

European Scientific Journal, *ESJ*

July 2024

European Scientific Institute, ESI

The content is peer reviewed

ESJ Natural/Life/Medical Sciences

July 2024 edition vol. 20, No. 21

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

ISSN: 1857-7431 (Online)

ISSN: 1857-7881 (Print)

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

Erik Erikson (1902-1994) was one of the great psychologists of the 20th century¹. He explored the nature of personal human identity. Originally named Erik Homberger after his adoptive father, Dr. Theodore Homberger, he re-imagined his identity and re-named himself Erik Erikson (literally Erik son of Erik). Ironically, he rejected his adoptive father's wish to become a physician, never obtained a college degree, pursued independent studies under Anna Freud, and then taught at Harvard Medical School after emigrating from Germany to the United States. Erickson visualized human psychosocial development as eight successive life-cycle challenges. Each challenge was framed as a struggle between two outcomes, one desirable and one undesirable. The first two early development challenges were 'trust' versus 'mistrust' followed by 'autonomy' versus 'shame.' Importantly, he held that we face the challenge of **generativity** versus **stagnation in middle life**. This challenge concerns the desire to give back to society and leave a mark on the world. It is about the transition from acquiring and accumulating to providing and mentoring.

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

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

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

Sincerely,

Daniel B. Hier, MD

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

Editor in Chief

International Editorial Board

Jose Noronha Rodrigues,
University of the Azores, Portugal

Nino Kemertelidze,
Grigol Robakidze University, Georgia

Jacques de Vos Malan,
University of Melbourne, Australia

Franz-Rudolf Herber,
University of Saarland, Germany

Annalisa Zanola,
University of Brescia, Italy

Robert Szucs,
University of Debrecen, Hungary

Dragica Vujadinovic,
University of Belgrade, Serbia

Pawel Rozga,
Technical University of Lodz, Poland

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

Rashmirekha Sahoo,
Melaka-Manipal Medical College, Malaysia

Georgios Vousinas,
University of Athens, Greece

Asif Jamil,
Gomal University DIKhan, KPK, Pakistan

Faranak Seyyedi,
Azad University of Arak, Iran

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

Dejan Marolov,
European Scientific Institute, ESI

Noor Alam,
Universiti Sains Malaysia, Malaysia

Rashad A. Al-Jawfi,
Ibb University, Yemen

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

Hans W. Giessen,
Saarland University, Saarbrücken, Germany

Frank Bezzina,
University of Malta, Malta

Monika Bolek,
University of Lodz, Poland

Robert N. Diotalevi,
Florida Gulf Coast University, USA

Daiva Jureviciene,
Vilnius Gediminas Technical University, Lithuania

Anita Lidaka,
Liepaja University, Latvia

Rania Zayed,
Cairo University, Egypt

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

Lydia Ferrara,
University of Naples, Italy

Byron A Brown,
Botswana Accountancy College, Botswana

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

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

Cinaria Tarik Albadri,
Trinity College Dublin University, Ireland

Mahammad A. Nurmamedov,
Shamakhy Astrophysical Observatory of the Ministry of Science and Education of the
Republic of Azerbaijan

