrogéologie, Université Félix Houphouët Boigny, Cocody, 176 p.

10. De Lasmé O. Z., Lasmé T., Oga M.-S., Youan T. M., Baka D., Ettien F. B., Kouakou S., Onetie O. Z., & Yao T. K. (2012). Analyse des propriétés hydrodynamiques des aquifères fissurés de la région de San-Pedro (Sud-Ouest de la Côte d'Ivoire), *Estudios Geológicos*, No 68, pp 217-232.
11. Dewandel B., Lachassagne, P., Zaidi, F.K., Chandra, S., (2011) : A conceptual hydrodynamic model of a geological discontinuity in hard rock aquifers: example of a quartz reef in granitic terrain in South India. *Journal of Hydrology*, 405, 474–487.
12. Duffield, G.M., (2007). *AQTESOLV for Windows Version 4.5 User's Guide*, HydroSOLVE, Inc., Reston, VA
13. Ehoussou K.M., Kouassi A.M., Kamagate B. (2018). Caractérisation hydrodynamique des aquifères fissurés de la région du bélier (centre de la côte d'ivoire), *Larhyss Journal*, No 36, pp. 119-143
14. Ewodo M. G., Bon A. F., Bineli E., Ntep F. & Ombolo A. (2017). Caractérisation de la productivité des aquifères du socle de la région de l'extrême nord, Cameroun, *journal of the cameroon academy of sciences*, Vol. 14, No 1, pp. 44-60.
15. Faillat J.P. (1987). *Aquifères fissurés en zone tropicale humide: structure, hydrodynamique et hydrochimie (Afrique de l'ouest)*. Hydrogéologie, Thèse Université, Languedoc (Montpellier), 534 p.
16. Geomines (1982). *Inventaire hydrogéologique appliqué à l'hydraulique villageoise. Carte de Niellé, cahier n°3, (1982a)*, 20 p.
17. Gnamba F.M., Oga Y.M.S., Gnanagne, T. & Lasmé T., (2014). Analyse de la productivité des aquifères de fissures du socle Paléoprotérozoïque de la région de Katiola (Centre-Nord de la Côte d'Ivoire). *European Scientific Journal*, Vol 10, No 5, pp. 79-98.
18. Gutierrez A., Dewandel B. (2013). L'interprétation des pompages d'essais : quelles nouveautés ? *Géologues n°178*. Octobre 2013. pp 49-53
19. Jourda J. P. (2005). *Méthodologie d'application des techniques de télédétection et des systèmes d'information géographique à l'étude des aquifères fissurés d'Afrique de l'ouest. Concept de l'Hydrotechnique spatiale: cas des zones tests de la Côte d'Ivoire*", Thèse de doctorat ès Sciences Naturelles, Université de Cocody-Abidjan, Côte d'Ivoire, 429 p.
20. Koita M. (2010). *Caractérisation Et Modélisation Du Fonctionnement Hydrodynamique D'un Aquifère Fracturé En Zone De Socle. Région De Dimbokro-Bongouanou (Centre Est De La Côte d'Ivoire)*. Thèse de doctorat, Université de Montpellier II, 235 p.
21. Konan A.S. (2018)

<http://www.jeuneafrique.com/559212/politique/cote-divoire-le-gouvernement-face-a-une-vaste-penurie-deau-courante-dans-le-nord-du-pays/>

22. Kouakou K. E. G. (2012). Contribution de la géophysique à l'étude structurale et à la connaissance des ressources en eau souterraine du district de la vallée du Bandama (Côte d'Ivoire), Thèse de doctorat géophysique appliquée, Université Félix Houphouët Boigny, Cocody, 199 p.
23. Kouakou K. E. G., Sombo B. C., Digbéhi Z. B., Kouassi F. W., Sombo P., & Kouamé N. (2012). Utilisation de la prospection géophysique par résistivité électrique pour la recherche d'eau souterraine dans le département de TANDA (Est de la Côte d'Ivoire). *European Journal of Scientific Research*, Vol. 83, No 3, pp. 230-244.
24. Kouassi K. X. (2011). Évaluation quantitative et qualitative des ressources en eau de la région centre: cas du département de Didiévi en Côte d'Ivoire. Mémoire de fin de cycle Ingénieur de conception en exploitation et traitement des eaux, Institut national polytechnique Félix Houphouët-Boigny de Yamoussoukro (Côte d'Ivoire). 50 p
25. Koudou A., N'dri B. E., Niamke K. H., Adjiri O. A., Sombo A. P. & Niangoran K. C. (2016). Analyse de la productivité et estimation de la vulnérabilité à la pollution pour l'optimisation de l'implantation des forages dans les aquifères de socle du bassin versant du N'zi (Côte d'Ivoire). *Bulletin de l'Institut Scientifique, Rabat, Section Sciences de la Terre*, No 38, pp. 149-164.
26. Lachassagne P., Dewandel B., Wyns R. (2014). The conceptual model of weathered hard rock aquifers and its practical applications. Chapter in *Book Fractured rock Hydrogeology*. International Association of Hydrogeologist selected papers. Editor : John M. Sharp.
27. Lasm T, Fossou R, N'guessan M, Onetie Oz, Baka D, Youan T. M, Oga M. S, & Soro N. (2012). Contribution hydrogéologique à la connaissance des aquifères discontinus du département de Ferké (nord de la Côte d'Ivoire) pour une meilleure alimentation en eau potable. *Revue Ivoirienne des Sciences et Technologie*, No 19, pp.114-135.
28. Lasm T. (2000). Hydrogéologie des réservoirs fracturés de socle : Analyse statistique de la fracturation et des propriétés hydrodynamiques. Application à la région des montagnes de Côte d'Ivoire (domaine archéen), Thèse de doctorat, Université, Poitiers, France, 274 p.
29. N'go Y. A. Gone D. L, Savane I. & Goble M. M. (2005). Potentialités en eaux souterraines des aquifères fissurés de la région d'Agboville (Sud de la Côte d'Ivoire) : caractérisation hydroclimatique et physique. *Afrique Science*, Vol 1, No 1, pp. 127-144.

30. Onetie O. Z., Lasm T., Baka D., N., M. R. Fossou, S. O. Kouakou, Youan Ta. M., De Lasme O. Z., Oga M. S. & Soro N. (2010). Influence des pertes de charges quadratiques sur la transmissivité et le débit spécifique déterminés sur des forages isolés : cas de la région de Korhogo au nord de la côte d'ivoire, *Revue Ivoirienne des Sciences et Technologie*, No 16, pp. 261-283.
31. Soro G. (2010). Évaluation quantitative et qualitative des ressources en eau souterraines dans la région des Lacs (centre de la Côte d'Ivoire) : Hydrogéologie et Hydrochimie des aquifères discontinus du district de Yamoussoukro et du département de Tiébissou, Thèse de doctorat, Université de Cocody, Abidjan, Côte d'Ivoire, 257 p.
32. Soro G. Soro N. Ahoussi K. E. Lasm T. Kouame F. K.; Soro T. D. Et Biemi J. (2010). Évaluation des propriétés hydrauliques des aquifères fracturés des formations cristalline et métamorphique dans la région des Lacs (centre de la Côte d'Ivoire). *Estudios Geológicos*, Vol 66, No 2, pp 227-242.
33. Yacé I. (2002). *Initiation à la Géologie. L'exemple de la Côte d'Ivoire et de L'Afrique de l'Ouest*. Édition Ceda, 183 p.

Evaluation Comparee De La Malnutrition Des Enfants De Moins De 5 Ans Par Des Indices Anthropometriques En Republique Democratique Du Congo

Djomo Lokanga Godefroy

Département des Sciences de la Population et du Développement,
Université de Kinshasa

[Doi:10.19044/esj.2021.v17n7p154](https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n7p154)

Submitted: 19 December 2020

Accepted: 08 January 2021

Published: 28 February 2021

Copyright 2021 Author(s)

Under Creative Commons BY-NC-ND

4.0 OPEN ACCESS

Cite As:

Djomo L.G. (2021). *Evaluation Comparee De La Malnutrition Des Enfants De Moins De 5 Ans Par Des Indices Anthropometriques En Republique Democratique Du Congo*. European Scientific Journal, ESJ, 17(7), 154. <https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n7p154>

Résumé

La dénutrition des enfants est conventionnellement évaluée par trois indicateurs de l'état nutritionnel constitués par des indices de mesure anthropométrique, à savoir l'émaciation (poids/taille), le retard de croissance (taille/âge) et l'insuffisance pondérale (poids/âge). Cependant, ces indicateurs sont critiqués de sous-estimer la prévalence de la malnutrition étant donné que ceux-ci se chevauchent. C'est ainsi qu'un autre indicateur a émergé à savoir l'indice composite d'échec anthropométrique (CIAF). Vu que le CIAF ne donne pas les formes de malnutrition que présentent les enfants dans leur ensemble, il a été proposé l'indice de l'émaciation, l'indice de retard de croissance et l'indice de l'insuffisance pondérale pour fournir le profil clinique de la dénutrition totale. L'objectif de cette étude est d'évaluer l'état nutritionnel des enfants à travers ces indices susmentionnées en utilisant les données MICS 2017-2018 de la RD Congo et de comparer ceux-ci avec des indicateurs conventionnellement utilisés. Les résultats révèlent qu'en RD Congo, la prévalence de la dénutrition des enfants de moins de 5 ans par le CIAF est de 47,3%. Dans cette prévalence, la proportion de l'indice de l'émaciation, l'indice de retard de croissance et l'indice de l'insuffisance pondérale est respectivement de 0,135, 0,867 et 0,488. L'étude montre que les indicateurs conventionnels sous-estiment la dénutrition des enfants et peuvent également modifier l'ordre des milieux les plus préoccupants.

L'étude suggère que ces indices soient complémentaires aux indicateurs conventionnels afin d'élargir le champ de vision des décideurs dans leurs interventions pour lutter de manière plus stratégique contre la malnutrition.

Mots clés : Indice Composite D'échec Anthropométrique, Indice De L'émaciation, Indice De Retard De Croissance, Indice D'insuffisance Pondérale, Malnutrition

Assessment of Malnutrition of Children Under 5 by Anthropometric Indices in the Democratic Republic of Congo

Djomo Lokanga Godefroy

Département des Sciences de la Population et du Développement,
Université de Kinshasa

Abstract

The undernutrition of children is conventionally assessed by three indicators of nutritional status constituted by anthropometric measurement indices, namely wasting (weight/height), stunting (height/age) and underweight (weight/age). However, these indicators are criticized for underestimating the prevalence of malnutrition since these overlap. Thus, a new indicator was proposed, namely the Composite Index of Anthropometric Failure (CIAF). Since the CIAF does not provide the forms of malnutrition that children as a whole present, the wasting index, stunting index and underweight index were proposed to provide the clinical profile of total undernutrition. The objective of this study is to assess the nutritional status of children through these new indices mentioned above using the MICS 2017-2018 data from DR Congo and to compare them with conventionally used indicators. The results reveal that in DR Congo, the prevalence of undernutrition of children under 5 by the CIAF is 47.3%. In this prevalence, the proportion of the wasting index, the stunting index and the underweight index are respectively 0.135, 0.867 and 0.488. The study shows that conventional indicators underestimate child undernutrition and can also change the order of the settings of greatest concern. The study suggests that these indices are complementary to conventional indicators in order to broaden the field of vision of decision-makers in their interventions to fight more strategically against malnutrition.

Keywords: Composite Index Of Anthropometric Failure, Wasting Index, Stunting Index, Underweight Index, Malnutrition

Introduction

La malnutrition touche plus d'un enfant sur trois dans le monde et elle est plus prononcée dans les pays en voie de développement particulièrement dans ceux de l'Asie du sud et de l'Afrique Subsaharienne (UNICEF, 2019). En République Démocratique du Congo (RD Congo), selon la dernière Enquête à Indicateurs Multiples (MICS, 2017-2018), la prévalence des enfants âgés de moins de 5 ans atteints de l'émaciation, du retard de croissance et de l'insuffisance pondérale est respectivement de 7%, 42% et 23%. Ces proportions restent très similaires à celles de la dernière Enquête Démographique et de Santé (EDS, 2013-2014) qui indiquent 8%, 43% et 23% pour chacun des indices susmentionnés. Cette prévalence est de loin supérieure à celle d'une population en bonne santé selon les normes de l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) qui veut que la prévalence du retard de croissance dans une population en bonne santé et bien nourris n'excède pas 2,3% (OMS, 2008).

Par ailleurs, des travaux menés autour de la malnutrition ont révélé que les indices conventionnels par lesquels ont été calculés les indicateurs de l'état nutritionnel des enfants tels que présentés ci-haut, sont sujet à des lacunes qui peuvent réduire le champ de vision des décideurs censés lutter contre la malnutrition notamment du fait que la probabilité associée à la morbidité et à la mortalité des enfants malnutris diffère selon les formes de malnutrition que présentent les enfants (McDonald et al., 2013 ; Nandy et al., 2005; Nandy et Svedberg, 2012). Ces indicateurs conventionnels sont critiqués de sous-estimer la prévalence de la malnutrition, car ils se chevauchent alors que chacun d'eux se constituent des individus ayant des formes de malnutrition distinctes. En effet, certains enfants peuvent être simultanément en retard de croissance et en insuffisance pondérale sans être émaciés ; émaciés sans être en retard de croissance ou en insuffisance pondérale ; et aussi en insuffisance pondérale sans pour autant souffrir d'une autre forme de malnutrition (Nandy et al., 2005). D'un autre côté, l'indice composite (l'insuffisance pondérale) censé refléter l'état nutritionnel global ne se calcule pas par la somme des enfants atteints du retard de croissance et de ceux atteints de l'émaciation. N'étant pas la somme des enfants malnutris, on peut dire que l'insuffisance pondérale reflète mal l'ampleur globale du problème nutritionnel dans une population. De plus, il a également été démontré que dans l'évaluation des progrès accomplis dans le suivi de la malnutrition, « *l'insuffisance pondérale peut exagérer l'ampleur du changement* » (Nandy et Mianda, 2008:1965).

Face à ces lacunes, Svedberg (2000) construit un indicateur agrégé, appelé indice composite de défaillance nutritionnel (Composite Indice of Anthropometric Faillure (CIAF)) qui permet de palier au problème de sous-estimation des enfants sous-alimentés et en même temps de contourner le

chevauchement observé dans les indices conventionnels. Le CIAF a l'avantage de refléter une meilleure image de l'état nutritionnel des enfants puisqu'il présente d'une part les enfants normaux (ceux qui n'ont aucun échec anthropométrique ou aucune forme de malnutrition) et les enfants malnutris (ceux qui présentent une ou plusieurs formes de malnutrition). En bref, le CIAF met en évidence l'ampleur du problème de la dénutrition des enfants et peut de ce fait répondre de manière globale à la question « combien d'enfants sont malnutris dans une population ? ».

En dépit de tous ces avantages, le besoin d'informations supplémentaires a mis en lumière quelques limites reportées au CIAF (Bhattacharya, 2006). Celui de savoir la contribution respective de l'ampleur de l'émaciation, du retard de croissance et de l'insuffisance pondérale dans le CIAF qui ne présente que la situation globale. Car dans l'évaluation de la malnutrition, une classification clinique des formes de malnutrition reste très importante pour guider les actions des spécialistes. Pour remédier à cela, Bose et Mandal (2010) ont proposé de nouveaux indices, à savoir l'indice de retard de croissance, l'indice de l'émaciation et l'indice de l'insuffisance pondérale. Ces indices ne sont pas similaires à ceux conventionnellement utilisés du fait qu'ils sont calculés à partir du CIAF et reflètent ainsi la part de chacune des formes de malnutrition parmi tous les enfants malnutris.

De plus, à travers des indicateurs désagrégés tirés du CIAF, on peut notamment identifier quel type de défaillance anthropométrique est associé au risque élevé de morbidité (Nandy et al., 2005 ; Nandy et Svedberg, 2012) ou de mortalité des enfants (McDonald et al., 2013). Ce qui est une source d'information non négligeable pour des programmes et interventions de réduction du risque de morbidité et de mortalité avec la malnutrition comme cause sous-jacente.

Ainsi, l'objectif de la présente étude est d'évaluer l'état nutritionnel des enfants de moins de 5 ans en RD Congo en utilisant l'ensemble des indicateurs qui ont émergé dans la littérature et de comparer ces indicateurs avec ceux conventionnellement utilisés.

Methodologie

Les données utilisées dans cette étude proviennent du MICS 2017-2018. Cette enquête est la plus récente, d'une couverture nationale et représentative de la population de la R.D. Congo. L'enquête a sélectionné dans tous les 26 provinces de la RD Congo 21.477 enfants (49,5% garçons et 50,5% filles) âgés de 0 à 59 mois. Les enfants qui avaient au moins une information manquante ou des indices aberrants ont été exclus de l'analyse. Ce qui laisse un total de 21 453 enfants (99,9% de l'échantillon du départ). Chaque enfant sélectionné dans l'échantillon a été pesé et mesuré par les enquêteurs pour recueillir leurs données anthropométriques. Les analyses ont

été effectuées via le logiciel SPSS où les observations ont été pondérées par la variable du poids de l'échantillon des enfants de moins de 5 ans nommée *chweight*.

Pour évaluer l'état nutritionnel des enfants, le CIAF sera construit et ensuite les trois indices proposés par Bose et Mandal (2010) seront calculés afin de montrer la part de contribution du retard de croissance, de l'émaciation et de l'insuffisance pondérale dans le nouvel indicateur agrégé. Au même titre que les trois indices conventionnels, le CIAF se construit à travers le Z-score ou l'unité d'écart-type trouvé par des mesures anthropométriques des enfants (Poids, taille et âge) selon la formule suivante (OMS, 1995) :

$$Z - \text{scores ou unité d'écart - type} = \frac{X - \text{Médiane de la population de référence}}{\text{Ecart - type de la population de référence}}$$

- où *X* est la valeur observée (l'âge, le poids ou la taille des enfants)

Pour tout indice anthropométrique calculé, lorsque la valeur de l'écart-type est strictement inférieur à -2, le sujet est considéré comme atteint de la malnutrition. La population de référence avec laquelle a été calculé ces indices provient des nouvelles normes de croissance et de nourrisson de l'OMS en 2006, qui pour cette fois intégrait aussi dans la population de référence les pays en voie de développement. Ces pays sont les suivants : le Brésil, les Etats-Unis, le Ghana, l'Inde, la Norvège et l'Oman

Précisons qu'à l'origine, le CIAF tel que construit par Svedberg (2000) était structuré en six groupes de (A à F). Le groupe A, est constitué des enfants ne souffrant d'aucune défaillance anthropométrique et les groupes restant (de B à F) sont constitués des enfants dont la taille et le poids pour leur âge sont inférieurs aux normes de croissance et souffrants ainsi d'au moins une forme de malnutrition. Cependant, Nandy et al. (2005) ont identifié une septième classification d'enfants malnutris. Ils l'ont intitulé le groupe Y. Ce groupe est constitué des enfants ne souffrant que de l'insuffisance pondérale, c'est-à-dire des enfants qui n'ont qu'un poids insuffisant mais ne sont pas émacié et n'ont pas de retard de croissance. Cette classification présente des formes de malnutritions qui ne se chevauchent pas, elles sont mutuellement exclusives (tableau 1). C'est sur cet ensemble de toutes les formes de malnutrition que se composera le CIAF (indicateur agrégé) en additionnant les groupes d'enfants qui présentent au moins une forme de malnutrition ; ce qui n'était pas le cas pour des indicateurs conventionnels. Autrement dit, le CIAF se constitue de la somme de l'effectif de tout le « oui » tel qu'il est figuré dans le tableau 1.

Tableau 1. Classification selon les défaillances anthropométriques

Groupe	Description	Emaciation	Retard de croissance	Insuffisance Pondérale
A	Pas d'échec	Non	Non	Non
B	Emaciation seulement	Oui	Non	Non
C	Emaciation et Insuffisance pondérale	Oui	Non	Oui
D	Emaciation, Retard de croissance et Insuffisance pond.	Oui	Oui	Oui
E	Retard de croissance et Insuffisance pondérale	Non	Oui	Oui
F	Retard de croissance uniquement	Non	Oui	Non
Y	Insuffisance pondérale uniquement	Non	Non	Oui

**Classification selon Nandy et al. (2005)*

Pour évaluer la contribution respective de l'indice du retard de croissance, l'indice de l'émaciation et de l'indice de l'insuffisance pondérale dans le CIAF, chaque indice conventionnel est divisé par le CIAF (Bose et Mandal, 2010), soit :

- Indice de retard de croissance = retard de croissance / CIAF
- Indice de l'insuffisance pondérale = insuffisance pondérale / CIAF
- Indice de l'émaciation = émaciation / CIAF

Les valeurs trouvées ici n'ont pas d'unité, étant un rapport, on comprend que plus la valeur est élevée, plus la gravité de l'indice l'est également. Toutefois, il est encouragé d'interpréter ces valeurs comme des pourcentages.

Resultats

Prévalence de la Malnutrition

Les résultats du tableau 2 montrent que 23,1% d'enfant souffrent de la malnutrition aigüe et 41% d'enfant souffrent de la malnutrition chronique. L'insuffisance pondérale comme indicateur agrégé est de 23,1%. Et le CIAF (tableau 3) montre qu'en RD Congo, dans l'ensemble, 47,3% présente une ou plusieurs formes de malnutrition. De manière désagrégée, cet indicateur composite indique que les enfants souffrant uniquement de l'émaciation, du retard de croissance et de l'insuffisance pondérale (groupe B, F et Y) sont respectivement de 2,1%, 22% et 2,1%. On remarque qu'en se fiant uniquement à l'indice conventionnel agrégé (l'insuffisance pondérale) les enfants du groupe B et F qui présentent un total 24,1% de tous les enfants, auraient été mal classés car ils ne présentent pas des signes d'insuffisance pondérale. Les enfants théoriquement les plus vulnérables, c'est-à-dire ceux qui présentent simultanément tous les trois formes de malnutrition (groupe D) sont de l'ordre de 2,3%.

Tableau 2. Prévalence de la malnutrition des enfants de moins 5 ans selon les types des indicateurs

Indices	Nombre d'enfant (%)
Emaciation	1505 (6,4)
Retard de croissance	9264 (41)
Insuffisance pondérale	5150 (23,1)
CIAF	10631 (47,3)

Tableau 3. Distribution des statuts nutritionnels des enfants de moins de 5 ans selon le CIAF

Groupe	Description	Nombre d'enfant (%)
A	Pas d'échec	10822 (52,7)
B	Emaciation seulement	447 (2,1)
C	Emaciation et Insuffisance pondérale	465 (2)
D	Emaciation, Retard de croissance et Insuff; pondérale	591 (2,3)
E	Retard de croissance et Insuffisance pondérale	3637 (16,7)
F	Retard de croissance uniquement	5034 (22)
Y	Insuffisance pondérale uniquement	457 (2,1)
Total		21453

Suivant les caractéristiques des enfants (le tableau 4), les résultats révèlent que dans l'ensemble les garçons souffrent plus de la malnutrition que les filles. La sous-estimation du niveau de la malnutrition reprochée aux indices conventionnels du fait que ces derniers se chevauchent, paraît plus flagrante lorsque les données sont ventilées selon certaines caractéristiques des enfants. Alors que l'indicateur conventionnel agrégé est de 21,4% pour les filles, le CIAF s'élève à plus de double de ce pourcentage (45,6%). Et les tendances similaires s'observent sur toutes les caractéristiques restantes. On constate également que la prévalence de la malnutrition augmente avec l'âge des enfants pour tous les indicateurs, exception fait de l'émaciation. Pour ce qui est du CIAF selon milieu de résidence, en dépit du fait que l'écart entre le milieu urbain et le milieu rural est de 21 points de pourcentage (34,6% contre 55,3%), la dénutrition totale des enfants reste élevée dans ces deux types de milieu.

Tableau 4. Prévalence des indicateurs de la malnutrition selon les caractéristiques des enfants

Caractéristiques des enfants	Emaciation	Retard de croissance	Insuffisance pondérale	CIAF
Sexe				
Masculin	7,1	46,8	26,6	53,6
Féminin	5,8	39,6	21,4	45,6
Âge (en mois)				
0-11	8,3	23,4	15,7	32,4
12-23	8,4	40,9	22,1	48
24-35	5,3	47,9	24,8	52,7
36-47	5,1	46,2	24,9	50,7

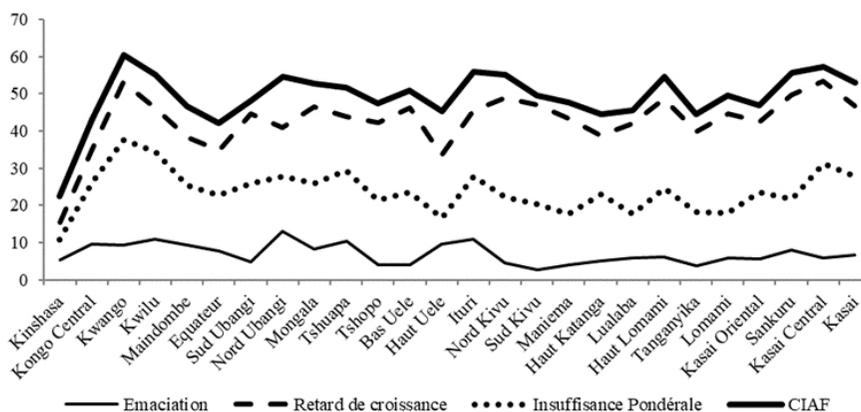
48-59	5,2	46,5	28	52,4
Milieu de Résidence				
Urbain	5,5	28,50	14,7	34,60
Rural	7,1	48,90	28,4	55,30

Le graphique 1 illustre comment se répartit l'ampleur de la malnutrition à travers différents indices dans toutes les provinces de la R.D. Congo. De celle-ci, deux constats peuvent être faits. Premièrement on remarque que les intensités données par le CIAF sont plus proches de celles données par le retard de croissance que celles de l'insuffisance pondérale alors que ce dernier est utilisé comme indicateur agrégé. Deuxièmement, on constate que classer les provinces selon l'ordre de leurs prévalences de malnutrition donne des résultats différents lorsque l'on compare le CIAF et l'indicateur conventionnel agrégé (l'Insuffisance pondérale). Si on s'intéresse au total des enfants présentant une ou plusieurs formes de malnutrition (CIAF), la province de Kwango et de Kasai Centrale sont les plus alarmantes avec respectivement 60,5% et 57,3% des enfants malnutris (ce classement ne varie que légèrement lorsqu'on considère le retard de croissance). L'insuffisance pondérale à son tour, nous laisse voir un autre tableau avec la province du Nord Ubangi et la province du Kwango comme les plus alarmantes avec respectivement 13% et 10,9% des enfants malnutris.

Cependant, la ville de Kinshasa (capitale) enregistre la plus faible prévalence de la malnutrition en utilisant le CIAF (22%) alors qu'en utilisant l'insuffisance pondérale, c'est la province du Sud Kivu qui enregistre les moins d'enfants malnutris (2,6%). En considérant ce dernier indicateur, la ville de Kinshasa où on s'attend enregistrer les moins d'enfants souffrant de la malnutrition, arrive après 7 provinces (Tanganyika, Maniema, Bas Uele, Tshopo, Nord Kivu, Sud Ubangi, Haut Katanga) avec une prévalence de 5,4%.

Graphique 1. Prévalence de la malnutrition selon les provinces

Pourcentage



Identification des formes de malnutrition dans le CIAF

Le CIAF a montré qu'en RD Congo au totale près de la moitié de tous les enfants sont malnutris. Le profil clinique de cette prévalence, c'est-à-dire la part de l'émaciation, du retard de croissance et de l'insuffisance pondérale dans cet indicateur se présente dans le tableau 5. Etant donné que les valeurs trouvées peuvent également être interprétées comme des pourcentages (Bose et Mandal, 2010, p. 134), on peut dire que dans le total de 47,3% des enfants malnutris, la prévalence de l'émaciation est de 13,5%, celle du retard de croissance est de 86,7% et 48,8% pour de l'insuffisance pondérale.

Tableau 5. Profil nutritionnel dans le CIAF

Indices	Valeurs
Indice de l'Emaciation = Emaciation/CIAF	0,135
Indice du Retard de croissance = Retard decroissance/CIAF	0,867
Indice de l'Insuffisance pondérale = Insuffisance pondérale /CIAF	0,488

Dans le tableau 6, on note que pour la prévalence de l'émaciation dans le CIAF diminue avec l'augmentation de l'âge des enfants et aussi que la malnutrition chronique est trop élevée selon les différentes caractéristiques où elle peut atteindre jusqu'à plus de 9 enfants sur 10.

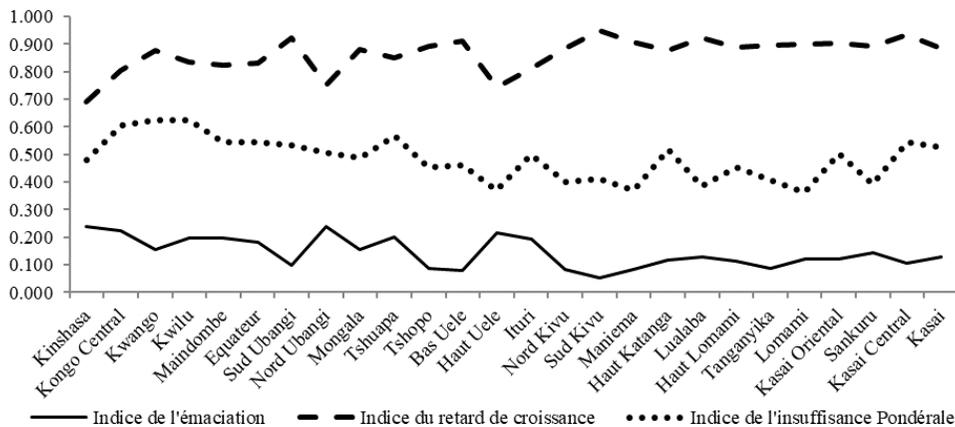
Le graphique 2 montre que parmi les enfants malnutris, la proportion des émaciés garde la tendance baissière et le retard de croissance reste toujours aussi élevé. Les données révèlent que la ville province de Kinshasa, qui a souvent présenté des plus faibles prévalences de la malnutrition pour tout indicateur utilisé, possède cette fois la valeur la plus élevée pour l'indice de l'émaciation (0,24). Il faut garder à l'esprit que ces valeurs sont calculées à partir du CIAF, c'est-à-dire que la haute prévalence de l'émaciation observée à Kinshasa est tirée de la faible proportion d'enfants souffrant de la malnutrition dans cette ville. Ces résultats suggèrent que la qualité de vie urbaine, les meilleurs soins de santé nutritionnels et différents autres programmes et prises en charge présents dans la ville, montrent bien leurs efficacités dans la luttant contre la malnutrition vu les faibles valeurs de l'indice de retard de croissance et de l'indice de l'insuffisance pondérale. Les avantages du milieu urbain empêchent la malnutrition dans sa forme aigüe de se prolonger à une durée plus longue pour se transformer en malnutrition chronique. Ce qui n'est pas le cas dans les autres milieux plus précaires où la malnutrition se prolonge plus facilement dans sa forme chronique jusqu'à atteindre plus de 90% d'enfants.

Tableau 6. Valeurs de l'Indice de l'Emaciation, Indice de Retard de croissance et de l'indice d'insuffisance pondérale dans le CIAF selon les caractéristiques des enfants

Caractéristiques des enfants	Emaciation	Retard de croissance	Insuffisance pondérale
Sexe			
Masculin	0,139	0,873	0,508
Féminin	0,134	0,864	0,470
Âge (en mois)			
0-11	0,256	0,722	0,485
12-23	0,175	0,852	0,460
24-35	0,101	0,909	0,471
36-47	0,101	0,911	0,491
48-59	0,099	0,887	0,534
Milieu de Résidence			
Urbain	0,159	0,824	0,425
Rural	0,128	0,884	0,514

Graphique 2. Valeurs de l'Indice de l'Emaciation, l'Indice du Retard de croissance et de l'Indice de l'Insuffisance pondérale dans le CIAF selon les provinces

Pourcentage



L'image que laisse voir ces trois nouveaux indicateurs est préoccupant car il en ressort que parmi les enfants malnutris, dans 8 provinces (Sud Kivu, Kasai Central, Sud Ubangi, Lualaba, Bas Uele, Maniema, Kasai Oriental et Lomami) plus de 9 enfants sur 10 présentent une malnutrition chronique qui traduit une restriction du potentiel de croissance en raison d'une carence nutritionnelle ou une privation alimentaire prolongée. Et cette proportion tourne autour de 8 enfants sur 10 pour toutes les autres provinces restantes à l'exception de Kinshasa (68,9%), de Haut Uele (74,3%) et du Nord Ubangi (75,2%).

Discussion

Les résultats des indicateurs convergent avec ceux du rapport du MICS 2017-2018 uniquement pour l'émaciation et le retard de croissance. Ceux de l'insuffisance pondérale diffère de ceux du rapport à seulement un point de pourcentage. Le CIAF donne un pourcentage de plus de deux fois supérieur à celui de l'insuffisance pondérale. Cela montre l'ampleur de la sous-estimation des enfants malnutris causée par le chevauchement qui pèse sur l'insuffisance pondérale. Le nombre d'enfants en dénutrition augment avec l'âge, tant pour le CIAF que pour l'insuffisance pondérale. Le contexte des précarités observées en RD Congo entraine de l'insécurité alimentaire et cela explique cette tendance de dénutrition avec l'augmentation de l'âge des enfants. Car le besoin en nutriment est de moins en moins satisfait lorsque les enfants grandissent et demandent des compléments nutritionnels. Des résultats similaires sont observés dans d'autres régions frappées par la malnutrition (Sengupta et al., 2010).

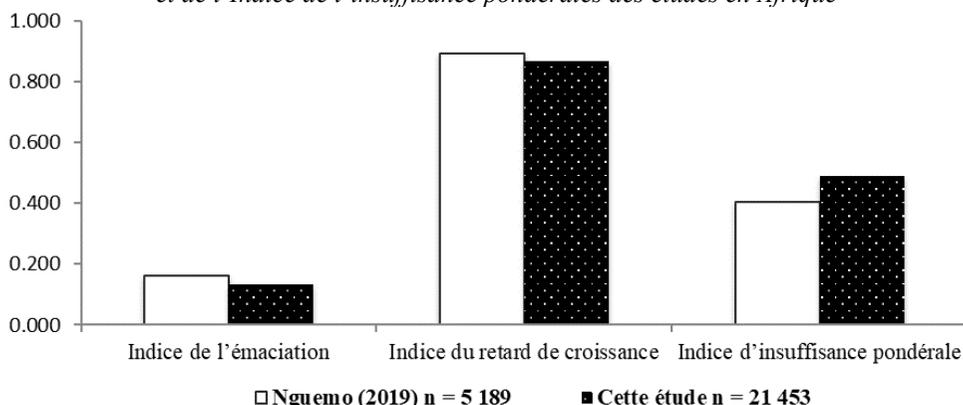
Dans cette étude, l'échec anthropométrique est plus élevé chez les garçons que chez les filles. Ces résultats s'accordent au contexte des pays africains où les mêmes tendances ont été observé dans plusieurs autres pays dans la partie Sub-saharienne (Wamani et al., 2007). L'ordre du classement des provinces ayant les plus d'enfants souffrant de la malnutrition ainsi que celles ayant les moins d'enfants est le même pour l'indicateur conventionnel agrégé et le CIAF mais à des prévalences bien très différentes (quoique cet ordre varie légèrement par la suite). Ces résultats s'accordent avec plusieurs autres études (Dewan, Gupta et Kumar, 2015 ; Seetharaman et al., 2007 ; Mandal et Bose 2009 ; Nandy et al., 2005 ; Nandy et Miranda, 2008) pour affirmer que les indicateurs conventionnels ont tendance à sous-estimer le nombre d'enfants souffrant de la malnutrition. Et ceci peut entraver l'ordre de priorité ou réduire le champ de vision des décideurs étant donné que le CIAF, dans sa forme désagrégé, peut montrer les régions ayant plus d'enfants souffrant simultanément des plusieurs formes de malnutrition. Etant donné que la malnutrition est plus morbide ou plus létale lorsqu'elle se présente simultanément sous plusieurs formes chez le même enfant.

Les information supplémentaires fournies dans l'utilisation du CIAF participe à une meilleure évaluation de la malnutrition des enfants. Car cette évaluation serait peut guider les actions et planifications des décideurs qui auront les informations sur la prévalence totale de la dénutrition dans l'ensemble de la population concernée. Aussi, le CIAF a été reconnu pour ces meilleurs perspectives à travers son utilisation dans un corpus de travaux sur la malnutrition menées en Inde (Seetharaman et al., 2007 ; Goswami, 2016 ; Mandal et Bose 2009 ; Shit et al., 2012 ; Nandy et al., 2005 ; Nandy et Svedberg, 2012 ; Dewan, Gupta et Kumar, 2015 ; Ramkuma et al., 2018), en Afrique (Emina, 2009 ; Nguemo, 2019 ; Berger, Hollenbeck et Fields-

Gardner, 2006 ; Mahgoub et Fields-Gardner, 2009) ainsi que dans d'autres régions du continent où sévit le problème de malnutrition des enfants (Dang & Yan, 2007 ; Harttgen et Misselhorn 2006).

La valeur déduit de l'indice de l'émaciation, de l'indice du retard de croissance et de l'indice de l'insuffisance pondérale à travers l'ampleur de la dénutrition globale était respectivement de 0,135, 0,867 et 0,488. Ces valeurs sont supérieures à celles des indicateurs conventionnels qui renseignent sur les mêmes formes de malnutrition.

Graphique 3. Comparaisons de l'Indice de l'Emaciation, l'Indice du Retard de croissance et de l'Indice de l'insuffisance pondérales des études en Afrique



Ces trois indices ont été calculés sur base des résultats d'une récente évaluation effectuée au Cameroun (Nguemo, 2019) sur la malnutrition des enfants des moins de 5 ans afin de les comparer avec ceux de cette étude. Les résultats indiquent que (graphique 3) malgré une prévalence plus élevée du CIAF en RD Congo comparativement à celui du Cameroun (47,3% contre 37%), l'indice de l'émaciation et l'indice de retard de croissance du Cameroun sont légèrement supérieur à ceux de la RD Congo (respectivement 0,135 contre 0,162 et 0,867 contre 0,892). Par contre pour l'indice de l'insuffisance pondérale, les résultats du Cameroun est inférieur à ceux de la RD Congo (0,405 contre 0,488). Ces indices calculés à partir du CIAF ne sont pas sujets à des chevauchements et expriment ainsi le fardeau réel des différentes formes des malnutritions qui pèsent sur ces enfants. Ces informations n'étant basées que sur les enfants en dénutrition, elles présentent la prévalence des différentes formes de malnutrition auprès de la totalité enfants malnutris.

Les résultats montrent aussi que l'ordre des provinces les plus préoccupantes change selon que l'on utilise les indicateurs conventionnels ou les nouveaux indices. Cependant, en dépit de ce changement de l'ordre des provinces les plus nécessiteuses, dans l'ensemble, quasiment les mêmes groupes des provinces reviennent dans la liste des plus préoccupantes ainsi

que dans le groupe des moins touchés par la malnutrition. Ce qui nous amène à nous accorder avec ce que suggèrent d'autres auteurs (Dewan, Gupta et Kumar, 2015 ; Bose et Mandal, 2010), pour appuyer que ces nouveaux indices ne remplacent aucunement les anciens indicateurs, mais ils offrent des informations complémentaires sans chevauchement ou sous-estimation des enfants malnutris.

Les régions figurant en haut de la liste doivent impérativement être prise en compte car la malnutrition chronique qui frappe des enfants durant plus de deux ans, produit des effets négatifs irréversibles pour l'avenir de ces derniers. Et pour le groupe d'enfants les plus vulnérables, ceux qui présentent simultanément plusieurs formes de malnutrition, le CIAF révèle que leur proportion était de près de 22%. En présence de ces informations, en priorisant ce groupe d'enfants, des programmes stratégiques pour réduire la malnutrition pourront montrer plus des dividendes. Car les interventions vont agir en même temps sur la morbidité avec la malnutrition comme cause sous-jacente ainsi que sur la mortalité des enfants malnutris.

Conclusion

La présente étude visait à évaluer et à comparer l'état nutritionnel des enfants de moins de cinq ans en RD Congo à travers différents indices anthropométriques. L'écart entre l'indicateur retenu pour se renseigner de la prévalence de la malnutrition et l'indicateur qui renseigne sur l'ampleur globale de la malnutrition est de 25 points de pourcentage. Cette sous-estimation peut représenter des millions d'enfants malnutris vu l'effectif galopant d'enfants en R.D. Congo. Et le CIAF a montré un autre tableau des régions à plus haute prévalence de malnutrition chronique légèrement différent de celui de du retard de croissance conventionnel. Vu l'échec dans la réalisation des Objectifs Millénaire du Développement, les décideurs devraient prendre en compte d'autres suggestions pertinentes, telles que celles que laissent voir ce document, dans le suivi et la prise en charge des enfants en échec anthropométrique. Ceci pourrait participer à combattre plus stratégiquement la malnutrition qui sévit en RD Congo afin d'atteindre la deuxième cible des Objectifs du Développement Durable d'ici 2030.

References:

1. Berger M, Hollenbeck C & Fields-Gardner C (2006). "Prevalence of malnutrition in HIV/AIDS Orphans in the Nyanza Province of Kenya: A comparison of Conventional Indices with a Composite Index of Anthropometric Failure (CIAF)", *J Am Diet Assoc*, 106: A20–A20
2. Bhattacharya AK (2000), "Assessment of growth and nutritional status in Indian population", *J Indian Anthropol Soc*, 49: 69–102.

3. Bhattacharya AK (2006), Composite index of anthropometric failure (CIAF) classification: is it more useful ? Bull WHO 86: 335.
4. Bose K Jr, Mandal GC, “Proposed new anthropometric indices of childhood undernutrition”. Malays J Nutr. 2010 Apr; 16(1):1316. Epub 2010 Apr 15. PubMed PMID: 22691860. [PubMed]
5. Dang SN & Yan H (2007), “Optimistic factors affecting nutritional status among children during early childhood in rural areas of Western China”. Zhonghua Yu Fang Yi Xue Za Zhi 41: 108–114.
6. Dewan D, Gupta R & Kumar D. (2015), Can we rely solely on conventional measures to estimate undernutrition among under-fives?;, 27, 3: 361-365.
7. Emina B.O.J. (2009) Child malnutrition in Cameroon: Does out-of-wedlock childbearing matter, African Population and Health Research Center, 17 p. Accessible sur: www.uclouvain.be/cps/ucl/doc/demo/documents/Enima.pdf [consulté le 15 Janvier 2020]
8. Goswami M. (2016), “Prevalence of UnderNutrition Measured by Composite Index of Anthropometric Failure (CIAF) Among the Bhumij Children of Northern Odisha, India” J Nepal Paediatr Soc; 36 (1):61-67.
9. Harttgen K & Misselhorn M. (2006), A multilevel approach to explain child mortality and undernutrition in South Asia and Sub-Saharan Africa. Available at website: www.opus.zbw-kiel.de/volltexte/2006/4743/pdf/Misselhorn.pdf [accessed 15 Sept 2009].
10. Institut National de la Statistique (INS) et UNICEF. 2015. Enquête par grappes à indicateurs multiples, MICS6 République Démocratique du Congo 2017-2018, Rapport des principaux résultats. Kinshasa, R.D. Congo, INS et UNICEF.
11. Mahgoub S, Silo L & Fields-Gardner C (2009), Effect of Dietary protein Enrichment Pilot Program on the growth of under-five children in day care centres in Gaborone, Botswana. Available at website: www.wishh.org/nutrition/botswana_daycare_vasps.pdf [accessed 15 Sept 2009].
12. Mandal G. & Bose K. (2009) “Assessment of Overall Prevalence of Undernutrition Using Composite Index of Anthropometric Failure (CIAF) among Preschool Children of West Bengal, India”, Iranian Journal of Pediatrics, 2009; Vol 19 (No 3), Pp:237-243.
13. McDonald M. C. et al. (2013). “The effect of multiple anthropometric deficits on child mortality: meta-analysis of individual data in 10 prospective studies from developing countries”. Am J Clin Nutr; 97:896–901.

14. Ministère du Plan et Suivi de la Mise en œuvre de la Révolution de la Modernité (MPSMRM), Ministère de la Santé Publique (MSP) et ICF International, 2014. Enquête Démographique et de Santé en République Démocratique du Congo 2013-2014. Rockville, Maryland, USA: MPSMRM, MSP et ICF International.
15. Nandy S. M., Irving M, Gordon D, Subramanian SV & Davey Smith G (2005). Poverty, child undernutrition and morbidity: new evidence from India. *Bull World Health Organ* 83: 210–216.
16. Nandy S. M., Miranda JJ (2008). “Overlooking undernutrition? Using a composite index of anthropometric failure to assess how underweight misses and misleads the assessment of undernutrition in young children”. *Soc Sci. Med.*; 66 (9) : 1963-6. doi:10.1016/j.socscimed.2008.01.021. Epub 2008 Mar 4. PubMed PMID: 18299166;PubMed Central PMCID: PMC2685640.[PubMed].
17. Nguemo N.C (2019). Facteurs explicatifs de la malnutrition chez les enfants de moins de 5 ans au Cameroun, Communication présentée à la réunion UEPA 2019, 23 p
18. OMS. Physical status: the use and interpretation of anthropometry. Report of a WHO Expert Committee. Technical Report Series No. 854. Geneva, World Health Organization, 1995. http://whqlibdoc.who.int/trs/WHO_TRS_854.pdf.
19. OMS. Training Course on Child Growth Assessment. Geneva, WHO, 2008.
20. Ramkuma S, Vijayalakshmi S, kanagarajan P, Rajkuma P, Lokeshmaran A (2018). “Z-Score and CIAF–A Descriptive Measure to Determine Prevalence of Under-Nutrition in Rural School Children, Puducherry, India”, *Journal of Clinical and Diagnostic Research*, 12(5): 24-27.
21. Seetharaman N, Chacko TV, Shankar SRL, Mathew AC (2007), “Measuring malnutrition – the role of Z-scores and the Composite Index of Anthropometric Failure (CIAF)” *Indian J Comm Med* 32: 35–9.
22. Sengupta P, Philip N, Benjamin AI (2010) , “Epidemiological correlates of under nutrition in under 5 years children in an urban slum of Ludhiana” *Health and Population Perspectives and Issues* ; 33(1):1-9.
23. Shit S, Taraphdar P, Mukhopadhyay DK, Sinhababu A, Biswas AB. Assessment of nutritional status by composite index for anthropometric failure: A study among slum children in Bankura, West Bengal. *Indian J Public Health [serial online]* 2012; 56:305-7. Available from: <http://www.ijph.in/text.asp?2012/56/4/305/106421>.