Henryk J. Barton,
Jagiellonian University, Poland

Saltanat Meiramova,
S.Seifullin AgroTechnical University, Kazakhstan

Rajasekhar Kali Venkata,
University of Hyderabad, India

Ruzica Loncaric,
Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Croatia

Stefan Vladutescu,
University of Craiova, Romania

Billy Adamsen,
University of Southern Denmark, Denmark

Marinella Lorinzi,
University of Cagliari, Italy

Giuseppe Cataldi,
University of Naples "L'Orientale", Italy

N. K. Rathee,
Delaware State University, USA

Michael Ba Banutu-Gomez,
Rowan University, USA

Adil Jamil,
Amman University, Jordan

Habib Kazzi,
Lebanese University, Lebanon

Valentina Manoiu,
University of Bucharest, Romania

Henry J. Grubb,
University of Dubuque, USA

Daniela Brevenikova,
University of Economics, Slovakia

Genute Gedviliene,
Vytautas Magnus University, Lithuania

Vasilika Kume,
University of Tirana, Albania

Mohammed Kerbouche,
University of Mascara, Algeria

Adriana Gherbon,
University of Medicine and Pharmacy Timisoara, Romania

Pablo Alejandro Olavegogeoascoechea,
National University of Comahue, Argentina

Raul Rocha Romero,
Autonomous National University of Mexico, Mexico

Driss Bouyahya,
University Moulay Ismail, Morocco

William P. Fox,
Naval Postgraduate School, USA

Rania Mohamed Hassan,
University of Montreal, Canada

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

Tilahun Achaw Messaria,
Addis Ababa University, Ethiopia

George Chiladze,
University of Georgia, Georgia

Elisa Rancati,
University of Milano-Bicocca, Italy

Alessandro Merendino,
University of Ferrara, Italy

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

Anastassios Gentzoglanis,
University of Sherbrooke, Canada

Awoniyi Samuel Adebayo,
Solusi University, Zimbabwe

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

Berenyi Laszlo,
University of Miskolc, Hungary

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

Omar Arturo Dominguez Ramirez,
Hidalgo State University, Mexico

Bupinder Zutshi,
Jawaharlal Nehru University, India

Pavel Krpalek,
University of Economics in Prague, Czech Republic

Mondira Dutta,
Jawaharlal Nehru University, India

Evelio Velis,
Barry University, USA

Mahbubul Haque,
Daffodil International University, Bangladesh

Diego Enrique Baez Zarabanda,
Autonomous University of Bucaramanga, Colombia

Juan Antonio Lopez Nunez,
University of Granada, Spain

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

A. Zahoor Khan,
International Islamic University Islamabad, Pakistan

Valentina Manoiu,
University of Bucharest, Romania

Andrzej Palinski,
AGH University of Science and Technology, Poland

Jose Carlos Teixeira,
University of British Columbia Okanagan, Canada

Martin Gomez-Ullate,
University of Extremadura, Spain

Nicholas Samaras,
Technological Educational Institute of Larissa, Greece

Emrah Cengiz,
Istanbul University, Turkey

Francisco Raso Sanchez,
University of Granada, Spain

Simone T. Hashiguti,
Federal University of Uberlandia, Brazil

Tayeb Boutbouqalt,
University, Abdelmalek Essaadi, Morocco

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

Ismail Ipek,
Istanbul Aydin University, Turkey

Olena Kovalchuk,
National Technical University of Ukraine, Ukraine

Oscar Garcia Gaitero,
University of La Rioja, Spain

Alfonso Conde,
University of Granada, Spain

Jose Antonio Pineda-Alfonso,
University of Sevilla, Spain

Jingshun Zhang,
Florida Gulf Coast University, USA

Olena Ivanova,
Kharkiv National University, Ukraine

Marco Mele,
Unint University, Italy

Okyay Ucan,
Omer Halisdemir University, Turkey

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

Matti Raudjarv,
University of Tartu, Estonia

Cosimo Magazzino,
Roma Tre University, Italy

Susana Sousa Machado,
Polytechnic Institute of Porto, Portugal

Jelena Zascerinska,
University of Latvia, Latvia

Umman Tugba Simsek Gursoy,
Istanbul University, Turkey

Zoltan Veres,
University of Pannonia, Hungary

Vera Komarova,
Daugavpils University, Latvia

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

Pierluigi Passaro,
University of Bari Aldo Moro, Italy

Georges Kpazai,
Laurentian University, Canada

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

Michele Russo,
University of Catanzaro, Italy

Nikolett Deutsch,
Corvinus University of Budapest, Hungary

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

Brian Sloboda,
University of Maryland, USA

Natalia Sizochenko
Dartmouth College, USA

Marisa Cecilia Tumino,
Adventista del Plata University, Argentina

Luca Scaini,
Al Akhawayn University, Morocco

Aelita Skarbaliene,
Klaipeda University, Lithuania

Oxana Bayer,
Dnipropetrovsk Oles Honchar University, Ukraine

Onyeka Uche Ofili,
International School of Management, France

Aurela Saliq,
University of Vlora, Albania

Maria Garbelli,
Milano Bicocca University, Italy

Josephus van der Maesen,
Wageningen University, Netherlands

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

Francisco Gonzalez Garcia,
University of Granada, Spain

Mahgoub El-Tigani Mahmoud,
Tennessee State University, USA

Daniel Federico Morla,
National University of Rio Cuarto, Argentina

Valeria Autran,
National University of Rio Cuarto, Argentina

Muhammad Hasmi Abu Hassan Asaari,
Universiti Sains, Malaysia

Angelo Viglianisi Ferraro,
Mediterranean University of Reggio Calabria, Italy

Roberto Di Maria,
University of Palermo, Italy

Delia Magherescu,
State University of Moldova, Moldova

Paul Waithaka Mahinge,
Kenyatta University, Kenya

Aicha El Alaoui,
Sultan My Slimane University, Morocco

Marija Brajčić,
University of Split, Croatia

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

Belen Martinez-Ferrer,
Univeristy Pablo Olavide, Spain

Rachid Zammar,
University Mohammed 5, Morocco

Fatma Koc,
Gazi University, Turkey

Calina Nicoleta,
University of Craiova, Romania

Shadaan Abid,
UT Southwestern Medical Center, USA

Sadik Madani Alaoui,
Sidi Mohamed Ben Abdellah University, Morocco

Patrizia Gazzola,
University of Insubria, Italy

Krisztina Szegedi,
University of Miskolc, Hungary

Liliana Esther Mayoral,
National University of Cuyo, Argentina

Amarjit Singh,
Kurukshetra University, India

Oscar Casanova Lopez,
University of Zaragoza, Spain

Emina Jerkovic,
University of Josip Juraj Strossmayer, Croatia

Carlos M. Azcoitia,
National Louis University, USA

Rokia Sanogo,
University USTTB, Mali

Bertrand Lemennicier,
University of Paris Sorbonne, France

Lahcen Benaabidate,
University Sidi Mohamed Ben Abdellah, Morocco

Janaka Jayawickrama,
University of York, United Kingdom

Kiluba L. Nkulu,
University of Kentucky, USA

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

George C. Katsadoros,
University of the Aegean, Greece

Elena Gavrilova,
Plekhanov University of Economics, Russia

Eyal Lewin,
Ariel University, Israel

Szczepan Figiel,
University of Warmia, Poland

Don Martin,
Youngstown State University, USA

John B. Strait,
Sam Houston State University, USA

Nirmal Kumar Betchoo,
University of Mascareignes, Mauritius

Camilla Buzzacchi,
University Milano Bicocca, Italy

EL Kandoussi Mohamed,
Moulay Ismai University, Morocco

Susana Borrás Pentinat,
Rovira i Virgili University, Spain

Jelena Kasap,
Josip J. Strossmayer University, Croatia

Massimo Mariani,
Libera Università Mediterranea, Italy

Rachid Sani,
University of Niamey, Niger

Luis Aliaga,
University of Granada, Spain

Robert McGee,
Fayetteville State University, USA

Angel Urbina-Garcia,
University of Hull, United Kingdom

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

Marko Andonov,
American College, Republic of Macedonia

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

Leyla Yilmaz Findik,
Hacettepe University. Turkey

Vlad Monescu,
Transilvania University of Brasov, Romania

Stefano Amelio,
University of Unsubria, Italy

Enida Pulaj,
University of Vlora, Albania

Christian Cave,
University of Paris XI, France

Julius Gathogo,
University of South Africa, South Africa

Claudia Pisoschi,
University of Craiova, Romania

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

Joseph Ntale,
Catholic University of Eastern Africa, Kenya

Kate Litondo,
University of Nairobi, Kenya

Maurice Gning,
Gaston Berger University, Senegal

Katarina Marosevic,
J.J. Strossmayer University, Croatia

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

Syed Shadab,
Jazan University, Saudi Arabia

Koffi Yao Blaise,
University Felix Houphouet Boigny, Ivory Coast

Mario Adelfo Batista Zaldivar,
Technical University of Manabi, Ecuador

Kalidou Seydou,
Gaston Berger University, Senegal

Patrick Chanda,
The University of Zambia, Zambia

Meryem Ait Ouali,
University IBN Tofail, Morocco

Laid Benderradji,
Mohamed Boudiaf University of Msila, Algeria

Amine Daoudi,
University Moulay Ismail, Morocco

Oruam Cadex Marichal Guevara,
University Maximo Gomes Baez, Cuba

Vanya Katsarska,
Air Force Academy, Bulgaria

Carmen Maria Zavala Arnal,
University of Zaragoza, Spain

Francisco Gavi Reyes,
Postgraduate College, Mexico

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

Patricia Randrianavony,
University of Antananarivo, Madagascar

Roque V. Mendez,
Texas State University, USA

Kesbi Abdelaziz,
University Hassan II Mohammedia, Morocco

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

Ilknur Bayram,
Ankara University, Turkey

Elenica Pjero,
University Ismail Qemali, Albania

Gokhan Ozer,
Fatih Sultan Mehmet Vakif University, Turkey

Veronica Flores Sanchez,
Technological University of Veracruz, Mexico

Camille Habib,
Lebanese University, Lebanon

Larisa Topka,
Irkutsk State University, Russia

Paul M. Lipowski,
Holy Family University, USA

Marie Line Karam,
Lebanese University, Lebanon

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

Mohamed Berradi,
Ibn Tofail University, Morocco

Visnja Lachner,
Josip J. Strossmayer University, Croatia

Sangne Yao Charles,
University Jean Lorougnon Guede, Ivory Coast

Omar Boubker,
University Ibn Zohr, Morocco

Kouame Atta,
University Felix Houphouet Boigny, Ivory Coast

Patience Mpanzu,
University of Kinshasa, Congo

Devang Upadhyay,
University of North Carolina at Pembroke, USA

Nyamador Wolali Seth,
University of Lome, Togo

Akmele Meless Simeon,
Ouattara University, Ivory Coast

Mohamed Sadiki,
IBN Tofail University, Morocco

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

Gamal Elgezeery,
Suez University, Egypt

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

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

Seka Yapi Arsene Thierry,
Ecole Normale 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,
Tirana Medical University, Albania