24. Svedberg P (2000), *Poverty and Undernutrition; Theory, Measurement and Policy*. Oxford India Paperbacks, New Delhi.
25. UNICEF (2019). *La Situation des enfants dans le monde 2019. Enfants, nourriture et nutrition : Bien grandir dans un monde en mutation*. UNICEF, New York.
26. Wamani H, Åstrøm AN, Peterson S, Tumwine JK, Tylleskär T (2007), Boys are more stunted than girls in sub-Saharan Africa: a meta-analysis of 16 demographic and health surveys. *BMC Pediatr*, 7(1): 1-0.

Rites De Reintegration "Afolile" Des Femmes Adulteres Chez Les « Fon » D'abomey : Elements Pour Une Socio-Anthropologie De La Purification

Charles Lambert Babadjide

Enseignant au Département de Sociologie-Anthropologie
de l'Université d'Abomey-Calavi (UAC), Bénin

[Doi:10.19044/esj.2021.v17n7p170](https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n7p170)

Submitted: 20 November 2020

Accepted: 12 January 2021

Published: 28 February 2021

Copyright 2021 Author(s)

Under Creative Commons BY-NC-ND

4.0 OPEN ACCESS

Cite As:

Babadjide C.L. (2021). *Rites De Reintegration "Afolile" Des Femmes Adulteres Chez Les « Fon » D'abomey : Elements Pour Une Socio-Anthropologie De La Purification*. European Scientific Journal, ESJ, 17(7), 170. <https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n7p170>

Résumé

La présente production met en évidence l'analyse des mobiles autour de l'adultère ainsi que les méthodes mises en place par les groupes socio-culturels « fon » d'Abomey pour réintégrer la femme adultère. L'étude est de nature qualitative. La collecte des informations est faite auprès de 92 personnes grâce aux techniques de collecte telles que la recherche documentaire, l'entretien individuel et l'observation directe. L'échantillon de recherche a été défini grâce aux techniques non probabilistes. Le traitement des données est fait manuellement puis elles sont soumises à l'éclairage de la théorie fonctionnaliste. Les résultats rendent compte d'une multiplicité d'acteurs dont l'intervention répond à des logiques parfois contradictoires du fait des vécus dans le milieu. Les données produites et analysées renseignent sur le fait que les rites de purification (afolile) sont des stratégies développées par la culture « fon » d'Abomey pour maintenir l'équilibre du couple et la cohésion familiale.

Mots clés : Fon d'Abomey, Réintégration Social, Adultère, Rites, Cohésion Familiale

Rites De Reintegration "Afolilè" Des Femmes Adulteres Chez Les « Fon » D'abomey : Elements Pour Une Socio- Anthropologie De La Purification

Charles Lambert Babadjide

Enseignant au Département de Sociologie-Anthropologie
de l'Université d'Abomey-Calavi (UAC)/Bénin

Abstract

This production highlights the analysis of the motives around adultery and the methods put in place by Abomey's "fon" socio-cultural groups to reintegrate adultery women. The study is qualitative in nature. Information is collected from 92 people through collection techniques such as documentary research, personal interview and direct observation. The research sample was defined using non-probabilistic techniques. Data processing is done manually and then they are exposed to functionalist theory. The results reflect a multiplicity of actors whose intervention responds to sometimes contradictory logics due to the experiences in the environment. The data produced and analyzed indicate that purification rites (afolilè) are strategies.

Keywords: Abomey's Foundation, Social Reintegration, Adultery, Rites, Family Cohesion

Introduction

La recomposition des systèmes de valeurs et de contre valeurs renseigne sur l'évidence de nouvelles orientations, de nouveaux enjeux et de nouvelles références ou tout simplement sur les formes expressives d'une société en "reconstruction". Or, construire la vie conjugale comme une réalité sociale dynamique, c'est admettre que le lien conjugal, son maintien et ses instabilités ne répondent nécessairement plus aux mêmes lois que dans le passé. C'est fort de cet état de chose que F. De Singly (1996, p. 89), soutient que la relation élective conjugale a supplantée tous les autres liens de parenté et est devenue le lieu d'une quête d'émancipation personnelle. C'est dire que la problématique de l'émancipation est aussi au cœur de la vie conjugale. De ce fait, l'homme de par sa nature, est fait pour vivre en communauté. Il est un être social car, c'est au contact de ses semblables qu'il peut acquérir les règles de « civilité » qui lui permettent de vivre en paix avec autrui. La vie en société désigne une intégration de chaque individu dans le milieu humain qui le structure et lui donne sens. Tout ce que l'homme fait, est toujours et déjà au sein de la société.

Ainsi, les hommes se regroupent tout d'abord en famille (premier lieu des relations sociales) puis en village et enfin en cité, ceux-ci n'étant rien d'autres que la communauté. Cette conception de la cellule sociale de base qu'est la famille et les valeurs fondamentales qui la sous-tendent traduisent un idéal de famille dont la pérennité constitue une préoccupation majeure (à l'échelle macro) comme l'exprime un dicton fon selon lequel « même si le monde s'écroule, il n'entraîne pas dans sa chute le « "hènnu" c'est-à-dire la famille ». Ce dicton traduit l'attachement de la société « fon » d'Abomey à l'unité, à la consolidation des liens sociaux et à la stabilité durable du ménage en dépit de l'éclatement des repères qui jalonne le XXI^{ème} siècle. Or, l'observateur le moins averti constate aujourd'hui une déstabilisation progressive de la dynamique familiale et communautaire béninoise frappée par toutes sortes de dissociations et de déviations. En effet, les mutations sociales, qu'a connu le Dahomey au lendemain de son indépendance, ont bouleversé les modes de vie et changé les rapports sociaux. Cette évolution n'a pas épargné la structure de la famille. Elle a produit un effet en agissant sur l'un de ses fondements les plus profonds : le mariage. Si le mariage (suivant les règles coutumières ou non) était perçu comme une garantie de l'équilibre de la vie sociale par la sécurité, la stabilité et la chaleur humaine (D. Paquett, 2004, p. 213), ce n'est plus systématiquement le cas de nos jours. L'observation empirique des vécus dans les ménages d'Abomey permet de remettre en cause l'idée d'une stabilité durable des alliances conjugales à cause surtout de l'adultère.

L'adultère au sein des couples entraîne fréquemment des séparations de nombreux conjoints. Longtemps interdit, exceptionnel, marginal, signe d'une instabilité familiale, d'une crise de l'individu et de la société, l'adultère est devenu aujourd'hui un acte courant et banalisé, un choix individuel. Il constitue l'un des problèmes qui fragilise les couples en général et en particulier des couples en milieu « fon » d'Abomey. Il génère de grands préjudices à la stabilité des couples et à l'unité de la famille. Bien qu'il ne s'agisse pas d'un phénomène social nouveau, sa place dans les consciences individuelles et collectives a pris une autre dimension au cours des dernières années. L'adultère et l'infidélité ont donc pris une proportion inquiétante dans nos sociétés. Les considérations coutumières, pourtant encore d'actualité dans les collectivités d'Abomey et l'emprise de l'expérience religieuse dans les ménages n'empêchent pas l'évidence de fractures sociales, de clivages et de ruptures entre les conjoints qui ont vécu ce phénomène. Si pendant longtemps l'infidélité était considéré comme l'apanage des hommes (G. Flaubert, 2006, p. 145), on remarque, qu'elle a gagné du terrain du côté de la gente féminine. Il n'est plus un secret de polichinelle que bon nombre de femmes mariées mènent de nos jours une double vie. Cette violation de la fidélité conjugale de la femme, est une faute qui demeure le point de mire des organisations de

droits de l'homme, des religieux et sociologues, etc. Dans le monde, peu de sociétés criminalisent l'adultère de l'homme. En revanche l'adultère de la femme a toujours fait l'objet de condamnation. Ainsi, l'infidélité des femmes a longtemps été sanctionnée par la peine de mort (G. Leleu, 2004, 125). Dans le christianisme par exemple, l'adultère est condamné tout aussi formellement dans le Nouveau Testament.

En Afrique, chaque société à sa propre manière de corriger les déviances. Ainsi, l'adultère est diversement corrigé par la tradition à travers les rites. Le rite, vu comme l'ensemble des « *comportements codifiés et imposés par le groupe social* » (J. Cazeneuve, 1971, p. 106), est inhérent à la vie de toute société humaine. Il pénètre la totalité des activités humaines ; la culture, la quotidienneté, tout autant que les grands moments de la vie villageoise (L.V. Thomas et R. Lumeau, 1986, p. 178). Dans la panoplie de rites existants, le rite de purification est celui qui, aujourd'hui, intervient le plus dans les cérémonies de réparation d'une faute grave dans la communauté traditionnelle. En effet, au Bénin, chaque société à ses propres méthodes de purification pour la correction et la réintégration de la femme adultère. Les cérémonies de purification donnant droit à la femme adultère de regagner son foyer. Cette pratique varie d'une ethnie à une autre et n'est donc pas propre à une société. Dans certaines ethnies, la femme adultère ne peut regagner le foyer conjugal qu'après avoir été purifiée au cours d'une cérémonie spéciale. Les "fon" d'Abomey font partie de ces ethnies du Bénin qui restent attachées à ces traditions et donnent une seconde chance à la femme adultère par le biais des rites de purification dits "Afolile". Malgré que l'adultère soit corrigé par des rituels traditionnels qui passent par les rites de réintégration et malgré le caractère dissuasif de ce procédé, on constate une persistance de ce phénomène chez les femmes « fon » d'Abomey. Face à cette situation, une interrogation s'impose à nous : quel est le rôle du rituel "Afolile" à la femme adultère d'Abomey ?

Matériels et méthodes

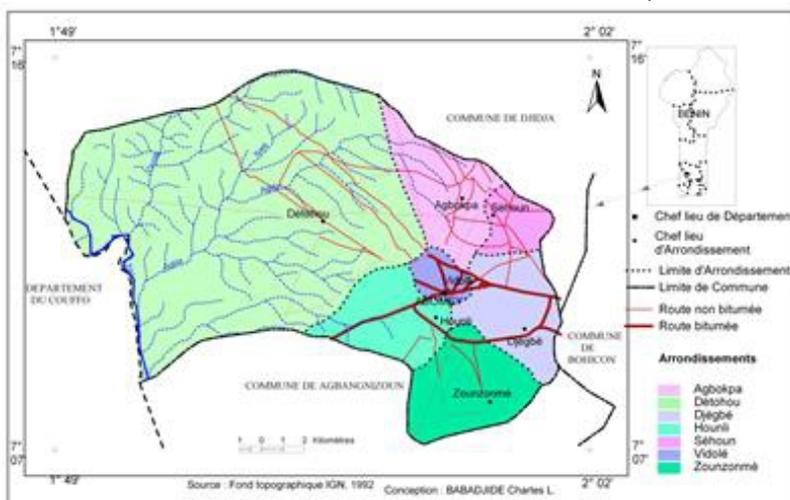
Portant sur l'analyse socio-anthropologique des rites de réintégration "afolile" des femmes adultères chez les « fon » d'Abomey, cette recherche est d'obédience qualitative. Ce volet qualitatif donne un aperçu des comportements et des perceptions des personnes ciblées par l'enquête. Cela a permis d'étudier leur opinion sur le sujet. La collecte des données empiriques, ne pouvant atteindre toute la population, un recours aux techniques d'échantillonnage de boule de neige et de choix raisonné ont été mises à profit pour définir l'échantillon de recherche. Elles ont permis de prendre en compte des unités de recherche constituées de femmes mariées, de femmes adultères, des tradi-praticiens, des chefs religieux, des tangninon, des hommes victimes d'adultère et de l'entourage immédiat des couples victimes. Soit cinquante-

deux (52) personnes ont été sélectionnées. Ces acteurs sont identifiés, pour la plupart, par choix raisonné. Les critères de choix varient en fonction des catégories d'acteurs. Les principaux critères tiennent compte de l'expérience des chefs religieux par rapport à la résolution des conflits conjugaux. Aussi, à partir des échanges avec l'entourage immédiat des couples victimes d'adultère, il a été identifié quelques situations pouvant conduire à l'adultère. A chaque catégorie d'acteurs, est associé, un canevas de départ en termes de types d'informations attendues. Trois techniques de collecte de données ont été employées pour mener à bien la collecte des données empiriques. Il est question de la recherche documentaire, de l'entretien semi-structuré et de l'observation.

Les données collectées sont structurées de façon à ce qu'elles puissent être analysées efficacement. La première étape de notre travail consiste à la transcription intégrale des informations recueillies auprès de chaque personne interrogée dans un logiciel de traitement de texte (Word). Ensuite, a suivi le traitement des données. Pour ce faire, les informations recueillies par le biais des guides d'entretien, ont été soumises à un traitement qui a consisté à rechercher des similitudes dans les descriptions et à faire des catégorisations par axe d'analyse et à en faire une synthèse. La structuration des données qualitatives a paru exigeante en réflexion et a nécessité aussi assez de temps. Nous avons par la suite fait usage de l'analyse de contenu pour la catégorisation des informations issues du guide d'entretien. Ces analyses ont suivi les axes de la structuration faite lors du traitement ; elle a consisté en un croisement comparatif des informations, soit à l'intérieur de la même catégorie d'acteurs, soit en inter-catégorie ; ensuite à faire une comparaison des éléments dégagés de l'analyse avec les tendances ressorties de la littérature.

Cité historique, la commune d'Abomey s'étend sur une superficie de 142 km². Elle est limitée au Nord par la commune de Djidja, au Sud par la commune d'Agbangnizoun, à l'Est par la commune de Bohicon et à l'Ouest par la commune d'Aplahoué. Elle compte sept (07) arrondissements subdivisés en vingt-neuf (29) quartiers de ville et villages.

Carte 1. Présentation de la commune d'Abomey



Source : Conception Babadjidé C. L., IGN, 1992.

La densité humaine de la commune d'Abomey est de 468 habitants/km². La population de la commune d'Abomey est composée majoritairement de Fon. Cette commune est une localité où les pratiques ancestrales demeurent encore prégnantes dans la mesure où l'influence des chefs religieux traditionnels est incontestable dans tous les arrondissements. Cependant, on y observe la cohabitation de plusieurs religions. L'ensemble de ces informations renseignent sur les dynamiques sociales influençant l'expérience de l'adultère dans la commune d'Abomey. Le choix d'Abomey constitue donc une grappe assez représentative pour une étude de l'adultère au Bénin.

Résultats et discussion : Rites de purification de la femme adultère chez les « fon » d'Abomey

Cette partie est consacrée à la présentation, l'analyse et la discussion des résultats de terrain. Les résultats montrent les mécanismes de purification de la femme adultère et des processus culturels de réinsertion des ces dernières.

La gestion culturelle de l'adultère

Malgré les dysfonctionnements observés au sein du foyer chez les « fon » d'Abomey, ceux-ci s'attachent au bien-être du couple afin d'assurer sa stabilité. Pour que cette stabilité soit garantie, chaque groupe socio-culturel dispose des moyens ou stratégies relatifs au contrôle social afin de mieux gérer les déviances pour s'assurer du maintien de l'harmonie et de la cohésion sociale. Mais la fidélité au foyer est le principal centre d'intérêt identifié. A

cet effet, l'adultère encore appelé rapports sexuels extraconjugaux fait l'objet d'une attention particulière. En dehors des dispositions prises sur le plan juridique et de l'information apportée par les religions importées (qui montrent d'ailleurs leurs limites dans la réduction de l'infidélité), la tradition africaine aussi propose des mesures palliatives à cette préoccupation. C'est alors pourquoï, un sage a raconté à cet effet :

« Ce sont les mannes de nos ancêtres qui s'occupent du sort des femmes infidèles. Par exemple à l'entrée même de certaines maisons, il y a le fétiche Minonnan implanté à l'entrée de la maison comme gardien. Quand une femme commet l'adultère, déjà à l'entrée de la maison, le fétiche se transforme en une bête féroce, chez d'autres, en grand arbre qui se déplace et l'empêche de rentrer dans la maison. Elle commence par crier comme une folle. Chose curieuse, il n'y a qu'elle seule qui les voit. » [Entretien avec Msr A. A., 74ans, marié et père de cinq enfants.]

A la suite des propos de cet enquêté, il a été compris que, la société indigène nous paraît armée pour opérer son redressement. Le fétiche Minonnan est le fétiche protecteur des femmes de la maison comme l'indique son nom "Minon" notre mère, "Nan" reine c'est-à-dire la reine mère des femmes de la concession. Il est implanté à l'entrée de la maison comme ange gardien des femmes. Alors quand une femme de cette maison commet le crime d'adultère, à son arrivée automatiquement le fétiche sent qu'il y a un être impur qui veut pénétrer dans la maison, aussitôt, il se transformerait en des choses mystiques dont leur explication dépasse même la compétence scientifique. Comme le montre la photo ci-dessous, le fétiche Minonnan présente l'aspect d'un Tolègba. Mais en réalité ce n'est pas un Tolègba. Le Tolègba reste à l'entrée du village tandis que le fétiche Minonnan est destiné à la maison. En voici une illustration.



Photo 1. Le fétiche MINONNAN, Abomey, Hounli.
Prise de vue : Babadjidé, 2019

Il a été aussi révélé que, quand la femme commet l'adultère, garde le silence et continue à préparer pour son mari, les femmes défrites de la maison ayant commise cet acte qui a été la source de leur mort se révoltent contre cette femme et souhaitent à tout prix qu'elle les rejoigne. N'est-ce pas une manière pour décourager l'adultère dans ce milieu ? Mais ces déclarations ne sont pas fondées, surtout sur le plan scientifique. Car ce ne sont que des choses imaginaires, sans fondement, sans preuve, sinon comment se fait-il que les femmes défrites se révoltent or nul ne sais ce qui se passe après la mort. Il faut alors une complémentarité entre la science et la tradition afin de mieux cerner le mystique.

Le "fâ" comme guide dans le contexte d'adultère

Dans la tradition « fon », consulter, prendre, fouiller, ou encore étaler le "fâ", est une démarche habituelle. Lorsqu'on constate dans un foyer, après des années de vie commune sans difficulté, la chute des affaires de l'époux, la faiblesse de son organisme face à certaines maladies qui autrefois était bien résistant, on commence par se poser des questions. Alors les soupçons de trahison conjugale (adultère) de la femme commencent. Le mari commence par se poser des questions sur la fidélité de sa femme. Si la femme ne fait pas l'aveu en cas d'infidélité, et continue de préparer pour le mari, c'est une malédiction pour le foyer. Soit elle a problème de fécondité, soit les enfants tombent malade ou ils meurent. Quand le mari est au courant et par honte, il ne dit rien à la famille, il tombe malade et souvent ce sont des maladies qui échappent à la médecine moderne. En ce moment *le "fâ"* intervient comme un éclairer.

« Le "fâ" dans le panthéon vodoun est une divination très chère au peuple «fon», il est l'Alpha et l'Omega de toutes ses cérémonies traditionnelles. Il est le messenger entre Dieu et les hommes. Il est un guide spirituel, un éclairer qui permet d'avoir une vision claire par rapport à une situation. Le "fâ" est également un pouvoir divinatoire destiné à révéler aux victimes la faute commise ». [Entretien avec Dah TOKANME, Bokonon 65, marié et père de vingt-deux enfants]

En d'autres termes, c'est à travers les révélations du "fâ", que les populations d'Abomey arrivent à comprendre ce qui se passe dans le monde invisible. De là, on découvre le crime commis, au cas où la femme suspectée nie les faits. La plupart des cas, c'est quand les signes commencent par apparaître qu'on consulte le "fâ". Celui-ci révèle que la femme garde un secret qu'elle devra révéler pour sa survie, celle de son époux ou celle de ses enfants. A partir de cet instant, le soupçon est établi et la famille est alertée pour amener

la coupable à faire ses révélations. Les aveux une fois faits, un jour est retenus pour la cérémonie de purification.

Les différentes étapes de la cérémonie de purification

Dans le but de mieux comprendre la réaction qui suit ce péché en milieu « fon », et les éventuelles démarches à mener pour ne pas subir la colère des divinités traditionnelles, nous nous sommes rapprochés d'un chef de collectivité, une personne ressource issue de cette ethnie. Il nous explique ici les différentes étapes nécessaires à franchir avant de faire purifier la femme adultère. Selon lui, les étapes sont multiples. Si la femme avoue son adultère à son époux, il se refuse de le garder seul par devers lui et en informe l'ainé de sa concession. Il l'informe des soupçons qu'il a de sa femme et confirme l'acte d'adultère qu'elle a commis. Ce dernier fait recours au chef de la collectivité (hennuto). Le hennuto après l'avoir longuement écouté et mesurant la portée de la situation, réunit toute sa cour et invite la femme à faire les révélations publiquement, c'est-à-dire devant la cour. La femme prêtresse de la maison dite (*Tangninon*), après discussion avec le mari lui demanda sa décision face à la situation. Si il aime encore sa femme et veut toujours la garder, il va demander la grâce du pardon des ancêtres pour son épouse ceci marqué par la réalisation du rituel de purification de la femme adultère "Afolile" dans sa famille afin de toujours la garder et aussi de maintenir la paix au sein de son foyer. On comprend donc que le rituel est en quelque sort un canal par lequel l'homme communique avec les Dieu afin de leur demander une doléance. Donc si l'homme décide de garder sa femme, ils doivent nécessairement passer par ce canal qui constitue un moyen pour le maintien de l'ordre social dans nos sociétés traditionnelles.

Quelques temps après les interrogations par rapport à la décision de l'homme, la *Tangninon* va lui faire la liste des différents ingrédients nécessaires pour la cérémonie. Notons que c'est la femme seule qui a le devoir de payer les ingrédients avec ses propres moyens. L'homme ne mettra pas un centime concernant quelconque dépense pour la cérémonie. Au pire des cas, l'époux jette de l'argent par terre et la femme ramasse. Il n'a pas le droit de lui remettre ça à main propre. Après cette étape, le jour de la cérémonie proprement dite est fixé.

La cérémonie "Afolile" ou "Afolile" proprement dite

Le jour de la cérémonie, le hennuto convoque une séance familiale extraordinaire où la *Tangninon*, les femmes de la maison du mari dite (houessi), ses frères et sœurs ainé sont convoqués ainsi que les parents de la femme. Après l'installation des conviés, le hennuto désigne la *Tangninon*, à accorder la parole à la femme infidèle. Celle-ci passe à l'aveu en public exposant les faits ou les raisons l'ayant poussé à l'acte, elle a aussi l'obligation

de citer le nombre d'hommes avec qui elle a couché "Assouhiha", tout ceci accompagné de promesses de ne plus recommencer. Suite à cela des conseils, colères, et réprimandes viennent sur son comportement mais aussi sur celui du mari. Après cela une longue interrogation de la *Tangninon* au mari débute, pour s'assurer de faire tous les rituels qu'il faut dans le cas où il aurait couché sciemment ou inconsciemment avec sa femme après son forfait. Dans les deux cas où la réponse s'avère positive, le mari est attaché et on le frappe avec les rameaux (Azan) devant la famille. Après cette étape, la femme coupable est accompagnée dans la forêt sacrée de la dite collectivité appelé (Tɔxwɔ Zume).



Photo 2. La forêt du TɔXWYɔ dit TɔXWYɔ ZUME
Prise de vue : Babadjidé, 2019.

La photo ci-dessus présente des arbres et arbustes. Il s'agit d'une forêt sacrée. C'est-à-dire le lieu où se font les cérémonies d'ordre traditionnel. Dans le cadre de cette étude, il s'agit du lieu où se font les cérémonies de purification de la femme adultère. A la sortie de cette forêt après la cérémonie, la femme devient pure, sans péché aux yeux des ancêtres. On peut donc conclure que c'est le lieu de rencontre entre la femme adultère et l'ancêtre de la collectivité (Tɔxwɔ). Une fois dans la forêt, elle remet au Tɔxwɔnɔn (le représentant du tɔxwɔ dans le monde des vivants) tous les objets dont elle s'est parée le jour de l'acte, à savoir : les perles, l'ensemble vestimentaire, ses bracelets, ses boucles d'oreilles, son slip etc. Après que le Tɔxwɔnɔn aie prit les objets, le Hounsso (celui qui est chargé de l'immolation), passe à l'immolation des animaux. Le sang de ces animaux est versé par terre devant le Tɔxwɔ de la famille pour implorer sa clémence.



Photo a. Grande case Tɔxwɔ **Photo b.** Petite case dans la grandn **Photo c.** Petites jarres
Planche 1 : La case du Tɔxwɔ dit Tɔxwɔ Hɔ et le Tɔxwɔ à Abomey Vidolé.

Prise de vue : Babadjidé, 2019

La planche ci-dessus présente une case et à l'intérieur de celle-ci se trouve une autre qui contient de petites jarres de forme différentes, des Calebasses... il a été révélé sur le terrain que ces objets représentent le Tɔxwɔ. On peut donc conclure que l'esprit du Tɔxwɔ se cache à l'intérieur de cette case et en faisant la cérémonie devant celle-ci signifie que c'est en présence du Tɔxwɔ que la cérémonie se fait. A la suite de l'immolation, le Tɔxwɔnon cherche des feuilles sacrées dans la forêt (Ayaman, déssrèssigèman, ahissihissi etc...) et y ajoute quelques feuilles appelées (Aman dokpo) les triture pour en faire une tisane.



Photo 3. Feuille Ayaman, à Abomey Hounli.

Prise de vue : Babadjidé, 2019

La photo 3 présente des arbustes et au milieu de ces arbustes se trouve la plante de la feuille d'Ayaman qui est l'une des feuilles utilisées au cours de la cérémonie. En effet, il se présente comme une fleur à plusieurs branches longues dont chaque branche constitue la feuille "Ayaman". Qui est aussi utilisée lors de la cérémonie. Après la trituration, le Tɔxwɔnon divise la tisane en deux et les met dans deux jarres : il met de l'eau chaude dans une jarre et de l'eau froide dans l'autre jarre afin que la femme en fasse sa toilette intime. Suite à cela, la Tɔxwɔssi ou la dɛnin (celle qui suit directement le

Tɔxwɔnɔn) ou en quelque sorte (le Tɔxwɔnɔn féminin) aide la femme à se laver et on passe à l'étape de rasage des cheveux. Le Tɔxwɔnɔn ordonne la femme à s'asseoir sur la natte (dɔ) apprêtée pour la circonstance et la Tɔxwɔssi lui rase les cheveux et pubis. Tous les objets réunis, sont accrochés à une souche d'arbre dans la forêt sacrée de la dite collectivité; les cheveux sont versés au pied du lègba familial appelé (houlègba) et on lui accrocha les perles qu'elle portait le jour de l'acte. Le Tɔxwɔnɔn ramasse les cauris non percés ainsi que les colas, ata, ovi, apprêtés pour la circonstance, les jette par terre pour savoir la décision prise par les dieux. Le Tɔxwɔnɔn ramasse les jarres, les colas et tout ce qui a servi à la purification puis ils sortent (tous ceux qui ont assisté à la cérémonie de purification) de la forêt pour reprendre le même geste des cauris et des colas devant le chef de la collectivité et sa cour. La conformité des signes de la forêt avec ceux de la cour induit l'accord de grâce pour la femme infidèle. C'est alors que la tangninɔn et les houessi lui rappelèrent les prescriptions des lois et règles de la collectivité. Ainsi elle réapparaît dans le cercle de la collectivité avec une âme pure exempte de péché. L'assise recommande maintenant à son mari de lui donner la popote pour la cuisine. Et le soir de la même journée, la purifiée prépare un met copieux de son choix à toute la famille. La nuit, elle va dormir désormais en paix avec son mari.

De l'analyse de cette description, il a été retenu que la culture « fon » d'abomey est une culture très attachée à ses savoirs endogènes. Ainsi elle se base sur ses savoirs pour s'assurer du maintien de stabilité conjugale en son sein. En effet, le rite de purification "afɔlile" est une pratique sociale héritée par les descendants des ancêtres « fon ». Elle a été instituée par leurs aïeux appelée (Tɔxwɔ) dans le but d'accorder le pardon à toutes les femmes de la cours, "houessi", qui commettent l'adultère. C'est une pratique qui se déroule dans un cadre bien organisé, à un endroit précis, par le biais des objets bien déterminés et se fait suivant plusieurs étapes par différents acteurs initiés. Bien que le rituel de purification soit institué dans un but précis, il ne se déroule pas de la même manière dans les collectivités. De surcroît, dans les différentes cultures du Bénin. Par exemple chez les Wémènou d'Avagbodji (Bembè) à Aguégoués, suite aux investigations menées sur le net, il a été révélé que le rituel de purification de la femme adultère se nomme "Ahanzin con yiyi" et c'est une pratique qui fait intervenir les "Tangninnon" (tantes âgées) qui sont chargées de la mettre en application. Ces rituels consistent à contraindre la femme à s'asseoir sur un tas de coque de noix de palme "Déyinkan" en lui faisant porter le "Ahanzin" (jarre sacrée) contenant de l'eau sacrée. Suite à l'invocation des Vodouns, l'inculpée est conviée à dire la vérité; ce qu'on appelle "Assouhiahia". La manifestation de la vérité amène la femme à trembler et à faire trembler la jarre dans les mains jusqu'à s'évanouir: ce phénomène s'appelle "Ahanzin Hiho" et cela débouche sur la cérémonie de purification

pour prouver que l'intéressée a été pardonnée, mais en cas de récidive c'est la mort qui survient. Par ailleurs, en cas de non aveu, la jarre pèse comme du béton dans les mains de l'inculpée et provoque une transpiration intense jusqu'à ce que cette dernière se fonde en larme. Mais malgré cela, deux nouvelles chances lui sont accordées afin de lui permettre de dire la vérité. Au cas où elle ne le ferait pas, elle serait répudiée. Et cette pratique a pour objectif d'accorder le pardon à toutes les femmes de la cours "Ahoosi" qui commettent l'adultère dans cette ethnie.

Dans l'un ou l'autre des cas de purification, il y a des points de convergence lors des préparatifs pour le rituel proprement dit. Par exemple l'étape de "Assouhiha". Chez les « fon » d'Abomey, la "Tangninnon" pose à la femme adultère quelques questions dans le but de savoir le nombre d'hommes avec qui elle a couchée afin de voir dans quelle mesure s'y prendre. Les "Wémènou" d'Aguégoués aussi passent par cette étape avant de purifier la femme adultère. La divergence se situe au niveau de la cérémonie proprement dite. Les « fon » procèdent par le lavage de la femme et le rasage de ses cheveux dans la forêt sacrée "Tɔxwɔ Zumɛ" et les "Wémènou" procèdent par le "Ahanzin Hiho" sur un tas de coque de noix de palme "Déyinkan". Chaque culture se base sur ses propres savoirs pour purifier la femme adultère. En considérant ces deux cultures, on comprend que les cultures africaines sont très attachées à cette pratique, et rien de sérieux ne peut l'égalé ou la remplacé pour permettre à la femme de se maintenir encore au foyer après l'adultère. Elle véhicule le bon sens, la sagesse et l'humilité. Le rite ainsi dire est indispensable pour la communauté traditionnelle car il permet de se mettre en contact avec le monde invisible afin de mettre de l'ordre dans le monde visible. Dans ce sillage, il faut dire que toutes les traditions visent les mêmes objectifs en ce qui concerne cette pratique. "Le maintien de l'ordre social". Néanmoins, vu son caractère sacré, cette pratique se fait de diverses manières compte tenu des réalités de chaque culture. Alors bien qu'elle soit un point où se rassemblent les différentes cultures Béninoises, elle ne se pratique pas de la même manière.

Perceptions sociales de l'adultère chez les "fon" d'Abomey

Les expressions "Afolilé" et Afɔdogbé chez les « fon » d'Abomey

A l'issue de cette recherche, il s'est avéré que quand on dit « Afɔdogbé », cela ne renvoie pas à la traduction littérale qui désigne « la femme a amené ses pieds dans la brousse », mais plutôt qu' « elle a quitté son toit conjugal pour aller coucher avec un autre homme ». C'est alors une expression pour désigner l'adultère en milieu « fon ». De même, quand la femme commet l'adultère, c'est tout son être qui devient impur. Alors c'est son corps entier qui sera lavé et non seulement ses pieds. Alors, le lavage se fait de la tête aux pieds tout en prononçant des paroles incantatoires. Le

"Afolilɛ" ou "Afoɔkɔkɔ" est donc une expression pour désigner la cérémonie de purification de la femme adultère chez les « fon » d'Abomey.

Le sort réservé au couple adultère

L'adultère en tant que violation du devoir de fidélité entre époux, a été et reste considéré, dans de nombreuses sociétés comme répréhensible. Alors elle est proscrite dans ces milieux et sa transgression fait l'objet de malédiction en direction des conjoints. Deux principales versions sont dénombrées en la matière. La première version annonce que l'époux qui consent à l'adultère de sa conjointe subit un sort pouvant se matérialiser par une série de maladies qui échappent à la compétence de la médecine moderne dont le ballonnement du ventre et plus tard son décès. Pour les tenants de ce discours, l'époux qui tolère l'infidélité de sa femme provoque par la même occasion la « colère » des divinités protectrices de sa collectivité d'appartenance. Il se doit donc d'exprimer sa désapprobation en direction des sages et chefs de collectivité.

La deuxième version met en évidence une réaction des acteurs symboliques en direction de la femme ayant commis l'adultère. Les sages et femmes rencontrées racontent que si la femme garde le secret, elle suscite également la « colère » des divinités protectrices de la collectivité d'appartenance de son époux. Ainsi, l'évidence de « cauchemars » en cas de retour au domicile conjugal après l'acte est la manifestation de « la colère du monde des ancêtres » à l'encontre de la femme. Quelques sages attestent que certaines femmes perdent la vie dans certains ménages avec comme principale cause « l'adultère ». Elles peuvent contracter des maladies dont on ignore la provenance, soit ce sont ses enfants qui tombent malade ou la chute considérable de son commerce, de ses activités ou tout autre malheur. Plus rien ne marche pour elle et pour son foyer. Elle a pratiquement tous les malheurs du monde même la folie peut subvenir.

« Ça s'est passé chez moi et la femme ne faisait que tuer de poux dans son pagne, cela accompagné de rire sans motif et c'est la mort qui s'en est suivie ». [Entretien avec Nan G. A. B. 55ans, veuve et mère de quatre enfants.]

Cet extrait d'entretien montre à quel point l'adultère est un acte très difficile à intégrer dans nos sociétés traditionnelles car c'est la tradition même qui se charge du sort de la femme adultère et les corollaires qui y découlent, viennent du surnaturel. L'adultère n'est jamais une expérience facile à intégrer ou à dépasser. Alors, il est recommandé aux femmes de renoncer systématiquement, à leur mariage ou à la vie conjugale, une fois l'adultère commis. Un homme confiant la situation advenue à l'intérieur de sa collectivité d'appartenance :

« Une femme l'a fait chez moi, et à son retour, elle est resté à l'écart de la maison et à demander à ses enfants de lui apporter quelques un de ses habits et est partie ». [Entretien avec B. P. 38ans, entrepreneur, marié et père de 3enfants].

Ce passage nous permet de comprendre que le mieux pour la femme adultère c'est de ne même plus revenir à la maison après l'acte. Ainsi, elle sauve sa vie. Car si elle pénètre la maison, elle serait sûrement confrontée à ces nombreux problèmes précités. Néanmoins, il y en a d'autres qui, juste après l'acte, cherchent des feuilles citées en haut (désstressigèman, ahissihissi etc...) pour se purifier, elles-mêmes avant de rentrer à la maison. De là, leur forfait ne sera pas dévoilé et aucun malheur ne leur arrivera. Il faut noter que ces feuilles qu'elles cherchent pour s'auto purifier restent un secret que beaucoup de femmes n'ont pas encore découvertes. Alors attendons-nous au pire quand ce secret sera découvert par beaucoup de femmes.

La place accordée à la femme après l'adultère

L'homme est issu d'une famille, d'un clan et d'un lignage. L'individu isolé perd non seulement son statut de groupe, mais aussi ne possède plus toutes les facultés capables de s'associer aux autres. Lorsqu'une femme commet l'adultère, elle crée des handicaps vis-à-vis de sa propre personne. Elle perd sa place dans la société. Ainsi, son intégration au sein de la société devient difficile et suscite des démarches à mener. En tenant compte de son comportement, son époux devient réticent et partant de là, une source d'instabilité s'installe dans le couple et aussi dans la famille. Dans ce sillage, la femme adultère à Abomey ne vaut plus grande chose aux yeux de son mari et de sa belle-famille. Après l'adultère, la femme devient la risée de la société. Ainsi, elle subit une désintégration sociale. Partout où elle passe, elle est jugée sans aucune forme de procès par son entourage. On la traite de prostituée, de la pire des femmes ou elle subit des insultes de tous ordres. Au sein de son foyer, la méfiance s'installe, et elle n'a plus le droit de certaines décisions. Alors, pour éviter tous ces problèmes, certaines familles refusent catégoriquement de pardonner la femme si elle commet l'adultère. Ainsi, elle est répudié systématique de son foyer une fois l'acte commis. A cet effet, une enquêtée raconte ce qui suit :

« Chez nous les "AÏNON" quand la femme commet l'adultère, elle est systématiquement répudier de son foyer. Il n'y a pas demi-mesure. Il n'y a pas de négociation à faire. Chez nous, on ne connaît pas ce qu'on appelle "Afolile". Si la femme commet l'adultère, elle part point turet ». [Entretien avec A. G. 35ans, commerçante, mariée et mère de 3enfants]

A travers ce passage, on comprend que dans certaines collectivités d'Abomey, il n'y a pas de mesure de purification de la femme adultère. Dans ce cas, la femme au foyer n'a pas intérêt à commettre l'adultère. Sinon, le divorce est le seul moyen de ne plus étoffer la situation d'adultère. C'est une manière de protéger sa vie. Il s'agit là d'une discrimination envers cette dernière. Puisque dans le même temps qu'on voit en infidélité (la polygamie) des hommes une norme, celle de la femme est considéré comme une déviance à corriger. Néanmoins, toujours à Abomey dans certaines familles comme chez les "ANANNOU", la femme adultère a droit à une seconde chance, même à une troisième c'est-à-dire que si la femme commet l'adultère deux fois, elle a droit à la cérémonie de purification pour sa réintégration dans son foyer et dans sa belle-famille si le mari décide de la garder bien sûr. Mais une troisième fois, elle est répudiée systématiquement. Notons que dans ces familles, quand une fois la cérémonie de purification est faite, nul n'a le droit de revenir en arrière, c'est-à-dire de revenir sur l'acte posé par la femme. Il est formellement interdit d'insulter la femme d'adultère ou d'avoir un regard méchant envers sa personne. Ainsi pour le mari que pour quiconque dans sa belle-famille.

« Si jamais quelqu'un dans la famille remue le couteau dans la plaie c'est-à-dire insulte la femme de "agalètɔ" après sa purification, c'est les ancêtres mêmes qui se chargent de son sort. Car cette consigne a été donnée depuis la nuit des temps. »
[Entretien avec dah Sagbadjou, 65ans, marié et père de 10 enfants.]

Cet entretien a permis de réaliser que la tradition, bien qu'elle a mis en place des moyens de régularisation sociale, c'est-à-dire des moyens de gérer l'infidélité au sein des couples, surtout celle de la femme, a aussi pensée au traitement que l'entourage peut avoir envers la femme adultère. Ainsi, elle interdit catégoriquement d'aborder ce sujet après la purification de la femme. Sinon, malheur à celui-là qui y revient. La femme qui insulte sa congénère adultère le sera à son tour. Il y a un adage que la femme adultère déjà purifiée tient souvent en face de certaines situations : « *Enɔn zoun dɔ noumè an. A zoun mion woui lo nan blo* ».

C'est peut être une manière pour influencer afin d'éviter toute stigmatisation. Il est vrai qu'il est interdit de revenir sur l'adultère de la femme après la purification. Mais la communauté n'aura-t-elle pas un regard critique envers la femme ? Cela sera vraiment respecté par la communauté ? Puisse que l'acte a été posé et le regard social va forcément changer. Et le fait d'interdire d'y revenir serait peut-être une excuse pour la femme de persévérer dans son forfait car elle se dira qu'elle a encore une chance de rester. Alors à Abomey, malgré qu'elles soient de la même ethnie « fon », les collectivités n'ont pas les mêmes prescriptions. Chez d'autres, on purifie la femme adultère

afin de la garder dans son foyer. Par contre, chez d'autres c'est le renvoi systématique. Chaque collectivité à ses propres prescriptions et nul n'est au-dessus de celles-ci. C'est-à-dire que tu sois chef de collectivité ou quelle que soit ta responsabilité dans la collectivité, tu t'exécutes face aux règles de la maison sans protestation.

L'utilité des rites de purification dans le processus de réintégration de la femme adultère

L'Africain est d'une façon générale très croyant dans son essence. Pour être en contact permanent avec son créateur ou avec les divinités, il se met en condition pure à travers une cérémonie appelé "rite de purification". En se purifiant, l'homme se débarrasse de toute souillure. En effet, la purification peut concerner un seul individu comme toute une communauté. Elle n'est pas propre à une société. Chaque société a ses méthodes de purification. Et elles se pratiquent sous différentes formes et varient suivant les circonstances. La purification est un acte symbolique. Cet acte a pour objectif de conditionner mentalement l'être humain à être plus réceptif. Elle sert également à mettre en confiance celui qui la pratique. Il se sent psychologiquement protégé par ce rituel contre les "forces du mal". Elle est destinée soit à attirer la protection des dieux sur des individus ou sur toute la collectivité, soit à chasser loin d'eux "les forces du mal", soit encore à les remettre en harmonie avec leur environnement. Ainsi, dans le contexte socio-culturel des « fon », quand la femme commet l'adultère, elle est considérée comme une criminelle aux yeux de tous, car l'adultère est un acte proscrit par la tradition africaine et ce n'est qu'après avoir été purifiée au cours d'une cérémonie spéciale qu'elle redevienne telle qu'elle était avant l'acte aux yeux des ancêtres et aux yeux de toute la famille. A travers ces rites, on implore le pardon des ancêtres afin d'atténuer les conséquences de son acte pour lui donner une nouvelle chance. L'attitude de respect qu'institue le rite permet de renforcer la cohésion familiale et clanique, de canaliser des émotions communes. Le rite permet donc non seulement de purifier la femme mais aussi d'amener de l'harmonie dans la famille. Le rite permet aussi de renforcer les rôles sociaux de certains individus, de réaffirmer les règles et les normes, il structure et dynamise les comportements, atténue les tensions sociales. Il renforce la motivation et la mobilisation autour de buts communs. Il rassemble périodiquement une communauté dans une union symbolique, il a pour conséquence une perpétuation et un renouvellement des croyances. Les purifications servent à nettoyer non seulement le corps, mais principalement l'esprit.

Discussion

L'analyse des résultats montre que dans la tradition « fon », la consultation du "fâ" est une démarche habituelle pratiquée par toute la

population, ce que M. Dixsaut (2002, p. 38) présente comme une manière d'accéder à la connaissance de soi. En d'autres termes, « le "fâ" est le pont qui unit le temps des origines au temps profane. A travers ses mythes et légendes, le "fâ" fournit à l'homme des exemplaires pour une existence récente dans un monde désaxé » (M. Kakpo, 2009, p. 52). Ainsi à travers les révélations du "fâ", on arrive à comprendre ce qui se passe dans le monde invisible.

Dans cette même logique C. Rivière (1997, p. 160) explique cette pratique comme « des relations entre les hommes et les dieux qui se font dans un cadre rituel, ensemble de conduites et d'actes répétitifs et codifiés, souvent solennels, d'ordre verbal, gestuel et postural, à forte charge symbolique, fondés sur la croyance en la force agissante d'êtres ou de puissances sacrées, avec lesquelles l'homme tente de communiquer en vue d'obtenir un effet déterminé ». Toujours selon cet auteur « le rituel est la machine à produire et à reproduire du social par excellence ». Néanmoins, vu son caractère sacré, cette pratique se fait de diverses manières compte tenu des réalités de chaque culture. Alors bien qu'elle soit un point où se rassemblent les différentes cultures Béninoises, elle ne se pratique pas de la même manière.

Les enquêtes de terrain font également découvrir que l'adultère est un acte très difficile à intégrer dans les sociétés traditionnelles car c'est la tradition même qui se charge du sort de la femme adultère et les corollaires qui y découlent, viennent du surnaturel. Et comme l'affirmait A. Houel (2007, p. 22), « une infidélité ou une rupture produit d'intolérables douleurs, voire de très profonds dégâts ». Lorsqu'une femme commet l'adultère, elle crée des handicaps vis-à-vis de sa propre personne. Elle perd sa place dans la société. Comme l'a expliqué E. Charvier-Berman, (1989, p.49) : « *En commettant un acte adultère, la femme refuse le rôle d'épouse fidèle. Elle refuse ainsi le contrat social préétabli, et introduit une rupture dans l'ordre social* ». Ainsi, son intégration au sein de la société devient difficile et suscite des démarches à mener. Dès lors la femme adultère subit une stigmatisation terrible. Car comme l'a dit L. Mucchielli (2002, p. 52), la cause du crime, c'est le criminel lui-même. Contrairement à cette opposition à la réintégration L. Bussièrre (2009, p. 45) aborde l'importance de la purification des femmes adultères qui les plongent dans une communion ou une rencontre avec le sacré, qui joue un rôle dissuasif. Cet acte a pour objectif de conditionner mentalement l'être humain à être plus réceptif. D'ailleurs, symboliser, c'est représenté le réel et établir un rapport de signification entre les choses (Gerstlé, 1997, p. 89).

A contrario, O.D. Dima (2010, p. 260) considère l'adultère comme une nécessité physique, émotionnelle, spirituelle et sociale. Il indique dans son analyse que l'adultère est un substitut nécessaire à certains aspects importants dans la vie, souvent absents dans les mariages. Ces aspects manquants peuvent être la passion, le désir et le plaisir. De cette façon, la conséquence de son adultère est pareille à ce dont parle H. Neuschäfer (1989, p. 39), qui dans son

analyse montre comment l'adultère féminin devient une sorte de libération qui contribue à rendre la femme plus indépendante. Mais cette vie de débauche n'est pas sans conséquences sur sa santé puisqu'elle est exposée à des maladies sexuellement transmissibles telles que le VIH Sida. Et aussi sur sa dignité, puisse qu'elle devient la risée de la société et le regard à son endroit change. A cet effet, E. Joachimsson (2015, p. 27) dépeint la manière dont le mariage forcé, sans amour, accentue les différences entre les deux êtres, ce qui résulte en une incompréhension totale dans le couple. E. Joachimsson (2015, p. 27) trouve que les raisons de tromper sont le désaccord entre les époux, le manque d'amour, la volonté de changer la vie monotone, une façon de se venger contre l'indifférence du mari. Alors, il est compris à travers ces propos qu'un mariage fondé sans amour et sans consentement débouche souvent sur des conflits entre les deux conjoints, source d'adultère.

Conclusion

Les rites de purification interviennent pour restaurer la cohésion familiale lorsqu'une femme commet le péché social, culturel et cultuel : l'adultère. A la question de savoir l'importance des rites et s'il faut toujours recourir à ces derniers, les opinions recueillies sont variables selon l'adoption de la culture de la famille. Nous sommes alors en présence de deux différentes visions, celle dans laquelle les rites de purification (afɔlilɛ) sont accordés à la femme adultère dans le but d'implorer la clémence des ancêtres afin de la conserver dans son foyer. Cette première vision est celle qui interdit catégoriquement la marginalisation ou la stigmatisation de la femme adultère une fois que les cérémonies sont faites. La deuxième est celle dans laquelle quand la femme commet l'adultère, elle est systématiquement répudiée de son foyer. Cette perception de l'adultère est basée sur le fait qu'une femme adultère est une criminelle qui n'a plus sa place au sein de la société. Les rites de purification conçus dans un itinéraire de réintégrer la femme adultère afin de lui redonner sa place, constituent une stratégie développée par la culture « fon » d'Abomey pour assurer l'équilibre du couple et la cohésion familiale. Mais bien que ces rites soient disponibles et constituent un moyen pour le contrôle social, et malgré que bon nombre de familles dans nos sociétés traditionnelles s'attachent à ces rites pour conscientiser la femme, force est de constater que rien n'empêche la femme à commettre ce forfait une fois que l'occasion se présente à elle. Ainsi le phénomène persiste.

References:

1. Bussière Luc, 2009, Evolution des rites funéraires et du rapport à la mort dans la perspective des sciences humaines et sociale, Ecole des Etudes Supérieures, Université Laurentienne Sudbury, Ontario.
2. Cazeneuve Jean, 1971, Sociologie du rite, Paris : PUF, p.106.

3. Charvier-Berman Evelyne, 1989, « Maupassant nouvelliste : personnage féminin et adultère ». Paroles gelées n °7 (1), pp.43-50.
4. De Singly, François, 1996, Le Soi, le Couple et la Famille, Paris, Nathan.
5. Dima Oana-Cristina, 2010, « L’adultère chez Maupassant ». In : The Proceedings of the International Conference “Communication, Context, Interdisciplinarity”. Section: Language and Discourse. n °1 2010, pp.258-263.
6. Dixsaut Monique, 2002, La connaissance de soi: études sur le traité 49 de Plotin. Vrin, 2002.
7. Flaubert Gustave, 2006, Madame Bovary, Paris : Librairie Générale Française.
8. Gerstlé Jacques, 1997, La persuasion de l'actualité télévisée. Politix. Revue des sciences sociales du politique, vol. 10, no 37, p. 81-96.
9. Houel Annik, 2007, Les contradictions de l'adultère féminin. Souffrance et plaisir dans la vie amoureuse, Le Journal des psychologues, Vol. 6, n° 249, pp. 20-24.
10. Joachimsson Elin, 2015, Le thème de l’adultère dans Une vie et Bel-ami de Guy de Maupassant.
11. Kakpo Mahougnon, 2009, Introduction à une poétique du Fa, Diaspora, Cotonou Bénin, p.192.
12. Leleu Gérard, 2004, La fidélité et le couple, Paris : Flammarion.
13. Mucchielli Laurent et Robert Philippe, 2002, Crime et sécurité : un état des savoirs, Paris, La Découverte.
14. Naouri Aldo, 2006, Adultères, Éditions Odile Jacob.
15. Neuschäfer Hans, 1986, « Le déclin du patriarcat, Adultère et divorce dans le roman-feuilleton de 1884 », Littérature populaire, n °53, pp. 37-48.
16. Paquette Danielle, 2004, « La relation père-enfant et l'ouverture au monde ». Enfance, vol. 56, no 2, p. 205-225.
17. Rivière Claude, 1998, Socio-anthropologie des religions, Archives de sciences sociales des religions, Vol. 104, N°1, pp.160-161
18. Thomas Louis-Vincent et Lumeau René., 1986, La terre africaine et ses religions, Paris : l’Harmattan, p.203.

Information Du Patient Sur Le Diagnostic, Les Examens Paracliniques Et Le Traitement Au Chu-Sylvanusolympio (Togo)

Kakpovi K.

Service de Rhumatologie, CHR Kara Tomdè, Kara-Togo

Koffi-Tessio Ves

Mouzou P.

Oniankitan O.

Mijiyawa M.

Service de Rhumatologie, CHU Sylvanus Olympio, Lomé-Togo

Fianyo E.

Tagbor KC.

Service de Rhumatologie, Hôpital de Bè, Lomé-Togo

Houzou P.

Service de Rhumatologie, CHU Kara, Kara-Togo

[Doi:10.19044/esj.2021.v17n7p189](https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n7p189)

Submitted: 27 October 2020
Accepted: 21 December 2020
Published: 28 February 2021

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

Cite As:

Kakpovi K., Koffi-Tessio Ves, Mouzou P., Oniankitan O., Mijiyawa M., Fianyo E., Tagbor KC. & Houzou P. (2021). *Information Du Patient Sur Le Diagnostic, Les Examens Paracliniques Et Le Traitement Au Chu-Sylvanusolympio (Togo)*. European Scientific Journal, ESJ, 17(7), 189. <https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n7p189>

Résumé

Objectifs :déterminer le degré d'informations données aux patients hospitalisés en matière de diagnostic, des examens paracliniques et du traitement dans des services de médecine et de chirurgie du CHU – SylvanusOlympio à Lomé (Togo). **Méthodes** :il s'agit d'une étude transversale portant sur 113 patients âgés de plus de 15 ans, hospitalisés dans les services de médecine et de chirurgie du CHU – SylvanusOlympio du 1er août au 31 octobre 2009. **Résultats** : cent treize patients (53 hommes, 47 % et 60 femmes, 53 %) ont participé à l'enquête. Leur âge moyen était de 40 ans. Cinquante-sept (50,4%) étaient hospitalisés en médecine et 56 (49,6%) en chirurgie. La durée moyenne d'hospitalisation des patients était de 22 jours.

Au sujet du diagnostic, 84% des patients avaient reçu une information et 54% estimaient avoir été bien informés. Soixante-treize pourcent des patients n'avaient posé aucune question. Concernant les examens paracliniques, 48% des patients avaient reçu des informations sur leur but et 46% sur leurs résultats. Quatre-vingt-dix-huit pourcent des patients n'étaient pas informés des risques potentiels des explorations et 80% n'avaient posé aucune question. Les ordonnances n'étaient pas expliquées dans 40% des cas. Quarante pourcent des patients en ignoraient le but, 90% ignoraient les risques potentiels et 76% n'avaient posé aucune question. Soixante-huit pourcent des patients connaissaient leur droit à l'information, et 78% désiraient tout savoir sur leur état de santé. **Conclusion:** les patients semblaient mieux informés en matière de diagnostic qu'en matière d'explorations paracliniques et de traitement. Il existait un contraste entre leur désir d'être informés et l'absence de questions sur leur état de santé.

Mots clés : Information, Patients, Diagnostic, Traitement, Togo

Patient Information on Diagnosis, Paraclinical Examinations and Treatment at Sylvanus Olympio Teaching Hospital (Togo)

Kakpovi K.

Service de Rhumatologie, CHR Kara Tomdè, Kara-Togo

Koffi-Tessio Ves

Mouzou P.

Oniankitan O.

Mijiyawa M.

Service de Rhumatologie, CHU Sylvanus Olympio, Lomé-Togo

Fianyo E.

Tagbor KC.

Service de Rhumatologie, Hôpital de Bè, Lomé-Togo

Houzou P.

Service de Rhumatologie, CHU Kara, Kara-Togo

Abstract

Objectives: Determine the degree of information given to hospitalized patients in matters of diagnosis, the complementary exams and treatment in services of medicine and surgery of the Sylvanus Olympio teaching hospital in Lomé (Togo). **Methods:** This is a cross-sectional study of 113 patients over the age of 15, hospitalized in the services of medicine and surgery of Sylvanus Olympio teaching hospital from August 1 to October 31, 2009. **Results:** Hundred thirteen patients (53 men, 47% and 60 women, 53%)

participated to the investigation. Their middle age was 40 years. Fifty seven (50,4%) were hospitalized in medicine and 56 (49,6%) in surgery. The middle length of hospitalization of the patients was 22 days. About the diagnosis, 84% of the patients had received information and 54% estimated they had been informed well. Seventy-three percent of the patients had not asked any question. Concerning the exams, 48% of the patients had received some information on their aim and 46% on their results. Ninety-eight percent of the patients were not informed of the risks and 80% did not ask any question. About the treatment, the orders were not explained in 40% of the cases. Forty percent of the patients ignored the aim, 90% ignored the risks and 76% did not put any question. Sixty eight percent of the patients knew their right to information, and 78% wanted to know everything about their state of health. **Conclusion:** The patients are informed well about the diagnosis contrary to the complementary exams and to the treatment. Otherwise, they don't ask any questions whereas they want to be informed on their state of health.

Keywords: Information, Patient, Diagnosis, Treatment, Togo

Introduction

L'information est un élément central dans la relation entre le médecin et le patient. Il constitue un droit pour le patient, un devoir pour le soignant et une nécessité pour les deux. L'implication du patient dans le processus thérapeutique par une information adéquate et la possibilité de choisir son traitement semble favoriser son adhésion, son confort, l'amélioration de son état et de sa santé (Robert, 2005). Dans un passé encore récent la médecine paternaliste laissait aux médecins le loisir d'informer ou de laisser le patient dans l'ignorance aussi bien en ce qui concerne sa maladie qu'en ce qui concerne le traitement (Salome et Martin, 2007). Aujourd'hui les patients ne peuvent plus s'enfermer. Le devoir des médecins est d'informer les patients sur les avantages et les dangers des procédés de diagnostic et de traitement. Le fossé entre les professionnels de santé et les patients doit être comblé. Toutes les disciplines doivent satisfaire à cette obligation (Lazorthes, 2000). Le patient revendique de plus en plus le droit à des informations de qualité sur sa maladie et les traitements possibles (Robert, 2005). Ce travail a eu pour but de déterminer le degré d'information donnée aux patients en matière de diagnostic, des examens paracliniques et du traitement dans un centre hospitalier togolais.

Patients et méthodes

Il s'agit d'une étude transversale menée du 1^{er} août au 31 octobre 2009 chez des patients hospitalisés dans les services de médecine et de chirurgie du Centre Hospitalier et Universitaire Sylvanus Olympio. Ont été inclus dans

l'étude les patients âgés de plus de 15 ans et ayant obtenu l'exéat pendant la période de l'étude. Le mode de recrutement était aléatoire. La collecte des données a été faite sur une fiche d'enquête anonyme comportant les données démographiques (âge, genre, niveau d'instruction), les informations sur le diagnostic (vous a-t-on révélé la cause de votre mal ?, avez-vous posé des questions sur votre maladie ?, a-t-on répondu à vos questions ?, avez-vous été bien informé par le personnel soignant ?), les informations sur les examens paracliniques (but, risques, résultats, déroulement, a-t-on répondu à vos questions ?, avez-vous été bien informé ?) et les informations sur le traitement (but, risques, durée, avez-vous posé des questions ?, a-t-on répondu à vos questions ?, avez-vous été bien informé ?). Nous avons procédé à la lecture du questionnaire au patient et l'avons rempli au fur et à mesure. L'analyse des données a été réalisée avec le logiciel Epi info version 6.04dfi. Le test de Khi carré a été utilisé pour comparer les variables qualitatives avec un seuil de signification de 0,05.

Résultats

Cent treize patients (53 hommes, 47% ; 60 femmes, 53%) ont participé à l'enquête. Leur âge moyen était de 40 ans avec des extrêmes de 16 et 90 ans. Cinquante-sept patients (50,4%) étaient hospitalisés en médecine et 56 (49,6%) en chirurgie. La durée moyenne d'hospitalisation des patients était de 22 jours avec des extrêmes de 1 et 240 jours. Selon le niveau d'instruction, on comptait 21 analphabètes (18,6%) et 92 instruits (31% du niveau primaire, 43,4% du niveau secondaire et 7,1% du niveau universitaire). Trente pourcent des femmes contre 5% des hommes étaient analphabètes. Au sujet du diagnostic, 84% des patients avaient reçu une information et seulement 27% des patients avaient posé des questions concernant leur maladie. Le taux de patients qui avaient posé des questions concernant leur maladie, était croissante selon le niveau d'instruction ($p=0,01$). Cinquante-quatre pourcent des patients estimaient avoir été bien informés. Les raisons évoquées par les 82 patients (73%) qui n'avaient pas posé de question étaient principalement l'absence de question (39%) et l'indisponibilité du personnel soignant (16%). La variation des réponses aux questions « Avez-vous posé des questions concernant votre maladie ? Avez-vous été bien informé sur votre maladie par le personnel soignant ? » selon le niveau d'instruction était statistiquement significative ($p=0,04$) (Tableau I).

Tableau I. Satisfaction des patients sur le diagnostic selon le niveau d'instruction

	Analphabète %	Primaire %	Secondaire %	Universitaire %	P valeur
Diagnostic donné	81,0	77,1	81,6	100,0	NS*
Questions posées	14,3	17,1	34,7	62,5	0,01
Questions répondues	100,0	100,0	100,0	100,0	NS*
Bien informé du point de vue du patient	40,0	58,0	50,0	100,0	0,04

* NS = non significatif ($p \geq 0,05$)

Concernant les examens paracliniques, 48% des patients avaient reçu des informations sur leur but et 46% sur leurs résultats. Seulement 12% des patients étaient informés sur le déroulement de ces examens et 98% des patients n'étaient pas informés des risques potentiels des explorations. Les raisons évoquées par les 90 patients (80%) qui n'avaient posé aucune question étaient principalement l'absence de question (40%) et la préoccupation par la douleur et leur état de santé (29%). La variation des réponses aux questions selon le niveau d'instruction n'était pas statistiquement significative (Tableau II).

Tableau II. Satisfaction des patients sur les examens paracliniques de selon le niveau d'instruction

	Analphabète %	Primaire %	Secondaire %	Universitaire %	P valeur
But	42,9	48,6	46,8	71,4	NS*
Risques	00,0	00,0	03,2	00,0	NS*
Résultats	61,1	42,4	41,3	57,1	NS*
Information sur le déroulement	05,8	16,6	09,7	16,6	NS*
Questions répondues	100,0	100,0	100,0	100,0	NS*
Bien informé du point de vue du patient	27,8	38,7	45,5	57,1	NS*

* NS = non significatif ($p \geq 0,05$)

Les ordonnances médicales avaient été expliquées à 64 patients (59,2%) (33 patients avant l'achat des médicaments et 31 après l'achat des médicaments). Elles n'avaient pas été expliquées à 44 patients (40,8%). Quarante pourcent des patients en ignoraient le but, 90% ignoraient les risques potentiels. Cinquante-cinq pourcent des patients qui n'avaient pas honoré un examen paraclinique ou un traitement n'avaient pas été informés des conséquences encourues. Quarante des 109 patients (36,7%) ayant répondu à la question sur la durée de leur traitement avaient été informés, contre 69 (63,3%). Les raisons évoquées par les 86 patients (76%) qui n'avaient posé aucune question étaient principalement l'absence de question (37%), l'indisponibilité du personnel soignant (19%) et la préoccupation par leur état de santé (19%). La variation des réponses était croissant selon le niveau d'instruction chez les 24% qui avaient posé des questions et statistiquement significative ($p=0,004$; tableau III).

Tableau III. Satisfaction des patients sur le traitement selon le niveau d'instruction

	Analphabète %	Primaire %	Secondaire %	Universitaire %	P valeur
Ordonnances expliquées	052,4	062,9	054,5	087,5	NS*
But	057,1	062,9	055,6	087,5	NS*
Risques	009,5	008,8	006,8	025,0	NS*
Durée	033,3	033,3	038,3	050,0	NS*
Questions posées	004,8	017,1	030,6	062,5	0,004
Questions répondues	100,0	100,0	100,0	100,0	NS*
Refus d'un traitement ou d'un examen accordé	050,0	100,0	100,0	100,0	NS*
Conséquences d'un refus expliquées	050,0	025,0	075,0	000,0	NS*
Bien informé du point de vue du patient	038,1	041,4	047,7	037,5	NS*

* NS = non significative ($p \geq 0,05$)

Quarante-quatre pourcent des patients estimaient avoir été bien informés. Soixante-huit pourcent des patients connaissaient leur droit à l'information contre 32% dont 13% pensaient que c'est une faveur (Tableau IV).

Tableau IV. Désir d'information du patient et sa connaissance du droit à l'information en fonction du niveau d'instruction

	Analphabète %	Primaire %	Secondaire %	Universitaire %	P valeur
Connaissance du patient, de son droit à l'information	47,6	60,0	77,6	100,0	0,01
Connaissance du patient, du devoir d'information du médecin	23,8	54,3	73,5	100,0	0,0001
Désir du patient de tout savoir sur son état de santé	68,4	79,4	81,3	75,0	NS*

* NS = non significatif ($p \geq 0,05$)

Soixante-huit patients (60%) savaient que c'est une obligation pour le soignant d'informer son patient et 78% désiraient tout savoir sur leur état de santé même en cas de diagnostic grave ou de mauvais pronostic et ce quel que soit le sexe et le niveau d'instruction.

Discussion

Cette étude témoigne de l'insuffisance des informations données à nos patients concernant le diagnostic, les examens paracliniques et le traitement. Au sujet du diagnostic, 84% des patients avaient reçu une information et 54% estimaient avoir été bien informés. Soixante-treize pourcent des patients n'avaient posé aucune question. Concernant les examens paracliniques, 48% des patients avaient reçu des informations sur leur but et 46% sur leurs résultats. Quatre-vingt-dix-huit pourcent des patients n'étaient

pas informés des risques potentiels et 80% n'avaient posé aucune question. Les ordonnances n'étaient pas expliquées dans 40% des cas. Quarante pourcent des patients en ignoraient le but, 90% ignoraient les risques potentiels et 76% n'avaient posé aucune question. Cinquante-cinq pourcent des patients qui n'avaient pas honoré un examen paraclinique ou un traitement n'avaient pas été informés des conséquences encourues. Soixante-huit pourcent des patients connaissaient leur droit à l'information, soixante pourcent savaient que le devoir d'informer pèse sur le soignant et 78% désiraient tout savoir sur leur état de santé. L'interprétation rigoureuse des résultats de cette étude impose la prise en compte de ses insuffisances liées aux biais de recrutement. Il s'est agi d'une enquête hospitalière qui n'a pris en compte que les patients hospitalisés dans certains services médicaux et chirurgicaux. Or, ces services ne sont pas les seuls à suivre ces étapes de diagnostic, d'examens paracliniques et de traitement ; de plus ces étapes sont suivies chez tout patient y compris les patients vus en ambulatoire et dans chaque structure sanitaire du Togo. D'autre part, le fait d'interroger les patients à l'intérieur de la structure d'accueil et dans le service où ils ont été soignés pourrait biaiser les résultats obtenus. Le choix d'un tel échantillon ne pouvait donc permettre de généraliser les résultats obtenus à l'ensemble du pays. En dépit de ces insuffisances, notre étude garde tout son intérêt.

Notre échantillon comportait 53% de femmes et 47% d'hommes. Ceci reflète la structure de la population togolaise qui comporte 51% de femmes et 49% d'hommes (Direction Générale de la Statistique et de la Comptabilité Nationale, 2009). La composition de notre échantillon selon le niveau d'instruction révélait une prédominance du niveau d'instruction secondaire (43,4%) et une faible proportion des patients du niveau universitaire. Ceci s'explique par un fort taux d'abandon des études au collège et au lycée. Ainsi, seulement 7% environ des patients interrogés avaient le niveau d'instruction universitaire. Mais cela pourrait s'expliquer aussi par le fait que les gens les plus instruits étant plus aisés (Rapport mondial, 2006), préfèrent peut-être se faire soigner dans les cliniques privées. Trente pourcent des femmes contre 5% des hommes sont analphabètes dans notre échantillon, ce qui reflète la disparité entre les genres en matière d'alphabétisation dans la sous-région (UNESCO, 2006).

Au sujet du diagnostic, nos résultats sont similaires à ceux trouvés en Espagne (Batista, 1994) en Allemagne (Dubachet von Rechenberg, 1977). Selon la même étude, la compréhension du diagnostic était influencée par la profession, l'âge et le genre. Notre étude montre par contre que la variation des réponses n'était pas influencée par le genre mais par le niveau d'instruction. Ceci pourrait s'expliquer par un complexe d'infériorité qu'éprouveraient les moins instruits vis-à-vis des soignants. L'absence de question (39,2%) était la principale raison pour lesquelles les patients ne

posaient de questions. Ceci pourrait signifier que l'information sur le diagnostic n'était pas du tout comprise. Dans le contexte africain, avant la colonisation, la médecine était exercée par les guérisseurs traditionnels qui jusqu'à ce jour constituent un élément de la culture africaine (Lazorthes, 2000). La maladie était considérée comme un mauvais sort pouvant venir soit des dieux (en guise de châtement), soit des esprits des ancêtres, soit des sorciers malveillants. Le patient qui s'adressait à un sorcier guérisseur était avant tout informé sur l'origine de son mal. La colonisation a apporté avec elle la médecine occidentale. Avec la barrière linguistique comme toile de fond, l'information du patient était presque inexistante. Une autre cause de la médiocrité de l'information du patient est l'absence de la culture de l'évaluation. Or, cela manque à l'Afrique et beaucoup d'institutions publiques et privées n'ont pas encore cette culture d'autoévaluation. C'est le cas du CHU Sylvanus Olympio qui ne dispose pas encore d'un système de contrôle de la qualité des soins. La vulgarisation des outils de l'information ces dernières années fait que le patient instruit devient de plus en plus demandeur d'informations. Parfois, avant de consulter, il a pu glaner sur Internet des informations sur sa pathologie, informations qu'il voudrait vérifier avec son médecin. Ceci pourrait expliquer pourquoi dans notre étude les patients les plus instruits sont ceux qui posent le plus de questions et qui sont les plus informés. Face à plus de 40% des adultes analphabètes en Afrique subsaharienne (Rapport mondial, 2006), le problème de l'information demeure presque entier.

Selon une étude faite en Grande Bretagne (Reynolds, 1978), 24% des interrogés n'étaient pas suffisamment informés sur le but des investigations (52% dans notre étude) et 38% étaient mal informés au sujet des résultats de ces investigations (54% dans notre étude). Dans une étude au Canada (Charles et al., 1994), 20% des patients n'avaient pas été informés des résultats des investigations et 36% n'étaient pas informés sur les effets secondaires de ces examens notamment la douleur attendue (98,6% dans notre étude). Nous notons des écarts assez importants entre nos résultats et les études précédentes. Les résultats de notre enquête montrent que les ordonnances médicales étaient expliquées dans 59,2% des cas contre 86,7% dans l'étude faite par Makoul (Makoul et al., 1995) à Chicago (USA). Les effets secondaires des médicaments n'avaient pas été signifiés à 23,6% des patients à Harvard (Cleary et al., 1991) ; à 20 % au Canada (Charles et al., 1994) et à 49% au Pakistan (Imam et al., 2007) contre 90% dans notre étude. Il ressort de ces résultats que les patients du continent nord-américain semblaient être mieux informés sur les risques du traitement par rapport à ceux d'Asie et d'Afrique. Cependant, la taille de notre échantillon et l'absence d'études similaires dans la sous-région ne permettent pas de généraliser ces résultats. Dans le contexte africain, les informations données au patient par le guérisseur concernaient les

doses et surtout les interdits. Les conséquences du non-respect de ces interdits n'étaient pas toujours expliquées. La notion d'effets indésirables était presque inconnue. Le patient était tenu de respecter scrupuleusement les consignes du guérisseur. Ces pratiques ont souvent été évoquées par certains auteurs africains (Hampaté Bâ, 1973 ; Camara Laye, 1953). Avant de pouvoir le faire, une étude comparative plus étendue est nécessaire. Il faut également tenir compte du fait qu'aux USA (Cleary et al., 1991) et au Canada (Charles et al., 1994), les prescripteurs étaient probablement des médecins alors que chez nous ce n'est pas toujours le cas : les assistants médicaux et même les infirmiers prescrivent parfois des ordonnances. D'autre part, il se pourrait que dans notre étude il n'y ait pas de risques potentiels du traitement dans beaucoup de cas et c'est pourquoi ces patients n'étaient pas informés. Soixante-seize pourcent des interrogés n'avaient pas posé de question dans notre étude tandis que Sleath (Sleath et al., 1999) en Caroline du Nord (USA) avaient trouvé 47%. Dans notre étude, le mutisme était d'autant plus élevé que le niveau d'instruction était bas. Dans l'ensemble, 44,4% des patients estimaient avoir été bien informés sur leur traitement, contre 91,5% dans l'étude de Brogiene et Gurevicius en Lituanie (Brogiene et Gurevicius, 2009). Cette différence entre les chiffres peut s'expliquer par trois choses : la barrière linguistique, le patient qui ne pose pas de question et le soignant qui pense que le patient n'a pas besoin de toutes ces informations. En effet, la non maîtrise par le personnel médical de termes médicaux appropriés dans les langues locales, constitue un obstacle non négligeable au passage de l'information entre médecin et patient. Parfois, la dépendance économique vis-à-vis de la famille 'infantilise' le patient qui s'en remet à celle-ci pour les grandes décisions concernant sa santé. Il n'est donc pas surprenant que dans cette situation il pense que le soignant devrait adresser toutes les informations à la famille plutôt qu'à lui.

En Afrique, le patient ignore tout du diagnostic, des investigations et du traitement. Le médecin avait un pouvoir absolu sur le patient. Depuis les indépendances, tous les Etats africains ont placé la santé des populations parmi leurs priorités. Ainsi, la multiplication des centres de santé et la formation en grand nombre du personnel médical local ont contribué à améliorer les relations médecin – patient. Cependant, les principes d'information du patient n'ont pas beaucoup évolués. Ceci, pour des raisons essentiellement culturelles propres à l'Afrique. En effet, d'autre part, dans la culture africaine en général, il est inconvenant de poser des questions à celui qui vous rend service. Le manque de courtoisie de la part des soignants entretient cette culture et augmente le fossé qui sépare ces derniers de leurs patients. Ceci se reflète dans notre étude qui a montré que 73% des patients n'avaient pas posé de question concernant le diagnostic, 80% n'en ont pas

posé sur les examens paracliniques et 76% ne l'ont pas fait concernant le traitement.

Le fait qu'une forte proportion de patients (60% dans notre étude) sache qu'elle a droit à l'information et désire l'obtenir fait craindre la survenue de litige pour défaut d'information si rien n'est fait pour améliorer la qualité de l'information donnée aux patients. En Suisse (Langewitz et al., 2006), 96% des patients désiraient être informés même en cas de mauvaises nouvelles contre 78% dans notre étude. La différence entre les chiffres pourrait s'expliquer par le fait qu'en Europe les gens désirent mettre de l'ordre dans leur vie avant de mourir et de ce fait, ils sont intéressés par toute information ayant trait à la fin de leur vie. En Afrique, l'absence de la culture de l'écriture et la superstition font que beaucoup pensent qu'en parlant de la mort on l'invite et ont peur de rédiger leur testament.

Conclusion

Les patients semblaient mieux informés en matière de diagnostic qu'en matière d'explorations paracliniques et de traitement. Il existait un contraste entre leur désir d'être informés et l'absence de questions sur leur état de santé.

Déclaration de liens d'intérêt

Il n'y a aucun conflit d'intérêt.

References:

1. Robert, CN. (2005). Le droit de savoir. *Revue Médicale Suisse*; I: 1298-303
2. Salome, V., Martin, W. (2007). *Les droits du patient*. Paris, France, Fleurus: 396p.
3. Lazorthes, G. (2000). *L'homme, la société et la médecine ; Sciences humaines et sociales 6^{ème} Ed*. Paris, France, Elsevier/Masson: 476p.
4. Direction Générale de la Statistique et de la Comptabilité Nationale (2009). *Estimation de la population 2000 à 2009 (Tableau S2 : Estimations de population)*. Consulté le 06/04/2020 sur http://www.stattogo.org/index.php?option=com_content&view=category&layout=blog&id=41&Itemid=97.
5. *Rapport mondial de suivi sur l'EPT (2006). L'alphabétisation, un enjeu vital. Aperçu régional : Afrique subsaharienne*. Consulté le 10/07/2020 sur http://www.unesco.org/education/GMR2006/full/africa_fr.pdf.
6. UNESCO. *Rapport mondial de suivi sur l'EPT 2006 ; l'alphabétisation, un enjeu vital. Aperçu régional : Afrique*

- subsaharienne. Consulté le 10/07/2020 sur http://www.unesco.org/education/GMR2006/full/africa_fr.pdf.
7. Batista, JE., Isabal, H., Macià, N., Palou, A. (1994). Survey of information provided to hospitalized patients at a monographic center. *ActasUrolEsp*; 18(7): 709-13.UNESCO.
 8. Dubach, UC., Von Rechenberg, KN. (1977). Patient's understanding of their illness and patient-doctor relationship in out patient clinic. *Dtsch Med Wochenschr* ; 102(35): 1239-44.
 9. Reynolds, M. (1978). No news, is bad news: patients' views about communication in hospital. *Br Med J*; 1(6128): 1673-6.
 10. Charles, C., Gauld, M., Chambers, L., O'Brien, B., Haynes, RB., and Labelle, R. (1994). How was your hospital stay? Patients report about their care in Canadian hospitals. *CMAJ*; 150(11) : 1813-22.
 11. Makoul, G., Arntson, P., Schofield, T. (1995). Health promotion in primary care: physician-patient communication and decision making about prescription medications. *SocSciMed*; 41(9) : 1241-54.
 12. Cleary, PD., Edgman-Levitan, S., Roberts, M., Moloney, TW., McMullen, W., Walker, DJ., Delbanco, TL. (1991). Patients evaluate their hospital care: a national survey. *Health Aff (Millwood)*; 10(4): 254-67.
 13. Imam, SZ., Syed, KS., Ali, SA., Ali, SU., Fatima, K., Gill, M., Hassan, MO., Hashmi, SH., Siddiqi, MT., Khan, HM., Jameel, OF. (2007). Patients satisfaction and opinions of their experiences during admission in a tertiary care hospital in Pakistan – a cross sectional study. *BMC HealthServRes* ; 7 : p 161.
 14. Hampaté Bâ, A. (1973). *L'étrange destin de Wangrin* (1^{ère} Ed). Paris, France, Edition 10/18: 384p.
 15. Laye, C. (1953). *L'enfant noir* (1^{ère} Ed). Paris, France, Plon : 224p.
 16. Sleath, B., Roter, D., Chewing, B., Svarstad, B. (1999). Asking questions about medication : analysis of physician-patient interactions and physician perceptions. *Med Care*; 37 (11): 1169-73.
 17. Brogiene, D., Gurevicius, R. (2009). Inpatients opinion on quality of Health care. *Medicina (Kaunas)*; 45 (3) : 226-37.
 18. Langewitz, W., Nübling, M., Weber, H. (2006). Hospital patients preferences for involvement in decision-making. A questionnaire survey of 1040 patients from a Swiss university hospital. *Swiss Med Wkly* ; 136(3-4) : 59-64.

Les Facteurs Associés Aux Calcifications Valvulaires Du Cœur Et Ou Des Gros Troncs Artériels Chez Les Hémodialysés

Fousseny Diakité

Service néphrologie –hémodialyse Hôpital Aristide Le Dantec (Sénégal),
Service néphrologie –hémodialyse Hôpital de Donka (Guinée)

Mohamed Sidy Seck

El Hadji Fary Ka

Ahmed Tall

Mohamed Moustapha Cissé

Abdou Niang

Boucar Diouf

Service néphrologie –hémodialyse Hôpital Aristide Le Dantec (Sénégal)

Kane Moussa

Dioum Momar

Abdoul Kane

Service de cardiologie Hôpital Général de Grand Yoff (Sénégal)

[Doi:10.19044/esj.2021.v17n7p200](https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n7p200)

Submitted: 25 May 2020

Accepted: 12 June 2020

Published: 28 February 2021

Copyright 2021 Author(s)

Under Creative Commons BY-NC-ND

4.0 OPEN ACCESS

Cite As:

Diakité F., Sidy Seck M., Fary Ka E.H., Tall A., Cissé M.M., Niang A., Diouf B., Moussa K., Momar D. & Kane A. (2021). *Les Facteurs Associés Aux Calcifications Valvulaires Du Cœur Et Ou Des Gros Troncs Artériels Chez Les Hémodialysés*. European Scientific Journal, ESJ, 17(7), 200. <https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n7p200>

Résumé

Introduction: Le but de l'étude était de déterminer la prévalence ainsi que les principaux facteurs de risque associés au développement des calcifications valvulaires du cœur et/ou d'au moins un gros tronç artériel chez les hémodialysés. **Patients et méthodes:** Etaient inclus les patients qui avaient présenté à l'échodoppler cardiaque une calcification valvulaire du cœur et ou d'au moins un gros tronç artériel. Les variables suivantes avaient été étudiées : épidémiologiques, cliniques et paracliniques. **Résultats:** Sur 54 patients hémodialysés, 51 avaient été explorés parmi lesquels 39 présentaient des

calcifications cardio-vasculaires. Les femmes étaient les plus touchées 66.67 % avec un sex- ratio de ½. Les calcifications valvulaires représentaient 64.1% et les calcifications vasculaires 76.9%. Les atteintes univalvulaires représentaient 68% suivies des atteintes bivalvulaires 24% et trivalvulaires 8%. Les calcifications des artères fémorales étaient les plus fréquemment rencontrées 63.3% suivies des artères iliaques 53.3 %. **Conclusion:** Les calcifications cardiovasculaires sont fréquentes chez les hémodialysés. Les principaux facteurs de risque liés à la survenue des calcifications étaient : l'hypocalcémie, l'hypo et l'hypercholestérolémie à LDL, l'hypercholestérolémie totale et le taux sanguin de PTHi augmenté. La correction de ces troubles pourrait prévenir la survenue des calcifications.

Mots clés : Calcifications Cardio-valvulaires, Hémodialysés

Study of Factors Associated With Valvular Calcifications of the Heart and or Large Arterial Trunks in Hemodialysis Patients

Fousseny Diakité

Nephrology – hemodialysis service Aristide Le Dantec Hospital (Senegal),
Nephrology – hemodialysis service Donka Hospital (Guinée)

Mohamed Sidy Seck

El Hadji Fary Ka

Ahmed Tall

Mohamed Moustapha Cissé

Abdou Niang

Boucar Diouf

Nephrology – hemodialysis service Aristide Le Dantec Hospital (Senegal)

Kane Moussa

Dioum Momar

Abdoul Kane

Cardiology Department Grand Yoff General Hospital (Sénégal)

Abstract

Introduction: The purpose of the study was to determine the prevalence and key risk factors associated with the development of valve calcifications of the heart and/or at least one large arterial trunk in hemodialysis. **Patients and methods:** Patients who had presented with cardiac echodoppler a valve calcification of the heart and or at least one large arterial trunk were included. The following variables had been studied: epidemiological, clinical and paraclinical. **Results:** Of 54 hemodialysis

patients, 51 were explored, 39 of whom had cardiovascular calcifications. Women were the most affected 66.67% with a sex ratio of ½. Valvular calcifications represented 64.1% and vascular calcifications 76.9%. Univalvular involvement accounted for 68% followed by bivalvular involvement 24% and trivalvular involvement 8%. Calcifications of the femoral arteries were the most frequently encountered 63.3% followed by the iliac arteries 53.3%. **Conclusion:** Cardiovascular calcifications are common in hemodialysis patients. The main risk factors related to the onset of calcifications were: hypocalcemia, hypo and hypercholesterolemia with LDL, hypercholesterolemia and increased blood PTHi levels. The correction of these disorders would be a way to prevent the occurrence of calcifications.

Keywords: Cardio-Valvular Calcifications, Hemodialysis

Introduction

Les calcifications cardio-vasculaires (CCV) sont dues aux dépôts de phosphates de calcium au niveau des valves cardiaques et ou des gros troncs artériels. En pratique le diagnostic est posé à l'aide de l'échocœur.(DeFrancisco AM et al, 1985).

Les calcifications artérielles et valvulaires sont fréquentes chez les patients hémodialysés. La vitesse de progression des calcifications est plus rapide chez ces patients comparativement à la population générale. Les dépôts calciques sont soit localisés dans la média des parois vasculaires, soit présents au niveau des plaques d'athérome sous-intimales. Ces deux types de dépôts sont souvent observés simultanément chez l'homme, et partagent probablement certains mécanismes moléculaires et cellulaires en ce qui concerne leur genèse (Kalantar-Zadeh K, Kuwae N, Redigor DL, et al ; 2006).

Le développement des complications cardio-vasculaires athéromateuses et/ou calcifiantes chez les patients en insuffisance rénale chronique (IRC) implique la responsabilité de multiples facteurs de risque dont les effets s'additionnent. Les uns sont les facteurs de risque classiques identifiés dans la population générale (âge, sexe, hypertension artérielle, tabagisme, diabète et hyperlipémie), les autres sont plus spécifiques de l'état urémique notamment certaines altérations métaboliques (phosphocalciques), un état de micro-inflammation et un état de stress oxydant (Drüeke T.B. et al.,2000 ; Goodman WG et al.,2000 ; Mazzafero S et al,1993).

Les maladies cardio-vasculaires étant la première cause de morbi-mortalité chez les patients en hémodialyse, et les calcifications cardio-vasculaires faisant parti de cette entité, il serait pertinent de mener une étude dont le but était de déterminer la prévalence ainsi que les principaux facteurs de risque associés au développement des calcifications valvulaires du cœur et/ou d'au moins un gros tronc artériel chez les hémodialysés.

Patients et méthodes

L'étude avait été réalisée dans l'unité d'hémodialyse du service de néphrologie de l'hôpital Aristide Le Dantec (HALD). Il s'agissait d'une étude transversale de type descriptif et analytique de 3 mois allant du 1^{ier} juin 2011 au 31 août 2011.

L'étude portait sur un échantillon de 51 patients de tout âge et de tout sexe confondus qui faisaient régulièrement leurs séances d'hémodialyse depuis au moins 1 an à l'HALD.

Critère d'inclusion :

-Patients hémodialysés chroniques de plus d'1 an qui avaient présenté une calcification valvulaire du cœur et / ou d'au moins un gros tronc artériel dont le diagnostic avait été fait à l'échographie.

Critères de non inclusion

N'avaient pas été inclus les patients hémodialysés :

- souffrant d'insuffisance rénale aiguë (IRA)
- n'ayant pas fait l'échographie cardiaque et vasculaire.

Les variables suivantes avaient été étudiées : l'âge, le sexe, la profession, la prise de poids interdialytique, la durée moyenne de mise en dialyse, le nombre de séances réalisées, le nombre d'heures de séance hebdomadaire, la calcémie (VN 85 -100 mg/l), la Phosphorémie (0,45-1,45 mg/l) ; la parathormone (PTH) (VN 80-200ng/l), le cholestérol total (VN= 1-2,6g/l), le cholestérol Low Density Lipoprotein (LDL) (VN=0,68-2,4g/l) , High Density Lipoprotein (HDL),(VN=0,35-0,62g/l) la triglycéridémie (VN=0,35-1,44g/l), le taux d'hémoglobine (VN=12-16g/dl). L'échographe utilisé était : KONTRON medical, type Imagic agile Rev2. L'échographie avait permis d'étudier les variables comme : le degré de calcification des valves sigmoïdes aortiques, le diamètre de l'aorte et la mesure de l'épaisseur intima/media de l'artère carotide. Les patients qui avaient une calcification cardiaque ou vasculaire étaient des CCV(+) et ceux qui n'avaient aucune calcification étaient des CCV(-).

Analyse statistique

Après le recueil et la collecte des données, nous avons procédé à la saisie informatique puis l'analyse avec épi info 3.5.3 (version : january 2011). Le test t de Student avait été utilisé pour la comparaison des variables quantitatives et le test Chi² ou celui de Fisher pour la comparaison des variables qualitatives. Les corrélations entre les données cliniques et biologiques et la présence des calcifications cardiovasculaires avaient été estimées par régression linéaire. Une valeur p < 0.05 était considérée comme statistiquement significative.

Aspect éthique

Tous les patients recrutés avaient reçu des informations verbales éclairées et avaient délibérément consenti à se soumettre à l'étude.

Résultats

Données épidémiologiques

Texte 1 : Sur les 54 patients hémodialysés, 51 avaient été explorés parmi lesquels 39 avaient présenté des calcifications cardiaques et ou vasculaires.

Tableau I. Fréquence des CCV selon l'âge et le sexe (étude comparative)

Variables		CCV(+)	CCV(-)	Probabilité
Sexe	Masculin	13	6	0.325
	Féminin	26	6	
Moyenne d'âge		50.61	41.42	0.332
Extrêmes d'âge		16 - 82	18 – 60	

Il n'existe pas de lien significatif entre le sexe, l'âge et les CCV.

Données cliniques

Texte 2: dans l'étude les principaux symptômes retrouvés étaient : dyspnée et palpitations qui représentaient chacune 38.5% ; la claudication intermittente était de 10.3%. les souffles cardiaques et vasculaires avaient la même fréquence 38,5%.

Tableau II. Comparaison des paramètres généraux

Variables		CCV(+)	CCV(-)	Probabilité
Nombre d'heures de séance hebdomadaire	12 heures	22	6	0.7
	Moins de 12 heures	17	6	
Prise de poids inter dialytique (Kg)	Moyenne	2.08	2.54	0.4
	Extrêmes	1-4	1-4	
Durée de mise en dialyse (mois)	Moyenne	54.08	28	0.1
	Extrêmes	12 - 352	7 – 60	
Nombre de séances réalisées	Moyenne	600.66	259.88	0.2
	Extrêmes	104 – 4525	58 – 520	
Pression Artérielle Systolique (PAS)	Moyenne	140.56	143.08	0.8
	Extrêmes	100 – 215	100 – 200	
Pression Artérielle Diastolique (PAD)	Moyenne	81.48	88.75	0.5
	extrêmes	40 – 112	60 – 140	

Les paramètres généraux ne constituent pas un facteur de risque de survenue des CCV.

Tableau III. Etude comparative des paramètres biologiques

Variables		CCV(+)	CCV(-)	Probabilité
Calcémie (mg/l)	Augmentée	6	0	0.3
	Normale	32	8	0.24
	diminuée	1	4	0.009
	Moyenne	95.36	81.5	
	Extrêmes	78 – 119	60 – 100	
Phosphorémie (mg/l)	Augmentée	9	3	0.89
	Normale	26	8	1.00
	diminuée	4	1	1.00
	Moyenne	42.10	40.33	
	Extrêmes	21 – 123	23 – 60	
PTH (ng/l)	Augmentée	7		0.05
	Normale	14		0.8
	diminuée	2		0.5
	Moyenne	451.57		
	Extrêmes	18 – 2083		
Hb (g/dl)	Augmentée	2	2	0.23
	Normale	9	2	0.73
	diminuée	28	8	1.00
	Moyenne	9.77	10.53	
	Extrêmes	5.40 – 15.4	8 – 14	
HDL(g/l)	Normale	32	10	1.00
	Diminuée	7	2	1.00
	Moyenne	0.50	51.16	
	Extrêmes	0.25 – 0.98	30 – 92	
LDL(g/l)	Augmentée	4	5	0.02
	Normale	18	6	1.00
	Diminuée	17	1	0.037
	Moyenne	1.27	0.61	
	Extrêmes	0.53 – 2.01	1.15 – 2.10	
Cholestérol total (g/l)	Augmentée	3	4	0.04
	Normale	26	7	0.73
	Diminuée	10	1	0.42
	Moyenne	1.87	2.17	
	Extrêmes	1.07 – 2.49	1.50 – 2.66	
Triglycérides (g/l)	Augmentée	2	0	1.00
	Normale	33	12	0.31
	Diminuée	4	0	0.56
	Moyenne	0.96	0.87	
	Extrêmes	0.35 – 3.07	0.83 – 1.42	

Il y a une corrélation entre l'hypocalcémie, le Cholestérol total élevé, LDL(bas et élevé) et PTHi élevé et les CCV.