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

Hariti Hakim,
University Alger 3, Algeria

Emel Ceyhun Sabir,
University of Cukurova, Turkey

Salomon Barrezueta Unda,
Universidad Tecnica de Machala, Ecuador

Belkis Zervent Unal,
Cukurova University, Turkey

Elena Krupa,
Kazakh Agency of Applied Ecology, Kazakhstan

Carlos Angel Mendez Peon,
Universidad de Sonora, Mexico

Antonio Solis Lima,
Apizaco Institute Technological, Mexico

Roxana Matefi,
Transilvania University of Brasov, Romania

Bouharati Saddek,
UFAS Setif1 University, Algeria

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

Serigne Modou Sarr,
Universite Alioune DIOP de Bambey, Senegal

Nina Stankous,
National University, USA

Lovergine Saverio,
Tor Vergata University of Rome, Italy

Fekadu Yehualashet Maru,
Jigjiga University, Ethiopia

Karima Laamiri,
Abdelmalek Essaadi University, Morocco

Elena Hunt,
Laurentian University, Canada

Sharad K. Soni,
Jawaharlal Nehru University, India

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

Florence Kagendo Muindi,
University of Nairobi, Kenya

Maximo Rossi Malan,
Universidad de la Republica, Uruguay

Haggag Mohamed Haggag,
South Valley University, Egypt

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

Eveligh 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

Raoufou Pierre Radji,
University of Lome, Togo

Juan Carlos Rodriguez Rodriguez,
Universidad de Almeria, Spain

Satoru Suzuki,
Panasonic Corporation, Japan

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

Russell Kabir,
Anglia Ruskin University, UK

Nasreen Khan,
SZABIST, Dubai

Luisa Morales Maure,
University of Panama, Panama

Lipeng Xin,
Xi'an Jiaotong University, China

Harja Maria,
Gheorghe Asachi Technical University of Iasi, Romania

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

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

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

Bertin Desire Soh Fotsing,
University of Dschang, Cameroon

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

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

Abdelfettah Maouni,
Abdelmalek Essaadi University, Morocco

Alina Stela Resceanu,
University of Craiova, Romania

Alilouch Redouan,
Chouaib Doukkali University, Morocco

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

Sufi Amin,
International Islamic University, Islambad Pakistan

Sanja Milosevic Govedarovic,
University of Belgrade, Serbia

Elham Mohammadi,
Curtin University, Australia

Andrianarizaka Marc Tiana,
University of Antananarivo, Madagascar

Ngakan Ketut Acwin Dwijendra,
Udayana University, Indonesia

Yue Cao,
Southeast University, China

Audrey Tolouian,
University of Texas, USA

Asli Cazorla Milla,
Universidad Internacional de Valencia, Spain

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

Tabou Talahatou,
University of Abomey-Calavi, Benin

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

Hamidreza Izadi,
Chabahar Maritime University, Iran

Hanaa Ouda Khadri Ahmed Ouda,
Ain Shams University, Egypt

Rachid Ismaili,
Hassan 1 University, Morocco

Tamar Ghutidze,
Ivane Javakhishvili Tbilisi State University, Georgia

Emine Koca,
Ankara Haci Bayram Veli University, Turkey

David Perez Jorge,
University of La Laguna, Spain

Irma Guga,
European University of Tirana, Albania

Jesus Gerardo Martínez del Castillo,
University of Almeria, Spain

Mohammed Mouradi,
Sultan Moulay Slimane University, Morocco

Marco Tulio Ceron Lopez,
Institute of University Studies, Mexico

Mangambu Mokoso Jean De Dieu,
University of Bukavu, Congo

Hadi Sutopo,
Topazart, Indonesia

Priyantha W. Mudalige,
University of Kelaniya, Sri Lanka

Emmanouil N. Choustoulakis,
University of Peloponnese, Greece

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

Pinnawala Sangasumana,
University of Sri Jayewardenepura, Sri Lanka

Abdelali Kaaouachi,
Mohammed I University, Morocco

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

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

Amaya Epelde Larranaga,
University of Granada, Spain

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

Saly Sambou,
Cheikh Anta Diop University, Senegal

Daniela Di Berardino,
University of Chieti-Pescara, Italy

Dorjana Klosi,
University of Vlore "Ismail Qemali, Albania

Abu Hamja,
Aalborg University, Denmark

Stankovska Gordana,
University of Tetova, Republic of Macedonia

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

Maria Leticia Bautista Diaz,
National Autonomous University, Mexico

Bruno Augusto Sampaio Fuga,
North Parana University, Brazil

Anouar Alami,
Sidi Mohammed Ben Abdellah University, Morocco

Vincenzo Riso,
University of Ferrara, Italy

Janhavi Nagwekar,
St. Michael's Hospital, Canada

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

Xi Chen,
University of Kentucky, USA

Fateh Mebarek-Oudina,
Skikda University, Algeria

Nadia Mansour,
University of Sousse, Tunisia

Jestoni Dulva Maniago,
Majmaah University, Saudi Arabia

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

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

Enriko Ceko,
Wisdom University, Albania

Laura Fischer,
National Autonomous University of Mexico, Mexico

Mauro Berumen,
Caribbean University, Mexico

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

Maria Carlota,
Autonomous University of Queretaro, Mexico

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

Bhupendra Karki,
University of Louisville, Louisville, USA

Evens Emmanuel,
University of Quisqueya, Haiti

Iresha Madhavi Lakshman,
University of Colombo, Sri Lanka

Francesco Scotognella,
Polytechnic University of Milan, Italy

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

Rawaa Qasha,
University of Mosul, Iraq

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

Hani Nasser Abdelhamid,
Assiut University, Egypt

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

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

Ilenia Farina,
University of Naples "Parthenope, Italy

Luisa Zanolla,
Azienda Ospedaliera Universitaria Verona, Italy

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

Adriana Burlea-Schiopoiu,
University of Craiova, Romania

Fernando Espinoza Lopez,
Hofstra University, USA

Ammar B. Altemimi,
University of Basrah, Iraq

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

Davide Calandra,
University of Turin, Italy

Nicola Varrone,
University of Campania Luigi Vanvitelli, Italy

Luis Angel Medina Juarez,
University of Sonora, Mexico

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

Sameer Algburi,
Al-Kitab University, Iraq

Braione Pietro,
University of Milano-Bicocca, Italy

Mounia Bendari,
Mohammed VI University, Morocco

Stamatios Papadakis,
University of Crete, Greece

Aleksey Khlopytskyi,
Ukrainian State University of Chemical Technology, Ukraine

Sung-Kun Kim,
Northeastern State University, USA

Nemanja Berber,
University of Novi Sad, Serbia

Krejsa Martin,
Technical University of Ostrava, Czech Republic

Magdalena Vaverkova,
Mendel University in Brno, Czech Republic

Jeewaka Kumara,
University of Peradeniya, Sri Lanka

Antonella Giacosa,
University of Torino, Italy

Paola Clara Leotta,
University of Catania, Italy

Francesco G. Patania,
University of Catania, Italy

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

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

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

Usama Konbr,
Tanta University, Egypt

Branislav Radeljic,
Necmettin Erbakan University, Turkey

Anita Mandaric Vukusic,
University of Split, Croatia

Barbara Cappuzzo,
University of Palermo, Italy

Roman Jimenez Vera,
Juarez Autonomous University of Tabasco, Mexico

Lucia P. Romero Mariscal,
University of Almeria, Spain

Pedro Antonio Martin-Cervantes,
University of Almeria, Spain

Hasan Abd Ali Khudhair,
Southern Technical University, Iraq

Qanqom Amira,
Ibn Zohr University, Morocco

Farid Samir Benavides Vanegas,
Catholic University of Colombia, Colombia

Nedret Kuran Burcoglu,
Emeritus of Bogazici University, Turkey

Julio Costa Pinto,
University of Santiago de Compostela, Spain

Satish Kumar,
Dire Dawa University, Ethiopia

Favio Farinella,
National University of Mar del Plata, Argentina

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

Salwa Alinat,
Open University, Israel

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

Rasool Bukhsh Mirjat,
Senior Civil Judge, Islamabad, Pakistan

Samantha Goncalves Mancini Ramos,
Londrina State University, Brazil

Mykola Nesprava,
Dnoproperovsk State University of Internal Affairs, Ukraine

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

Giacomo Buoncompagni,
University of Florence, Italy

Elza Nikoleishvili,
University of Georgia, Georgia