Données échographiques

Tableau IV. Fréquence des calcifications selon le siège et le nombre de valves cardiaques atteintes

Siège		Nombre	%
Univalvulaire	Mitrale	0	
	Tricuspidienne	0	
	Aortique	17	68
	Pulmonaire	0	
Bivalvulaire	Mitro-aortique	4	16
	Mitro-tricuspidienne	0	
	Mitro-pulmonaire	0	
	Aorto -pulmonaire	2	8
	Aorto -tricuspidienne	0	
	Tricuspidienne et pulmonaire	0	
Trivalvulaire	Mitrale+ aortique + pulmonaire	2	8
	Mitrale + aortique + tricuspidienne	0	
	Aortique+pulmonaire+tricuspidienne	0	
	Mitrale+pulmonaire+tricuspidienne	0	
Calcifications légères (degré)		17	68
Calcifications modérées (degré)		8	32
Total		25	100.0

Les calcifications aortiques isolées étaient de 17/30, les calcifications mitro-aortiques représentaient 16% et les calcifications trivalvulaires étaient de 8 %.

Tableau V. Fréquence des calcifications et des plaques d'athérome selon des gros troncs artériels atteints (n/30)

	Aorte Abdominale	Carotides		Iliques		fémorales	
		Droite	Gauche	Droite	Gauche	Droite	Gauche
Calcifications	6	3	4	11	11	12	6
Plaques d'athérome	6	4	5	3	3	4	12
Calcifications +plaques d'athérome	2	3	3	2	2	3	4
Total	14	10	12	16	16	19	19
%	46.7	33.3	40	53.3	53.3	63.3	63.3

Les calcifications des artères fémorales étaient les plus fréquemment retrouvées soit 63.3 % suivies de 53.3 % des artères iliaques, de l'aorte abdominale 46.7 % et 33.3 à 40 % des artères carotides.

Discussion

Parmi les 54 patients qui faisaient régulièrement leurs séances, 51 avaient été recrutés sur la base d'un consentement acquis, 39 avaient présenté des calcifications cardio-vasculaires soit 76.47%. Benamar AL et al. (2003) avaient rapporté 24,5% cas de calcifications chez les hémodialysés.

L'étude a trouvé une prédominance féminine soit 66.67%. En 2011, l'étude (Young Son et al.) a montré que 60% des patients étaient des femmes. Des études réalisées par: Benamar AL et al (2003) et Barreto (2008) ont rapporté une prédominance masculine soit respectivement 66% et 86%. Bien que le sexe masculin soit un facteur de risque cardio-vasculaire, ici l'étude ne montre pas de corrélation entre le sexe et les calcifications ce qui serait contraire au résultat de Guerrin et al. (2000).

L'âge moyen des patients était de 50.61 ans avec les extrêmes de 16 - 82 ans. Les résultats sont différents de ceux de Benamar AL et al. (2000) dont l'étude a montré les extrêmes de 35-55 ans. L'âge n'est pas un facteur de risque de survenue des calcifications cardio-vasculaires. La Claudication intermittente représentait 10.3 %. L'étude de P. Raggi (2002) a trouvé 7% et un lien entre la claudication et les calcifications.

Soixante-seize virgule neuf pourcent de nos patients avaient une durée de mise en dialyse (DMH) entre 12 et 60 mois. La durée moyenne de mise en hémodialyse était de 54.08 mois. Dans l'observation présente, la D.M.H. n'est pas un facteur de risque du développement des calcifications cardio-vasculaires. Benamar AL et al. (2000) et D.V. Barreto et al. (2008) n'ont pas trouvé de corrélation entre la D.M.H. et la survenue des calcifications cardio-vasculaires. La D.M.H. dans l'observation de D.V. Barreto et al. (2008) est de 36.3 ± 22.3 mois.

Cinquante-six virgule quatre pourcent de nos patients ont fait un nombre de séances compris entre 104 et 520. La moyenne des séances réalisées était de 600.66 séances avec des extrêmes de 104 à 4525. Dans l'étude il n'y a pas de corrélation entre le nombre de séances réalisées et la présence des calcifications cardio-vasculaires.

La calcémie était normale chez 82% des patients, 2.6 % avaient une hypocalcémie et 15.4% avaient une hypercalcémie. La moyenne était de 95.36 mg/l.

Une corrélation entre l'hypocalcémie et la présence des calcifications cardio-vasculaires a été observée. Ce qui concorde avec les données de Benamar AL. et al. (2000) et Goodman WG. (2004)

L'étude a noté 46.1 % cas de LDL normal, 43.6 % de LDL bas, et 10.3% LDL élevé. La moyenne était de 1.27 g/l.

Le taux sanguin de LDL (bas et augmenté) est un facteur de risque du développement des calcifications cardiovasculaires ($p < 0.05$). L'étude de 2011 a fait constaté la même observation (Young K. Son et al).

Dans l'étude 66.67 % des patients avaient un taux normal de cholestérolémie totale ; 25.64 % avaient un taux en dessous de la normale et 7.69 % étaient en hypercholestérolémie.

La moyenne était de 1.87 g /l. Il existe une différence statistiquement significative entre le cholestérol total élevé et les CCV. Dans l'étude de Young K. Son et al (2011), ce constat est le même alors que Benamar AL. et al. (2000) ont rapporté une observation contraire.

Parmi les 23 patients qui avaient fait le dosage sanguin de la PTHi, 60.67% avaient une valeur normale, 8.7% avaient un taux en dessous de 21ng/l et 30.43% avaient un taux supérieur à la normale. La moyenne était de 451.57 ng/l.

Dans l'observation il existe une différence statistiquement significative entre le taux élevé de PTHi et la présence des calcifications cardio-vasculaires. K/Doqi (2003) et Wang AY, Wang M, Woo J. (2003) ont fait remarquer que le taux de PTHi n'est pas un facteur de risque associé aux CCV.

Les calcifications valvulaires étaient de 64.1% et vasculaires 76.9%.L'étude de Sharzad Ossareh et al. (2011) a fait observer 50% de calcifications valvulaires et 60% vasculaires.

Selon le nombre de valves atteintes les calcifications Univalvulaires représentaient 68% , bivalvulaires 24% , 8% trivalvulaires.Wang AY, Wang M, Woo J. (2003) ont rapporté 45% de calcifications au niveau de l'anneau mitral, 34% au niveau des valves aortiques et 21% cas de calcifications mitro-aortiques ;Strauman (1992) a obtenu 40% de calcifications mitrales, 55% aortiques et 5% mitro-aortiques.

Les calcifications des artères fémorales représentaient 63.3 % suivies des calcifications des artères iliaques 53.3 % et de l'aorte abdominale 46.7%.Benamar AL. et al. (2000) ont trouvé 18 % de calcifications au niveau de l'aorte lombaire et 12.8 % au niveau des artères iliaques.

Conclusion

Les CCV sont fréquentes chez les hémodialysés et constituent l'une des causes de l'augmentation de la morbi-mortalité.

Dans l'étude, les facteurs de risque liés au développement des calcifications cardio-vasculaires étaient : l'hypocalcémie, l'hypo et l'hypercholestérolémie à LDL, l'hyper cholestérolémie totale et le taux sanguin de PTHi augmenté. .

La réalisation des explorations cardiovasculaires chez tous les IRC avant et pendant la dialyse permet le diagnostic précoce.

Les techniques d'imagerie plus sensibles permettent de déterminer précocement et quantitativement les CCV.

Le suivi collégial est nécessaire pour les patients ayant des calcifications valvulaires et/ou vasculaires.

La correction des facteurs de risque permet de prévenir la survenue des CCV.

Conflit d'intérêt

Les auteurs déclarent qu'il n'y a aucun conflit d'intérêt lié à cette étude.

References:

1. Benamar, A L, Rhou, H, Guerraoui, MH et al. (2000). Calcifications cardiovasculaires chez l'hémodialysé chronique. Prévalence et facteurs de risque 24 : 143-14.
2. Daniela Veit Barreto, Fellype de Carvalho Barreto, Aluizio Barbosa de Carvalho, et al. (2008) Association of Changes in Bone Remodeling and Coronary Calcification in Hemodialysis Patients: A Prospective Study. J.K. Diseases, Vol 52, No 6: 1139-1150
3. Defrancisco AM, Ellis HA, Owen JP et al. (1985). Parathyroidectomy in chronic renal failure. Q J Med, 55, 289-315.
4. Drüeke T.B., Touam M., Thornley-Brown D. et al. (2000) : Calcifications extra-osseuses chez le patient insuffisant rénal chronique. Actualités Néphrologiques Jean Hamburger, Hôpital Necker Paris, Flammarion, p. 53 – 81
5. Goodman WG, Goldin J, Kuizon BD, et al. (2000). Coronary artery calcification in young adults with end stage renal disease who are undergoing dialysis. N Engl J Med ; 20 : 1478-83.
6. Goodman WG. (2004). Importance of hyperphosphataemia in the cardio-renal axis. Nephrol Dial Transplant; 19:14-18.
7. Guerin AP, London GM, Marchais SJ, Metivier F. (2000). Arterial stiffening and vascular calcifications in end-stage renal disease. Nephrol Dial Transplant.; 15(7):1014-21
8. K/Doqi (2003). Clinical Practice Guidelines for Bone Metabolism and Disease in Chronic Kidney Disease. Am J Kidney Dis; 42:S1-S255.
9. Kalantar-Zadeh K, Kuwae N, Redigor DL, et al. (2006). Survival predictability of time-varying indicators of bone disease in maintenance hemodialysis patients. Kidney Int.; 70:771-80
10. Mazzafero S, Coen G, Bandini S, et al. (1993). Role of aging, chronic renal failure and dialysis in the calcification of mitral annulus. Nephrol Dial Transplant ; 8 : 335-40.
11. Paolo Raggi., Amy Boulay, Scott Chasan-Taber, Naseem Amin, et al. (2002). Cardiac Calcification in Adult Hemodialysis Patients A Link Between End-Stage Renal Disease and Cardiovascular Disease? Journal of the American College of Cardiology 39: 695-701.

12. Shahrzad Ossareh (2011)Vascular Calcification in Chronic Kidney DiseaseMechanisms and Clinical Implications Iranian Journal of Kidney Diseases ;5:285-99.
13. Straumann E, Meyer B, Mistelli et al. (1992)Aortic and mitral valve disease in patients with end stage renal failure on long term haemodialysis, Heart ; 67 ; 236 -9
14. Wang AY, Wang M, Woo J. (2003)Cardiac Valve Calcification as an Important Predictor for All- Cause Mortality and Cardiovascular Mortality in Long-Term Peritoneal Dialysis Patients: A Prospective Study. J Am Soc Nephrol 13: 159–168.
15. Young K. Son, Su M. Lee, Seong E. Kim, et al. (2011). Association Between Vascular Calcification Scores on Plain Radiographs and Fatty Acid Contents of Erythrocyte Membrane in Hemodialysis PatientsJournal of Renal Nutrition,1053 : 1–9

Impact De La Distribution Spatiale Des Stations-Service Dans L'écosystème Urbain De Lubumbashi En Republique Democratique Du Congo

Sangwa Kiteba Guellord

Musisilwa Lwindi Elias

Nsenga Ilunga Jérémie

Asumani Salimini

UFR Biosciences

Département de Géographie et sciences de l'environnement,
Université de Lubumbashi, Lubumbashi, RD Congo

[Doi:10.19044/esj.2021.v17n7p211](https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n7p211)

Submitted: 27 June 2019

Accepted: 23 February 2021

Published: 28 February 2021

Copyright 2021 Author(s)

Under Creative Commons BY-NC-ND

4.0 OPEN ACCESS

Cite As:

Guellord S.K., Elias M.L., Jérémie N.I. & Salimini A. (2021). *Impact De La Distribution Spatiale Des Stations-Service Dans L'écosystème Urbain De Lubumbashi En Republique Democratique Du Congo*. European Scientific Journal, ESJ, 17(7), 211.

<https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n7p211>

Résumé

Cet article se propose d'analyser les facteurs de localisation des stations-service et leurs impacts dans l'écosystème urbain de Lubumbashi. Pour y arriver, la méthode descriptive-explicative a été adoptée. À l'aide d'un Système de Positionnement Global (GPS), les stations-service ont été localisées. La méthode des quadrats a permis de mettre en évidence le modèle d'organisation spatiale de la ville et le logiciel Quantum Geographic Information System (QGIS) a rendu possible l'élaboration de la carte des stations-service. Après analyse, l'article ressort ce qui suit : les lieux d'activités intenses (centre des affaires), les grands axes et les carrefours attirent plus les opérateurs pétroliers qui cherchent à implanter les stations-service au sein de la ville. Le prix abordable, la qualité du produit pétrolier, la proximité de la route, la rapidité de livraison de produits pétroliers attirent les clients vers les stations-service. L'impact environnemental de ces dernières a été élucidé et les risques liés à leur implantation sont grands car elles n'ont pas de zone tampon et leur rapprochement est un danger permanent d'incendie

dans une ville où les véhicules anti incendies sont presque inexistantes. D'où la mairie a une responsabilité pour la régulation des points de ventes des produits pétroliers afin de sauver des vies humaines.

Mots clés : Stations-Service, Opérateurs Pétroliers, Modèle Spatiale, Grands Axes, Carrefours, Impact Environnemental, Écosystème Urbain

Impact of the Spatial Distribution of Service Stations in the Urban Ecosystem of Lubumbashi in the Democratic Republic of Congo

Sangwa Kiteba Guellord

Musisilwa Lwindi Elias

Nsenga Ilunga Jérémie

Asumani Salimini

Department of Geography and environmental sciences,
University of Lubumbashi, Lubumbashi, Democratic Republic of Congo

Abstract

This paper focuses on analyzing the factors of the location of service stations and their impact in the spatial organization of the city of Lubumbashi. We have adopted the descriptive-explanatory method. The service stations were located using GPS. The quadrat method allowed us to highlight the spatial model of the city and the Quantum Geographic Information System (QGIS) software enabled us to develop the service station map. After the analysis of the quadrat and the map, we deduced the following: intense places of activity (business center) on the major roads and intersections which attracted more petroleum operators to establish service stations within the city. Affordable price, the quality of the petroleum product, proximity to the road, and the speed of delivery of petroleum products attracts customers to service stations. Their environmental impacts have been elucidated and the risks associated with their radiation are great because they have no buffer zones and their reconciliation is a permanent fire hazard in a city where fire fighting vehicles are almost nonexistent. Here, the town hall has a responsibility for regulating points of sales of petroleum products in order to save human lives.

Keywords: Service-Stations, Oil Operators, Spatial Model, Major Roads, Junctions, Environmental Impacts, Ecosystem Urban

Introduction

Le développement de l'automobile a fait apparaître un nouveau type de spécialité dans la vente du carburant : les stations-service. Dès le début du siècle dernier, la station-service prend rapidement place dans le paysage et devient un lieu de la quotidienneté où se côtoient les personnes intéressées par le marché du carburant et du lubrifiant. Cependant, une telle installation, aujourd'hui banalisée, représente un risque de par le stockage et la distribution de liquides inflammables.

Pour gérer et prévenir les risques, il est nécessaire de les identifier, les localiser et les intégrer au sein de leur environnement. Cet article présente, à travers l'étude du réseau de distribution de carburant dans la Communauté Urbaine de Lubumbashi, les facteurs de répartition spatiale des stations-service et leur influence sur l'écosystème urbain.

Le rôle du géographe ne pourra pas être négligé ; il lui revient la réflexion sur le modèle d'organisation spatiale des phénomènes. En rapport avec cette thématique, plusieurs études ont été menées, entre autres, celle de Cauvin et Rimbart (1976) qui a traité, à partir des méthodes cartographiques, des effets de localisation des stations-service sur l'environnement ; celle de Blaesius (1992) sur les dernières nouvelles d'Alsace, et qui a abordé les stations hors services à partir de l'inventaire communal de 1988. Cette étude a révélé que les stations-service disparaissaient de plus en plus. Calvat (1988) quant à lui, s'intéressant à Paris, a trouvé que l'impact sur l'environnement est banalisé par nos sociétés actuelles. Heigel (1995) à son tour s'est intéressé au risque technologique mineur à Strasbourg et a évoqué le problème relatif aux installations classées pour la protection de l'environnement. Mujinga (1997) et Mwanji (2014) ont soulevé la problématique de la répartition spatiale des stations-service à Lubumbashi et leur impact sur l'environnement, thème qui est approfondi dans cette recherche.

De nos jours, les stations-service sont comptées parmi les infrastructures urbanistiques et économiques les plus en vue. Les postes de distribution des produits pétroliers prennent de l'ampleur, non seulement par l'ascension de l'automobile à Lubumbashi mais aussi par l'utilisation, dans la ville, de groupes électrogènes suite aux difficultés d'alimentation en électricité. À cela s'ajoutent les motocyclistes avec leurs taxi-moto qui utilisent une quantité non négligeable de carburant vu leur nombre. Il est à noter que vers les années 1980-1990, l'accès au carburant d'une manière officielle et libre dans la ville de Lubumbashi était difficile, ce qui impliquait la recrudescence du phénomène Kadhafi (vente informelle du carburant dans des bidons). Devant les rares stations qui existaient, on observait des longues files de véhicules attendant d'être servis en carburant. Aujourd'hui, ce phénomène a considérablement diminué avec l'ouverture de plusieurs stations-service et ce, sur différentes artères de la ville. En plus, le prix du

carburant semble se stabiliser, soit 1,2 dollars par litre depuis 2010, car l'État avait un regard attentif tourné vers le secteur des hydrocarbures.

Méthodes Et Techniques

Méthodes

Cette recherche a fait recours à la méthode descriptive-explicative, dans ce sens que non seulement les secteurs d'étude (communes) ont été décrits dans leur nature, mais aussi les facteurs de localisation des stations-service ont trouvé des explications dans leur contexte spatial.

Techniques

La méthode utilisée a fait appel à plusieurs techniques :

- La technique documentaire a consisté en la revue de la littérature sur la thématique en étude. Il s'est dégagé que la question intéresse de plus en plus les géographes en général et ceux de la ville de Lubumbashi.
- L'observation directe a précédé le travail de repérage des stations-service à l'aide d'un Système de Positionnement Global (GPS), travail qui a été couplé des entretiens libres avec les acteurs impliqués dans cette activité.
- L'enquête par questionnaire élargie aux responsables des stations-service, aux travailleurs, aux clients et aux agents du Ministère des Hydrocarbures a permis de compléter les informations sur les caractéristiques des stations-service et les risques liés au phénomène.
- Les indices relatifs ou pourcentages calculés à partir du nombre de stations-service par commune rapporté chaque fois au total des stations de la ville ont permis la comparaison du phénomène entre les communes.
- Pour comprendre l'évolution du phénomène dans le temps, il a été fait référence aux données de l'année 1997.
- Le modèle de distribution spatiale des stations- services dans la ville de Lubumbashi a été trouvé à l'aide de la méthode des quadrats.

Présentation De La Ville De Lubumbashi

La ville de Lubumbashi est consécutive à la découverte de la mine de cuivre à Kalukuluku dans le secteur Est (Mine de l'Étoile). Créée en 1910 par le pouvoir colonial belge, la ville est située à 11°39'57' de latitude Sud et 27°28'35' de longitude Est, à 30 km de la frontière zambienne au Sud-Ouest. Elle est le Chef-lieu de la province du Haut Katanga et vient au second rang dans la hiérarchie des villes de la République Démocratique du Congo après Kinshasa la capitale. La carte ci-dessous (Figure 1) présente Lubumbashi dans

sa subdivision administrative. Sur le plan administratif, la ville de Lubumbashi est subdivisée en sept communes. Tel que le montre la Figure 1 ci-dessous.

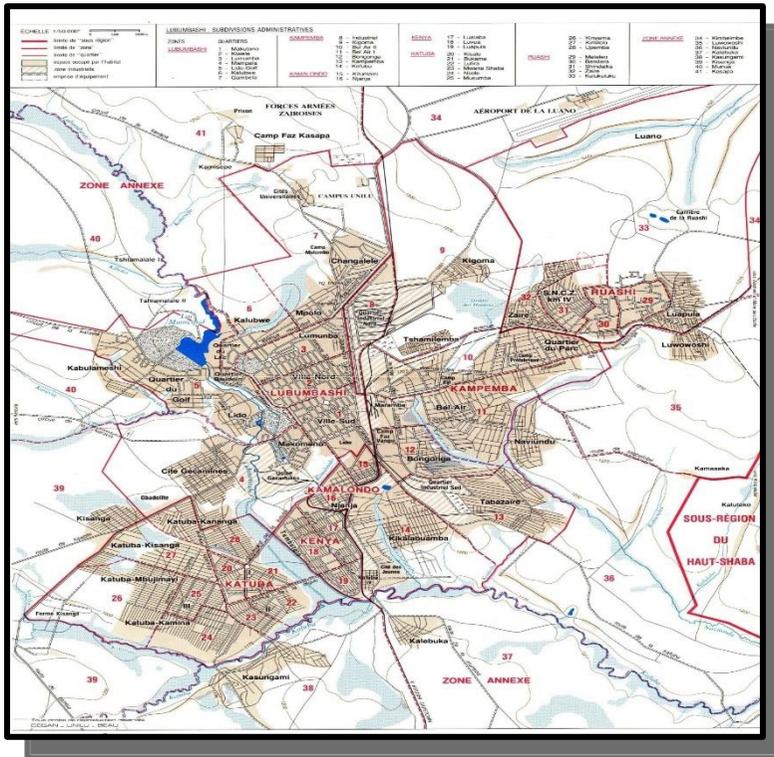


Figure 1. Subdivision administrative de la ville de Lubumbashi

La commune de Lubumbashi, conçue sur le modèle européen, est le symbole de la vie moderne. Les communes de Kamalondo, Kenya, Katuba et de Rwashi ont été créées au départ pour abriter la population noire indigène. Dans la typologie de Bruneau et Le Pain (1990), elles sont qualifiées de Quartiers anciens populaires planifiés. Aujourd’hui, à part les communes de Kamalondo et de Kenya qui n’ont pas la possibilité de s’étendre au-delà de leurs limites anciennes, celles de Katuba et de Rwashi se sont étalées en autopromotion. La commune de Kampemba à l’origine était la banlieue de la ville européenne, puis s’est aussi étendue spatialement en autopromotion. La commune Annexe est constituée de quartiers très dispersés qui auréolent la ville. C’est en fait la ceinture verte de la ville transformée en espaces bâtis.

Du point de vue démo-spatial, le Tableau n°1 ci-dessous montre que c’est la commune de Kampemba qui est la plus peuplée avec ses 620735 habitants ; elle est suivie de la commune Annexe qui abrite 398274 âmes.

Tableau 1. Les Communes de la ville de Lubumbashi et leurs populations

Commune	Nombre d'Habitants	Superficie(en Km ²)	Densité
Annexe	398274	640,00	622,30
Kamalondo	36837	1,35	27286,70
Kampemba	620735	31,50	19705,90
Katuba	322611	16,60	19434,40
Kenya	112207	2,53	44350,60
Lubumbashi	323062	38,00	8501,60
Ruashi	224472	16,60	13522,40
Total	2038198	746,58	2730,00

Source : Mairie de la ville de Lubumbashi

Les communes de Lubumbashi et de Katuba se rapprochent en terme de populations, respectivement 323062 et 322611 habitants, tandis que celles de Kenya et de Kamalondo ont chacune 112207 et 36837 habitants. Quant à leurs superficies, la commune Annexe vient en tête avec 640 Km². On comprend bien qu'elle est périphérique, s'appêtant aux extensions sous plusieurs formes. Les communes de Lubumbashi et de Kampemba viennent en deuxième et troisième position avec 38 et 31,5 km². Les communes de Kenya et de Kamalondo sont les moins étendues, elles ont respectivement 2,53 et 1,35 Km², d'où leurs densités très élevées (44350,6 et 27286,7 hab./km²). Les communes de Kampemba et de Katuba ont des densités proches (19705,9 et 19434,4 hab./km²).

Présentation Des Résultats

Il y a lieu de retenir qu'il s'observe un engouement dans l'activité liée à la vente du carburant ces dernières années. Le secteur en question semble rentable pour les opérateurs économiques qui s'y sont intéressés. C'est pourquoi les stations-service se multiplient et celles en gestation ont été réactivées.

Dans la ville de Lubumbashi, 63 Stations-service ont été dénombrées comme le montre le Tableau n°2 ci-dessous, alors que par-ci par-là on s'aperçoit que les terrains sont en train d'être apprêtés pour en recevoir d'autres.

Tableau 2. Distribution spatiale des stations-service par entité administrative

N°	Commune	Nombre de stations-service	Pourcentage
1	Annexe	7	11,1
2	Kamalondo	1	1,5
3	Kampemba	14	22,2
4	Katuba	4	6,4
5	Kenya	4	6,4
6	Lubumbashi	30	47,6
7	Ruashi	3	4,8
	Total	63	100

On constate que près de la moitié des stations-service (30 sur 63) sont situées dans la commune de Lubumbashi, soit 47,6 %, suivi de la commune de Kampemba avec 14, soit 22,2 %. La commune Annexe compte 7 stations-service, soit 11,1 %. Les communes de Katuba et de Kenya ont chacune 4 stations-service, soit 6,4 % et celle de Ruashi 3 stations-service soit 4,8 %. La commune de Kamalondo n'en a compté qu'une seule, soit 1,5 %.

En effet, la commune de Lubumbashi jouit d'une centralité forte à cause de nombreuses activités qui s'y exercent. Elle est le cadre du CBD (Center Business District) : commerce de gros et de détail, transactions bancaires, mais aussi elle est le cadre des institutions politico-administratives : gouvernorat, palais de justice, divisions administratives, police et justice militaire et les grandes institutions sanitaires et éducatives. Ces activités font qu'au quotidien, les flux des personnes convergent vers le centre-ville et viennent s'ajouter aux habitants de la commune. Un autre facteur qui favorise l'implantation des stations-service dans la commune de Lubumbashi c'est l'aspect sécuritaire, car le périmètre de cette commune semble bien être surveillé le jour comme la nuit, rassurant les tenanciers des stations-service par rapport aux cambrioleurs et aux risques d'incendies.

La commune Annexe est très éclatée en plusieurs quartiers occupant la périphérie de la ville. Elle accueille des stations qui vont à la rencontre des usagers lointains ou qui ont du mal à se placer au centre-ville à cause du prix élevé des terrains. L'information obtenue des tenanciers des agences immobilières révèle que le prix le plus bas d'une parcelle dans le secteur central de la ville se situe actuellement autour d'un million de dollars, autour de quatre à deux cents mille dans la zone médiane, jusqu'à dix mille dollars, voire moins, en périphérie de la ville. En réalité, la spéculation foncière est de mise. Cela dépend aussi de la situation économique du moment.

Les communes de Katuba et de Kampemba sont vastes et peuplées et commencent à être convoitées par les opérateurs pétroliers. Par contre, les communes de Kenya et de Kamalondo sont trop étroites (respectivement 2,53

et 1,35 Km²) et coincées dans leurs limites ; pour la première, elle n'a que deux grandes artères où passent les véhicules de transport en commun et ces deux artères se trouvent dans la longueur de la commune, il s'agit des avenues Basilique et Du Marché. Quant à la seconde, elle n'a pas de terminus de transport en commun. À part quelques rares taxis qui y passent pour récupérer les gens qui vont au centre-ville ou dans d'autres communes. Elle manque d'espaces qui peuvent intéresser les pétroliers pour y implanter des stations-service.

Si l'on compare avec les données obtenues par Mujinga (1997), on peut constater que les stations-service ont augmenté sensiblement. Sur les 44 stations dénombrées par l'auteur, 23 seulement, soit 52,3%, étaient en activité et 21 autres, soit 47,7% en dysfonctionnement. Considérant uniquement les 23 stations opérationnelles en 1997 et les 63 en 2015 révélées par l'enquête de cette étude, il se dégage que 40 stations-service se sont ajoutées, soit un accroissement de 174%. Ce fait serait dû au changement de politique du pays en matière des hydrocarbures, notamment la libéralisation du commerce de pétrole, l'amélioration des conditions d'importation et surtout la subvention de l'État. Il faudra noter que l'État congolais a un regard très particulier sur ce secteur qui a des multiples implications dans la vie nationale.

Organisation Spatiale Des Stations-Service À Lubumbashi

Lorsqu'on considère la ville de Lubumbashi dans son ensemble, les stations-service apparaissent de la manière illustrée par la Figure n°2 ci-dessous.

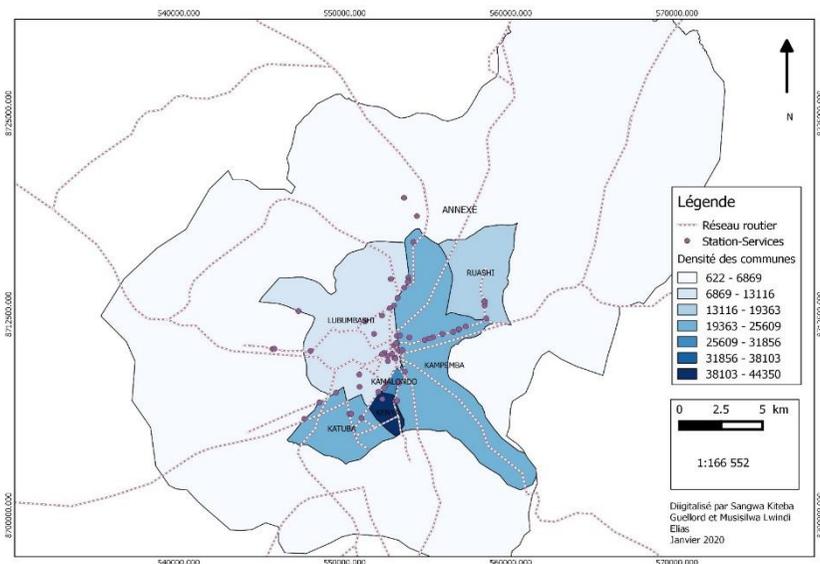


Figure 2. Carte de la répartition spatiale des stations-service et de la densité de la population

Trois tendances se dégagent. Premièrement, leur forte concentration est observée au niveau du secteur central qui est, comme cela a été mentionné précédemment, le domaine du CBD. Deuxièmement, dans le secteur sud-ouest, les services de l'offre du carburant sont très dispersés. Ce secteur concerne la commune Kenya et Kamalondo, les plus densément peuplées et qui n'offrent pas suffisamment de possibilités pour la localisation des stations-service, et la commune Katuba qui n'attire pas beaucoup les opérateurs pétroliers. Troisièmement, le phénomène étudié a une distribution quasi linéaire sur trois directions : Route Kasenga, Route Likasi et Route Kipushi (Kasumbalesa).

Il a été fait recours à la méthode des quadrats pour trouver le modèle de distribution spatiale des stations-service à Lubumbashi.

En effet, le quadrillage de l'espace occupé par les points qui représentent les stations-service (Figure 3) calqué sur la carte réalisée (Figure 2) a permis de dresser le tableau n°3 de données couplées (nombre de cases x nombre de stations-service).

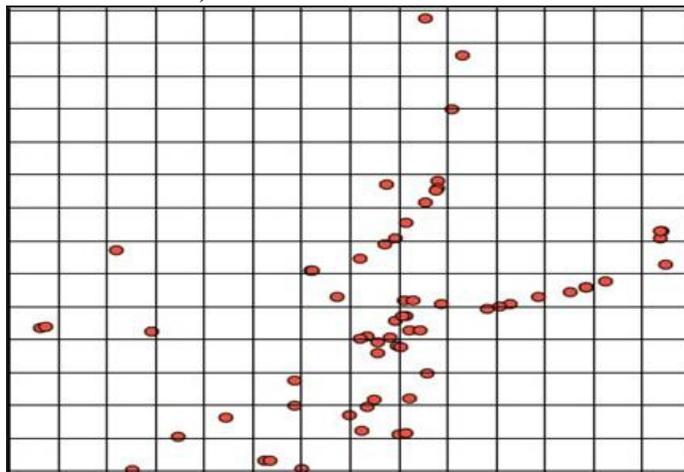


Figure 3. Localisation de points selon la méthode des quadrats

Tableau 3. Correspondance nombre de cases-nombre de stations-service
Données couplées (nombre de cases x nombre de stations-service).

Nombre des cases	Nombre des stations par cases
170	0
18	1
7	3
6	2
3	4

Nombre de points : 63

Nombre de cases : 204

Le processus de traitement de ces données et le résultat apparaissent ci-dessous.

$$\bar{x} = 63 \div 204 = 0,3088$$

$$S^2 = \frac{170(0-0,308)^2 + 18(1-0,308)^2 + 7(3-0,308)^2 + 6(2-0,308)^2 + 3(4-0,308)^2}{204-1}$$

$$S^2 = 0,6578$$

$$\frac{S^2}{\bar{x}} = 2,1357$$

Comme 2,1357 est supérieur à 1, la distribution des stations-service à Lubumbashi est du type **concentré avec agrégats**. On peut tester la significativité de cette hypothèse (d'une répartition concentrée avec agrégats) au moyen du test z (puisque m est grand et vaut 204, et la moyenne inférieure à 5).

$$z = \frac{\sqrt{[(m-1) \div 2]} \cdot S^2}{\bar{x}} - 1 = \frac{\sqrt{[(204-1) \div 2]} \cdot 0,6578}{0,308} - 1 = 11,4418$$

La valeur du test n'étant pas comprise dans l'intervalle de confiance (-1,96 ; 1,96) pour une distribution de probabilité normale centrée réduite avec alpha = 5% ; l'hypothèse est donc vérifiée. Le modèle en question illustre une forte prédominance des stations dans le secteur qui correspond au CBD de la ville avec tout ce qui a été décrit comme activité ; il se profile en deux axes, vers le Nord et vers l'Est, lesquelles sont en opposition avec celles disséminées au Sud et à l'Ouest.

Compte tenu de cette répartition, il y a lieu d'avancer que les activités intenses et les grandes artères sont des facteurs favorisant l'implantation des stations-service à Lubumbashi.

Le Point De Vue Des Tenanciers Des Stations-Service Concernant Leur Localisation

Une enquête a été menée auprès des tenanciers ou responsables des stations-service. Unanimement, ils ont soutenu que l'augmentation du nombre de charroi automobile suscite la demande en produits pétroliers ; et qu'il faut exercer des activités qui rapportent de l'argent, étant la vente du carburant une d'entre elles. Les motifs de placement des stations-service sont les suivants :

- Pour 21,1% des enquêtés, il faut se mettre sur une voie accessible, comme par exemple la Route Likasi, la Route Kasenga et la Route Kipushi. Ces voies enregistrent des flux importants de véhicules.
- Il est question, pour 17,3% des personnes interrogées, de trouver un endroit stratégique ; c'est-à-dire, où l'on a la possibilité d'avoir beaucoup de clients. C'est pourquoi beaucoup de stations sont placées aux carrefours ou aux angles des avenues.
- Certains tenanciers des stations ont cherché des endroits où celles-ci ne sont pas nombreuses pour éviter la concurrence. C'est le cas de 13,5% de l'ensemble touché par l'enquête.

- Pour 48,1% des sujets interrogés, les motivations sont variées, entre autres : la sécurité, la disponibilité offerte par une ancienne station déjà suffisamment équipée, etc.

Attractivité Des Stations-Service

D'après les informations recueillies sur terrain, les causes qui attirent les clients de produits pétroliers sont liées au prix abordable (pour 33,3% des enquêtés) ; à la qualité du produit pétrolier pour 25% ; à la proximité routière pour 16,7% ; à la rapidité dans la livraison de produits (13,3%) contre 11,7% des personnes interrogées qui sont attirées par l'accueil des agents commis à cette activité.

Risques Lies Aux Stations Services En Milieu Urbain

Il est important de parler tout d'abord des impacts environnementaux par rapport à leur origine et leurs effets sur les différents compartiments environnementaux (l'air, l'eau, le sol, ...). Ensuite, les mesures de prévention de pollution seront évoquées sous forme de recommandations pratiques.

Impact Sur L'eau Sources de polluants

Lors du fonctionnement normal d'une station-service, l'eau est souvent utilisée comme moyen d'évacuation de divers polluants. Les eaux de pluie, de robinet, des canalisations et des cours d'eau lessivant des surfaces sont chargées d'impuretés comme des particules solides ou des différents types de substances utilisées par les véhicules, notamment les hydrocarbures, les lubrifiants ou les détergents. À cela s'ajoutent des déversements accidentels d'autres liquides classés comme des substances dangereuses, couramment présents dans les stations-service (p.ex. gasoil, essence, huile de freins, liquides de refroidissement, acides de batteries ou solvants) et des fuites de réservoirs souterrains.

Effets Des Polluants

Si les eaux usées résultant des activités de la station-service étaient déversées sans traitement dans la nature, les substances y contenues auraient, pour la plupart, des effets toxiques sur les écosystèmes aquatiques et végétales. La tuyauterie en contact avec les éléments toxiques subirait la corrosion. Les hydrocarbures (essence, gasoil, etc.) par exemple se décomposent sous l'action de bactéries en molécules plus légères (benzène, toluène, Xylène) très toxiques et solubles dans l'eau. Les huiles à moteur (usagés ou non) contiennent également des substances toxiques (par effets additifs), souvent difficilement dégradables. Les huiles forment par ailleurs un film à la surface de l'eau qui empêche les échanges gazeux. Les détergents

contiennent des agents tensioactifs qui favorisent la formation de mousse, dissolvent la graisse et peuvent être difficilement dégradables, des propriétés qui ont des effets très néfastes sur les écosystèmes aquatiques comme sur le fonctionnement des stations d'épuration (Van, 1990).

Cela étant, quelques exemples des effets possibles ont été choisis et présentés ci-après. Les liquides de freins étant souvent des mélanges de dérivés glycoliques, ont des propriétés toxiques pour de nombreux organismes aquatiques à partir de certaines concentrations. De plus, leur dégradation par des micro-organismes mène à une consommation d'oxygène dans l'eau. De plus, les liquides de frein usagés peuvent contenir des impuretés comme des métaux lourds, qui peuvent être toxiques aux organismes aquatiques et à l'homme, même à très petite dose. Les liquides de refroidissement sont souvent des mélanges d'eau distillée (environ 60%) et de glycol (environ 40%), agissant comme antigel et inhibiteur de corrosion (Van, 1990).

Les batteries des voitures contiennent du plomb et de l'acide sulfurique. Le plomb est un métal lourd qui a tendance à s'accumuler dans les chaînes alimentaires en provoquant des intoxications graves (Van, 1990). L'acide sulfurique est une substance corrosive et également toxique pour la vie aquatique. Les solvants ont aussi souvent des propriétés toxiques pour la vie aquatique et sont difficiles à éliminer, même par une station d'épuration. Les huiles de graissage diminuent les échanges gazeux air/eau, s'accumulent et créent des dépôts pouvant aller jusqu'au dysfonctionnement et à l'obstruction des systèmes d'assainissement (Van, 1990).

Les hydrocarbures, toxiques pour les organismes vivants supérieurs, peuvent lors d'un déversement accidentel, entraîner la contamination des sols, des nappes phréatiques et des cours d'eau, détruisant les écosystèmes en place et interdisant l'utilisation des ressources en eau pour de nombreuses générations (Van, 1990).

Impacts Sur Le Sol

Sources De Polluants

Dans le domaine de l'exploitation des stations-service, les principales sources de pollution sont liées à des déversements accidentels (p.ex. égouttages lors du remplissage des réservoirs et du ravitaillement des voitures, fuites observées sur les tuyauteries, fuites sur les réservoirs, accidents ou incendies de véhicules, manipulation de produits et lors d'évacuation de déchets, etc.) de produits nuisibles pour l'environnement (carburants, huiles de moteur, liquides de frein, liquides de refroidissement, acides de batteries, etc.).

Il y a lieu d'ajouter qu'à Lubumbashi et partout d'ailleurs où l'on trouve des stations-service en RD Congo, tous les lieux occupés sont pavés. Deux faits peuvent facilement être attendus, la réflexion de la chaleur absorbée

avec augmentation de la température ambiante et des forts ruissellements des eaux de pluies exacerbant les inondations, très courantes ces dernières années dans la ville.

Effets Sur La Santé

Un polluant dans le sol est dangereux s'il devient mobile et s'il atteint sa cible (eaux souterraines ou superficielles, écosystème, ...). Un sol pollué devient alors un problème de santé publique si le polluant atteint la nappe phréatique ou le cours d'eau avoisinant. Dans le quartier Kalubwe, à l'Ouest de la ville de Lubumbashi, Sompou (2019) a mis en évidence la contamination des eaux de puits proches des stations dans ce secteur. Les eaux que l'on puisait dégageaient l'odeur des hydrocarbures.

Avant de faire un examen du lien entre les effets des polluants des sols provenant des stations-service et la santé, il a été tenu compte de quelques considérations d'ordre général. Les facteurs de risques pour la santé sont multiples. Des facteurs génétiques ou comportementaux interviennent aussi.

Il existe un certain nombre d'étapes entre le milieu extérieur et les effets observés sur l'homme :

- Absorption et distribution dans les différents compartiments de l'organisme avec éventuellement
- Bioaccumulation et effets à court, voire à long terme.

L'absorption digestive est très différente selon que l'on a affaire à un enfant ou un adulte. Beaucoup de facteurs peuvent favoriser l'absorption : la teneur alimentaire en acides organiques, les carences en fer, ou en fibres végétales, l'état de jeûne, même chez l'adulte.

Par ailleurs, le risque lié à une exposition et la mesure de l'impact des polluants sur la santé va dépendre des éléments suivants :

D'abord, la relation entre l'exposition à un cocktail d'agents n'est pas une relation simple. La toxicité d'une molécule peut être augmentée ou diminuée par l'exposition simultanée ou consécutive à une autre molécule (Van, 1990). On dit qu'il peut y avoir :

- synergie : les effets sont dus à l'action de plusieurs molécules qui, lorsque prises isolément, n'ont que peu d'action ;
- antagonisme : l'effet d'une molécule s'oppose à celle d'une autre ;
- cumul: les effets d'une molécule accélèrent les effets d'une ou plusieurs autres molécules.

Ensuite, les effets directs sur la santé peuvent être constatés auprès de la population proche d'un site qui subit une pollution du sol par consommation d'aliments produits sur place, mais dans le cas des stations-service, c'est peu

probable que cela arrive étant donné que ce type d'installations est en principe éloigné des zones agricoles ou des jardins potagers.

Les enfants figurent parmi les populations les plus vulnérables et ce de par leur grande « sensibilité biologique », mais également à cause de certains comportements (ingestion de terres contaminées, contact plus fréquent avec le sol, etc.).

L'exposition indirecte concerne par exemple l'ingestion des eaux contaminées à travers les nappes phréatiques. Cela ne préjuge en rien l'exposition effective à un polluant, laquelle intègre la notion de durée et de proximité de la source d'émission par rapport à la personne.

Si sur le terrain une station-service reste en exploitation et que la pollution reste limitée au terrain lui-même, il n'y aura pas de risque actuel pour la santé publique dans de nombreux cas (Bofas, 2004).

Suivant la classification de l'Union Européenne (Van, 1990), les risques de l'essence automobile pour la santé sont le cancer et une atteinte des poumons en cas d'ingestion.

En ce qui concerne le gazole, un effet cancérigène est suspecté, mais les preuves sont insuffisantes. Il peut provoquer aussi une atteinte des poumons en cas d'ingestion.

Les huiles minérales possédant un point d'ébullition bas provoquent des pneumonies chimiques de gravité importante et d'évolution lente en comparaison avec les hydrocarbures légers. La plupart des liquides de frein sont très nocifs à l'ingestion, notamment le polyéthylène glycol.

Effets Sur L'environnement

Les risques écologiques sont plutôt de moindre importance à partir des pollutions par les stations-service. En général, une menace des écosystèmes est rarement constatée à proximité d'une station-service étant donné qu'elle est toujours située le long d'une voie publique où la présence d'écosystèmes séparés est limitée. Par ailleurs, étant donné la portée spatiale limitée des stations-service et la présence d'un revêtement sur une grande partie du terrain, l'aspect des risques pour l'écologie est souvent moins pertinent (Bofas, 2004).

Toutefois l'existence des risques pour l'écosystème n'est pas exclue. En cas de déversement ou de fuites dans le milieu naturel, selon les circonstances, les fractions non volatiles se disperseront dans l'environnement aquatique ou seront absorbées dans le sol créant éventuellement une pollution des nappes souterraines pouvant induire une contamination des zones de captage d'eau potable.

Dans l'eau, les carburants ont tendance à flotter et à s'étendre à la surface à cause de la faible solubilité de certains de leurs constituants formant une nappe « huileuse » qui empêche les échanges gazeux entre l'air et le milieu

aquatique. Ceci entraîne à terme une sous-oxygénation et peut provoquer la mortalité de la faune aquatique (Centre Canadien d'Hygiène et de Sécurité au travail, 2007).

Exposition De L'habitat Lushois Aux Risques Liés Aux Stations-Service

La prolifération des stations-service dans la ville de Lubumbashi présente un danger imminent.

Premièrement, les stations commencent à conquérir l'habitat. En dehors des stations traditionnelles, les nouvelles stations n'ont pas de zone tampon par rapport à l'habitat ; ce qui veut dire que le jour où il y aura un incendie, la chance de déplorer beaucoup des morts est grande.

Deuxièmement, beaucoup de stations sont proches l'une de l'autre. C'est le cas, par exemple, de deux stations : celle au croisement des Avenues des Usines et Lomami et celle au croisement des Avenues Lomami et Likasi. Deux stations près du Camp Est (camp de police) sur l'Avenue Chaussée de Kasenga seront aussi citées.

Il suffit qu'une station prenne feu pour que tout un îlot de la ville soit embrasé ; on aura des explosions en série. Il y a deux ans, un dépôt de carburant avait pris feu sur l'Avenue des Cimetières occasionnant mort d'hommes et des dégâts matériels importants.

Troisièmement, ces stations-service n'ont pas de garantie de sécurité si bien que le service anti incendie est positionné loin de ces activités, à l'aéroport de la Luano distant par exemple du centre- ville d'à peu près 15 km ou à la Mairie quoique proche de beaucoup de stations ; le secours est toujours tardif, les engins n'étant pas toujours apprêtés pour intervenir à temps.