Mohammed Mahmood Mohammed,
University of Baghdad, Iraq

Oudgou Mohamed,
University Sultan Moulay Slimane, Morocco

Arlinda Ymeraj,
European University of Tirana, Albania

Luisa Maria Arvide Cambra,
University of Almeria, Spain

Charahabil Mohamed Mahamoud,
University Assane Seck of Ziguinchor, Senegal

Ehsaneh Nejad Mohammad Nameghi,
Islamic Azad University, Iran

Mohamed Elsayed Elnaggar,
The National Egyptian E-Learning University , Egypt

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

Harouna Issa Amadou,
Abdou Moumouni University of Niger

Achille Magloire Ngah,
Yaounde University II, Cameroun

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

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

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

Oumar Bah,
Sup' Management, Mali

Angelica Selene Sterling Zozoaga,
Universidad del Caribe, Mexico

Josephine W. Gitome,
Kenyatta University, Kenya

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

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

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

Desara Dushi,
Vrije Universiteit Brussel, Belgium

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

Aziz Dieng,
University of Portsmouth, UK

Ruth Magdalena Gallegos Torres,
Universidad Autonoma de Queretaro, Mexico

Alami Hasnaa,
Universite Chouaid Doukkali, Maroc

Emmanuel Acquah-Sam,
Wisconsin International University College, Ghana

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

Hicham Chairi,
Abdelmalek Essaadi University, Morocco

Noureddine El Aouad,
University Abdelmalek Essaady, Morocco

Samir Diouny,
Hassan II University, Casablanca, Morocco

Gibet Tani Hicham,
Abdelmalek Essaadi University, Morocco

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

Abderrahim Ayad,
Abdelmalek Essaadi University, Morocco

Sara Teidj,
Moulay Ismail University Meknes, Morocco

Gbadamassi Fousséni,
Université de Parakou, Benin

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

Haounati Redouane,
Ibn Zohr Agadir, Morocco

Hicham Es-soufi,
Moulay Ismail University, Morocco

Imad Ait Lhassan,
Abdelmalek Essaâdi University, Morocco

Givi Makalatia,
Ivane Javakhishvili Tbilisi State University, Georgia

Adil Brouri,
Moulay Ismail University, Morocco

Noureddine El Baraka,
Ibn Zohr University, Morocco

Ahmed Aberqi,
Sidi Mohamed Ben Abdellah University, Morocco

Oussama Mahboub,
Queens University, Kingston, Canada

Markela Muca,
University of Tirana, Albania

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

Kledi Xhaxhiu,
University of Tirana, Albania

Saleem Iqbal,
University of Balochistan Quetta, Pakistan

Dritan Topi,
University of Tirana, Albania

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

Adil Youssef Sayeh,
Chouaib Doukkali University, Morocco

Zineb Tribak,
Sidi Mohammed Ben Abdellah University, Morocco

Ngwengeh Brendaline Belo,
University of Biea, Cameroon

El Agy Fatima,
Sidi Mohamed Ben Abdelah University, Morocco

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

Nato Durglishvili,
University of Georgia, Georgia

Abdelkrim Salim,
Hassiba Benbouali University of Chlef, Algeria

Omar Kchit,
Sidi Mohamed Ben Abdellah University, Morocco

Isaac Ogundu,
Ignatius Ajuru University of Education, Nigeria

Giuseppe Lanza,
University of Catania, Italy

Monssif Najim,
Ibn Zohr University, Morocco

Luan Bekteshi,
"Barleti" University, Albania

Malika Belkacemi,
Djillali Liabes, University of Sidi Bel Abbes, Algeria

Oudani Hassan,
University Ibn Zohr Agadir, Morocco

Merita Rumano,
University of Tirana, Albania

Mohamed Chiban,
Ibn Zohr University, Morocco

Tal Pavel,
The Institute for Cyber Policy Studies, Israel

Jawad Laadraoui,
University Cadi Ayyad of Marrakech, Morocco

El Mourabit Youssef,
Ibn Zohr University, Morocco

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

Krzysztof Nesterowicz,
Ludovika-University of Public Service, Hungary

Laamrani El Idrissi Safae,
Ibn Tofail University, Morocco

Suphi Ural,
Cukurova University, Turkey

Emrah Eray Akca,
Istanbul Aydin University, Turkey

Selcuk Poyraz,
Adiyaman University, Turkey

Ocak Gurbuz,
University of Afyon Kocatepe, Turkey

Umut Sener,
Aksaray University, Turkey

Mateen Abbas,
Capital University of Science and Technology, Pakistan

Muhammed Bilgehan Aytac,
Aksaray University, Turkey

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