À cet égard, l'État devrait limiter le nombre de stations-service, réguler leur répartition à travers la ville et rendre rigoureuses les conditions d'acquisition de permis d'ouverture des activités de vente du carburant.

Conclusion

L'analyse diachronique des stations-service révèle que ces dernières connaissent un accroissement rapide en nombre ; de 44 en 1997 dont 19 en activité, à 63 en 2015, ce qui montre que les stations-service sont en plein essor dans la ville de Lubumbashi. Leur répartition rappelle un modèle spatial de type concentré avec agrégat. Cette concentration est observée dans les lieux où les activités urbaines sont intenses : centre-ville ; carrefours et le long des grands axes.

L'étude a également évoqué les risques des stations-service dans la ville, notamment les probables pollutions qui ont des effets sur la santé des habitants en particulier et sur l'écosystème urbain en général jusqu'à stigmatiser le danger de ces stations-service par rapport à leur rapprochement, à cause de la négligence du service de régulation qui tolère leur construction

dans la population sans tenir compte de la zone tampon, alors que les mesures de protection contre les incendies sont inefficaces.

L'État devrait avoir un regard attentif sur le développement du phénomène et réglementer l'ouverture des stations-service, si possible, délocaliser plusieurs d'entre elles afin de réduire le risque d'incendie mortel.

References:

1. Blaesius, J. (1992). « Stations hors service », Dernières nouvelles d'Alsace, 6 décembre, p. 4.
2. Bofas (2004). Directive sur l'assainissement des sols des stations-service en Belgique. Bruneau JC. et le Pain M., (1990). Atlas: Atlas de Lubumbashi. Centre d'Etudes Géographiques sur l'Afrique noire et Université de Paris X, Nanterre, 133p.
3. Calvat, J.M. (1988). « Les stations-service disparaissent », Inventaire communal de 1988, pp. 23-26.
4. Cauvin, C. & Rimbart, S. (1976). Les méthodes de la cartographie thématique. Fascicule: Lecture numérique des cartes thématiques, Éd. Université de Fribourg, Suisse, 172 p.
5. Dupuy, G. (1995). Les Territoires de l'automobile, Paris, Anthropos Economica, 216 p. Fabrice De Monicault., (2013). «Une activité très disputée », in Le Figaro, encart « Économie », jeudi 21 novembre.
6. Hiegel, C. (1995). Au risque de la ville... Les stations-service à Strasbourg. Un risque technologique mineur. Mémoire de DEA, UFR Géographie Strasbourg, 126 p.
7. Mujinga, K. (1997) et Mwanji (2014). Répartition des stations-service dans l'espace urbain 'cas de la ville de Lubumbashi '. Mémoire de fin d'étude au Département de Géographie, Université de Lubumbashi), 64p.
8. Nordemann, F. (1981). #Bâtiments de l'automobile, Paris, Seuil, 59 p.
9. Sompo, K. (2019). Qualité Physico chimique et organoleptique des eaux de puits et de forages aux environs des stations-service ''Cas des stations-service Bon Berger et Groupe Petro Peuple au quartier Kalubwe''. Mémoire de fin d'étude, Département de Géographie, Université de Lubumbashi. Travail de fin Bachelier.65P.
10. Van, W. (1990). La mesure de l'impact des polluants sur la santé, Belgique.



ESJ Natural/Life/Medical Sciences

Optimisation De La Stabilisation Physique Du Lait De Coco En Utilisant La Gomme De Cajou (*Anacardium occidentale* L.) Comme Agent Stabilisant

Pégnonsienrè Lacina Soro

Université Nangui Abrogoua,

UFR Sciences et Technologies des Aliments, Abidjan, Côte d'Ivoire

Naka Touré

Université Peleforo Gon Coulibaly,

UFR Sciences Biologiques, Korhogo, Côte d'Ivoire

Fankroma Martial Thierry Koné

Marcellin Konan Kouadio

Kouakou Martin Djè

Soumaila Dabonné

Université Nangui Abrogoua,

UFR Sciences et Technologies des Aliments, Abidjan, Côte d'Ivoire

[Doi:10.19044/esj.2021.v17n7p227](https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n7p227)

Submitted: 08 November 2020

Accepted: 17 February 2021

Published: 28 February 2021

Copyright 2021 Author(s)

Under Creative Commons BY-NC-ND

4.0 OPEN ACCESS

Cite As:

Soro P.L., Touré N., Koné F.M.T., Kouadio M.K., Djè K.M. & Dabonné S. (2021). *Optimisation De La Stabilisation Physique Du Lait De Coco En Utilisant La Gomme De Cajou (*Anacardium occidentale* L.) Comme Agent Stabilisant*. European Scientific Journal, ESJ, 17(7), 227. <https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n7p227>

Résumé

Le lait de coco est essentiellement une émulsion huile dans eau, stabilisée par les protéines naturelles et les phospholipides présents dans la pulpe. Cependant, le lait de coco reste physiquement instable et sujet à une séparation de phase. D'où la nécessité d'utiliser des agents stabilisants. Cette étude avait pour objectif de déterminer les conditions optimales de stabilisation du lait de coco en utilisant la gomme de cajou comme agent stabilisant, par la méthodologie des surfaces de réponse utilisant un plan factoriel complet 32. Ainsi, les effets de la concentration en gomme de cajou et du ratio pulpes/eau sur les paramètres physico-chimiques du lait de coco tels que l'indice de crémage, l'indice de taille des gouttelettes, la viscosité et

le taux de perte de turbidité ont été évalués. Les résultats de l'analyse ont indiqué que les conditions optimales étaient de 1,50 % pour la concentration en gomme de cajou et de 1/1 (g/mL) pour le ratio pulpes/eau. Les réponses optimales enregistrées ont été de 60,239 % ; 0,716 ; 0,076 mPa.s et de 0,824 Å/jr respectivement pour l'indice de crémage, l'indice de taille des gouttelettes, la viscosité et le taux de perte de turbidité. Par ailleurs, aucune différence significative ($p > 0,05$) n'a été observé entre les valeurs expérimentales et les valeurs prédites. Les différents modèles développés pour prédire les différentes caractéristiques du lait de coco étaient très significatifs, avec des coefficients de détermination élevés ($>0,95$) et des manques d'ajustement non significatifs ($p > 0,05$). La gomme de cajou porterait donc un fort potentiel dans la stabilisation des émulsions.

Mots clés : Lait De Coco, Stabilisation, Gomme De Cajou, Optimisation, Méthodologie De Surface De Réponse

Optimization Physical Stabilization of Coconut-Milk Using Cashew Tree (*Anacardium Occidentale*) Gum as Stabilizer

Pégnonsienrè Lacina Soro

Université Nangui Abrogoua,
UFR Sciences et Technologies des Aliments, Abidjan, Côte d'Ivoire

Naka Touré

Université Peleforo Gon Coulibaly,
UFR Sciences Biologiques, Korhogo, Côte d'Ivoire

Fankroma Martial Thierry Koné

Marcellin Konan Kouadio

Kouakou Martin Djè

Soumaila Dabonné

Université Nangui Abrogoua,
UFR Sciences et Technologies des Aliments, Abidjan, Côte d'Ivoire

Abstract

Coconut milk is essentially an oil-in-water emulsion, stabilized by natural proteins and phospholipids present in the pulp. However, coconut milk remains physically unstable and subject to phase separation. Hence the need to use stabilizers. The objective of this study was to determine the optimal conditions for stabilizing coconut milk using cashew gum as a stabilizing agent, by the methodology of response surfaces using a 32 full factorial design. Thus, the effects of the concentration of cashew tree gum and pulp/water ratio on some physicochemical parameters of coconut milk such as creaming index,

droplet size index, viscosity and turbidity loss rate were evaluated. The results indicated that the optimum conditions were 1.50% for the cashew tree gum concentration and 1/1 (g/mL) for the pulp/water ratio. The optimal responses recorded were 60.239%; 0.716; 0.076 mPa.s and 0.824 Å/d for creaming index, droplet size index, viscosity and turbidity loss rate respectively. Furthermore, no significant difference ($p > 0.05$) was observed between the experimental values and the predicted values. The different models developed to predict the different coconut milk characteristics were very significant, with high determination coefficients (> 0.95) and insignificant lacks of fit ($p > 0.05$). Cashew gum would therefore have a strong potential in stabilizing emulsions.

Keywords: Coconut Milk, Stabilization, Cashew Tree Gum, Optimization, Response Surface Methodology

Introduction

De nombreux produits culinaires et de confiserie sont caractérisés par une structure polyphasée. Les phases peuvent différer par leur contenu, leur état global, leurs ingrédients et leur degré de dispersion. Ces systèmes alimentaires sont thermodynamiquement instables et nécessitent le développement de solutions efficaces pour renforcer la stabilité de leurs processus (Goralchuk et al., 2019).

Le lait de coco est l'un des exemples d'émulsion du type huile-dans-eau (H/E). Son apparence a été décrite comme le liquide blanc opaque obtenu par pressage à partir de l'endosperme de noix de coco (*Cocos nucifera*) râpée ; avec ou sans addition d'eau (Tangsuphoom & Coupland, 2005). Il contient environ 54% d'humidité, 35% de matières grasses et 11% de matières solides non grasses (Simuang et al., 2004). Habituellement, la séparation d'une émulsion en phases crémeuse et aqueuse se produit après un certain temps de repos, ce qui conduit au défaut physique du lait de coco (Jirapeangtong et al., 2008). Tangsuphoom et Coupland (2008) ont déclaré que l'émulsion de lait de coco était relativement instable en raison de la grande taille des gouttelettes. Une autre étude a rapporté que les mauvaises propriétés émulsifiantes des protéines du lait de coco adsorbées aux interfaces huile-eau (H-E) contribueraient également à l'instabilité du lait de coco (Onsaard et al., 2006). Chauffer le lait de coco à une température plus élevée entraînera une plus grande dénaturation des protéines. Ainsi, des agrégats plus importants de gouttelettes d'huile ont été observés (Peamprasart & Chiewchan, 2006). Généralement, la dénaturation des protéines se produit lors du chauffage du lait de coco à 80 °C. Tandis que le chauffage du lait de coco à 90-95 °C pendant plusieurs minutes pourrait détruire la plupart des protéines (Onsaard et al., 2006 ; Peamprasart & Chiewchan, 2006 ; Tangsuphoom & Coupland, 2008). Par conséquent, pour une conservation à long terme du lait de coco, il

est nécessaire de le stabiliser par l'addition d'émulsifiants et de stabilisants appropriés suivi d'une homogénéisation pour réduire la taille des gouttelettes lipidiques.

La stabilité physique des émulsions est influencée par plusieurs facteurs, tels que la teneur en matière grasse, la taille des gouttelettes lipidiques, le type d'émulsifiant ou stabilisant, le rapport émulsifiant/matière grasse (Simuang et al., 2004 ; Tangsuphoom & Coupland, 2005 ; Onsaard et al., 2006 ; Peamprasart & Chiewchan, 2006 ; Jirapeangtong et al., 2008 ; Tangsuphoom & Coupland, 2008). Différents types d'émulsifiants, tels que des tensioactifs (monoglycérides et leurs esters, phospholipides), des protéines (caséinate de sodium) et particulièrement des polysaccharides (gommes) sont utilisés pour stabiliser les émulsions (Noorlaila et al., 2015 ; Jiang et al., 2016 ; Fatimah et al., 2017 ; Abdullah et al., 2018). Cependant, aucune étude n'a été rapporté à notre connaissance, sur l'utilisation de la gomme de cajou (*Anacardium occidentale*) comme stabilisant du lait de coco.

Ainsi, la présente étude a été entreprise dans le but d'étudier l'influence de la concentration en gomme de cajou et du ratio pulpes/eau sur certains paramètres de stabilité des laits de coco tels que l'indice de crémage, l'indice de taille des gouttelettes, la viscosité et le taux de perte de turbidité. Les conditions optimales de stabilité ont également été déterminées.

Matériel et Méthodes

Matériel

Les noix de coco (*Cocos nucifera* L.) matures, de la variété Grand Ouest Africain (GOA), ont été achetées dans un marché local de la commune de Yopougon (Abidjan, Côte d'Ivoire). Quant à la Gomme de Cajou (GC), extraite des exsudats d'anacardier (*Anacardium occidentale* L.), elle a été obtenue auprès du Laboratoire de Biocatalyse et Bioprocédés (LBB) de l'Université NANGUI ABROGOUA (Abidjan, Côte d'Ivoire).

Production du lait de coco stabilisé

La production du lait de coco stabilisé a été effectuée selon la méthode décrite par Ekanem et Ojmelukwe (2017) et Noorlaila et al. (2015) respectivement. Ainsi, des pulpes fraîches de coco ont été obtenues après débouillage, fendage et extraction à partir des noix de cocos matures. Ces pulpes ont ensuite été découpées en petits morceaux, rincées à l'eau, puis blanchies à 80°C pendant 1 min. Cette pulpe blanchie a ensuite été broyée dans un mixeur avec ajout d'eau préalablement chauffée à 60°C selon un rapport pulpe/eau (m/v) de 1/3, 1/2 et 1/1. Le mélange ainsi obtenu, a été filtré à travers un filtre à café N°4 (KONOS GmbH), puis le filtrat obtenu, a été pasteurisé à 80°C pendant 4 min. A ce lait pasteurisé, du mucilage de gomme de cajou a été ajouté jusqu'à ce que les rapports pulpe/eau soient respectés et les laits de

coco stabilisés aient des concentrations (m/v) respectives de 1 ; 1,25 et 1,50 % en gomme de cajou. Le mélange ainsi obtenu, a été soumis à une agitation lente pendant 5 min, puis homogénéisé à 4200 tr/min durant 3 min pour donner un lait de coco stabilisé comme illustré à la Figure 1.

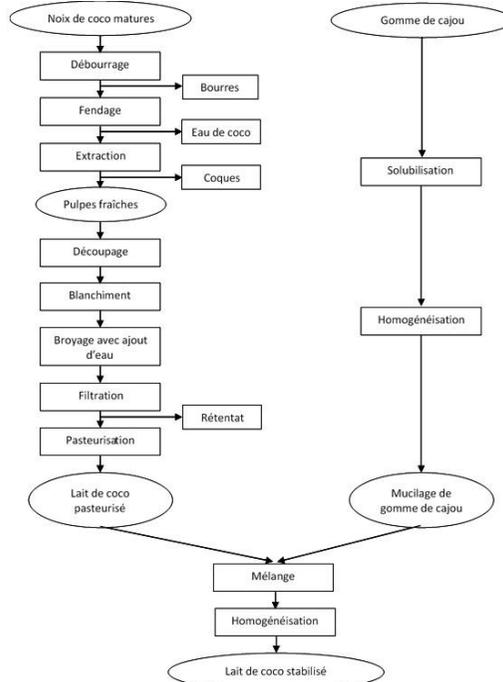


Figure 1. Diagramme de production du lait de coco stabilisé

Techniques d'analyses Indice de crémage

L'indice de crémage (IC) du lait de coco stabilisé a été déterminé selon la méthode décrite par Owens et al. (2018). Trente (30) mL de lait ont été transféré dans un tube de 50 mL puis fermé pour éviter l'évaporation et laisser à température ambiante. Les mesures de stabilité ont été effectuées chaque 48 h pendant 14 jours en raison de 6 mesures de taille par séance. L'indice de crémage (IC) a été calculé selon la formule mathématique suivante :

$$IC(\%) = \frac{T_S}{T_E} \times 100$$

TE : taille totale de l'émulsion et TS : taille du sérum

Indice de taille des gouttelettes (ITG)

La mesure de l'indice de taille des gouttelettes est déterminée par la méthode décrite par Mirhosseini et al. (2008). L'échantillon est dilué avec de l'eau distillée au ratio (1/100) et homogénéisé. L'absorbance a été déterminé immédiatement à 400 et 800 nm à l'aide un spectrophotomètre UV-visible

l'eau distillée est choisi comme témoin. La valeur du rapport (Équation 2) de l'absorbance à $\lambda = 800$ nm et $\lambda = 400$ nm permet de déterminer l'indice de taille des gouttelettes (ITG).

$$\text{ITG} = \frac{\text{Absorbance}(\lambda_{800})}{\text{Absorbance}(\lambda_{400})}$$

Viscosité

La mesure de la viscosité du lait de coco a été effectuée selon la méthode décrite par Arioui et al. (2018) avec un viscosimètre Brookfield à chute à bille de type KF40 équipé d'un thermostat. Quarante (40) mL de lait de coco prélevé a été transféré dans le tube et maintenue à température constante à 39°C. On mesure le temps nécessaire à la chute d'une bille soumise à la gravité dans lait de coco. La viscosité est déterminée selon l'expression mathématique suivante :

$$\eta(\text{mPa.s}) = \frac{2r^2g(\rho - \rho')t}{9l}$$

Avec η = Coefficient de viscosité dynamique de l'émulsion, r = Rayon de la bille, ρ = Masse volumique de la bille, ρ' = Masse volumique du lait, l = Distance de chute et t = Temps de chute.

Taux de perte de turbidité

Le taux de perte de turbidité des laits de coco stabilisé en condition diluée a été déterminé selon la méthode décrite par Chang et al. (2018). Les laits ont d'abord été dilués à 0,25% (v/v) dans de l'eau distillée et stockés dans des bouteilles en plastique de 1,5 L à température ambiante avant la lecture des absorbances à la longueur d'onde $\lambda = 500$ nm à l'aide d'un spectrophotomètre UV-visible (UV-2101PC, Shimadzu Corp., Tokyo, Japon). Des mesures quotidiennes ont été effectuées jusqu'à ce qu'une réduction de 10% de la valeur initiale contre de l'eau distillée soit obtenue. Un modèle de premier ordre a été appliqué en ajustant les données (absorbance en fonction du temps) pour chaque échantillon afin de dériver le taux de perte de turbidité (k_1 , $\text{\AA}/\text{jr}$) selon la relation mathématique suivante :

$$\ln A_t = \ln A_0 - k_1 t$$

Avec, t = temps ; A_t = absorbance au temps t ; A_0 = absorbance au temps $t=0$ et k_1 = constante de vitesse du premier ordre.

Planification expérimentale

La Méthodologie des Surfaces de Réponses (MSR) a été appliquée dans la présente expérience pour évaluer les effets isolés et les interactions possibles entre les différents facteurs identifiés sur certaines caractéristiques physiques (réponses observées) des laits de coco stabilisés. Les effets de deux

variables indépendantes, à savoir la concentration en gomme de cajou (1-1,5%, m/v) et le ratio pulpe-eau (1/3-1/1, m/v) ont été étudiés en relation avec les caractéristiques physiques, telles que l'indice de crémage, l'indice de taille des gouttelettes, la viscosité et le taux de perte de turbidité. Les variables indépendantes et leurs différentes modalités, qui ont été choisies étaient choisies en se basant sur les études se référant à la formation, la stabilisation des émulsions du types H/E et sur celle de l'extraction de lait de coco (McClements, 2015 ; Fatimah, et al., 2017) sont présentés dans le tableau 1.

Tableau 1. Variables indépendantes et leurs niveaux (Réelles et codées)

Variables indépendantes		Niveaux		
Réelles	Codées	-1	0	+1
Concentrations en gomme de cajou (g/mL)	X ₁	1	1,25	1,50
Ratios pulpes/eau (g/mL)	X ₂	1/3	1/2	1/1

Le plan factoriel complet 3k (k est le nombre de facteurs de l'étude et 3 indique le nombre de niveaux par facteur) a été utilisé dans le but de déterminer les conditions optimales pour la stabilisation du lait de coco avec la gomme de cajou. Le nombre d'essais nécessaire pour cette étude est N = 3k. Etant donné que nous avons 2 facteurs, le plan d'expérience sera une matrice de 32 = 9 essais et une répétition des points centraux ce qui donne au total 10 essais (Montgomery, 2017). Afin d'étudier la relation entre les variables indépendantes et chacune des réponses étudiées et également, de prédire les points optimaux, une fonction polynomiale du second ordre a été élaborée pour chaque réponse. La forme générale de l'équation polynomiale du second ordre est donnée par la formule mathématique suivante :

$$Y = \beta_0 + \sum_{i=1}^j \beta_i X_i + \sum_{i=1}^{j-1} \sum_{i+1}^j \beta_{ij} X_i X_j + \sum_{i=1}^j \beta_{ii} X_i^2$$

Avec Y - réponses prédites ; β_0 - termes d'interceptions ; β_i - coefficients linéaires ; β_{ij} - coefficients d'interaction; β_{ii} - coefficient quadratique, et X_i ($i = 1$) et X_j ($j = 2$) – variables indépendantes codés.

Analyses statistiques

Les matrices d'expériences, les différentes procédures d'optimisation, les différents graphiques, ainsi que l'analyse de l'ensemble des données collectées lors de cette étude ont été élaborés à l'aide du logiciel STATISTICA (Version 10 Statsoft Inc, Tulsa-USA Headquarters). La détermination des coefficients (β) des différents modèles de cette étude a été réalisée par une approche matricielle en utilisant une Régression Linéaire Multiple (Montgomery, 2017). L'évaluation de la qualité globale des modèles développés a été réalisée à l'aide d'une part, d'une ANOVA utilisant le test de Fisher-Snedecor et la valeur de la probabilité associée (significativité du modèle) ; et d'autre part, du calcul des coefficients de détermination (R^2) et de

détermination ajusté (adj-R^2) qui mesurent la qualité de l'ajustement du modèle de régression. La significativité des effets linéaires, quadratiques et des interactions des différents facteurs ; ainsi que celle de chacun de ces coefficients a été évaluée par la comparaison entre la probabilité observée (p-valeur) et une probabilité critique ($P=0,05$). Ainsi, lorsque p-valeur $\leq 0,05$, on conclut que l'effet est significatif (Baş & Boyacı, 2007). L'optimisation de la ou des réponse(s) a été faite selon l'approche de la fonction de désirabilité décrite par Derringer et Suich (1980).

Résultats et Discussion

Les résultats de l'effet de la concentration en gomme de cajou (X_1) et du ratio pulpes/eau (X_2) sur l'indice de crémage (Y_1 ; %), l'indice de taille des gouttelettes (Y_2), la viscosité (Y_3 ; mPa.s) et le taux de perte de turbidité (Y_4 ; Å/jr) des laits de coco sont présentés dans le Tableau 2.

Ces résultats montrent que les indices de crémages (Y_1 ; %) sont compris entre 60,30 et 83 % ; avec le plus petit indice (60,30 %) obtenu pour une concentration en gomme de cajou (X_1) de 1,50 % et un ratio pulpes/eau (X_2) de 1/1. En ce qui concerne l'indice de taille des gouttelettes (Y_2), les valeurs sont comprises entre 0,513 et 0,903, avec le plus faible indice (0,513) obtenu pour une concentration en gomme de cajou (X_1) de 1,50 % et un ratio pulpes/eau (X_2) de 1/2. La viscosité (Y_3 ; mPa.s) des différents laits de coco obtenus, varie entre 0,0351 et 0,0761 (mPa.s). La viscosité la plus élevée (0,0761 mPa.s) a été obtenue pour une concentration en gomme de cajou (X_1) de 1,50 % et un ratio pulpes/eau (X_2) de 1/1. Enfin, les taux de perte de turbidité (Y_4 ; Å/jr) sont compris entre 0,795 et 1,189 (Å/jr). Le plus petit taux de perte de turbidité (0,795 Å/jr) a été obtenu pour une concentration en gomme de cajou (X_1) de 1 % et un ratio pulpes/eau (X_2) de 1/1. La MSR a été largement appliqué dans des expériences similaires dans le domaine des sciences alimentaires lorsque plusieurs facteurs sont à l'étude, et elle a été signalé comme étant particulièrement utile (Mirhosseini, et al., 2008 ; Gharibzahedi, et al., 2012 ; Noorlaila et al., 2015).

Tableau 2. Matrice d'expérimentation et données expérimentales obtenues

Essais	Variables indépendantes		Variables dépendantes			
	X_1	X_2	Y_1 (%)	Y_2	Y_3 (mPa.s)	Y_4 (Å/jr)
1	-1 (1)	-1 (1/3)	83,00±0,16	0,831±0,003	0,0351±0,0003	1,139±0,006
2	+1 (1,5)	-1 (1/3)	80,14±0,06	0,701±0,005	0,0502±0,0008	1,189±0,002
3	-1 (1)	+1 (1/1)	63,10±0,10	0,903±0,009	0,0581±0,0004	0,795±0,012
4	+1(1,5)	+1 (1/1)	60,30±0,09	0,704±0,008	0,0761±0,0006	0,821±0,016

5	-1(1)	0 (1/2)	68,15±0,19	0,698±0,006	0,0367±0,0004	1,101±0,008
6	+1 (1,5)	0 (1/2)	65,07±0,04	0,513±0,004	0,0599±0,0005	1,119±0,005
7	0 (1,25)	-1 (1/3)	81,90±0,21	0,784±0,001	0,0415±0,0003	1,171±0,014
8	0 (1,25)	+1 (1/1)	61,78±0,17	0,810±0,005	0,0619±0,0009	0,811±0,01
9	0 (1,25)	0 (1/2)	66,47±0,26	0,611±0,004	0,0471±0,0007	1,105±0,03
10	0 (1,25)	0 (1/2)	66,64±0,34	0,625±0,002	0,0464±0,0004	1,112±0,007

X_1 = concentration de la gomme de cajou (g/mL) ; X_2 = ratio de préparation du lait de coco (g/mL) ; Y_1 = indice de crémage (%) ; Y_2 = indice de taille des gouttelettes ; Y_3 = viscosité (mPa.s) ; Y_4 = taux de perte de turbidité (Å/jr) Ces valeurs sont exprimées en tant que Moyenne ± Ecart type (n= 3 détermination).

Influence des variables indépendantes sur les caractéristiques du lait de coco

Les effets des deux variables indépendantes [la concentration en gomme de cajou (X_1) et le ratio pulpes/eau (X_2)] sur les caractéristiques physiques des laits de coco sont illustrés par les courbes d'isorréponses (Figure 2) et les diagrammes de Pareto (Figure 3). Pour l'indice de crémage, les courbes d'isorréponses ont montré que ce paramètre diminue au fur et à mesure que les variables indépendantes augmentent dans leur domaine expérimental. Le plus petit indice de crémage a été obtenu pour des concentrations en gomme comprise entre 1,20 et 1,50% et des ratios pulpes/eau de 1/2 à 1/1 (Figure 2A). Par ailleurs, le diagramme de Pareto a montré une influence statistiquement significative ($p \leq 0,05$) de ces deux variables indépendantes sur l'indice de crémage (Figure 3A). Ces résultats sont en accord avec ceux rapportés par Owens et al. (2018). Les courbes d'isorréponses ont montré une diminution de l'indice de taille des gouttelettes avec l'augmentation de la concentration en gomme de cajou (X_1) et une diminution du ratio pulpe/eau (X_2). Les valeurs minimales ont été obtenues pour des concentrations en gomme de cajou comprises entre 1,20 et 1,50% et des ratios pulpes/eau qui varient de 1/3 à 1/2 (Figure 2B). Un effet statistiquement significatif ($p \leq 0,05$) de la concentration en gomme de cajou sur l'indice de taille des gouttelettes a été observé (Figure 3B). Des effets similaires ont été observés par Gharibzahedi et al. (2012), qui ont évalué l'influence de la concentration en gomme arabique et de la teneur d'une huile extraite des noix (*Juglans regia*). En ce qui concerne la viscosité, nos résultats (Figure 2C) ont montré une augmentation de ce paramètre pour toute augmentation de la concentration en gomme de cajou (X_1) et du ratio pulpes/eau (X_2). De plus, le diagramme de Pareto (Figure 3C) a montré des effets statistiquement significatifs ($p \leq 0,05$) des deux variables sur la viscosité (Mirhosseini et al., 2008). Les courbes d'isorréponses (Figure 2D), illustrant l'évolution de taux de perte de turbidité (Y_4 ; Å/jr) en fonction de la

concentration en gomme de cajou (X_1) et du ratio pulpes/eau (X_2), ont montré que le taux de perte de turbidité augmente avec l'augmentation de la concentration en gomme de cajou (X_1) et du ratio pulpes/eau (X_2). Une influence statistiquement significative ($p \leq 0,05$) de ces deux facteurs sur le taux de perte de turbidité a par ailleurs été observée sur le diagramme de Pareto (Figure 3D). Cette observation a été rapportée par Mirhosseini et al. (2008) et Gharibzahedi et al. (2012).

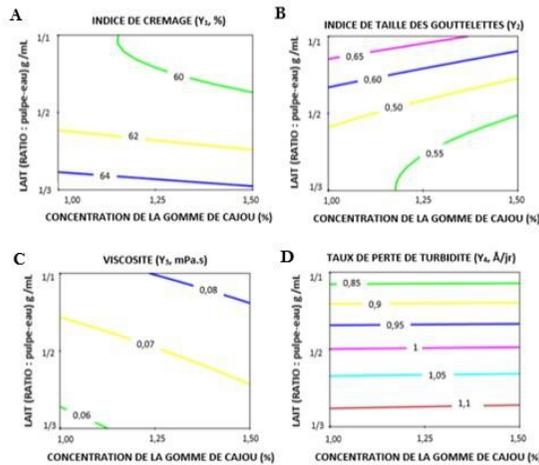


Figure 2. Courbes d'isoréponses illustrant respectivement les effets combinés des facteurs X_1 et X_2 sur l'indice de taille de crémage (Y_1), l'indice de taille des gouttelettes (Y_2), la viscosité (Y_3) et le taux de perte de turbidité (Y_4).

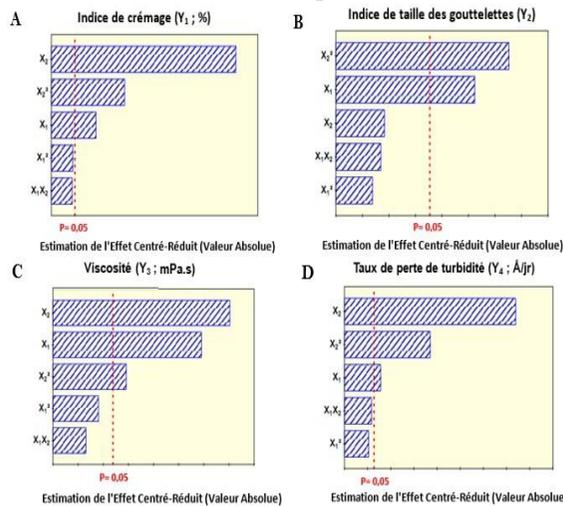


Figure 3. Diagrammes de Pareto illustrant respectivement les effets combinés des facteurs X_1 et X_2 sur l'indice de crémage (Y_1), sur l'indice de taille des gouttelettes (Y_2), sur la viscosité (Y_3) et le taux de perte de turbidité (Y_4).

Construction et évaluation de la qualité d'ajustement des modèles

Les résultats de l'estimation et de la significativité des coefficients de régression des modèles du second ordre, représentant la relation entre les différentes variables dépendantes [l'indice de crèmeage (Y_1 ; %), l'indice de taille des gouttelettes (Y_2), la viscosité (Y_3 ; mPa.s) et le taux de perte de turbidité (Y_4 ; Å/jr)] et les deux facteurs étudiés [la concentration en gomme de cajou (X_1) et le ratio pulpes/eau (X_2)] sont présentés dans le Tableau 3.

Ces résultats ont montré que tous les coefficients de régressions sont significatifs ($p \leq 0,05$) sauf les coefficients quadratique (β_{11}) et d'interaction (β_{12}) qui sont non significatifs ($p > 0,05$) pour l'indice de crèmeage (Y_1 ; %), la viscosité (Y_3 ; mPa.s) et le taux de perte de turbidité (Y_4 ; Å/jr). Tandis que pour l'indice de taille des gouttelettes (Y_2), seuls les coefficients linéaire (β_2) ; quadratique (β_{11}) et d'interaction (β_{12}) sont non significatifs ($p > 0,05$) (Tableau 3).

Les modèles polynomiaux raffinés du second ordre, exprimant respectivement l'indice de crèmeage (Y_1 ; %), l'indice de taille des gouttelettes (Y_2), la viscosité (Y_3 ; mPa.s) et le taux de perte de turbidité (Y_4 ; Å/jr) en fonction des variables indépendantes [la concentration en gomme de cajou (X_1) et le ratio pulpes/eau (X_2)] sont donnés par les relations mathématiques suivantes :

$$Y_1 (\%) = 66,63 + 1,46X_1 - 9,98X_2 + 5,14X_2^2$$

$$Y_2 = 0,62 - 0,08X_1 + 0,18X_2^2$$

$$Y_3 (\text{mPa.s}) = 0,046 + 0,009X_1 + 0,011X_2 + 0,006X_2^2$$

$$Y_4 \left(\frac{\text{Å}}{\text{jr}} \right) = 1,11 + 0,016X_1 - 0,179X_2 - 0,121X_2^2$$

L'analyse de variance (ANOVA) sur la qualité d'ajustement des modèles polynomiaux raffinés du second ordre a montré que ces modèles sont tous significatifs ($p \leq 0,05$) avec des manques d'ajustement non-significatifs ($p > 0,05$) (Tableau 4). Par ailleurs l'analyse graphique (Figure 4), représentant les variables dépendantes théoriques en fonction des variables dépendantes mesurées, a montré une bonne corrélation entre les réponses théoriques et mesurées, avec des coefficients ($R^2 = 0,9849-0,9998$, R^2 (ajusté) = $0,9662-0,9996$) supérieurs à 0,80 (Baş & Boyacı, 2007 ; Montgomery, 2017).

Tableau 3. Estimation des coefficients de régression linéaires, quadratiques et d'interaction des modèles prédictifs pour les variables dépendantes

Variables dépendantes	Termes	Coefficients estimés	ES	t-exp	p-valeur
Y_1	β_0	66,62929	0,091975	724,428	0,000000 (*)
	β_1	1,45667	0,062831	-23,184	0,000021 (*)
	β_2	-9,97667	0,062831	-158,786	0,000000 (*)
	β_{11}	-0,09357	0,100754	-0,929	0,405605 (ns)

	β_{22}	5,13643	0,100754	50,980	0,000001 (*)
	β_{12}	-0,01500	0,076952	0,195	0,854950 (ns)
Y ₂	β_0	0,617929	0,005916	104,4490	0,006095 (*)
	β_1	-0,085667	0,004041	-21,1970	0,030011 (*)
	β_2	0,016833	0,004041	4,1652	0,150005 (ns)
	β_{11}	-0,012357	0,006481	-1,9067	0,307499 (ns)
	β_{22}	0,179143	0,006481	27,6423	0,023021 (*)
	β_{12}	-0,017250	0,004950	-3,4850	0,177893 (ns)
	Y ₃	β_0	0,046286	0,001400	33,05350
β_1		0,009383	0,000957	9,80899	0,000606 (*)
β_2		0,011550	0,000957	12,07394	0,000270 (*)
β_{11}		0,002479	0,001534	1,61578	0,181447 (ns)
β_{22}		0,005879	0,001534	3,83223	0,018583 (*)
β_{12}		0,000725	0,001172	0,61881	0,569540 (ns)
Y ₄	β_0	1,110357	0,004090	271,5137	0,000000 (*)
	β_1	0,015667	0,002794	5,6079	0,004967 (*)
	β_2	-0,178667	0,002794	-63,9542	0,000000 (*)
	β_{11}	-0,002214	0,004480	-0,4943	0,647023 (ns)
	β_{22}	-0,121214	0,004480	-27,0578	0,000011 (*)
	β_{12}	-0,006000	0,003422	-1,7536	0,154365 (ns)

(ES) - erreur standard, t-exp – valeur de student calculée, p-valeur- probabilité associé à la valeur de t, β_0 -constante, (β_1 , β_2) – coefficients linéaires, (β_{11} , β_{22}) – coefficients quadratiques,

β_{12} – coefficient d’interaction, (ns) – non significative ($p > 0,05$), (*) – significatif ($p \leq 0,05$)

Tableau 4. Table d’ANOVA de la qualité d’ajustement des modèles prédictifs pour les variables dépendantes

Source	ddl	SCE	MCE	F _{obs}	p-value
<i>Indice de crémage (Y₁)</i>					
Modèle	5	672,8909	671,516	28334,008	0,000000 (*)
Residues	4	0,0947	0,0237		
Manque d’ajustement	3	0,0803	0,0268	1,861	0,484294 (ns)
Erreur expérimentale	1	0,0144	0,0144		
Total SCE	9	672,9856			
R² = 0,9998			R² (ajusté) = 0,9996		
<i>Indice de taille des gouttelettes (Y₂)</i>					
Modèle	5	0,12254	0,122161	1720,577	0,00609 (*)
Residues	4	0,000282	0,000071		
Manque d’ajustement	3	0,000184	0,000061	0,62244	0,70428 (ns)
Erreur expérimentale	1	0,000098	0,000098		
Total SCE	9	0,122822			
R² = 0,9977			R² (ajusté) = 0,9948		
<i>Viscosité (Y₃)</i>					
Modèle	5	0,00144	0,001443	288,6	0,000005 (*)
Residues	4	0,000022	0,000005		
Manque d’ajustement	3	0,000022	0,000007	17,5	0,134229 (ns)
Erreur expérimentale	1	0,000000	0,000000		

Total SCE	9	0,001462			
R² = 0,9849			R² (ajusté) = 0,9662		
<i>Taux de perte de turbidité (Y₄)</i>					
Modèle	5	0,228637	0,227345	4837,127	0,00000 (*)
Residues	4	0,000187	0,000047		
Manque d'ajustement	3	0,000163	0,000054	2,16	0,45023 (ns)
Erreur expérimentale	1	0,000025	0,000025		
Total SCE	9	0,228824			
R² = 0,9991			R² (ajusté) = 0,9981		

ddl – degrés de liberté, SCE – somme des carrés des écarts, MCE – moyennes des carrés des écarts, F_{obs} – valeur de Fisher calculée, p-value – probabilité associée à la valeur de F, R² – coefficient de détermination, R² (ajusté) – coefficient de détermination ajusté, (ns) – non significative (p > 0,05), (*) – significatif (p ≤ 0,05).

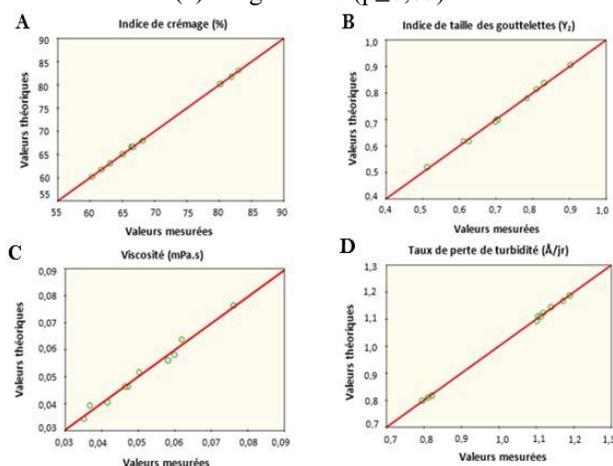


Figure 4. Représentations graphiques des réponses théoriques en fonction des réponses mesurées des laits de coco pour chacune des réponses étudiées

Détermination et vérification des conditions optimales

Les procédures d'optimisations ont indiqué que les conditions optimales étaient de 1,50 % pour la concentration en gomme de cajou et de (1/1 ; g/mL) pour le ratio pulpes/eau. Les réponses optimales enregistrées ont été de 60,239 % ; 0,716 ; 0,076 mPa.s et de 0,824 Å/jr respectivement pour l'indice de crémage (Y₁), l'indice de taille des gouttelettes (Y₂), la viscosité (Y₃) et le taux de perte de turbidité (Y₄) (Figure 5).

Des expériences de confirmation ont en outre été réalisées en triplicata en utilisant les niveaux optimums de 1,50 % pour la concentration en gomme de cajou et de 1/1 (g/mL) pour le ratio pulpes/eau. Les résultats expérimentaux ont été de 60,30 % ; 0,704 ; 0,0761 mPa.s et de 0,821 Å/jr respectivement pour l'indice de crémage (Y₁), l'indice de taille de gouttelettes (Y₂), la viscosité (Y₃) et le taux de pertes de turbidité (Y₄) (Tableau 5). Par ailleurs, aucune

différence significative ($p > 0,05$) n'a été observée entre les valeurs expérimentales et les valeurs prédites (Tableau 5).

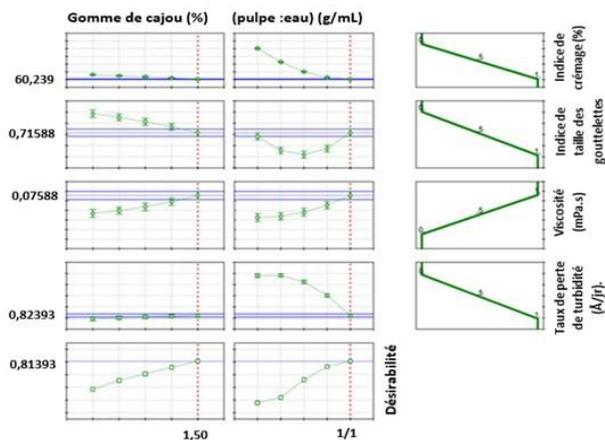


Figure 5. Profils des valeurs prévues et de désirabilité de l'indice de crémage (Y_1), l'indice de taille des gouttelettes (Y_2), de la viscosité (Y_3) et du taux de perte de turbidité (Y_4) du lait de coco.

Tableau 5. Valeurs prédites et expérimentales des réponses à des conditions optimales de variables indépendantes

Variable indépendantes	Niveaux optimums	Variables dépendantes	Conditions optimales	
			Expérimentales ^a	Prédites
Gomme de cajou (X_1)	1,50 %	Indice de crémage (Y_1 ; %)	60,30±0,09	60,239
Lait de coco (X_2)	1/1 (g/mL)	Indice de taille des gouttelettes (Y_2)	0,704±0,008	0,715
		Viscosité (Y_3 ; mPa.s)	0,0761±0,0006	0,0755
		Taux de perte de turbidité (Y_4 ; Å/jr)	0,821±0,016	0,823

a Moyenne ± erreurs standard (n=3)

Conclusion

Au terme de cette étude, nous retenons que l'optimisation par la méthodologie de surface de réponse (MSR), utilisant un plan factoriel complet 32 des constituants principaux du lait de coco peut être un outil précieux pour la production de lait de coco stabilisé par la gomme de cajou. Les modèles polynomiaux du second ordre, développés pour prédire les différentes caractéristiques du lait de coco, étaient très significatifs, avec des coefficients de détermination R^2 élevés ($>0,95$), et des manques d'ajustement non significatifs ($p > 0,05$). Cette étude a montré que les caractéristiques des laits de coco étudiés étaient significativement influencées par la concentration en gomme de cajou et le ratio pulpes/eau. La formulation optimale pour produire un lait de coco avec un indice de crémage, un indice de taille des gouttelettes,

une viscosité et un taux de perte de turbidité souhaitables a été fournie par le niveau combiné de 1,50 % pour la gomme de cajou et de 1/1 pour le ratio pulpes/eau. A cet égard, la gomme de cajou porterait un potentiel de valorisation dans l'industrie des boissons rafraichissantes.

References:

1. Abdullah, Z., Taip, F. S., Mustapa Kamal, S. M., & Abdul Rahman, R. Z. (2018). Effect of sodium caseinate concentration and sonication amplitude on the stability and physical characteristics of homogenized coconut milk. *Journal of Food Processing and Preservation*, 42(11), e13773.
2. Arioui, F., Saada, D. A., & Cheriguene, A. (2018). Functional properties of bovine bone gelatin and impact on physicochemical, microbiological and organoleptic quality of set yogurt. *Biotechnology*, 17(1), 1-11.
3. Baş, D., & Boyacı, I. H. (2007). Modeling and optimization I: Usability of response surface methodology. *Journal of food engineering*, 78(3), 836-845.
4. Chang, H. W., Tan, T. B., Tan, P. Y., Abas, F., Lai, O. M., Wang, Y., Wang, Y., Imededdine, A. N., & Tan, C. P. (2018). Physical properties and stability evaluation of fish oil-in-water emulsions stabilized using thiol-modified β -lactoglobulin fibrils-chitosan complex. *Food research international*, 105, 482-491.
5. Derringer, G., & Suich, R. (1980). Simultaneous optimization of several response variables. *Journal of quality technology*, 12(4), 214-219.
6. Ekanem, G. O., & Ojimelukwe, P. C. (2017). Potentials of coconut milk as a substitute for cow milk in cheese making. *Journal of Advances in Microbiology*, 4(2), 1-9.
7. Fatimah, F., Gugule, S., & Tallei, T. E. (2017). Characteristic of Coconut Milk powder made by variation of Coconut-Water Ratio, concentration of Tween and Guar gum. *Journal of Applied Sciences Research*, 13(6), 34-44.
8. Gharibzahedi, S. M. T., Mousavi, S. M., Hamed, M., & Ghasemlou, M. (2012). Response surface modeling for optimization of formulation variables and physical stability assessment of walnut oil-in-water beverage emulsions. *Food Hydrocolloids*, 26(1), 293-301.
9. Goralchuk, A., Grinchenko, O., Riabets O. & Kotlyar, O. (2019). Food dispersion systems process stabilization. A review. *Ukrainian Food Journal*, 8(4), 699-732.

10. Jiang, P., Xiang, D., & Wang, X. (2016). Effect of different treatment on the properties of coconut milk emulsions. *Food Science and Technology Research*, 22(1), 83-89.
11. Jirapeangtong, K., Siriwatanayothin, S., & Chiewchan, N. (2008). Effects of coconut sugar and stabilizing agents on stability and apparent viscosity of high-fat coconut milk. *Journal of Food Engineering*, 87(3), 422-427.
12. McClements, D. J. (2015). *Food emulsions: principles, practices, and techniques*. CRC press.
13. Mirhosseini, H., Tan, C. P., Hamid, N. S., & Yusof, S. (2008). Effect of Arabic gum, xanthan gum and orange oil contents on ζ -potential, conductivity, stability, size index and pH of orange beverage emulsion. *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*, 315(1-3), 47-56.
14. Montgomery, D. C. (2017). *Design and analysis of experiments*. John Wiley & sons.
15. Noorlaila, A., Siti Aziah, A., Asmeda, R., & Norizzah, A. R. (2015). Emulsifying properties of extracted Okra (*Abelmoschus esculentus* L.) mucilage of different maturity index and its application in coconut milk emulsion. *International Food Research Journal*, 22(2), 782-787.
16. Onsaard, E., Vittayanont, M., Srigan, S., & McClements, D. J. (2006). Comparison of properties of oil-in-water emulsions stabilized by coconut cream proteins with those stabilized by whey protein isolate. *Food Research International*, 39(1), 78-86.
17. Owens, C., Griffin, K., Khouryieh, H., & Williams, K. (2018). Creaming and oxidative stability of fish oil-in-water emulsions stabilized by whey protein-xanthan-locust bean complexes: Impact of pH. *Food Chemistry*, 239, 314-322.
18. Peamprasart, T., & Chiewchan, N. (2006). Effect of fat content and preheat treatment on the apparent viscosity of coconut milk after homogenization. *Journal of Food Engineering*, 77(3), 653-658.
19. Simuang, J., Chiewchan, N., & Tansakul, A. (2004). Effects of fat content and temperature on the apparent viscosity of coconut milk. *Journal of Food Engineering*, 64(2), 193-197.
20. Tangsuphoom, N. & Coupland, J. N. (2005). Effect of Heating and Homogenization on the Stability of Coconut Milk Emulsions. *Journal of Food Science*, 70(8), 466-470.
21. Tangsuphoom, N., & Coupland, J. N. (2008). Effect of surface-active stabilizers on the microstructure and stability of coconut milk emulsions. *Food Hydrocolloids*, 22(7), 1233-1242.



Hombres Universitarios: lo que hacen por su salud

José Luis Luna-González, (Estudiante Pasante de la Licenciatura en Enfermería)

Diana Alejandra Reséndiz-Guerrero, (Estudiante Pasante de la Licenciatura en Enfermería)

Sarket Gizeh Juárez-Nilo, (Licenciada en Enfermería.)

Adriana Martínez-Díaz, (Maestra en Tecnología de los Alimentos.)

Facultad de Enfermería, Universidad Autónoma de Querétaro, México

Daniel Arceo Mariñelarena, (Maestro en Administración.)

Universidad Marista de Querétaro, Mexico

Ruth Magdalena Gallegos-Torres, (Doctora en Ciencias de la Salud.)

Facultad de Enfermería, Universidad Autónoma de Querétaro, México

[Doi:10.19044/esj.2021.v17n7p243](https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n7p243)

Submitted: 21 May 2020

Accepted: 22 January 2021

Published: 28 February 2021

Copyright 2021 Author(s)

Under Creative Commons BY-NC-ND

4.0 OPEN ACCESS

Cite As:

Luna-González J.L., Reséndiz-Guerrero D.A., Juárez-Nilo S.G., Martínez-Díaz A., Mariñelarena D.A. & Gallegos-Torres R.M. (2021). *Hombres Universitarios: lo que hacen por su salud*. European Scientific Journal, ESJ, 17(7), 243.

<https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n7p243>

Resumen

Introducción: Con respecto a la salud, existen diferencias entre hombres y mujeres, además de que los programas de salud están mayormente dirigidos a la mujer. Objetivo: Valorar el autocuidado de la salud en varones universitarios de dos universidades privadas de la ciudad de Querétaro, Qro. Metodología: Investigación transversal, descriptiva; se aplicó un cuestionario a 194 alumnos, de 46 ítems integrados en 7 dimensiones. Para el análisis de los datos se utilizó el software SPSS v.20 utilizando estadística descriptiva. La investigación fue evaluada y aprobada por un comité de investigación y bioética. Se respetaron los principios bioéticos de investigación. Resultados: Alumnos de 18 a los 32 años. 96% son solteros. 81.7% saben qué es el autocuidado. 70.8% realiza ejercicio por lo menos 30 minutos tres veces a la semana. 49.2% no conoce que existe cáncer de mama en los varones. 31.7% consume alcohol cada fin de semana, 35% ha consumido marihuana y 11% cocaína en el último año. 84% son activos sexualmente. En relación al sueño

y el descanso, el 82% duerme de 3 a 7 horas diarias. Conclusiones: Los datos globales demuestran que es necesario que los varones refuercen las actividades de autocuidado personal en diversas áreas.

Palabras clave: Hombres, salud del hombre, enfermería

University Men: what they for their Health

José Luis Luna-González, (Estudiante Pasante de la Licenciatura en Enfermería)

Diana Alejandra Reséndiz-Guerrero, (Estudiante Pasante de la Licenciatura en Enfermería)

Sarket Gizah Juárez-Nilo, (Licenciada en Enfermería.)

Adriana Martínez-Díaz, (Maestra en Tecnología de los Alimentos.)

Facultad de Enfermería, Universidad Autónoma de Querétaro, México

Daniel Arceo Mariñelarena, (Maestro en Administración.)

Universidad Marista de Querétaro, Mexico

Ruth Magdalena Gallegos-Torres, (Doctora en Ciencias de la Salud.)

Facultad de Enfermería, Universidad Autónoma de Querétaro, México

Abstract

Introduction: Regarding to health, there are differences between men and women, and health programs are mostly aimed to women. Objective: to evaluate male health self-care in university students of two private universities in Queretaro, city. A cross sectional study was made. A 46 items questionnaire integrated in 7 dimensions was applied to 194 students. The software SPSS v. 20 was used to analyze data using descriptive statistics. The research was evaluated and approved by a research and bioethics committee respecting the research Bioethical principles. Results: Students aged 18 to 32. 96% are single. 81.7 know what self-care is. 70.8% exercise at least 30 minutes thrice a week. 49.2% do not know there is male breast cancer. 31.7% consume alcohol every weekend, 35% have tried marijuana and 11% cocaine in the last year. 84% are sexually active. Related to sleep and rest, 82% sleep 3 to 7 hours a day. Conclusions: Global data shows that it is necessary to reinforce male personal self-care activities in severe areas.

Keywords: Men, Men's Health, Nursing

Introduction

A lo largo de la historia, el concepto de autocuidado se ha ido modificando. Tiene sus orígenes en la cultura griega, en donde se empezó a

señalar el significado de cuidarse a sí mismo. Los griegos tenían una visión integral de cuidar no sólo el cuerpo sino también el alma, todo esto basado en el principio de cuidarse y respetarse como persona (Uribe J, 1999).

Al respecto, el autocuidado está ligado fuertemente a la salud, ya que la manera en que la persona cuide de sí misma influirá en el nivel de salud que posea o la percepción que de esta se tenga. Al respecto, la Organización Mundial de la Salud (OMS, 1946) define a la salud como “un estado completo de bienestar físico, mental y social de una persona y no sólo la ausencia de enfermedad”, por lo que considera que esta es un derecho fundamental de todo ser humano, lo que incluye su acceso a servicios de calidad, la libertad de controlar su salud sin injerencias, entre otros, para que tenga la oportunidad de alcanzar el grado máximo o idóneo.

Si todos los individuos sin excepción tienen derecho a la salud, esto incluye también a los estudiantes universitarios, quienes transitan de un estado de adolescencia a adultez en pleno ingreso a los estudios profesionales, en donde viven múltiples cambios físicos, emocionales, sociales, y de diversa índole.

La salud del estudiante universitario se ve afectada por diversas condiciones, como pueden ser los trastornos de ansiedad, estrés académico, tensión asociada a situaciones en las que el estudiante requiere retener una determinada cantidad de información en un determinado tiempo y muchas otras similares, así como la insatisfacción social, dificultades económicas y familiares (Caballero D, Abello LI, & Palacio S, 2018), consumo de alcohol y drogas y muchas más.

De acuerdo a lo anterior, se plantea que la salud del universitario abarca todos los ámbitos del ser humano, de los cuales cabe destacar que existe diferencia entre hombres y mujeres. Socialmente se reconoce que el varón presenta una actitud no favorable sobre pedir ayuda, muestra una negación de la enfermedad y la falta de medidas de autocuidado tanto médicas como las que tienen que ver con el estilo de vida, mientras que la mujer en su mayoría de las veces presenta todo lo contrario con respecto a las actitudes de los hombres (De Keijzer, 1997).

Al respecto, se reconoce que el género juega un papel importante en los determinantes de salud, los que a su vez están influenciados por el autocuidado que la persona ejerce hacia sí misma. El aspecto complejo en este sentido es la falta de información que tienen las organizaciones sobre los fenómenos en salud por género y que influiría en dichos determinantes (Pinto et al., 2019). De la misma manera, en el cuidado de la salud desde el punto de vista individual, juegan un papel relevante la educación, la cultura, el acceso a los servicios de salud, entre otros.

El autocuidado de la vida y la salud implican autodeterminación. El joven, en el medio universitario, se debe de enfrentar a una diversidad de

experiencias culturales y generacionales que le obligan a elegir cursos de acción relacionados con factores protectores o de riesgo enfocados al cuidado (Franco Peláez & Duque Escobar, 2015).

Al no existir una amplia variedad de estudios específicos del autocuidado en salud en los varones universitarios, se crea una demanda por la falta de información para la conservación y reforzamiento de la calidad en salud en esta etapa de la vida, teniendo como consecuencia una esperanza de vida menor y programas de salud sin enfoque a cada género o bien, cuando hay programas, la población desconoce de ellos y no se sabe el impacto que estos tengan en los receptores, cuáles son sus áreas de oportunidad, entre otros, que dificulta el tener sustento para el trabajo en cualquier grupo poblacional.

Diez y nueve años después de iniciado el siglo XXI, la imagen del varón basada en el poder y la potencia aún prevalece. Los varones deben ser activos, “tener el control, estar a la defensiva, ser fuertes, aguantar el dolor, valerse por sí mismos, usar el cuerpo como herramienta, no pedir ayuda, salir adelante, preocuparse por el hacer y no el sentir”, no tener empatía, entre otras cosas (Cubillas Rodríguez et al., 2016).

Así mismo, los roles y creencias se adquieren por un proceso de aprendizaje que vincula las relaciones con otros así como de la familia, lo que determina la identidad, lo que se debe hacer o sentir respecto a algo, incluso lo que se debe interpretar, actuar y pensar de la realidad. En este sentido, se puede apreciar que los elementos antes señalados influyen en múltiples aspectos, entre los que figura la salud (Cubillas Rodríguez et al., 2016).

En el informe de la Organización Panamericana de la Salud “Comprender la salud de los hombres” (Sabó, 2000), se expresa que algunos comportamientos de riesgo para la salud son evidentemente “masculinos”, de manera tal que así los varones expresan su virilidad. Aunque de la misma manera se reconoce que no todos los hombres son iguales.

Relacionado con lo anterior, algunos resultados de estudios muestran dos aspectos: pocas son las investigaciones realizadas exclusivamente en varones y las que hay abordan pocos aspectos de salud. En este sentido se aprecia que a pesar de que los jóvenes tienen un concepto hacia el autocuidado, ello no se ve reflejado en la realización de la práctica de su autocuidado en el aspecto físico, poniendo en riesgo su estado de salud. Una mayoría relativa de adolescentes realizan prácticas de autocuidado adecuadas en cuanto a su aspecto social y psicológico (Quinchiguano Caraguay, 2017).

En una investigación realizada en Brasil con 534 estudiantes universitarios, se encontró que el 75.2% de los hombres no participó en actividades relacionadas con el cuidado de la salud en lo referente al consumo de tabaco, dieta, ejercicio físico u otros en el último año (da Cruz Mendonça et al., 2018).

Una investigación realizada en una universidad de Chile, con 370 alumnos, de los cuales el 40% era varón, encontró en ellos que 12.5% tenía sobrepeso y el 3% obesidad, 27.9% fumaban. Los chicos, dormían en promedio 6.25 horas, destacando que aquellos que fuman presentan mayor somnolencia diurna (Guerrero-Wyss, Méndez, Gajardo, & Durán Agüero, 2018).

Igualmente, se realizó un estudio en 200 universitarios varones de Lima, Perú. Se valoró consumo de alcohol y síntomas de depresión. Los datos indicaron que el 21% consumía alcohol 1 vez por semana, 7% 2 veces por semana y 2% de 3 a 6 veces por semana. Con respecto a la depresión, 48.5% manifestó síntomas de depresión leve, 16% moderada y 3% grave (Estrada-Durand & Salinas-Salas, 2019).

En México, no hay estudios específicos sobre el cuidado de la salud en varones, de manera general. Se pueden encontrar, como las investigaciones mostradas, abordajes en temas particulares, sin embargo, más que nada separan al grupo de hombres y mujeres y se muestran los resultados de ambos.

Por tanto, con base a lo anterior, esta investigación resalta la necesidad de realizar una aproximación a la valoración del autocuidado de la salud en varones universitarios de dos instituciones privadas de la ciudad de Querétaro: la Universidad Politécnica de Querétaro y la Universidad Marista de Querétaro, buscando las áreas favorables y débiles que impliquen el desarrollo de programas en salud para el mantenimiento de la misma o la prevención.

Metodología:

Se realizó un estudio con enfoque cuantitativo, de tipo transversal, descriptivo y comparativo. El universo lo constituyeron los estudiantes de la Universidad Politécnica de Querétaro (UPQ) y Universidad Marista de Querétaro. La población consistió en un aproximado de 250 alumnos del género masculino de la Universidad Politécnica de Querétaro, mientras que en la Universidad Marista de Querétaro se contaba con una población estudiantil aproximada de 150 alumnos. Por el tamaño reducido de la población se aplicaron los instrumentos a 120 hombres de la Universidad Politécnica de Querétaro y 74 en la Universidad Marista de Querétaro, de las carreras de ingeniería diversas con las que cuenta cada institución. Se excluyeron a mujeres, estudiantes de movilidad y alumnos no regulares, así mismo se eliminaron cuestionarios de alumnos que no contestaron el cuestionario en un 95% o que marcaron dos respuestas en alguna pregunta.

El muestreo fue por conveniencia, ya que cada institución señaló los tiempos de aplicación de los cuestionarios y los alumnos con los que se trabajaría.

Para la obtención de permisos se efectuó el registro del proyecto ante el Comité de Investigación de la Facultad de Enfermería de la Universidad

Autónoma de Querétaro; posterior a esto se solicitó el permiso a las instituciones ya señaladas a través de la Coordinación de cada una mediante oficio, donde se especificó el objetivo del estudio, tiempo estimado para la recolección de datos, fecha de aplicación de los cuestionarios, así como las características de este último.

Para la recolección de datos se utilizó un cuestionario para la identificación del autocuidado en varones, elaborado por Bárcenas, Hernández, Hernández y Gallegos (2017), validado y aplicado en 2017 en 200 alumnos de ingeniería de una universidad pública de Querétaro.

El cuestionario inicia con una cédula de datos sociodemográficos que incluye: edad: (años cumplidos), nivel socioeconómico, estado civil, ocupación, religión. Continúa con una sección de 46 ítems, agrupados por dimensiones: Conocimiento de Autocuidado (6 ítems), Cuidado Físico (11 ítems), Actividades extraescolares (3 ítems), Adicciones (6 ítems), Alimentación (5 ítems), Autocuidado sexual (9 ítems), Sueño y descanso (6 ítems). Las opciones de respuesta corresponden a posibilidades dicotómicas, con datos de SI / NO.

Para el análisis estadístico de los datos se utilizó el paquete SPSS (Statistical Package for the Social Sciences) versión 22.0 en español y del programa Microsoft Excel. Así mismo, se utilizó estadística descriptiva a través de frecuencias, media, moda, mediana, desviación estándar y porcentajes para describir el fenómeno estudiado.

Este estudio de investigación tuvo como sustento ético la Ley General de Salud (Cámara de diputados del H. Congreso de la Unión, 1987), Código de Núremberg (Comité Nacional de Bioética, 1947) y la Declaración de Helsinki (CONAMED, 2001), donde se indica el respeto de los aspectos de la confidencialidad por medio del consentimiento informado y la individualidad.

Resultados:

A continuación, se presentan los datos sociodemográficos de los alumnos por institución.

Universidad UPQ

Participaron 120 alumnos universitarios. Las edades de los participantes fueron de los 18 a 32 años, con una media 20.25 ± 1.82 . El 95.8% son solteros, 80.8% se considera en un nivel económico medio. Estudian y trabajan 33.3%. El 87.8% es de religión católica.

Universidad Marista

Participaron 74 alumnos, la edad de los participantes abarca desde los 17 a los 28 años, con una media de 21.6 ± 2.2 . 89.2% son de nivel

socioeconómico medio, 93.2% son solteros, 63.5% estudian y trabajan, el 87.8% son católicos.

En la tabla 1, 2 y 3 se pueden apreciar los principales hallazgos en los ítems del cuestionario en los alumnos de ambas universidades.

Tabla 1. Datos sociodemográficos y el conocimiento sobre autocuidado de los estudiantes universitarios

Ítems	Universidad Politécnica de Querétaro	Universidad Marista
	Si	Si
Sabes qué es el autocuidado	81.7	91.9%
Calidad de Vida	15%	10.8%
Aseo personal	6.7%	8.1%
Acciones generales	21.7%	14.9%
Acciones específicas	56.7%	66.2%
¿Qué áreas consideras que un hombre debe cuidar?		
Área Física	90.8%	95.9%
Área Emocional	84.2%	81.1%
Área Sexual	86.7%	93.2%
Área Económica	60.8%	60.8%
Área Escolar	64.2%	62.2%
Área Personal	89.2%	93.2%
Área Relaciones Sociales	66.7%	66.2%
Área Estado de Salud	89.2%	89.2%
Área Alimentación	88.3%	93.2%
Área Familiar	75.8%	73%

Nota: la tabla muestra información general vinculada al tema, de manera tal que se obtuvo una primera apreciación de los jóvenes sobre el fenómeno.

Tabla 2. Hábitos saludables y nocivos de los estudiantes

Ítems	Universidad Politécnica de Querétaro	Universidad Marista
Ejercicio 30min	70.8% (Si)	68.9% (Si)
Ejercicio 3 veces x semana	57.5% (No)	56.8% (Si)
Acude al médico	63.3% (No)	60.8% No
Chequeo en ultimo año	57.5% (Si)	56.8% (Si)
Bloqueador todos los días	85.8% (No)	81.1% (No)
Hidrata piel con cremas	60.8% (Si)	67.6% (Si)
Cuidado de uñas	79.2% (Si)	78.4% (Si)
Aseo después del ejercicio	95.8% (Si)	95.9% (Si)
Automedicación	55.8% (Si)	51.4% (Si)
Existe cáncer de mama en hombres	50.8% (Si)	58.1% (Si)
Palpación en pectorales	71.7% (No)	77% (No)
Actividades recreación	97.5% (Si)	95.9% (Si)
Platicar con personas	86.7% (Si)	94.6% (Si)
Actividades de recreación por semana	89.2% (Si)	91.9% (Si)
Cajetilla de cigarros por semana	87.5% (No)	82.4% (No)
Fuman diario	80% (No)	86.5% (No)
Alcohol c/fin de semana	68.3% (No)	51.4% (No)
Alcohol c/tercer día	91.7% (No)	85.1% (No)
Consumo de marihuana	65% (No)	74.3% (No)
Consumo de cocaína	89.2% (No)	86.5% (No)
Alimentación sanamente	59.2% (Si)	50% (Si/No)
Frituras diariamente	70% (No)	82.4% (No)
Refresco diariamente	63.3% (No)	70.3% (No)
Intervalos de comida	75.8% (Si)	70.3% (Si)
Bebo 2lts al día	68.3% (Si)	64.9% (Si)
Iniciado vida sexual	84.2% (Si)	89.2% (Si)

Nota: La tabla muestra los datos más sobresalientes sobre cada uno de los rubros abordados, separándolos por institución educativa.

Tabla 3. Sexualidad y descanso de los estudiantes universitarios

Ítems	Universidad Politécnica de Querétaro	Universidad Marista
Uso del preservativo	61.7% (Si)	64.9% (Si)
Más de 2 parejas	55.8% (No)	64.9% (Si)
Conoce enfermedades de Transmisión Sexual	97.5% (Si)	94.6% (Si)
Planificación familiar	50.8% (No)	52.7% (Si)
Aseo pre-relaciones sexuales	83.3% (Si)	79.7% (Si)
Aseo post-relaciones sexuales	82.5% (Si)	79.7% (Si)
Tratamiento para salud sexual	90% (No)	91.9% (No)
Palpación en genitales	50% (Si/No)	54.1% (No)
Dormir más de 8hrs	80% (No)	63.5% (No)
Dormir 3 a 7hrs	81.7% (Si)	70.3% (Si)
Sueño reparador	61.7% (Si)	59.5% (Si)
Cuesta conciliar el sueño	63.3% (No)	64.9% (No)
Actividad para conciliar sueño	73.3% (No)	89.2% (No)
Consumo medicamento	91.7% (No)	98.6% (No)

Nota: aspectos más sobresalientes sobre sexualidad y descanso, por institución, de los estudiantes universitarios participantes.

Conclusión y discusión:

Los resultados encontrados en este estudio permiten identificar una consistencia con los hallazgos encontrados con población de hombres universitarios en varios factores que son relativos a su autocuidado, porque se abarcan diferentes áreas de salud como puntos clave de factores de riesgo que pueden ser modificables.

Con respecto a la alimentación, el 59.2% de los participantes de la Universidad Politécnica de Querétaro (UPQ), considera que se alimenta sanamente y en la Universidad Marista de Querétaro (UMQ) prevaleció el 50%. En cuanto a la actividad física, el 57.8% y 56.8% respectivamente, realizan ejercicio más de 3 veces por semana. Esto no coincide con un estudio en donde se obtuvieron los siguientes datos: el 27% de los hombres dijo que su alimentación era buena, el 55% regular y 18% mala; con respecto a la actividad física, el 39% de los hombres la realiza diariamente, 50% cada semana y 11% no (Simon Olea, López Ampudia, Sandoval Cárdenas, & Magaña Martínez, 2016).

En la automedicación se encontró que el 55.8% en la UPQ y el 51.4% en la UMQ la tienen como una práctica que se realiza con frecuencia. Con respecto a la exploración del cuerpo y específicamente en la palpación de pectorales, se obtuvo que el 71.7% de la UPQ y el 77% de la UMQ lo realizan.

La palpación de genitales 50% y 54.1% respectivamente, no lo realizan. Relacionado con lo anterior, el estudio de Escobar (Escobar P & Pico M, 2013) encontró un valor superior en esta práctica en sus participantes, ya que de los 152 hombres encuestados el 66.2% tienen esta práctica siempre; con respecto a la exploración del cuerpo (lunares, manchas en la piel y masas en mama, testículos u otra parte del cuerpo), nuevamente se encuentra al 46.3% de los hombres no lo realizan.

En relación a los hábitos nocivos de los universitarios sobre el consumo de alcohol o tabaco, se obtuvo que el 80% de la UPQ y el 86.5% no fuman cigarros a diario, al igual que no consumen alcohol cada fin de semana el 68.3% y 51.4% respectivamente. En un estudio semejante, existe una ligera similitud en los porcentajes con respecto al consumo de tabaco, ya que se encontró que del total de alumnos abordados, 15% manifestaron que en la actualidad son fumadores, mientras que 85% no lo son; por su parte en el consumo de alcohol, este estudio no coincide, ya que existe un aumento en el porcentaje, ya que el 26% de los estudiantes se describieron como bebedores frecuentes, frente al 74% que se consideraron como bebedores muy ocasionales (sólo en ocasiones especiales) o no bebedores (Mantilla-Tolosa, Villamizar, & Peltzer, 2016).

En cuanto al área de la organización del sueño y el descanso, en la UPQ el 81.7% y en la UMQ el 73.5% duerme de entre 3 a 7 hrs., rubro muy amplio y que valdría la pena profundizar. De la misma manera, de ellos sólo el 61.7% de la UPQ y el 59.5% de la UMQ considera que su sueño fue reparador. Esto no coincide con los hallazgos de un estudio en donde se encuestaron a 155 universitarios, de los cuales 64 fueron hombres; el 58% duerme al menos siete horas diarias, pero sólo el 36.8% duerme bien y se levanta descansado con frecuencia o siempre, habiendo un 85.2% que presenta somnolencia durante el día alguna veces, con frecuencia o siempre. Un 66.6% trasnocha entre algunas veces y siempre, a un 66.5% le cuesta trabajo quedarse dormido y un 61.3% se despierta durante la noche en varias ocasiones con la misma frecuencia (Becerra, 2016).

La presente investigación muestra una aproximación al cuidado de la salud en los varones, de lo que se puede apreciar, de manera general, que existen diversas áreas de oportunidad en cuando a los aspectos en los que hay que orientarlos (alimentación, sueño, ejercicio, vida sexual), dar educación en salud y fortalecer estilos de vida saludables.

Por lo anterior, es de suma importancia que se realicen nuevos estudios de valoración del autocuidado en salud en varones universitarios, pues al ser un grupo de adultos jóvenes, estos tienen la oportunidad de cambiar el panorama del autocuidado en la actualidad.

Es importante concientizar a los varones universitarios sobre la importancia del autocuidado, ya que, de no ser así, las consecuencias pueden

llegar a ser perjudiciales para la salud en el mediano y largo plazo, con la presencia de patologías agudas o crónicas o no previniendo a tiempo la aparición de las mismas.

References :

1. Becerra, S. (2016). Descripción de las conductas de salud en un grupo de estudiantes universitarios de Lima. *Revista de Psicología (Peru)*, 34(2), 239–260. <https://doi.org/10.18800/psico.201602.001>
2. Caballero D, C. C., Abello LI, R., & Palacio S, J. (2018). Relación del burnout y el rendimiento académico con la satisfacción frente a los estudios en estudiantes universitarios. *Avances En Psicología Latinoamericana*, 25(2), 98–111. Retrieved from <https://revistas.urosario.edu.co/index.php/apl/article/view/1208>
3. Cámara de diputados del H. Congreso de la Unión. Reglamento de la Ley General de Salud en Materia de Investigaciones para la Salud., Ley General de Salud § (1987). Retrieved from <http://www.cofepriis.gob.mx/MJ/Paginas/Reglamentos.aspx>
4. Comité Nacional de Bioética. Código de Nuremberg Normas éticas sobre experimentación en seres humanos, Comisión Nacional de Bioética § (1947). Retrieved from http://www.conbioetica-mexico.salud.gob.mx/descargas/pdf/normatividad/normatinternacional/2.INTL._Cod_Nuremberg.pdf
5. CONAMED. Declaración de Helsinki de la Asociación Médica Mundial, 137 CONAMED § (2001). Retrieved from http://www.conamed.gob.mx/prof_salud/pdf/helsinki.pdf
6. Cubillas Rodríguez, M. J., Valdez, E. A., Domínguez Ibáñez, S. E., Román Pérez, R., Hernández Montaña, A., & Zapata Salazar, J. (2016). Creencias sobre estereotipos de género de jóvenes universitarios del norte de México. *Diversitas: Perspectivas En Psicología*, 12(2), 217–230. <https://doi.org/10.15332/s1794-9998.2016.0002.04>
7. da Cruz Mendonça, F. A., Magalhães Moreira, T. M., Leite Sampaio, L. R., Leite Brasil, B. M. B., Nobre de Arruda, C., Machado Diógenes, K. C. B., & Guedes Braide, A. S. (2018). Associações entre o estilo de vida masculino e ações de promoção de saúde. *Motricidade*, 14(1), 355–361. Retrieved from <http://www.scielo.mec.pt/pdf/mot/v14n1/v14n1a55.pdf>
8. De Keijzer, B. (1997). El varón como factor de riesgo: masculinidad, salud mental y salud reproductiva. *Tuñón*, 15. Retrieved from http://www.sasia.org.ar/sites/www.sasia.org.ar/files/El_varon_como_factor_de_riesgo.pdf
9. Escobar P, M. del P., & Pico M, M. E. (2013). Autocuidado de la salud

- en jóvenes universitarios, Manizales, 2010-2011. *Revista Facultad Nacional de Salud Pública*, 31(2), 178–186. Retrieved from <http://www.scielo.org.co/pdf/rfnsp/v31n2/v31n2a03.pdf>
10. Estrada-Durand, P., & Salinas-Salas, C. (2019). Consumo de Alcohol como factor sociado a La depresión en estudiantes varones de Medicina Humana de la Universidad Ricardo Palma del Año 2018. *Revista de La Facultad de Medicina Humana*, 19(1), 1–5. <https://doi.org/10.25176/rfmh.v19.n1.1801>
 11. Franco Peláez, Z. R., & Duque Escobar, J. A. (2015). La bioética y el autocuidado de la salud: imperativos para la formación integral en la universidad. *Acta Bioethica*, 21(1), 37–44. <https://doi.org/10.4067/S1726-569X2015000100005>
 12. Guerrero-Wyss, M., Méndez, A., Gajardo, F., & Durán Agüero, S. (2018). Relación de hábito tabáquico, estado nutricional y calidad de sueño en estudiantes de la Universidad San Sebastián. *Latinoamericana de Hipertensión*, 13(1), 43–48. Retrieved from http://www.revhipertension.com/rlh_1_2018/relacion_habito_tabaquico.pdf
 13. Mantilla-Tolosa, S. C., Villamizar, C. E., & Peltzer, K. (2016). Consumo de alcohol, tabaquismo y características sociodemográficas en estudiantes universitarios. *Universidad y Salud*, 18(1), 7. <https://doi.org/10.22267/rus.161801.14>
 14. OMS. Constitución de la Organización Mundial de la Salud (1946). Retrieved from <https://apps.who.int/gb/bd/PDF/bd47/SP/constitucion-sp.pdf?ua=1>
 15. Pinto, A. D., Aratangy, T., Abramovich, A., Devotta, K., Nisenbaum, R., Wang, R., & Kiran, T. (2019). Routine collection of sexual orientation and gender identity data: A mixed-methods study. *Cmaj*, 191(3), E63–E67. <https://doi.org/10.1503/cmaj.180839>
 16. Quinchiguano Caraguay, Y. S. (2017). *Autocuidado en los estudiantes de la Unidad Educativa “Pio Jaramillo Alvarado” Loja 2016-2017*. Universidad Nacional de Loja. Retrieved from <https://dspace.unl.edu.ec/jspui/handle/123456789/18670?mode=simple>
 17. Sabó, D. (2000). *Comprender la salud de los hombres. Un enfoque relacional y sensible al género*. Harvard Center for Population and Development Studies.
 18. Simon Olea, L. N., López Ampudia, M. G., Sandoval Cárdenas, R. I., & Magaña Martínez, B. (2016). Nivel de Autocuidado en Estudiantes Universitarios de Cinco Licenciaturas del Área de la Salud. *Revista CuidArte*, 5(10), 32. <https://doi.org/10.22201/fesi.23958979e.2016.5.10.69114>

19. Uribe J, T. M. (1999). El autocuidado y su papel en la promoción de la salud. *Investigacion y Educacion En Enfermeria*. Retrieved from file:///C:/Users/HP/Downloads/Dialnet-ElAutocuidadoYSuPapelEnLaPromocionDeLaSalud-5331981.pdf



ESJ Natural/Life/Medical Sciences

Approvisionnement en eau dans la commune des Parcelles Assainies de Dakar (Sénégal): perception de la qualité et pratiques des populations

Cheikh Diop, PhD
Aminata Toure, PhD
Fatoumata Bah, PhD
Absa Lam, PhD
Mathilde Cabral, PhD
Seynabou Fedior, PharmD
Mamadou Fall, PhD

Université Cheikh Anta DIOP de Dakar, Faculté de Médecine, Pharmacie et Odontologie, Laboratoire de Toxicologie et Hydrologie, Dakar Fann, Sénégal

[Doi:10.19044/esj.2021.v17n7p256](https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n7p256)

Submitted: 27 January 2021
Accepted: 27 February 2021
Published: 28 February 2021

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

Cite As:

Diop C., Toure A., Bah F., Lam A., Cabral M., Fedior S. & Fall M. (2021). *Approvisionnement en eau dans la commune des Parcelles Assainies de Dakar (Sénégal): perception de la qualité et pratiques des populations*. European Scientific Journal, ESJ, 17(7), 256. <https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n7p256>

Résumé

L'eau est indispensable pour satisfaire les besoins domestiques et alimentaires, mais sa disponibilité permanente est une préoccupation réelle en milieu urbain notamment dans les quartiers défavorisés des pays en développement. Le manque d'eau et la qualité de celle-ci exposent les populations particulièrement les enfants aux maladies hydriques. L'objectif de ce travail est d'identifier les différentes sources d'approvisionnement en eau et d'évaluer la perception de la qualité de l'eau et son impact sur la santé par les populations de la commune des Parcelles Assainies de Dakar. La méthodologie adoptée dans cette étude est basée sur une enquête qui a consisté à administrer aux ménages un questionnaire pré-validé. La méthode des quotas a permis de sélectionner 400 ménages répartis dans les différents quartiers de la commune. Les résultats indiquent que 82,3 % de la population de la commune s'approvisionnent avec l'eau du robinet et 70,5 % utilisent des

pompes manuelles en cas de coupure d'eau. L'eau du robinet sert essentiellement de boisson (73 %) et celle des pompes manuelles pour la douche, le linge et les travaux ménagers. La majorité de la population (56 %) trouve que la qualité de l'eau est moyennement bonne, 24 % indiquent qu'elle est bonne et 20 % considèrent qu'elle est mauvaise. L'odeur est le paramètre organoleptique le plus utilisé par la population (68 %) pour apprécier la qualité de l'eau suivi du goût (63 %) et de la couleur (62 %). Cette situation justifie le traitement de l'eau à domicile avant usage avec l'eau de javel (66,7 %), de comprimés désinfectant Aquatabs® (32,2 %), la filtration et la décantation (21,9 %). Par ailleurs, 75 % des enquêtés trouvent que la fréquence des maladies diarrhéiques chez les enfants est liée à la qualité de l'eau. L'analyse des résultats montre une diversité des sources d'approvisionnement liée au manque de moyens économiques associés aux fréquentes coupures d'eau du robinet, une mauvaise perception de la qualité de l'eau et une fréquence élevée de maladies liée à l'eau chez les enfants.

Mots clés : Eau, approvisionnement, qualité, maladies hydriques, perception, Dakar

Water Supply in the Commune of Parcelles Assainies de Dakar (Senegal): Perception of the Quality and Practice of The Populations

Cheikh Diop, PhD
Aminata Toure, PhD
Fatoumata Bah, PhD
Absa Lam, PhD
Mathilde Cabral, PhD
Seynabou Fedior, PharmD
Mamadou Fall, PhD

Université Cheikh Anta DIOP de Dakar, Faculté de Médecine, Pharmacie et Odontologie, Laboratoire de Toxicologie et Hydrologie, Dakar Fann, Sénégal

Abstract

Water is essential to meet domestic and food needs, but its permanent availability is a real concern in urban areas, particularly in disadvantaged neighborhoods in developing countries. The lack of water and its quality exposes populations, particularly children, to water-borne diseases. The objective of this work is to identify the different sources of water supply and to evaluate the perception of water quality and its impact on health by the

populations of the commune of Parcelles Assainies de Dakar. The methodology adopted in this study is based on a survey that consisted of administering a pre-validated questionnaire to households. The quota method made it possible to select 400 households distributed in the different neighborhoods of the commune. The results indicate that 82.3 % of the commune's population is supplied with tap water and 70.5 % use hand pumps in the event of water cuts. Tap water is mainly used for drinking (73 %) and hand pumps for showering, laundry and housework. The majority of the population (56 %) finds the water quality to be moderately good, 24 % indicate that it is good and 20 % consider it to be poor. Odour is the organoleptic parameter most used by the population (68 %) to assess water quality, followed by taste (63 %) and color (62 %). This situation justifies treating water at home before use with bleach (66.7 %), Aquatabs® disinfectant tablets (32.2 %), filtration and decantation (21.9 %). In addition, 75 % of respondents felt that the frequency of diarrheal diseases in children is related to water quality. Analysis of the results shows a diversity of sources of supply linked to the lack of economic means associated with frequent tap water cuts, poor perception of water quality and a high frequency of water-related illnesses among children.

Keywords: Water, supply, quality, waterborne diseases, perception, Dakar

1. Introduction

L'approvisionnement en eau potable est l'une des questions les plus stratégiques et les plus délicates de notre temps. L'eau est indispensable à la vie, la terre ou « planète bleue » est constituée à plus de 70 % de terre immergée ; mais cette eau est en majorité salée (eaux marines, eaux océaniques et eaux des lacs salés) et non potable. L'eau des cours d'eau (fleuves, lacs d'eau douce, rivières, ruisseaux etc.) ne représente que moins de 0,1 % des réserves d'eau de la planète et est souvent polluée. L'eau majoritairement consommée par la grande partie des Hommes provient pour l'essentiel des nappes aquifères ou souterraines et pose des problèmes d'accessibilité et d'exploitation (Brooks, 2002). De ces faits, l'approvisionnement en eau potable est devenu un des enjeux majeurs pour les sociétés contemporaines surtout dans les zones urbaines où près de la moitié de la population mondiale vit aujourd'hui. En 2017, on estimait que 785 millions d'êtres humains n'avaient pas accès à l'eau potable (UNICEF et OMS, 2019). Aussi, la population mondiale qui devrait passer de six milliards d'individus en l'an 2000 à huit milliards en 2025 va entraîner une baisse d'un tiers de la quantité moyenne d'eau douce disponible qui est de 6600 m³/habitant/an. De plus, la consommation d'eau est inégalitaire, elle est en moyenne de 20 litres par personne et par jour dans les pays en développement

contre 400 à 500 litres par personne dans les pays industrialisés (Roch, 2008). Face à la croissance démographique accélérée des pays en développement en général et en particulier en milieu urbain, l'amélioration de l'approvisionnement en eau potable des populations apparaît donc indispensable. En Afrique, la population qui n'a pas accès à une source d'eau améliorée a augmenté, passant 319 millions en 2015 à 400 millions en 2017 (UNICEF et OMS, 2019). L'Afrique subsaharienne, réputée par ces espaces désertiques, est la partie de l'Afrique la plus touchée par le problème d'approvisionnement en eau potable avec la raréfaction de cette ressource. Elle connaît ces dernières décennies une baisse notable de la pluviométrie, combinée à une démographie galopante et une urbanisation rapide et non maîtrisée. En 2017, seul 61 % de la population en Afrique subsaharienne avait accès à l'eau potable (UNICEF et OMS, 2019). Au Sénégal, malgré la modernisation et l'amélioration de la distribution de l'eau afin de rendre celle-ci accessible à toute la population, certains ménages s'approvisionnent avec d'autres sources d'eau dont la qualité est douteuse. Cette pratique s'observe aussi bien en milieu rural qu'urbain. Ainsi, si pour certaines populations dakaroises, le problème de l'accès à l'eau potable ne se pose que sommairement ; pour d'autres (les habitants des Parcelles Assainies, par exemple), les difficultés d'approvisionnement en eau potable sont profondes et récurrentes.

La commune des Parcelles Assainies s'alimente en eau potable pour l'essentiel grâce au réseau de distribution public. Selon l'Enquête Démographique et de Santé (EDS), plus de 82 % des ménages consomment de l'eau provenant d'une source améliorée et dans la majorité des cas, l'eau utilisée provient d'un robinet ; 45 % des ménages disposent de toilettes améliorées non partagées contre 32 % de ménages qui utilisent des toilettes non améliorées et dans la majorité des cas, des latrines traditionnelles (ANSD, 2018). Par ailleurs, avec les coupures fréquentes de la fourniture d'eau, les populations puisent l'eau de la nappe phréatique souvent peu profonde et exposée à la pollution pour la boisson sans aucun traitement ou avec un traitement sommaire. Cette situation les expose à des problèmes de salubrité et de santé puisque l'inaccessibilité de l'eau potable et le défaut d'assainissement sont fortement associés à des pathologies d'origine hydrique comme la diarrhée surtout chez les enfants âgés de moins de cinq ans (Kaboré et al., 2017 ; He et al., 2018 ; Thiam et al., 2019).

Ainsi, ce travail a pour objectif d'identifier les différentes sources d'approvisionnement en eau des Parcelles Assainies et d'évaluer la perception de la qualité de l'eau et de son impact sur la santé des enfants.

2. Matériels et méthodes

2.1. Présentation de la zone d'étude

Cette étude a été réalisée dans la commune des Parcelles Assainies qui est l'une des 19 communes d'arrondissement de la Ville de Dakar (Sénégal). Elle se situe au Nord-Est de la capitale à moins d'une dizaine de kilomètres du Centre-ville et fait partie de la banlieue périurbaine de Dakar (Figure 1). Sa superficie est de 4,07 km² et elle compte un peu plus de 300 000 habitants répartis sur 20 unités de voisinage ou quartiers, chacun composé d'au moins 550 concessions. La commune des Parcelles Assainies constitue aujourd'hui un espace très hétérogène du point de vue de sa composition ethnique et socioprofessionnelle et on y trouve toutes les couches de la population sénégalaise (ANSD, 2016).

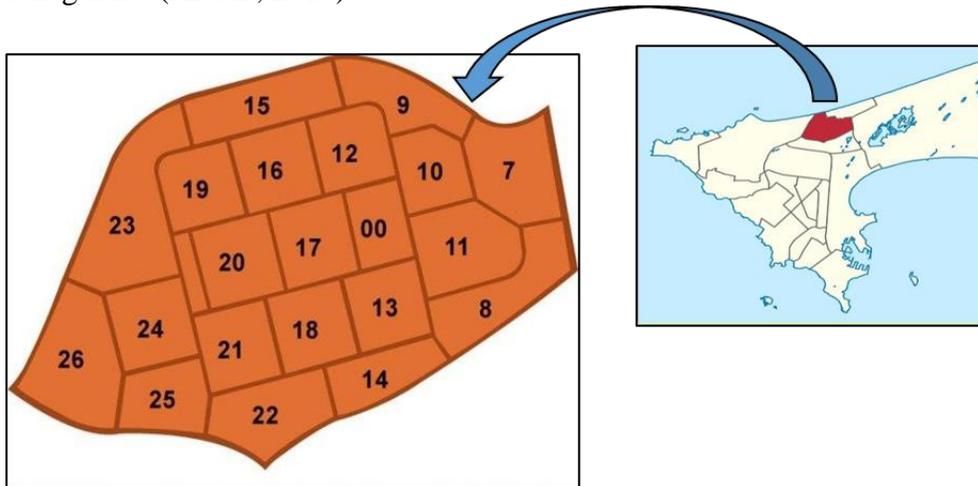


Figure 1 : Localisation de la zone d'étude

2.2. Méthode d'étude

2.2.1. Période et type d'étude

L'étude s'est déroulée dans les ménages de la commune des Parcelles Assainies du 15 février au 12 mars 2019. Il s'agit d'une étude transversale de type descriptif et prospectif.

2.2.2. Population d'étude et critères de sélection

Dans ce travail, les chefs de ménage de la commune constituent les principales cibles. Le ménage est défini dans cette étude comme un groupe de personnes qui vivent ensemble sous le même toit et mettent en commun tout ou une partie de leurs ressources pour subvenir à leur besoin essentiel, notamment le logement et la nourriture. Les questionnaires ont été administrés auprès de 400 chefs de ménage représentatifs de la population répartis entre les 21 quartiers de la commune. Cette représentativité de la taille de l'échantillon a été assurée par la méthode des quotas au regard du nombre de

ménages par quartier sur la base des données de projection démographique de 2016 (ANSD, 2016). La sélection des ménages a été effectuée en respectant le pas de 5 ménages et le choix d'une personne par ménage. Pour faire partie de l'échantillon d'étude, il faut être un membre desdits ménages et résidant aux Parcelles Assainies depuis plus d'un an et capable de répondre aux questions. Toute personne jugée inéligible pour répondre aux questions et/ou résidant aux Parcelles Assainies depuis moins d'un an est exclue de l'étude.

2.2.3. Collecte et traitement des données

Une fiche de saisie des données sous forme de questionnaire est l'instrument de collecte utilisé dans cette étude. Elle a été élaborée de manière à permettre d'apporter des réponses adéquates aux différents questionnements. Une enquête pilote effectuée a permis d'identifier les difficultés liées à l'administration du questionnaire aux enquêtés et d'y apporter des corrections. Le recueil des données a été fait lors d'un entretien individuel dans un endroit discret permettant de garantir la confidentialité des informations fournies par l'enquêté. L'exploitation des données a été faite à l'aide des logiciels Excel version 2013 et SPSS 17.0 (SPSS, Paris, France) utilisés pour les données quantitatives, les tableaux et le traitement statistique.

3. Résultats et discussion

3.1. Données sociodémographiques

Selon l'Agence Nationale de la Statistique et de la Démographie (ANSD) en 2017, la population de Dakar était de 3 529 300 habitants dont 1 758 957 hommes et 1 770 343 femmes. Donc notre étude faite sur un échantillon de 400 personnes constitué de 62 % d'hommes et 38% de femmes représente 0,011 % de la population de Dakar. Ces résultats sont similaires à ceux de la littérature qui montrent que 60 à 65 % des ménages sont dirigés par des hommes (Barou, 2017 ; ANSD, 2016). 88 % des chefs de ménage enquêtés étaient âgés de plus de 25 ans.

3.2. Identification des sources d'eau

La **figure 2** montre les différentes sources d'eau que les populations de la commune exploitent pour les besoins domestiques.