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

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

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

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

Atif Ali,
COMSATS University Islamabad, Pakistan

Shahzda Adnan,
Pakistan Meteorological Department, Pakistan

Waqar Ahmed,
Johns Hopkins University, USA

Faizan ur Rehman Qaiser,
COMSATS University Islamabad, Pakistan

Choua Ouchemi,
Université de N'Djaména, Tchad

Syed Tallataf Hussain Shah,
COMSATS University Islamabad, Pakistan

Saeed Ahmed,
University of Management and Technology, Pakistan

Hafiz Muhammad Arshad,
COMSATS University Islamabad, Pakistan

Johana Hajdini,
University "G. d'Annunzio" of Chieti-Pescara, Italy

Mujeeb Ur Rehman,
York St John University, UK

Noshaba Zulfiqar,
University of Wah, Pakistan

Muhammad Imran Shah,
Government College University Faisalabad, Pakistan

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

Titilayo Olotu,
Kent State University, Ohio, USA

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

Sajjad Ali,
Karakoram International University, Pakistan

Hiqmet Kamberaj,
International Balkan University, Macedonia

Sanna Ullah,
University of Central Punjab Lahore, Pakistan

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

Heba Mostafa Mohamed,
Beni Suef University, Egypt

Abdul Basit,
Zhejiang University, China

Karim Iddouch,
International University of Casablanca, Morocco

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

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

Dolantina Hyka,
Mediterranean University of Albania

Yaya Dosso,
Alassane Ouattara University, Ivory Coast

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

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

Soumaya Outellou,
Higher Institute of Nursing Professions and Health Techniques, Morocco

Rafael Antonio Estevez Ramos,
Universidad Autónoma del Estado de México

Mohamed El Mehdi Saidi,
Cadi Ayyad University, Morocco

Ouattara Amidou,
University of San Pedro, Côte d'Ivoire

Murry Siyasiya,
Blantyre International University, Malawi

Benbrahim Mohamed,
Centre Regional des Métiers de l'Éducation et de la Formation d'Inezgane (CRMEF),
Morocco

Emmanuel Gitonga Gicharu,
Mount Kenya University, Kenya

Er-razine Soufiane,
Regional Centre for Education and Training Professions, Morocco

Foldi Kata,
University of Debrecen, Hungary

Elda Xhumari,
University of Tirana, Albania

Daniel Paredes Zempual,
Universidad Estatal de Sonora, Mexico

Jean Francois Regis Sindayihebura,
University of Burundi, Burundi

Luis Enrique Acosta Gonzlez,
University of Holguin, Cuba

Odoziobodo Severus Ifeanyi,
Enugu State University of Science and Technology, Enugu, Nigeria

Maria Elena Jaime de Pablos,
University of Almeria, Spain

Soro Kolotcholoma Issouf
Peleforo Gon Coulibaly University, Cote d'Ivoire

Compaore Inoussa
Université Nazi BONI, Burkina Faso

Dorothee Fegbawe Badanaro
University of Lome, Togo

Soro Kolotcholoma Issouf
Peleforo GON COULIBALY University, Cote d'Ivoire

Compaore Inoussa

Université Nazi BONI, Burkina Faso

Dorothee Fegbawe Badanaro

University of Lome, Togo

Kouakou N'dri Laurent

Alassane Ouattara University, Ivory Coast

Jalila Achouaq Aazim

University Mohammed V, Morocco

Georgios Farantos

University of West Attica, Greece

Maria Aránzazu Calzadilla Medina

University of La Laguna, Spain

Tiendrebeogo Neboma Romaric

Nazi Boni University, Burkina Faso

Dionysios Vourtsis

University of West Attica, Greece

Zamir Ahmed

Government Dehli Degree Science College, Pakistan

Akinsola Oluwaseun Kayode

Chrisland University, Nigeria

Rosendo Romero Andrade

Autonomous University of Sinaloa, Mexico

Belamalem Souad

University Ibn Tofail, Morocco

Hoummad Chakib

Cadi Ayyad University, Morocco

Jozsef Zoltan Malik

Budapest Metropolitan University, Hungary

Sahar Abboud Alameh

LIU University, Lebanon

Table of Contents:

Control de calidad de las observaciones GPS de la Red Geodésica Nacional Activa en México del periodo 2020-2023.....1

Rafaela Mirasol Llanes-Hernández

Rosendo Romero-Andrade

Tiojari Dagoberto Guzmán-Galindo

Lizbeth Guadalupe Santiago-Sánchez

Richard Germán Serrano-Agila

Influence des Paramètres Climatiques sur l'Incidence de la COVID-19 de Mars 2020 à Décembre 2022 dans la Région de Niamey au Niger.....20