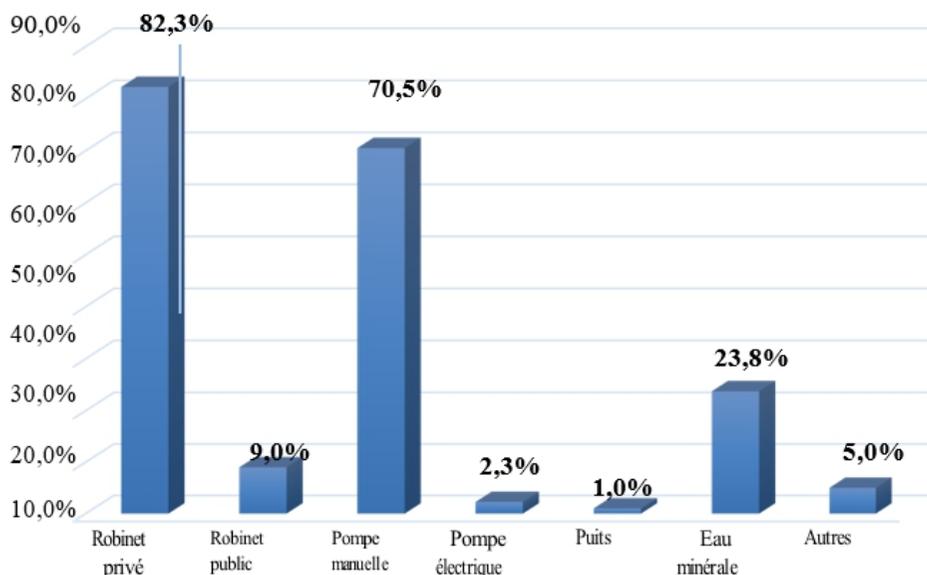


Figure 2 : Sources d’approvisionnement en eau des Parcelles Assainies

La presque totalité de la population de la commune des Parcelles Assainies s’approvisionne avec l’eau du robinet privé (82,3 %). L’utilisation des pompes manuelles est importante avec un taux de 70,5 %. La consommation de l’eau minérale représente 23,8 % de la population étudiée alors que 9 % utilisent les robinets publics. L’utilisation des pompes électriques devient de plus en plus courante (2,3 %) tandis que les puits sont presque abandonnés (1 %) (Figure 2). Cette situation est à l’opposé de celle de la commune de Fatick où deux modes d’approvisionnement en eau dominant: l’approvisionnement à travers le réseau public qui comprend les branchements privés et l’approvisionnement par les puits (Sène, 2012). Une étude réalisée à Brazzaville au Congo montre que les sources d’approvisionnement en eau sont diversifiées à cause des situations de pénurie et/ou de coupure d’eau répétée enregistrées par les ménages (Nkounkou et al., 2017). Contrairement à nos résultats, une étude menée à Yaoundé au Cameroun révèle que la principale source d’approvisionnement en eau des populations est le puits du fait de coût élevé de la connexion au réseau d’adduction (Tchoungsi et al., 2020)

3.3. Types d’usage de l’eau selon la source

S’agissant de l’utilisation des différentes sources d’eau, la figure 3 indique que la population d’étude boit principalement l’eau du robinet (73 %). La cuisine est assurée avec l’eau du robinet privé (71 %) et celle des pompes manuelles (25 %). Ces dernières sont plus utilisées pour la douche, le linge et

les travaux domestiques (70 % des ménages). Or, dans une commune comme celle de Fatick, l'eau des puits constitue la principale source d'alimentation en eau potable des ménages puisqu'utilisée par 99 % de la population pour la boisson contre 1 % qui utilise celle du robinet (Sène, 2012). Selon (Santsa-Nguefack et al., 2018), cette situation serait due non seulement à la couverture insuffisante du réseau de distribution public mais aussi aux faibles revenus de certains habitants. Des situations similaires d'usage de l'eau selon la source d'approvisionnement ont été décrites à Grand-Popo au Bénin, à Pointe-Noire au Congo, à Yaoundé et à Mbouda au Cameroun (Makoutode et al., 1999 ; Hanus, 2005 ; Nanfack et al., 2014).

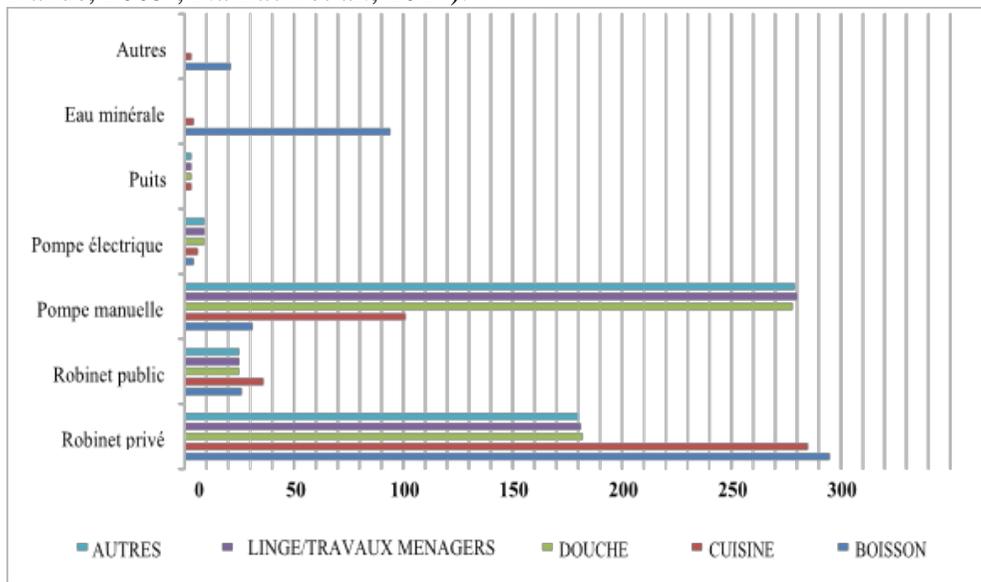


Figure 3 : Types d'usage de l'eau selon la source

3.4. Raisons d'utilisation des différentes sources d'eau

Pour notre étude, l'utilisation de chaque type de source d'eau répond à une des raisons répertoriées dans la figure 4.

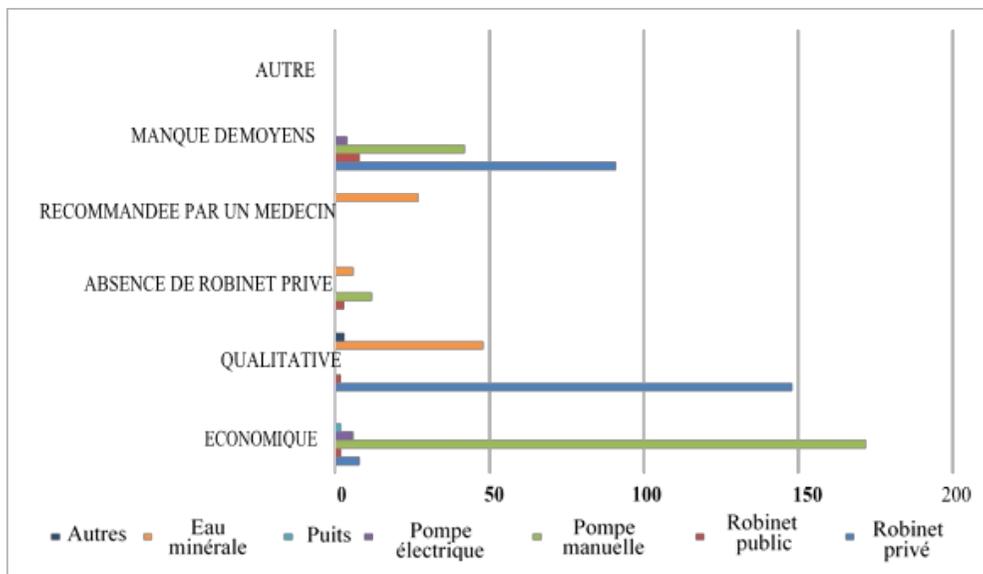


Figure 4 : Motifs d’usage de chaque source d’eau

Le manque de moyens et les problèmes économiques associés à la fréquence des coupures d’eau du robinet poussent la plupart des populations des Parcelles Assainies à faire usage des pompes manuelles. De telles observations ont été décrites en Côte d’Ivoire (Santsa-Ngufack et al., 2018). Par ailleurs, une bonne partie de la population considère que l’eau du robinet est de meilleure qualité que celle des pompes mais elle n’est pas toujours disponible. Avec plus de moyens, la majorité de la population aurait abandonné cette eau du robinet au profit de celle minérale qui est généralement utilisée lorsqu’elle est recommandée par un médecin. En effet, ces eaux doivent avoir des propriétés favorables à la santé (Pepoff, 2010 ; Dupont et al., 2014). Dans la commune de Fatick, l’eau des puits est privilégiée à celle du robinet à cause du non-fonctionnement de 85 % des bornes fontaines établies dans la commune et surtout de sa mauvaise qualité organoleptique (Sène, 2012).

3.5. Perception de la qualité des eaux

L’évaluation de la qualité de l’eau potable d’un réseau de distribution est souvent faite en tenant compte des normes physico-chimiques et microbiologiques édictées par les réglementations nationales. Etant la plus usitée dans la commune, la qualité de l’eau de robinet a été appréciée par la population d’étude. 56 % trouve que la qualité de l’eau du robinet est moyennement bonne, 20 % la considère de mauvaise qualité, par contre, 24 % de la population indique qu’elle est de bonne qualité (Figure 5).

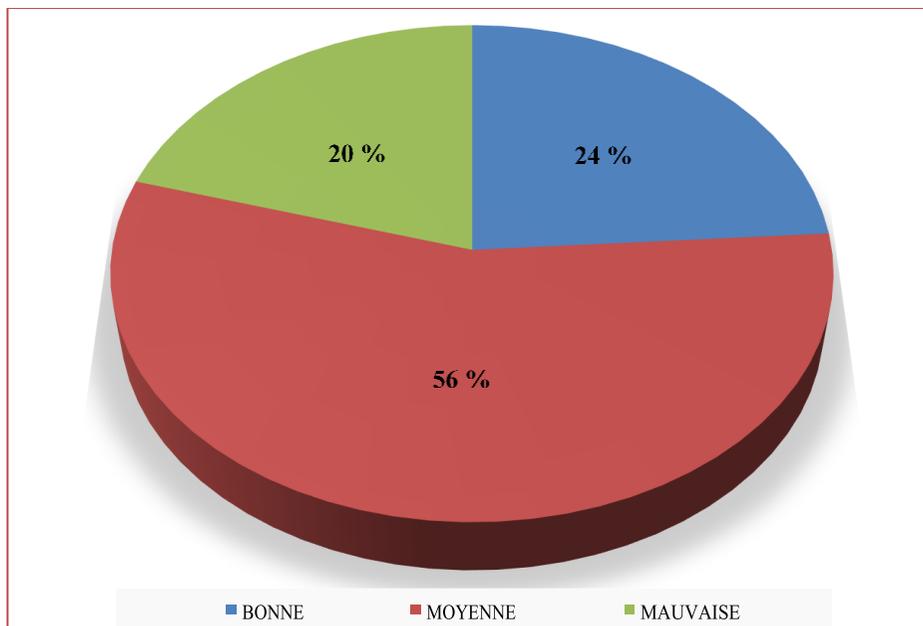


Figure 5 : Perception de la qualité de l'eau par la population

Ce résultat montre que malgré les efforts de la société de distribution de l'eau pour se conformer à la réglementation nationale, les consommateurs renoncent fréquemment à consommer l'eau du robinet du fait de la qualité organoleptique (goût, odeur) de l'eau distribuée (Proulx et al., 2010). Des études menées dans les communes de Cocody et Yopougon en Côte d'Ivoire montrent que 90 % des personnes enquêtées ne sont pas satisfaites de la limpidité de l'eau de boisson distribuée (Ballet et al., 2018).

Toutefois, la qualité de l'eau semble être meilleure dans la commune des Parcelles Assainies que dans celle de Fatick où la population affirme ne pas boire l'eau du robinet à cause de sa qualité. En effet, dans la commune de Fatick, les teneurs élevées de fluorure (1,8 mg/L) dans les eaux distribuées au robinet sont à l'origine de maladies (fluorose) chez les populations consommant cette eau ; ce qui situe la commune dans la zone de fluorose endémique (Caritas Sénégal, 2009).

3.6. Paramètres d'appréciation de la qualité des eaux

L'appréciation de la qualité de l'eau a été soumise à certains critères recensés dans la figure 6.

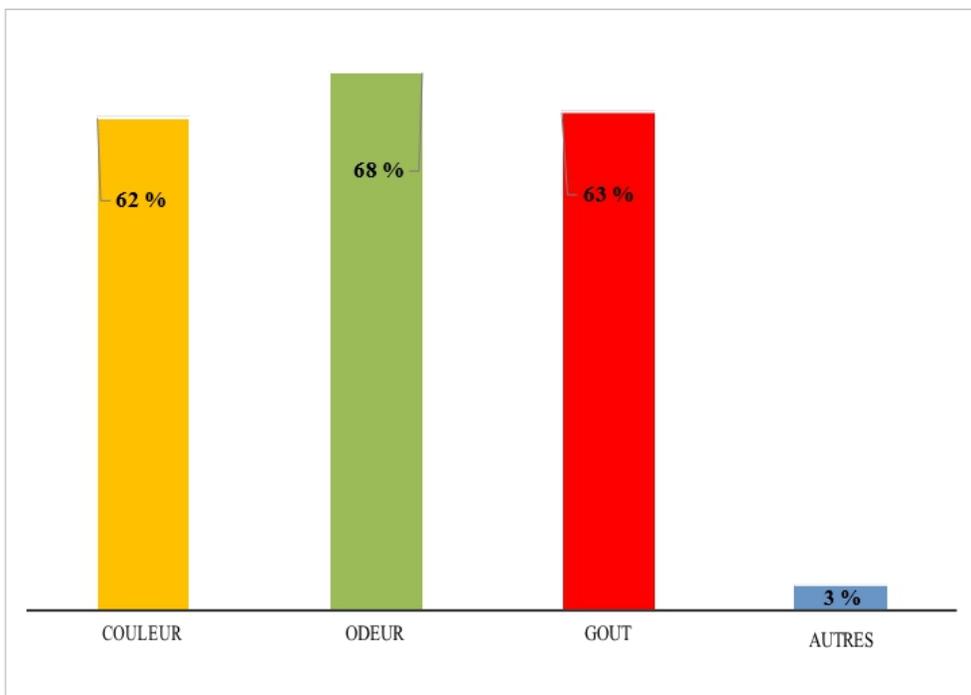


Figure 6 : Critères d'appréciation de la qualité de l'eau par la population étudiée

L'odeur est le paramètre organoleptique le plus utilisé par la population (68 %) pour apprécier la qualité de l'eau suivi du goût (63 %) et de la couleur (62 %). Selon certaines études, ce résultat peut s'expliquer par le caractère corrosif et incrustant de l'eau qui est une cause de l'altération du goût et de l'aspect dans le réseau d'adduction (Doria, 2007 ; Fabbricino et Korshin, 2014 ; Gunnarsdottir et al., 2016). En effet, ce sont les qualités esthétiques de l'eau, plus spécialement celles liées à la couleur, aux goûts et aux odeurs, qui peuvent constituer une part importante de la perception du consommateur relative à l'eau potable (OMS, 2017). Peu de gens parmi la population prennent en considération d'autres paramètres que ceux organoleptiques pour apprécier la qualité de l'eau alors que selon (Ochoo et al., 2017), la perception de la qualité de l'eau par le consommateur est souvent différente de la qualité sanitaire de l'eau mesurée. Cette situation pourrait être à l'origine de l'utilisation d'autres sources d'eau de meilleure apparence mais dont la salubrité n'est pas garantie.

3.7. Moyens de traitement de l'eau

Un mauvais goût, une présence de coloration et une mauvaise odeur sont souvent les raisons pour lesquelles l'eau du robinet et des pompes sont traitées à domicile avant leur usage. Il est à noter que l'eau du robinet privé est celle qui a le plus fait l'objet de traitement que les autres types d'eau. Les

différents moyens de traitement utilisés par les populations pour rendre l'eau salubre sont présentés à la figure 7.

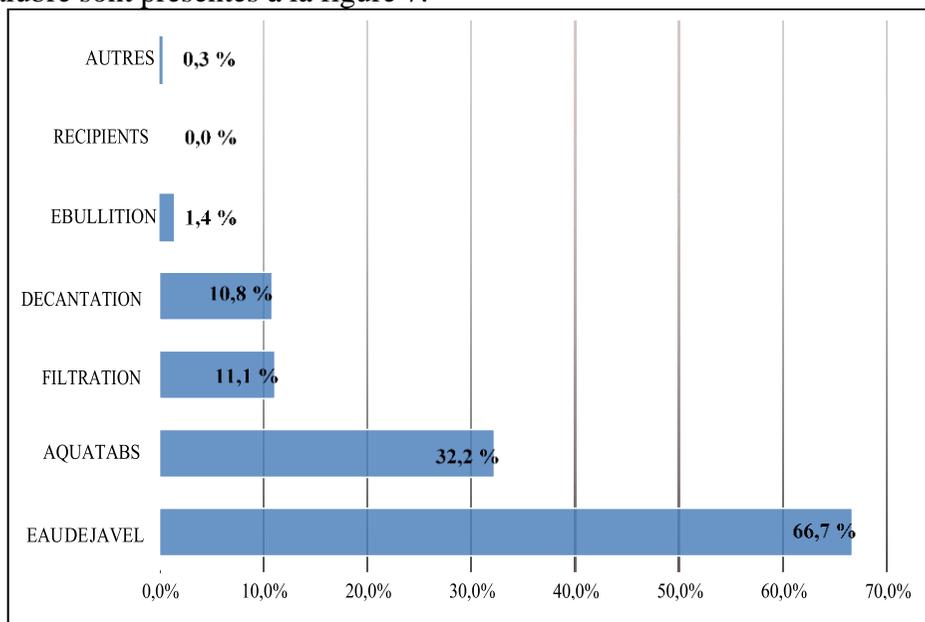


Figure 7 : Moyens de traitement de l'eau dans la commune des Parcelles Assainies

L'eau de javel est le moyen de traitement de l'eau le plus utilisé (66,7 %), suivi d'Aquatabs® (32,2 %). La filtration et la décantation sont aussi à noter avec respectivement 11,1 % et 10,8 % de procédés de traitement de l'eau. L'ébullition est très peu appliquée et la méthode des trois récipients n'est pas utilisée. Ces résultats sont en opposition avec ceux observés en milieu rural où (Diop et al., 2019) constatent que les techniques de traitement utilisées sont essentiellement la filtration (30 %), la décantation (17 %) et la désinfection à l'eau de Javel (15 %). De même, (Biembe, 2019) montre que dans certains quartiers de Yaoundé au Cameroun, 63 % des ménages traitent l'eau avec des filtres multi-étages, 13 % pratiquent la chloration, 8 % la décantation.

3.8. Qualité de l'eau et santé des enfants

Les méthodes de traitement de l'eau à domicile ne peuvent améliorer la qualité de l'eau et prévenir les maladies que si elles sont utilisées correctement. Ainsi, la plupart des individus qui vivent dans la commune des Parcelles Assainies (75 %) pense qu'il existe un rapport entre la qualité de l'eau et la santé des enfants âgés de moins de 5 ans (Figure 8).

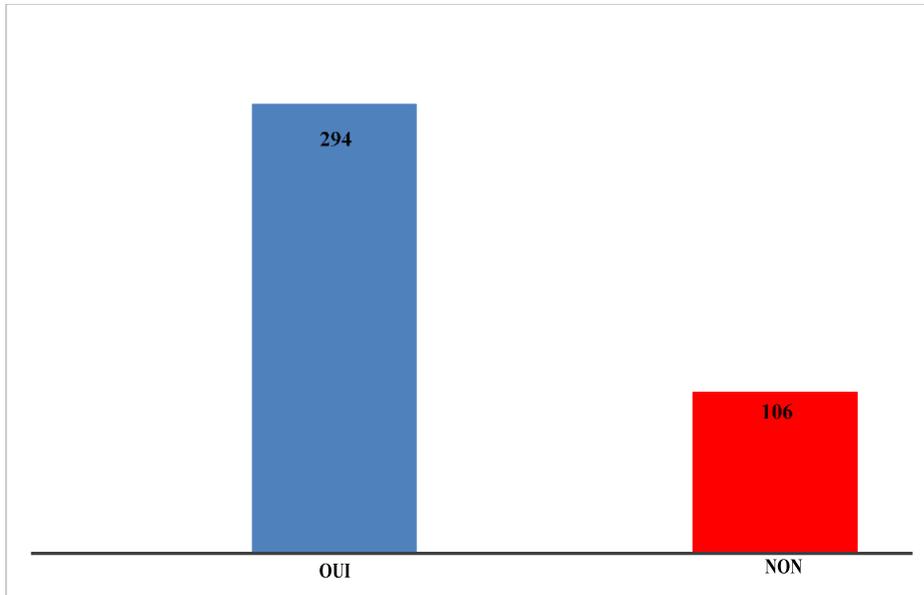


Figure 8 : Perception du rapport entre la qualité de l'eau et les maladies diarrhéiques

Selon une étude de l'UNICEF, le manque d'eau salubre et de moyens d'assainissement est la première cause de maladies dans le monde particulièrement chez les enfants dont 4500 en meurent chaque jour (UNICEF, 2007). En outre, dans un souci d'hygiène, l'eau ne doit pas être utilisée seule lors du nettoyage des mains. A cet effet, elle est accompagnée de produits détergents, antiseptiques et savonneux. Toutefois, une partie des habitants (14,3 %) se limite à l'eau seulement sans détergent pour le lavage des mains à la sortie des toilettes. Ce qui est en opposition avec les recommandations de l'OMS qui sont de se laver les mains à l'eau et au savon lorsqu'elles sont visiblement souillées par du sang ou d'autres liquides biologiques ou après être allé aux toilettes (OMS, 2009). Cet état de fait peut, en plus de l'insalubrité de l'eau de boisson, être à l'origine des maladies diarrhéiques chez les enfants. En effet, quatre millions de décès d'enfants par an sont imputables à l'eau insalubre, principalement, de par la diarrhée qu'elle occasionne chez ce groupe d'âge et les pays en développement sont les plus concernés par cette forte charge de mortalité (Kaboré et al., 2017). Nos résultats sont par contre en contradiction avec ceux de (Ballet et al., 2018) qui révèlent que 85,3 % et 79,4 % des ménages enquêtés respectivement dans la commune de Yopougon et Cocody n'ont aucune connaissance quant aux risques sanitaires liés à la consommation de l'eau du robinet, 12 % et 17 % pensent que l'eau du robinet ne présentait aucun risque, contre 3 % et 4 % qui pensent qu'elle peut présenter des risques mineurs respectivement.

Conclusion

Au Sénégal, l'approvisionnement en eau potable constitue un problème majeur de santé publique. Malgré les politiques mises en œuvre pour améliorer l'approvisionnement en eau potable, l'accessibilité à cette denrée est limitée et conduit la population à l'utilisation d'autres sources d'eau de qualité douteuse. Cette situation soulève des inquiétudes relatives à la qualité et à l'impact de ces eaux sur la santé de la population, particulièrement des enfants âgés de moins de 5 ans. Même si l'eau du robinet est à la portée de la presque totalité de la population, cette dernière n'est pas satisfaite de sa disponibilité et de sa salubrité de par son aspect, son goût et son odeur. De ces faits, des moyens de potabilisation des eaux du robinet et des pompes comme l'eau de javel en général ou l'Aquatabs® en particulier sont utilisés à domicile avant toute consommation. Toutefois, la non maîtrise des techniques de traitement associée à des conditions d'hygiène et d'assainissement précaires constituent un danger pour la santé surtout des enfants qui sont les plus sensibles aux germes pouvant contaminer l'eau et les aliments. En ce sens, la majorité des individus vivant dans la commune considère que le mauvais état de santé des enfants âgés de moins de 5 ans est lié à la qualité de l'eau. Ce travail a été mené afin de montrer au décideur qu'assurer une disponibilité continue de l'eau potable à toute la population réduirait la mortalité et la morbidité des maladies transmises par l'eau.

References :

1. ANSD Agence Nationale de la Statistique et de la Démographie (2016). La population du Sénégal en 2016 : Un extrait des projections démographiques du RGPHAE 2013, Dakar, Sénégal, 33 p.
2. ANSD Agence Nationale de la Statistique et de la Démographie (2018). Rapport de l'Enquête Démographique et Sanitaire continue au Sénégal. 5^{ème} édition, Dakar, Sénégal, 644 p.
3. Ballet, T.G.N., Gnagne, A.E.J.E.Y., Fofana, V. & Yapo B.O. (2018). Évaluation de la perception des ménages de la qualité de l'eau du robinet de deux communes, Cocody et Yopougon de la ville d'Abidjan, Côte d'Ivoire. *Afrique SCIENCE*, 14(6), 48-57.
4. Barou, J. (2017). Dynamiques de transformation familiale en Afrique subsaharienne et au sein des diasporas présentes en France. Droit et cultures. *Revue Internationale Interdisciplinaire*, (73), 29-47.
5. Biembe, Y.J. (2019). Risques sanitaires liés à la potabilisation domestique de l'eau dans les quartiers à habitats spontanés de Yaoundé : cas du bassin versant de l'Abiergue, Mémoire de Master, 82 p, Université de Liège, Belgique.
6. Brooks, D.B. (2002). L'eau : Gérer localement. CRDI, Ottawa, Canada, 92p.

7. Caritas Sénégal (2009). Impact du fluor ingéré via les eaux de boisson sur la santé des populations de 5 communautés rurales des départements de Fatick, Mbour ; Rapport ½, 43 p, Dakar, Sénégal.
8. Diop, C., Toure, A., Cabral, M., Thiandoum, M. & Fall, M. (2019). Évaluation des pratiques de potabilisation des eaux de boisson en zone rurale : cas de Sindia au Sénégal. *Afrique SCIENCE* 15(3), 253-260.
9. Doria, M.F. (2010). Factors influencing public perception of drinking water quality. *Water Policy*, 12, 1-19.
10. Dupont, C., Campagne, A. & Constant, F. (2014). Efficacy and safety of a magnesium sulfate-rich natural mineral water for patients with functional constipation. *Clinical Gastroenterology and Hepatology*, 12(8), 1280-1287.
11. Fabbicino, M. & Korshin, G. V. (2014). Changes of the corrosion potential of iron in stagnation and flow conditions and their relationship with metal release. *Water Research*, 62(1), 136-146.
12. Gunnarsdottir, M.J., Gardarsson, S.M., Jonsson, G.S. & Bartram, J. (2016). Chemical quality and regulatory compliance of drinking water in Iceland. *Int. J. Hyg. Environ. Health*, 219(8), 724-733.
13. Hanus, J. (2005). Evaluation de la Salubrité de l'eau des puits de Pointe-Noire. Caractérisation et Etudes de Santé. Université Catholique de Louvain, DEA en science et l'environnement : 3^{ème} Partie : Aspects de Santé Publique. Louvain, 87 p.
14. He, Z., Bishwajit, G., Zou, D., Sanni, Y., Zhaohui, C. & Yan, Z. (2018). Burden of Common Childhood Diseases in Relation to Improved Water, Sanitation, and Hygiene (WASH) among Nigerian Children. *Int. J. Environ. Res. Public Health*, 15, 1241.
15. Kaboré, A., Savadogo, B., Sawadogo, J., Konate, A., Savadogo, P.W. Kabore, I.B., Nikiema, Z.P.L. & Dianou, D. (2017). Problématique de la qualité microbiologique de l'eau de boisson en milieu scolaire dans les zones rurales au Burkina Faso. *Rev. Cames*, 05, (02) : 13-17.
16. Makoutode, M., Assani, A.K., Ouendo, E.M., Agueh, V. D. & Diallo P. (1999). Qualité et mode de gestion de l'eau de puits en milieu rural au Bénin : cas de la sous-préfecture de Grand-Popo. *Médecine d'Afrique Noire*, 46(11), 474-478.
17. Nanfack, N.A.C., Fonteh F.A., Payne, V.K., Katte, B. & Fogoh J.M. (2014). Eaux non conventionnelles: un risque ou une solution aux problèmes d'eau pour les classes pauvres. *Larhyss Journal*, 17, 47-64.
18. Nkounkou, C.L., Louzayadio, M.R.F., Ayessou, N., Elouma, N.A.M., Ngakegni-Limbili, A.C., Mar-DIOP, C.G. & Ouamba, J.M. (2017). Approvisionnement en eau dans la ville de Brazzaville, Congo. *European Scientific Journal*, 13(21), 474-498.

19. Ochoo, B., Valcour, J. & Sarkar, A. (2017). Association between perceptions of public drinking water quality and actual drinking water quality: A community-based exploratory study in Newfoundland (Canada). *Environ Res.*, 159, 435-443.
20. OMS (2007). Atteindre l'OMD relatif à l'eau potable et à l'assainissement le défi urbain et rural de la décennie. OMS, Genève, Rapport sur l'eau et l'assainissement, 48 p
21. OMS (2009). Hygiène des mains: pourquoi, comment et quand. OMS, Genève, Rapport sur le lavage des mains, 7 p.
22. OMS (2017). Directives de Qualité de l'eau de boisson. OMS, Genève, 4^{ème} Edition, 564 p.
23. Popoff, G. (2010). Spécificité, législation et contrôle des eaux minérales naturelles utilisées dans les établissements thermaux français. *Presse Thermale et Climatique*, 147, 93-119.
24. Proulx, F., Rodriguez, M. & Sérodes, J.B. (2010). Tastes and odours in drinking water: a review of related compound and measurement techniques, *Journal of Water Science*, 23(3), 197-323.
25. Roch, L. (2008). Au croisement entre pénurie d'eau et société du risque: un nouvel éclairage sur la problématique de l'eau. Mémoire de Maitrise, Université du Québec, Montréal, 146 p.
26. Santsa-Nguefack C.V., Ndjouenkeu, R. & Ngassoum, M.B. (2018) Qualité de l'eau de la localité de Dschang et impact sur la santé des consommateurs. *Afrique SCIENCE*, 14(3), 96-107.
27. Sène, E. (2012). Approvisionnement en eau potable dans la commune de Fatick. Mémoire de Master, Université Cheikh Anta Diop, Dakar, 77 p.
28. Tchoungsi, E.K., Mougoue, B., Tagne, C.T., Touoyem, F.M. & Bonganjam, N.S. (2020). Approvisionnement en eau et risques sanitaires dans le bassin versant amont de l'Abiergué à Yaoundé (Cameroun). *European Scientific Journal*, 16(8), 102-123.
29. Thiam, S., Sy, I., Schindler, C., Niang-Diène, A., Faye, O., Utzinger, J. & Cisse, G. (2019). Knowledge and practices of mother and caregivers on diarrhoeal management among under 5-year-old children in a medium-size town of Senegal. *Acta tropica*, 194, 155-164.
30. UNICEF (2007). Atteindre l'Objectif du Millénaire pour le Développement relatif à l'eau potable et à l'assainissement : le défi urbain et rural de la décennie. UN Plaza, New York, NY 10017, Etats-Unis d'Amérique, 48 p.
31. UNICEF et OMS (2019). Progress on household drinking water, sanitation and hygiene 2000 – 2017 : special focus on inequalities. 3 UN Plaza, New York, NY 10017, Etats-Unis d'Amérique, 138 p.



Factors Influencing the Choice of Place of Delivery among Women in Rural Northern Ghana: A Cross-sectional Descriptive Study

Agulu Gilbert Gangtaba

Regional Health Directorate PMB, Bolgatanga,
Ghana Health Services, Ghana

Mitsuaki Matsui (Supervisor/ Associate Professor)

Yasuhiko Kamiya (Co-Supervisor/ Professor)

School of Tropical Medicine and Global Health, Nagasaki University, Japan

[Doi:10.19044/esj.2021.v17n7p272](https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n7p272)

Submitted: 02 June 2020

Accepted: 27 February 2021

Published: 28 February 2021

Copyright 2021 Author(s)

Under Creative Commons BY-NC-ND

4.0 OPEN ACCESS

Cite As:

Gangtaba G. A., Matsui M. & Kamiya Y. (2021). *Factors Influencing the Choice of Place of Delivery among Women in Rural Northern Ghana: A Cross-sectional Descriptive Study*. European Scientific Journal, ESJ, 17(7), 272. <https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n7p272>

Abstract

Background of the Study: Studies have shown that three-quarters of all maternal deaths happen during childbirth and the immediate postpartum periods. Most of these deaths occur due to a lack of support from a health care provider. Globally, in 2016, one out of five childbirths took place without the assistance of a skilled birth attendant (SBA). The coverage among women in deprived areas is even lower. Women's choice of a birthing place is often influenced by a complex mixture of factors ranging from individual, household, accessibility, health facility and provider-related factors, socioeconomic status, etc. Despite many interventions put in place in Ghana to encourage the use of health facilities for deliveries, utilization remains inadequate and the reasons have not been explored in detail. This study examines the factors affecting utilization of health facilities for delivery by pregnant women in the West Mamprusi Municipality (WMM) of Northern Ghana by adopting the three delays model. **Materials and Methods:** A cross-sectional household survey of 381 women within the age group, 15-49 years, was conducted from January to March 2019 in the WMM. Data was collected using a structured questionnaire consisting of open and closed-ended

questions. Data entry was done using IBM-SPSS version 25 statistical software, and it was exported to Stata version 15 statistical software for the analysis. Descriptive statistics and Chi-square tests were done. Bivariate and multivariate logistic regression analysis was conducted to identify the variables associated with facility delivery. All statistical tests were set at a 5% level of significance and a 95% confidence interval. **Results:** This study revealed that 75.3% of the respondents delivered their last child in a health facility while 24.7% delivered at home. The ANC coverage was high (98.2%). However, this does not translate into the proportion of facility deliveries. Factors leading to the choice of the delivery place include; poor health care provider's attitudes, low knowledge about the signs of labor, poor quality of health services, sociocultural beliefs, low socioeconomic status of women, low educational level of mothers, and inaccessibility to health services. It was observed that respondents with a higher educational level were almost four times [AOR=3.66; 95% CI:1.19-68.9] more likely to deliver their children in a health facility. Women who made more ANC contacts with health care providers have a higher chance [AOR=1.17; 95% CI:1.04-36.7] of delivering in a health facility than those who made less or no contact. **Conclusion:** Though the findings show a high proportion of facility delivery in the study area, much can be achieved by intensifying health education on early initiation of ANC, signs of labor and delivery, as well as the importance of health facility delivery.

Keywords: ANC, Health facility delivery, IBM-SPSS, SBA, The three delays model, West Mamprusi Municipality

Introduction

Facility-based delivery service utilization is one of the most suitable and proven interventions to reduce maternal deaths. It contributes to safe delivery and minimizes both actual and potential complications that could lead to maternal death. The utilization of emergency obstetric and newborn care (EmONC), Antenatal care (ANC), Postnatal care (PNC), and skilled birth attendants (SBAs) lead to improved maternal and neonatal health and prevent mortality in developing countries (Yaya, Bishwajit, Uthman, & Amouzou, 2018). Press (2017) posits that approximately 75% or more maternal deaths could be averted if all women have access to the interventions for preventing or treating pregnancy and birth-related complications. However, factors leading to a choice of delivery place for women in Northern Ghana are largely unstudied.

According to Rawe (2011), it is unhealthy for women to risk their lives and that of their babies by going through childbirth without expert care. Globally, 48 million women give birth in the absence of a medical

professional, while 358,000 maternal deaths and 814,000 newborn deaths occur during childbirth. Maternal mortality across middle and low-income countries has seen a minimal reduction for the last two decades since the inception of the MDGs. The maternal mortality rate as of 2013 was 210 deaths per 100,000 live births. Developing countries account for 99% of global maternal deaths (United Nations, 2015).

It is estimated that three-quarters of all maternal deaths take place during delivery and in the immediate postpartum period (WHO, UNFPA, UNICEF, 1999). A report from Boerma and Mathers (2015) shows that inadequate or non-existent care during pregnancy and delivery was largely responsible for the annual deaths of an estimated 303,000 women in 2015.

Most causes of maternal deaths are due to direct obstetric causes such as hemorrhage, sepsis, unsafe abortion, obstructed labor, and hypertensive disorders (Cameron, Suarez, & Cornwell, 2019). These complications occur around the time of delivery and are difficult to predict. However, it can be effectively managed and deaths can be averted through health facility delivery equipped with SBAs placed in an enabled environment (Gabrysch & Campbell, 2009). Skilled attendants can perform deliveries either at home or at health facilities, but an efficient strategy for lower-income countries is to place them in health facilities with a reliable referral system (Campbell & Graham, 2006).

The situation in Ghana is not different because the country was unsuccessful in achieving the MDGs 5 target of reducing maternal mortality to 190 per 100,000 live births, despite a reduction from 760 to 319 per 100,000 live births from 1990 to 2015 respectively (Ghana Statistical Service, Ghana Health Service & ICF, 2018). Regardless of this decline in the mortality ratio, much reduction was expected to juxtapose with the several death-reducing interventions and policies the country has invested in. Some key interventions geared at improving maternal health care access was the implementation of the Community-based health planning and services (CHPS). This is a primary health care service whereby community health nurses are trained and provided with the basic essential logistics and accommodation to stay in the communities and provide door-to-door services to the community members. The goal of the CHPS concept was to reduce the traveling distance to health facilities and increase coverage to health care. Furthermore, the free maternal health care policy was implemented in Ghana in 2008 under the auspices of the National Health Insurance Scheme (NHIS) to help motivate women to deliver in health facilities. Apart from pregnant women enjoying free health services, babies were also entitled to free health care for the first three months after birth. In September 2013, the training of male midwives started as a pilot project in three Ghanaian midwifery training colleges. This was an attempt to augment the midwifery staffing strength in the country and to help bridge the

access gap. Notwithstanding all these and other commendable strategies and policies put in place, maternal health in Ghana has seen little improvement.

Ghana observed a reduction in skilled delivery rate from 57 percent in 2014 to 56.5 percent in 2017 (Ghana Health Service, 2015). This had a ripple effect on the mortality rate in the country. The skilled delivery rate in deprived regions in Ghana still lags at a rate of 26.7%. The home delivery rate in the country as of 2017 stands at 20.0%, with rural regions having the highest proportion (UNICEF, 2017).

The West Mamprusi Municipality (WMM), which is the study area, has high home deliveries and most of these births often result in birth complications and deaths. Most women who deliver at home are usually attended to by old ladies and men, especially mothers-in-law, popularly known as Traditional Birth Attendants (TBAs) who are believed to have some experience in conducting deliveries at home. The majority of babies born at home in the Municipality stand the chance of missing out on lifesaving vaccines at birth, while umbilical cord care is poorly done at home leading to cord sepsis. The services of the TBAs are still preferred to SBAs because they are friendlier and understand the needs of women during childbirth (Tafere *et al.*, 2018). On the other hand, women criticize the poor quality of care provided in health facilities, both in terms of unreliability (e.g., being understaffed and under-supplied) and offering disrespectful treatment to women (Gebrehiwot, San Sebastian, Edin, & Goicolea, 2014). The Municipal's annual performance review report (Ghana Health Service, 2017) revealed a 98% ANC coverage. Irrespective of this percentage, less than half (46.1%) of the women delivered in health facilities.

Several maternal and child mortalities, as well as birth complications, could be avoided or managed successfully if pregnant women have access to a qualified birth attendant such as a doctor, nurse or midwife during delivery (Rawe, 2011).

Previous studies show that the utilization of facility-based delivery is usually affected by socio-cultural norms and several other factors including cost, long-distance, accessibility, availability, and quality of the services (Yaya *et al.*, 2018). Women in low socio-economic status have no money for transportation during labor and this compels them to deliver at home (Egharevba, *et al.*, 2017).

Even though ample studies have been conducted on health facilities deliveries, especially in Northern Ghana, there are no published studies conducted on facility deliveries in the WMM. Therefore, the purpose of this study was to explore the factors affecting utilization of health facilities for delivery by pregnant women in the WMM of Northern Ghana by adopting the three delays model.

Methods and Materials

Study Design

The study was a cross-sectional household survey with 381 women in the age group 15-49 years, conducted from January to March 2019, in the WMM of Northern Ghana.

Study Setting

The study was conducted in the WMM, which is located in the Northern region of Ghana. The Municipality was created out of the Gambaga District in 1988 under the Government of Ghana's decentralization and local government reform policy. It is one of the 26 Municipalities in the northern region with Walewale as the administrative capital. Walewale lies on the Tamale-Bolgatanga trunk road, approximately 68 miles away from Tamale. According to the Ghana (2010) population and housing census, and the Ghana Statistical Service (2014), the Municipality has a total population of 147,953 made up of mostly Mamprusis who constitute about 75% of the total population. The Municipality shares boundaries with 11 Districts and 2 regions. It has four sub-districts and 150 communities.

There are three main ethnic groups (Mamprusis, Kantosis, and Comas) mixed with settlers such as Frafras, Kassenas, Builsas, Zambarimas, and Hausas. The most widely spoken language is Mampruli.

The inhabitants are mainly subsistence farmers who largely depend on natural rainfall to grow cowpea, millet, guinea corn, peanut, rice, and maize. Livestock rearing of cattle, goats, sheep, and local birds is also a common activity of the inhabitants.

According to the 2010 population and housing census, the population of women of reproductive age is 35,509 with total fertility of 3.6 and an average population growth rate of 2.9%.

The Municipal health infrastructure is made up of one municipal hospital, a polyclinic, five clinics, eleven functional CHPS compounds, and two health centers. Nine facilities in the Municipality are currently offering BEmONC and CEmONC services.

Study Population

The study was conducted among women of reproductive age group (15-49) years who have delivered in a health facility or home in the WMM within one year before the study.

Inclusion Criteria

All women who delivered within one year before the study and stayed in the study area during the period of data collection were willing to take part

in the study. Women with birth complications such as stillbirths and child death were also included in the study.

Exclusion Criteria

Women who lived in the study area for less than 6 months, who were severely ill, who gave birth more than one year before the study, and women aged < 15 and > 49 years were excluded from the study. Women who refused to participate due to socio-cultural reasons were also excluded.

Sample Size Determination

The sample size was determined based on the specific objectives, which focuses on estimating the proportion of facility delivery. Based on the Municipal annual review records, 46.1% of the women delivered in health facilities. Using a comparison of two proportions and using a baseline proportion (46.1%) with a power of 80%, Alpha (α) of 0.05, Z-value of 1.28, and expected difference of 15% gives a sample size of 346 using Stata. Ten percent (10%) attrition rate adds up to $0.1 \times 346 = 34.6 + 346 = 381$. Thus, a sample size (n) of 381 mothers was enough to answer the study questions.

Sampling Strategy

The probability sampling method was used to recruit the respondents for this study. By referring to the health facilities delivery and PNC registers, the community health volunteers' registers and the District Health Information Management System (DHIMS) records, which shows a list of all women who delivered in the Municipality between the periods 21st January 2018 and 6th March 2019, was compiled. This gave a sample frame of 914 women, consisting of the facility and home deliveries. The list comprised of the following: name, age, place of birth (home and facility), date of delivery, and the contact addresses of the women.

Out of the sample frame of 914 women, randomization was conducted using Microsoft Excel software which gave a total sample of 381 women, consisting of 94 homes and 287 facility deliveries. Selected women were then traced with the help of community health volunteers and were interviewed.

Study Variables and Conceptual Framework

The conceptual framework used for this study deployed the concept of the three delays model of maternal healthcare utilization developed by Thaddeus and Maine. The model was restructured and used by Gabrysch and Campbell (2009) to distinguish emergency care-seeking and preferred place of delivery. The model was further altered to suit a study conducted by Kifle *et al.* (2018) to determine the choice of delivery place. In this study, there were some modifications to the model in terms of the variables. Some new variables

have been added, while a few variables in the original model were also excluded.

In this study, the key-dependent variable was the place of delivery of the last birth in the last year. The place of delivery in this research was defined as either facility-based or home. Facility-based delivery is a delivery that occurs in a health care facility. Births that take place outside the health care facility were considered as home delivery.

The independent variable was categorized as; sociodemographic characteristics, Antenatal history, socio-economic characteristics, accessibility (time and distance to the facility), benefit/need, perception, and attitudinal variables.

Since the conceptual framework adopts the three delays model, it captures the sociodemographic characteristic (predisposing factors) associated with place of delivery as the first delay in seeking health care, factors associated with identifying and reaching health facility (enabling factors) as the second delay, and the factors related to receiving health care in the facility (perceived benefit/need) as the third delay.

The variables used to conceptualize the first delay were sociodemographic characteristics such as; maternal age, marital status, marital age, ethnic background, woman and partner educations, religious background, place of residence, birth order, Joint decision making, woman autonomy in decision making, and family size.

The variable used to conceptualize the second delay include; occupational status, type of employment, travel distance to the nearest health facility, traveling time to the nearest health facility, means of transport to the facility, possession of health insurance card, payment out of pocket, and amount of money earned in a month. The third delay conceptualized variables such as; ANC usage, the number of ANC visits, planned pregnancy, Weeks of pregnancy, the outcome of last pregnancy, the experience of past pregnancy complications, knowledge of pregnancy danger signs, family planning usage, level of satisfaction of last delivery place, the scale of satisfaction, and preferred place of next delivery. Figure 1. shows the conceptual framework of determinants of place of delivery by applying the three delays model (Kifle et al., 2018).

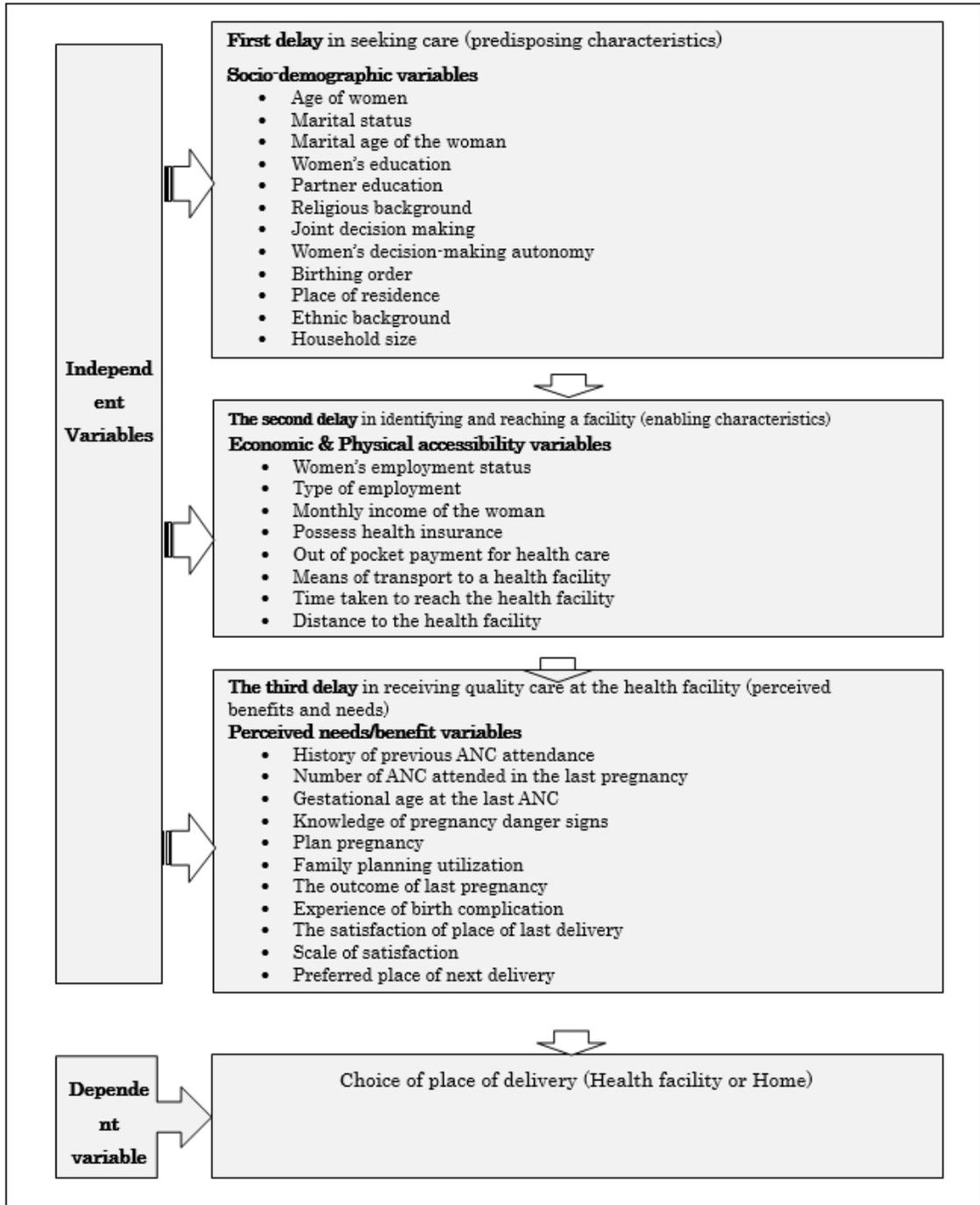


Figure 1. Conceptual framework of determinants of place of delivery by applying the three delays model Adapted from Kifle et al. (2018)

Data Collection Methods and Tools

The data was collected using a structured questionnaire consisting of open and closed-ended questions. The questionnaires were pre-tested among 10% of women in a similar population setting for consistency and ease of administration. Queries were designed to solicit information such as: (1) the general socio-economic status of the Municipality, (2) challenges in accessing health care, (3) the most preferred facility, and (4) perception about the facility and home deliveries.

College graduates were recruited and trained as research assistants for the data collection. These assistants were given two days of training and were equipped with logistics needed for the data collection. The survey began at 08:00 hours GMT and ended at 17:00 hours GMT daily, approximately nine hours a day for 16 days. The data collectors moved from house to house to interview the respondents using the list of selected respondents. Respondents who met the inclusion criteria were given a brief explanation of the data collection processes and made to sign the informed consent form. Respondents who could not sign due to illiteracy were made to thumbprint. Revisits were made to households where respondents were absent at the first visit. Data were collected from January to March 2019.

Data Processing

Data collected from the field was cross-checked for abnormalities such as mistakes in age, date of birth, sex, unanswered questions, non-respondents, and missing questionnaires. The identification numbers on the questionnaires were also crossed-examined to ensure no double numbering. Pages of all questionnaires were inspected to see that all were intact. Mistakes discovered on the data collected were corrected and coding was done before data entry.

The data was entered using the international business machines, statistical package for the social sciences' (IBM-SPSS version 25) statistical software. Thereafter, it was exported to Stata (version. 15) statistical software for the analysis.

Variable Description and Measure

In conducting the analysis, the outcome variable for the study was the place of delivery. In this study, the dependent variable was coded as '1' if the woman gave birth at a health facility and coded as '0' if the woman delivered at home. Since the dependent variable was dichotomous, a discrete choice model was employed to show and explain the relationship between the outcome and the explanatory variables.

Overall, 35 explanatory variables were used: maternal age, maternal education, partner education, marital status, household size, birthing order, marital age of woman, religious background, ethnic background, place of

residence, joint decision making, woman decision making autonomy, current employment, type of employment, monthly income, possession of national health insurance card, payment out of pocket, the distance to the health facility, time taken to reach the facility, means of transport, ANC attendance, number of ANC attended, gestational weeks, plan pregnancy, knowledge of danger signs, preferred next delivery place, birth complications, family planning, the favor of facility delivery, opinion on home delivery, challenges of facility delivery, care to seek when in danger, why women deliver at home, satisfaction with the place of delivery, and the scale of satisfaction.

Maternal age was categorized as: 15-19, 20-29, 30-39, and 40-49. Similarly, the number of younger women has been categorized as 1-4 and 5-8 and above.

Woman and partner education was categorized as 0-no-education, 1-primary, 2-junior high school, 3-senior high school, and 4-higher institution. Marital status was categorized as 0-Never married, 1-Married, 2-living with partner, 3-divorced, and 4-widowed. The marital age of the woman was categorized as 15-19, 20-29, and 30-35. Family size was grouped as 2-4, 5-9, 10-14, and 15+. Religion was put at 0-Christianity and 1-Islam. Place of residence was either 0-rural, or 1-urban, while ethnicity was assembled as 0-Mamprusi, 1-Frafra, 2-Moshi, and 3-Others. Joint decision making was categorized as 0-husband, 1-mother of the woman, 2-mother in-law, 3-father in-law, and 4-Self. Women's decision-making autonomy was categorized as 0-yes and 1-no. Current employment was categorized as 0-yes and 1-no. Type of employment was grouped into 0-housewife, 1-Farmer, 2-Trader, 3-Civil servant, 4-Hairdresser, and 5-Seamstress. Possession of national health insurance card and payment out of pocket variables were categorized as 0-yes and 1-no. Distance to the health facility was put into 0-4km, 5-8km, while time to the health facility was summed into ≤ 30 min, 31-60min, 61-90min, and 91-120min. Means of transport were categorized as 0-Bicycle, 1-By foot, 2-Car, 3-Donkey cart, 4-Motor bike, and 5-Tricycle. ANC attended during pregnancy, plan pregnancy, satisfaction of delivery place, birth complications, and family planning usage were all categorized as 0-yes and 1-no, while the number of ANC attended was 1-4, 5-9, 10+, and can't remember. The scale of satisfaction was categorized as 0-very satisfied, 1-satisfied, 2-somehow satisfied, 3-not satisfied, 4- never satisfied, while gestational age at ANC was grouped under 1-12, 13-24, and 25-36. The outcome of the last pregnancy was grouped as 0-live birth and 1-birth complications. Knowledge of danger signs was categorized as 0-knowledgeable and 1-not knowledgeable. The preferred place of next delivery was categorized as 0-Health facility, 1-TBAs/home, and 2-Not sure.

Statistical Analysis

In carrying out the data analysis, simple descriptive statistics and Chi-square tests were performed. In the descriptive analysis, frequency distribution and percentages were conducted to describe the demographic, socio-economic, perception, and behavior variables in the study.

In the Chi-square test, a bivariate analysis was carried out to identify factors that affect the choice of delivery place. Also, a multivariate logistic regression analysis was performed to identify the variables associated with facility delivery. In conducting the multivariate analysis, explanatory variables were included in the model if they were statistically significant with the place of delivery with a cut-off p-value of <0.05 . Additionally, the likelihood ratio test (LRT) was conducted on the multivariate logistic regression model to choose the best fit model for this study.

Odds ratio (OR) was defined in this research as follows: $OR=1$ implies there is no difference, whereas $OR >1$ shows respondents were more likely to deliver in a health facility, and $OR <1$ shows respondents were less likely to deliver in a facility.

Statistical tests were set at a 5% level of significance with a 95% confidence interval. All analysis was conducted using the Stata version 15 statistical software. The results were presented in frequency tables and proportions.

Data Management/Storage

Personal data in soft copy form were kept in a secure database with a password known only to the researchers and the university. Printed and hardware data were stored safely in the university under lock and key. Data on the hardcopy form were also under lock and key in Ghana. Data records were kept safely in a cabinet and locked and would be destroyed one year after writing the thesis.

Quality Control

Two days of intensive training was given to data collectors to ensure they have prerequisite knowledge of the research work and the data collection process. The questionnaire was pre-tested among 10% of women in a similar population setting for consistency and ease of administration. Minor changes were made before data collection. Keen supervision of the data collection process was also done. Each team of data collectors was closely followed-up to ensure that they were doing what was expected of them. At the end of each day, filled questionnaires were cross-checked for proper answering. Also, most parts of the questionnaire were adapted from the demographic and health survey questionnaires and other similar studies.

Ethical Consideration

Ethical approval was granted by the Nagasaki University Ethical Review Committee (Protocol approval number: 051, Approval date: 27th September, 2018) and the Navrongo Health Research Centre Institutional Review Board of Ghana (Approval number: NHRCIRB324, Approval date: 12th November, 2018).

Written permission to carry out the study was sought from the Municipal health authorities as well as traditional and opinion leaders. Participants who agreed to participate were made to sign or thumbprint an informed consent form.

Informed Consent and Confidentiality of Study Participants

Written consent was compiled that spelled out the details of the study to interviewees in their preferred language. The purpose of the study, the procedures, as well as the risks and benefits of participating were explained thoroughly to the respondents. Participation was voluntary. Therefore, all participants reserve the right to participate or withdraw from the study at any time or skip any question that they do not wish to answer without any consequences. Participants were assured that the data would be reported in aggregate form and shall not be associated with individual households or families in the community. All participants were assured their records would only be made available to the researchers and no third party would have the chance of seeing them. They were also informed that their records will be kept safely in a cabinet and locked, which would be destroyed a year after writing the thesis. Literate participants were asked to sign a copy of the consent form. Non-literate participants were made to thumbprint on the signature line. For participants who were less than 18 years of age, consent was sought from their legal guardians.

Risk and Benefit of the Study

This study was noninvasive. Participants were at minimal risk of being part of the study. Nonetheless, participants were asked about their birthing experience and this made them feel a little uncomfortable. The researchers ensured that any act that could lead participants to risk was professionally handled. The potential benefit to the health service provider is to enhance proper service delivery, while the participant benefits indirectly and for a long-term from improved maternal and neonatal health service delivery in the Municipality.

Payment for Participation

Participants were not made to pay in any form to participate, neither were they paid any amount either in cash or in-kind as compensation for participating in the study.

Declaration of Interest

The researchers of this study have no commercial interest in the outcome and the implementation of the study results. Henceforth, all authors declare no competing interests. In case of an unseen conflict of interest later during and after the study, pragmatic measures would be taken to forestall it.

Results

Socio-demographic Characteristics of the Respondents

A total number of 381 women were recruited and interviewed for this study. The mean age of the respondents was 27.5 ± 6.1 years. More than half (56.4%) of the respondents were in the age range of 20-29 years. Regarding educational status, majority of the respondents (38.1%), as well as their partners (42.8%), had no formal education. Of the respondents, 86.4% were married, and the marital age of most respondents (51.5%) was between 20-29 years with a mean age of 20.2 ± 3.5 years. Most households of the respondents (64.8%) contain between 5-9 people with a mean of 7.4 ± 2.67 people. In terms of parity, more than three-quarters (78.7%) of the respondents had between 1-4 children with a mean number of 2.9 ± 1.9 children. Of the respondents, 80.1% were Islamic worshippers, 87.7% belongs to the Mamprusi ethnic group, and 78.7% were rural dwellers. On decision making before seeking health care, 80.3% of the respondents' husbands have the final decision-making power. The detailed socio-demographic information is displayed in **Table 1**.

Table 1. Sociodemographic characteristics of the respondents

Characteristics	Total n (381)	Place of delivery		p-value
		Facility 287(75.3%)	Home 94(24.7%)	
Age (years) of mother:				0.008
15-19	9.4%	11.5%	3.2%	
20-29	56.4%	58.2%	51.1%	
30-39	29.9%	27.2%	38.3%	
40-49	4.3%	3.1%	7.4%	
	Mean \pm SD ¹ : 27.5 ± 6.1			
Women's education:				<0.001
No education	38.1%	33.8%	51.1%	
Primary	18.9%	17.8%	22.2%	
JHS ¹	25.4%	25.8%	24.5%	
SHS ²	14.2%	18.5%	1.1%	
Higher (Tertiary)	3.4%	4.1%	1.1%	
Partner's education:				0.007
No education	42.8%	38.7%	55.4%	
Primary	9.4%	8.0%	13.8%	

JHS	11.0%	12.2%	7.5%	
SHS	19.7%	22.6%	10.6%	
Higher (Tertiary)	15.5%	17.1%	10.6%	
Don't know	1.6%	1.4%	2.1%	
Marital status:				0.009
Never married	0.8%	0.4%	2.1%	
Married	86.4%	84.2%	92.5%	
Cohabiting	11.7%	14.3%	4.3%	
Divorced	0.3%	0.0%	1.1%	
Widowed	0.8%	1.1%	0.0%	
Marital age of woman:				0.59
15-19	46.7%	47.7%	43.6%	
20-29	51.5%	50.2%	55.3%	
30-35	1.8%	2.1%	1.1%	
	Mean \pm SD:20.2 \pm 3.5			
Household size:				0.41
2-4	13.6%	14.6%	10.6%	
5-9	64.8%	63.1%	80.5%	
10-14	21.0%	21.9%	8.6%	
15+	0.5%	0.4%	0.3%	
	Mean \pm SD:7.4 \pm 2.67			
Parity:				0.56
1-4	78.7%	79.4%	76.6%	
5-8	21.3%	20.6%	23.4%	
	Mean \pm SD:2.9 \pm 1.9			
Religion:				0.21
Christian	19.9%	18.5%	24.5%	
Islam	80.1%	81.5%	75.5%	
Ethnicity:				0.02
Mamprusi	87.7%	90.6%	78.6%	
Frafra	5.5%	4.5%	9.1%	
Moshi	2.3%	1.1%	6.2%	
Others	4.5%	3.8%	6.1%	
Place of residence:				0.56
Rural	78.7%	78.1%	80.9%	
Urban	21.3%	21.9%	19.1%	
Joint decision making:				0.29
Husband	80.3%	79.2%	84.0%	
Mother of the woman	2.9%	2.4%	4.3%	
Mother-in-law	9.7%	11.5%	4.3%	
Father-in-law	5.3%	5.2%	5.3%	
Myself	1.8%	1.7%	2.1%	
Women's decision making autonomy:				0.81
Yes	37.3%	36.9%	38.3%	
No	62.7%	63.1%	61.7%	

¹SD~Standard deviation ²JHS~ Junior high school ³SHS~ Senior high school

Economic and Physical Accessibility Variables related to Identifying and Reaching the Nearest Health Facility

Table 2 shows the Economic and Physical accessibility variables related to identifying and reaching the nearest health facility.

Out of the 381 respondents, 55.4% were employed, 45.4% were housewives, 23.4% were farmers while a few (3.4%) were civil servants. An appreciable number of the respondents (56.7%) could not remember how much they earn in a month while 21.3% earn an income of less than 10 US\$ per month. Concerning payment before receiving ANC and Delivery care, a vast number of the respondents (96.6%) had a national health insurance card, and 28.6% of the respondents paid out of their pocket to receive health care. Proximity-wise, the majority of the respondents (80.1%) travel a distance between 0-4km to the nearest health facility, it takes between 0-30 minutes travel time by many respondents (61.7%) to reach the nearest health facility, while more than half (55.6%) of the respondents travel by foot to the nearest health facility.

Table 2. Economic and physical accessibility characteristics related to identifying and reaching the nearest health facility

Characteristics	Total n (381)	Place of delivery		p-value
		Facility 287(75.3%)	Home 94(24.7%)	
Currently, employed?				0.24
No	44.6%	46.3%	39.4%	
Yes	55.4%	53.7%	60.6%	
Type of employment:				0.06
Housewife (not employed)	45.4%	48.1%	37.2%	
Famer	23.4%	19.9%	34.0%	
Trader	13.2%	12.4%	14.9%	
Civil servant	3.4%	4.2%	1.1%	
Hairdresser	6.0%	6.3%	5.3%	
Seamstress	8.6%	9.1%	7.5%	
Monthly Income:				0.19
<9.3 US\$ ¹	21.3%	20.9%	22.3%	
9.3-20.2US\$	11.0%	11.2%	10.6%	
20.4-92.5US\$	6.8%	5.2%	11.7%	
92.6-203.6US\$	3.9%	4.9%	1.1%	
204US\$ and above	0.3%	0.4%	0.0%	
Cannot remember	56.7%	57.4%	54.3%	
Possession of NHI² Card:				0.85
Yes	96.6%	97.0%	96.3%	
No	3.4%	3.0%	3.7%	
Paid out of pocket:				0.04
No	54.9%	37.6%	22.3%	
Partially	16.5%	38.6%	29.6%	
Yes	28.6%	23.8%	48.1%	
Distance (km³) to nearest facility:				0.56
0-4km	80.1%	79.1%	82.9%	
5-8km	19.4%	20.3%	17.1%	
Do not know	0.5%	0.6%	0.0%	
Time (min⁴.) to the nearest facility:				0.95

0-30min	61.7%	61.3%	62.8%
31-60min	30.7%	31.1%	28.7%
61-90min	6.6%	6.1%	7.4%
91-120min	1.0%	1.5%	1.1%
Means of transport to the facility:			<0.001
Bicycle	3.9%	2.1%	9.6%
By foot	55.6%	57.1%	51.1%
Car	9.9%	10.5%	8.5%
Donkey cart	0.3%	0.4%	0.0%
Motorbike	23.1%	20.6%	30.8%
Tricycle	7.2%	9.3%	0.0%

¹US\$ ~United States Dollar; 1USD=5.3Ghc; ²NHI~National health insurance; ³Km~kilometers; ⁴Min.~Minutes

Variables Related to Perceived Needs/Benefits for Receiving Health Care

Table 3 depicts the factors related to perceived needs/benefits of receiving health care. Of the respondents, 98.2% attended ANC during their last pregnancy, while 76.8% made more than 4 ANC visits. A high percentage of the respondents (73.4%) were between 1-12 weeks pregnant at their first ANC visit. Quite a multitude of the respondents (83.9%) had planned their last pregnancies. Almost every respondent (99.5%) had a safe birth outcome in their last pregnancies. Most of the respondents (55.9%) had inadequate knowledge about the danger signs of pregnancy. On the issues of satisfaction of the last place of delivery, 93.2% of the respondents were satisfied. Nine out of ten (90%) of the respondents prefer to deliver their next child in a health facility. A high number of respondents (69.3%) did not experience any birth complications during their last childbirth. Regarding birth spacing, a greater portion of the respondents (71.1%) never used a family planning method.

Table 3. Factors related to perceived needs/benefits for receiving health care

Characteristics	Total n (381)	Place of delivery		p-value
		Facility 287(75.3%)	Home 94(24.7%)	
ANC attendance:				0.75
No	1.6%	1.4%	2.1%	
Yes	98.2%	98.3%	97.9%	
Cannot remember	0.2%	0.3%	0.0%	
Number of ANC attendance (n=354)				0.004
1-4	17.3%	13.0%	30.6%	
5-9	76.8%	80.7%	64.7%	
10+	1.4%	1.5%	1.2%	
Cannot remember	4.5%	4.8%	3.5%	
Gestational age at first ANC(n=342):				0.09
1-12weeks	73.4%	75.8%	65.4%	
13-24weeks	22.5%	21.1%	27.2%	
25-36weeks	4.1%	3.1%	7.4%	
Planned pregnancy (wanted)?				0.34
No	16.1%	14.9%	19.1%	
Yes	83.9%	85.1%	80.9%	
The outcome of last pregnancy:				0.41
Live birth (safe delivery)	99.5%	99.7%	98.9%	
Birth complications to mother	0.5%	0.3%	1.1%	
Knowledge of danger signs¹:				0.54

Not knowledgeable	55.9%	56.8%	53.2%	
Knowledgeable	44.1%	43.2%	44.8%	
Satisfied with the place of delivery?				0.002
No	5.5%	3.5%	11.7%	
Yes	93.2%	95.8%	85.1%	
Not sure	1.3%	0.7%	3.2%	
The scale of satisfaction:				<0.001
Very satisfied	59.4%	66.4%	37.7%	
Satisfied	25.9%	25.2%	27.9%	
Somehow satisfied	7.9%	4.6%	18.3%	
Not satisfied	3.9%	2.1%	9.7%	
Never satisfied	2.1%	1.7%	3.2%	
I don't know	0.8%	0.0%	3.2%	
Preferred place of next delivery:				<0.001
Health facility	90.0%	93.4%	79.4%	
TBAs home	0.8%	0.0%	1.0%	
Home	7.9%	5.5%	18.1%	
Not sure yet	1.3%	1.1%	1.5%	
History of birth complications²:				0.02
No	69.3%	66.2%	78.7%	
Yes	30.7%	33.8%	21.3%	
Family planning utilization:				0.28
No	71.1%	73.5%	63.8%	
Yes	28.9%	26.5%	36.2%	

¹Knowledge of danger signs, if the respondent were able to mention at least four or more danger signs they were categorized as knowledgeable. ²Birth complications include obstructed labor, stillbirth

Behaviour, Perceptions, and Attitudes of Women towards the Place of Delivery

Table 4 displays the behavior, perceptions, and attitudes of women towards facility-based or home delivery. Majority of the respondents (93.7%) favors the use of health facility for childbirth. A little above one-quarter (25.5%) of the respondents stated that disrespect by health care providers is the major reason why women deliver at home. Most of the respondents (45.1%) think home delivery is bad because of fear of complications and death. With regards to the place to seek care when in danger, a vast number of the respondents (92.1%) prefer to seek the services of health care personnel.

Table 4. Behavior, perceptions, and attitudes of women towards the place of delivery

Characteristics	Total n (381)	Place of delivery		p-value
		Facility 287(75.3%)	Home 94(24.7%)	
Do you favor facility delivery?				0.008
No	4.7%	2.4%	11.7%	
Yes	93.7%	97.2%	82.9%	
I do not know	1.6%	0.4%	5.4%	
Reasons for home delivery:				0.003
Fear of operation at a hospital	4.9%	3.6%	3.5%	
Proper TBAs delivery at home	2.9%	5.9%	5.4%	
Long-distance to health facilities	11.9%	12.9%	17.9%	
Poor care by health staff	18.6%	18.5%	20.9%	

Lack of financial support	15.6%	15.3%	21.9%	
Disrespect by health staff	25.5%	22.2%	4.6%	
Ignorance	5.6%	4.2%	11.4%	
Unexpected delivery at home	15.9%	17.4%	14.7%	
Do you think home delivery is good?				<0.001
No, because of poor home care service	45.1%	47.4%	38.3%	
No, because of birth complication	28.9%	32.0%	20.2%	
Yes, because of proper care by TBA	5.7%	2.7%	14.9%	
Yes, a comfortable home environment	7.1%	4.9%	13.8%	
Yes, no money is required	1.1%	1.0%	1.1%	
No response	12.1%	12.0%	11.7%	
Where to seek care when in danger:				0.001
Health personnel	92.1%	95.1%	82.9%	
TBA	3.9%	1.7%	10.6%	
Traditional healer	0.3%	0.0%	1.1%	
Mother-in-law	0.5%	0.4%	1.1%	
Husband	3.2%	2.8%	4.3%	

Bivariate and Multivariate Logistic Regression Results

Table 5 exhibits the Bivariate and Multivariate logistics regression analysis of factors associated with health facility delivery. Concerning the bivariate regression analysis, maternal age (OR=8.56) and mother educational level (OR=4.42) were found to increase the likelihood of facility delivery. The travel time to the nearest health facility (OR=1.12) was also observed to be associated with delivery in a health facility. The number of ANC visits made by women (OR=2) was associated with health facility delivery. Again, women who were satisfied with facility delivery (OR=5.16) and those who prefer to deliver their next child in a facility (OR=2.38) were associated with facility delivery.

In terms of the multivariate logistic regression model, younger women, especially those in the age range of 15-19 years, were ten times [Adjusted Odds Ratio (AOR)=10.21; 95% CI:1.83-56.99] more likely to deliver in a health facility. Respondents with a high level of educational attainment were almost four times [AOR=3.66; 95% CI:1.19-68.9] more likely to deliver their children in a health facility. However, there was no significant difference between secondary education and higher education. Respondents with shorter travel time to the nearest health facility have a high chance [AOR=1.05; 95% CI:1.57-1.95] to deliver in a health facility than those with longer travel time. In terms of ANC coverage, women who made more ANC contacts with health care providers have a higher probability [AOR=1.17; 95% CI:1.04-36.7] of delivering in a health facility than those who made less or no contact. Respondents who expressed satisfaction in their last place of delivery and those who wish to deliver their next child in a health facility were 1[AOR=1.81; 95% CI:1.22-14.81] and 1[AOR=1.32; 95% CI:1.19-8.97] times more likely to deliver in health facility respectively.

Table 5. Bivariate and Multivariate logistics regression analysis of factors associated with health facility delivery

Characteristics	Facility delivery (%)	Odds ratio (95% CI)			
		Crude	P-value	Adjusted	P-value
Age (years) of mother:					
15-19	91.6%	8.56(1.83-39.9)	0.006	10.21(1.83-56.99)	0.008
20-29	77.6%	2.71(2.95-7.65)	0.06	3.22(1.96-10.75)	0.06
30-39	68.4%	1.69(1.58-4.88)	0.33	2.53(1.75-8.55)	0.14
40-49	56.3%	1		1	
Mother's educational level:					
No education	66.9%	0.17(2.02-1.33)	0.09	0.16(1.02-1.46)	0.11
Primary	70.8%	0.22(1.025-1.65)	0.13	0.19(0.02-1.83)	0.15
JHS	76.3%	0.27(0.03-2.17)	0.11	0.25(0.03-2.30)	0.22
SHS	98.1%	4.42(2.26-75.73)	0.30	3.66(1.19-68.9)	0.39
Higher (Tertiary)	92.3%	1		1	
Time (min.) to the nearest health facility:					
0-30min	74.9%	1		1	
31-60min	76.9%	1.12(3.66-1.88)	0.68	1.05(1.57-1.95)	0.87
61-90min	72.0%	0.86(0.34-2.17)	0.75	0.44(0.14-1.36)	0.16
91-120min	75.0%	1.00(2.10-9.85)	<0.001	0.35(1.02-6.23)	0.47
Number of ANC attendance (n=374)					
1-4	57.9%	0.67(1.11-3.96)	0.66	0.43(0.06-2.88)	0.38
5-9	80.6%	1.97(1.35-11.05)	0.44	1.16(2.18-7.39)	0.87
10+	80.1%	2(2.13-31.98)	0.62	1.17(1.04-36.7)	0.93
Cannot remember	80.0%	1		1	
Satisfied with the place of delivery?					
No	45.5%	1.36(1.19-9.91)	0.76	0.57(0.56-5.85)	0.63
Yes	77.5%	5.16(1.85-31.4)	0.08	1.81(1.22-14.81)	0.58
Do not know	40.0%	1		1	
Preferred place of next delivery:					
Health facility					
TBAs home	78.1%	2.38(2.39-14.52)	0.34	1.32(1.19-8.97)	0.78
Home	0.00%	1		1	0.89
	43.3%	0.51(0.74-3.51)	0.49	0.37(0.05-3.03)	0.35

Discussion

The study aimed to assess the factors associated with the choice of place of delivery among women living in rural Northern Ghana. This study explored the factors concerning the place of delivery which was conceptualized using the three delays model.

In this study, the proportion of facility deliveries was 75.3%. This proportion is quite higher than the proportion of 46.1% facility deliveries reported in the District annual review report (Ghana Health Service, 2017). However, the proportion is almost the same as the national facility delivery proportion (79%) as found in a survey in Ghana (Ghana Statistical Service, Ghana Health Service & ICF, 2018).

Most independent variables in the study were found to be predictors of health facility delivery. The variables that were employed in the multivariate logistic regression model were: maternal age, maternal education, travel time to the nearest facility, ANC attending, satisfaction of previous delivery place and preferred place for next delivery.

Maternal age in this study, like many other studies, was found to be associated with facility delivery. Younger women were more likely (AOR=10.21) to deliver in a health facility than their older counterparts. This seeks to explain that younger women might be more literate and more knowledgeable about the danger signs of pregnancy and the importance of delivering in a health facility. This is because younger women can adapt quickly to the growing trend of modernization and widespread social media networks. Hence, they have the ability to receive, interpret, and adopt health messages better than the aged.

Another reason could be that older women perceive home delivery as not risky as they have had previous safe home deliveries before. In other situations, younger women giving birth for the first time are at high risk, and providers would strongly recommend facility delivery. Furthermore, in typical villages of Northern Ghana, traditional beliefs still exist amongst older women than the younger ones. The older women have a strong belief that delivering in a health facility is not part of the ancestral customs.

This finding agrees with studies conducted in rural Northern Ghana (Boah et al., 2018), North Western Ethiopia (Tafere et al., 2018), and rural Kenya (Karanja et al., 2018). The Ethiopian study revealed that older pregnant women age ≥ 30 years were more likely to give birth at home. Contrary to these findings, a study in rural India (Nair *et al.*, 2012) reported that age has no impact on the decision to undergo health facility delivery. The different views from this study could be probably attributed to the population dynamics and the socio-cultural (the caste system) difference between India and other developing countries.

With regards to maternal education, this study found that educational status among the respondents was low, with only 25.4% of them completing a junior high school while 38.1% had never attended school. Nonetheless, the educational level of the respondents was associated with health facility delivery (AOR=3.66). Respondents with higher educational backgrounds had a higher chance to deliver in a health facility. A possible reason could be that the more educated women are, the more knowledgeable they become about the dangers of pregnancy and would more likely give birth in a health facility. Also, educated women are more concerned about their health and have more autonomy. Hence, they have the ability and freedom to make decisions about their health, which eventually improves their health-seeking behavior. Another rationale could be that higher educated women are most likely to be employed. Therefore, they have money to attend and pay for health services. These results are consistent with studies from the Philippines (Shimazaki et al., 2013), Eastern-Ethiopia (Mehari, 2013), and Ghana (Sakeah *et al.*, 2018).

Concerning the travel time taken by respondents to reach the nearest health facility, respondents have a fair chance (AOR=1.05) to give birth in a health facility if the time taken to reach the facility falls between 30-60 minutes. The effect of time to reach a health facility becomes stronger when combined with a lack of transportation and long-distance. Most rural dwellers are knowledgeable about the benefits of delivering their children at health facilities and are willing to do so, but poor road network, long-distance, and the long travel time to a health facility serve as great obstacles. A possible explanation could be that longer travel time is a disincentive to women, especially those with normal pregnancies. This is because longer travel times mean more transportation fares and more stress to reach the facility. Hence women prefer facilities closer to them than those far, even though the nearest facilities might not be able to provide all their health needs.

This finding confirms a study conducted in Nigeria, Ghana, and Sierra Leone; too far to walk, maternal mortality in context (Science et al., 2017). Contrary, a study in Tanzania concluded that travel time has a lower probability of delivering in a health facility (Kruk et al., 2009). The study justified this reason by stating that women preferred more-highly trained providers to travel on time to the facility. Like the Tanzanian study, another study in Kenya argued that distance from a health facility did not significantly predict the place of delivery since most facilities were within 5 kilometers walk (Kitui et al., 2013).

This study revealed that ANC coverage in the study area was 98.2% while women who made at least four ANC visits were 76.8%. The figure is higher than the Ghana National ANC coverage rate of 81.3% (Ghana Health Service, 2015).

In 2016, WHO recommended 8 ANC visits by pregnant women before delivery. This is an attempt to improve the quantity and quality of ANC for a positive pregnancy experience (WHO, 2016). Regardless of the benefits associated with this recommendation, it is challenging for poor women in sub-Saharan Africa to comply with 8 ANC contacts with a health care provider before delivery. In poverty-endemic areas such as the WMM, most women prefer to work at farms and trade to be able to feed the family than having time for ANC visits. ANC attendance was a predictor of facility delivery, AOR=1.17. The results show that the more health care provider receives women for ANC, the higher the chance of delivering in a health facility. The reason being that women detected with potential birth complications during ANC service are compelled to deliver in a health facility. More so, during ANC visits, women are counseled and encouraged to attend the next ANC sessions and this could subsequently lead them to deliver in a health facility. Additionally, preventive health educational services are given at ANC sessions to encourage women for safe delivery practices and this makes them likely to deliver in a facility. This result is in line with surveys conducted in Ethiopia (Tafere et al., 2018) and Burkina Faso (Allegri et al., 2015).

Women's opinion on satisfaction with their previous place of delivery was significant with health facility delivery (AOR=1.81). Regarding this, factors that could compromise and reduce clients' satisfaction include insufficient infrastructure, long waiting time, shortage of health workers, disrespect of health workers, inadequate essential drugs, and equipment. Women in deprived regions prefer to deliver at home than to pay for poor services at the health facility. The study findings confirm with studies in Eritrea (Araya et al., 2014; Kifle et al., 2018), and sub-Saharan Africa (Moyer & Mustafa, 2013).

The preferred place for the next delivery was also positively associated with health facility delivery. Respondents who prefer to deliver their next pregnancy in a health facility were almost twice likely to deliver in a health facility than those who prefer to deliver at home. Possible reasons are that preferring to deliver the next baby in a health facility has a link with the quality of care received during the previous delivery. Women who received good quality delivery care service in their previous births in a health facility are more likely to deliver their next child in a health facility. Poor services rendered at health facilities such as lack of delivery equipment, inadequate health staff, and essential drugs may discourage women from delivering in health facilities. On the other hand, women who delivered previously at home, but experienced birth complications will be willing to deliver their next baby in a health facility.

The results have similarities with studies in Nigeria (Okonofua et al., 2018), Northern-Zambia (Ensor et al., 2018), Britain (Laurson et al., 2009), and rural Southern Malawi (Kumbani et al., 2013).

The authors of this research wish to state that the findings of this study should be interpreted with caution. The different study environments, sample sizes, and methods might affect the accuracy of the results and might not be suitable for generalization in other areas.

Strengths of the Study

The study has a sizeable sample size and the results can be quite representative of the study population. Once more, quality control checks were put in place to minimize bias in the results. This included adequate training for research assistants before data collection and pretesting of the questionnaire. This provided an opportunity to identify and correct errors on the data collection tools before final data collection. The study moreover had adequate questionnaires to answer the research questions. Besides, the questionnaire contains a mixture of open and closed-ended questions that produced a variety of answers.

Limitations of the Study

There are some limitations in this study, and pragmatic steps were taken to minimize their effects. Firstly, there is the likelihood of recall bias since some of the respondents delivered more than a year before the study. Therefore, they might not be able to remember their birthing experiences. Also, the study was cross-sectional, so it could not define causality; it only described an association between the outcome and explanatory variables. Furthermore, the research assistants are natives of the study area and speak the same local language as the respondents, and this could influence the respondents' choice of answers. This problem was however minimized through effective training for the research assistants to be neutral as much as possible. More so, the study was quantitative and did not give room for respondents to express themselves very well on the topic. However, this issue was dealt with by adding a few open-ended questions to the questionnaire.

Recommendations

The following are recommendations for the policymaker's consideration:

1. The Government of Ghana should focus more attention on increasing access to regular ANC and delivery services at health posts. Regular outreach services should also be planned and carried out in remote areas. This will encourage women to deliver in health facilities.
2. Health care providers should draw a comprehensive birth preparedness plan with pregnant women before delivery. A properly designed and

followed birth preparedness plan would subsequently lead women to deliver in facilities.

3. Male involvement in service delivery is vital, especially when rendering services to women in traditional settings. In typical traditional homes, the male has the strongest voice in decision making concerning seeking health care.
4. The Ministry of Health and the Ghana Health Service should reinforce the patients' charter and the code of conduct and nursing ethics at all service delivery points. Changes in attitudes, behavior, and practices of health workers towards pregnant women would encourage facility-based delivery.
5. Incentive support for women who deliver at health facilities would motivate others to deliver at the health posts. The Government should initiate an incentive package for women who deliver at health facilities.
6. Opportunities for female education with funding from the state and local Government could help expose women to valuable knowledge of health emergencies and provide them with functional decision-making autonomy for their health.
7. Intersectoral collaborations to address all associated factors preventing women from delivering in a health facility is recommended and would be beneficial for improving facility-based delivery in rural Northern Ghana.

Conclusion

In conclusion, this study sought to identify the predictors of health facility delivery in a rural district in Ghana. The finding shows that women's education, travel time to the health facility, decision-making autonomy, poor attitude of health workers, socioeconomic status, and unexpected delivery at home were the major factors influencing women's choice of delivery place. The study revealed a high ANC coverage (98.2%), yet this did not translate into the proportion of facility deliveries. To bridge this gap, concerted effort is needed for improvement in the health services provision, availability and accessibility of services, change in health workers' attitudes, and adequate education on the importance of facility delivery.

References:

1. Allegri, De., Ridde, V., Louis, V. R., Sarker, M., Tiendrebéogo, J., Yé, M., & Jahn, A. (2015). Determinants of utilization of maternal care services after the reduction of user fees: A case study from rural Burkina Faso. *Health Policy*, 99(3), 210–218. <https://doi.org/10.1016/j.healthpol.2010.10.010>

2. Araya, W., Johnson-Mallard, V., Evans, M. E., Beckstead, J. W., McNerney, D., Shelton, M. M., & Jevitt, C. (2014). Overview of maternal mortality in Eritrea, sub-Saharan Africa. *African Journal of Midwifery and Women's Health*, 6(4), 171–175. <https://doi.org/10.12968/ajmw.2012.6.4.171>
3. Boah, M., Mahama, A. B., & Ayamga, E. A. (2018). They receive antenatal care in health facilities, yet do not deliver there: Predictors of health facility delivery by women in rural Ghana. *BMC Pregnancy and Childbirth*, 18(1), 1–10. <https://doi.org/10.1186/s12884-018-1749-6>
4. Boerma, T. & Mathers, C. D. (2015). The World Health Organization and global health estimates: Improving collaboration and capacity. *BMC Medicine*, 13(1), 1–4. <https://doi.org/10.1186/s12916-015-0286-7>
5. Cameron, L., Suarez, D. C., & Cornwell, K. (2019). Understanding the determinants of maternal mortality: An observational study using the Indonesian Population Census. *PLoS ONE*, 14(6), 1–18. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0217386>
6. Campbell, O. M. & Graham, W. J. (2006). Strategies for reducing maternal mortality: getting on with what works. *Lancet*, 368(9543), 1284–1299. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(06\)69381-1](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(06)69381-1)
7. Egharevba, MD., MPH, J., Pharr, J. R., Van Wyk, B., & Ezeanolue, MD, MPH, E. E. (2017). Factors Influencing the Choice of Child Delivery Location among Women Attending Antenatal Care Services and Immunization Clinic in Southeastern Nigeria. *International Journal of MCH and AIDS (IJMA)*, 6(1), 82. <https://doi.org/10.21106/ijma.213>
8. Gabrysch, S. & Campbell, O. M. R. (2009). Still too far to walk: Literature review of the determinants of delivery service use. *BMC Pregnancy and Childbirth*, 9, 34. <https://doi.org/10.1186/1471-2393-9-34>
9. Gebrehiwot, T., San Sebastian, M., Edin, K., & Goicolea, I. (2014). Health workers' perceptions of facilitators and barriers to institutional delivery in Tigray, Northern Ethiopia. *BMC Pregnancy and Childbirth*, 14(1). <https://doi.org/10.1186/1471-2393-14-137>
10. Ghana Health Service (2017). *2016 Annual Report*. Accra. (June). Retrieved from http://ghanahealthservice.org/downloads/GHS_ANNUAL_REPORT_2016_n.pdf
11. Ghana Statistical Service (GSS), Ghana HealthService (GHS), & ICF (2018). *Ghana Maternal Health Survey 2017: Key Indicators Report*. Accra, Ghana: GSS, GHS, and ICF.
12. GSS (2014). 2010 Population and Housing Census. *Ghana Statistical*

- Service*, 1–117. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0104053>
13. J., K., S., L., & G., D. (2013). Factors influencing place of delivery for women in Kenya: An analysis of the Kenya demographic and health survey, 2008/2009. *BMC Pregnancy and Childbirth*, 13, 1–10. Retrieved from <http://www.biomedcentral.com/1471-2393/13/40%5Cnhttp://ovidsp.ovid.com/ovidweb.cgi?T=JS&PAGE=reference&D=emed11&NEWS=N&AN=2013139710>
 14. Karanja, S., Gichuki, R., Igunza, P., Muhula, S., Ofware, P., Lesiamon, J., & Ojaka, D. (2018). *Factors influencing deliveries at health facilities in a rural Maasai community in*. 1–11. <https://doi.org/10.1186/s12884-017-1632-x>
 15. Kifle, M. M., Kesete, H. F., Gaim, H. T., Angosom, G. S., & Araya, M. B. (2018). Health facility or home delivery? Factors influencing the choice of delivery place among mothers living in rural communities of Eritrea. *Journal of Health, Population, and Nutrition*, 37(1), 22. <https://doi.org/10.1186/s41043-018-0153-1>
 16. Kruk, M. E., Paczkowski, M., Mbaruku, G., De Pinho, H., & Galea, S. (2009). Women's preferences for place of delivery in rural Tanzania: A population-based discrete choice experiment. *American Journal of Public Health*, 99(9), 1666–1672. <https://doi.org/10.2105/AJPH.2008.146209>
 17. Kumbani, L., Bjune, G., Chirwa, E., Malata, A., & Odland, J. Ø. (2013). *Why some women fail to give birth at health facilities : a qualitative study of women ' s perceptions of perinatal care from rural Southern Malawi*. 1–12. <https://doi.org/10.1186/1742-4755-10-9>
 18. Laursen, M., Johansen, C., & Hedegaard, M. (2009). Fear of childbirth and risk for birth complications in nulliparous women in the Danish National Birth Cohort. *BJOG: An International Journal of Obstetrics and Gynaecology*, 116(10), 1350–1355. <https://doi.org/10.1111/j.1471-0528.2009.02250.x>
 19. Mehari, A. M. (2013). Levels and Determinants of Use of Institutional Delivery Care Services among Women of Childbearing Age in Ethiopia: Analysis of EDHS 2000 and 2005 Data [WP83]. *DHS Working Papers*, (38), 1–38.
 20. Moyer, C. A. & Mustafa, A. (2013). *Drivers and deterrents of facility delivery in sub-Saharan Africa : a systematic review*.
 21. Nair, M., Ariana, P., & Webster, P. (2012). What influences the decision to undergo institutional delivery by skilled birth attendants a cohort study in rural Andhra Pradesh, India. *Rural and Remote Health*, 12(4), 1–11.
 22. Okonofua, F., Ntoimo, L., Ogunbangbe, J., Anjorin, S., Imongan, W., & Yaya, S. (2018). *Predictors of women ' s utilization of primary*

- health care for skilled pregnancy care in rural Nigeria.* 1–15.
23. Press, D. (2017). *Factors associated with institutional delivery service utilization in Ethiopia*. (September 2016), 463–475. <https://doi.org/10.2147/IJWH.S109498>
 24. Rawe, K. (2011). *Missing midwives.*
 25. Sakeah, E., Aborigo, R., Sakeah, J. K., Dalaba, M., Kanyomse, E., Azongo, D., & Oduro, A. R. (2018). *The role of community-based health services in influencing postnatal care visits in the Builsa and the West Mamprusi districts in rural Ghana.* 1–9.
 26. Science, S., August, M., Thaddeus, S., Maine, D., & Maine, D. (2017). *Too Far to Walk Maternal Mortality in Context TO WALK: IN.* (November).
 27. Shimazaki, A., Honda, S., Dulnuan, M. M., Chunanon, J. B., & Matsuyama, A. (2013). Factors associated with facility-based delivery in Mayoyao, Ifugao Province, Philippines. *Asia Pacific Family Medicine*, 12(1), 1. <https://doi.org/10.1186/1447-056X-12-5>
 28. Tafere, T. E., Afework, M. F., & Yalew, A. W. (2018). Antenatal care service quality increases the odds of utilizing institutional delivery in Bahir Dar city administration, North Western Ethiopia: A prospective follow up study. *PLoS ONE*, 13(2), 1–14. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0192428>
 29. UNICEF (2017). *Annual Results Report Health.* 1–110.
 30. United Nations (2015). *Millenium development goals.* Retrieved from [http://www.un.org/millenniumgoals/2015_MDG_Report/pdf/MDG_2015_rev_\(July_1\).pdf](http://www.un.org/millenniumgoals/2015_MDG_Report/pdf/MDG_2015_rev_(July_1).pdf)
 31. WHO, UNFPA, UNICEF, T. W. B. (1999). *WHO | Reduction of maternal mortality.* 44p. https://doi.org/978_92_4_1561952
 32. World Health Organization (2016). WHO recommendations on antenatal care for a positive pregnancy experience Executive summary. *Maternal and Perinatal Health*, (November). Retrieved from <https://apps.who.int/iris/handle/10665/250800>
 33. Yaya, S., Bishwajit, G., Uthman, O. A., & Amouzou, A. (2018). *Why some women fail to give birth at health facilities : A comparative study between Ethiopia and Nigeria.* 1–11.