Emoud Tcholi Idrissa

Ismaguil Hannadé Houma

Alkassoum Salifou Ibrahim

Alassane Halawen Mohamed

Ibrahim Ibrahim Maman Laminou

Adehossi Eric Omar

Aspects épidémiologiques, cliniques et évolutifs du choléra dans la région de Zinder au Niger en 2021.....41

Zaratou Ali

Sahada Moussa Saley

Balkissa Salissou Labo

Doutchi Mamane

**Rôle de l'Identification chez l'Adolescent Exposé à la Violence Conjugale
au Cameroun.....53**

Fabrice Rocard Tabue Defo

Achille Garance Kameni Ngaleu

**Quantification de la Réserve Régulatrice d'une Nappe Alluviale dans un
Contexte d'Irrigation : Cas de la Vallée de Boghol dans le Massif de l'Aïr
(Niger).....71**

Maman Bachar Maman Bachar Ibrahima Oumarou

Mahaman Moustapha Adamou

Souley Tchagam Tchagam Agi

**Acquisition des notions de la circulation sanguine : Les élèves du cycle
secondaire collégial comme étude de cas.....92**

Abdelouahed Kbibch

Khalid El Khokh

**Dynamique des Ressources Humaines, Animales, et Naturelles au cours
des 32 dernières années (1990-2022) dans la Zone de Fakara de Sud-Ouest
du Niger.....106**

Ousmane Kansaye

Hamissou Amadou Mounkaila

Hamissou Zangui

Ibrahim Adamou Amoukou

Contribution à l'étude taxonomique et à la connaissance des Bolets de l'Ouest du Burkina Faso (Afrique de l'Ouest).....119

Bakiono Benovana

Elise Sanon

Dabiré Kounbo

Nana R. Sylvie

Kusiele Somda Andiéryèir

Nankoné Samson

Guissou K. Marie Laure

Intra-Abdominal Metastasis After Pelvic Primary Synovial Sarcoma Resection: Case Report.....141

Amal Hajri

Khalid Jamaledine

Anas El Wassi

Driss Erguibi

Rachid Boufettal

Saad Jai Rifki

Farid Chehab

Connaissances, attitudes et pratiques des filles en milieu scolaire de la ville de Niamey (Niger) face à la gestion de l'hygiène menstruelle en 2023.....152

Oumara Maina

Soumana Diaouga Hamidou

Issa Abdou Amadou

Oumarou Moussa Binta

Mahaman Laouali Balla Hadiza

Ayouba Adama

Chaibou Yacouba Maimouna

Oumarou Garba Souleymane

Garba Rahamatou Madeleine

Nayama Madi

Performance Optimization of a Simple Drip Irrigation System with Used Plastic Water Bottles.....170

Zakaria Issaka

Abdul-Latif Husein Alhassan

Control de calidad de las observaciones GPS de la Red Geodésica Nacional Activa en México del periodo 2020-2023

Rafaela Mirasol Llanes-Hernández

Rosendo Romero-Andrade

Tiojari Dagoberto Guzmán-Galindo

Lizbeth Guadalupe Santiago-Sánchez

Facultad de Ciencias de la Tierra y el Espacio,
Universidad Autónoma de Sinaloa, México

Richard Germán Serrano-Agila

Departamento de Geociencias,
Universidad Técnica Particular de Loja, Ecuador

[Doi:10.19044/esj.2024.v20n21p1](https://doi.org/10.19044/esj.2024.v20n21p1)

Submitted: 19 June 2024

Accepted: 23 July 2024

Published: 31 July 2024

Copyright 2024 Author(s)

Under Creative Commons CC-BY 4.0

OPEN ACCESS

Cite As:

Llanes-Hernández, R. M., Romero-Andrade, R., Guzmán-Galindo, T. D., Santiago-Sánchez, L. G., & Serrano-Agila, R. G. (2024). *Control de calidad de las observaciones GPS de la Red Geodésica Nacional Activa en México del periodo 2020-2023*. European Scientific Journal, ESJ, 20 (21), 1. <https://doi.org/10.19044/esj.2024.v20n21p1>

Resumen

Se realizó la propuesta de nuevos valores para el efecto multitrayectoria, relación señal-ruido, saltos de ciclo e integridad a través de estadística descriptiva con la finalidad de realizar el control de calidad de la Red Geodésica Nacional Activa en México para la constelación GPS. El análisis fue llevado a cabo mediante el software TEQC considerando los valores propuestos por el IGS, RVM y mediante la implementación de estadística descriptiva. Se analizaron las observaciones GPS de 32 estaciones de monitoreo continuo en el periodo 2020 al 2023. Los resultados demuestran que para el efecto multitrayectoria en la L1, 17 estaciones cumplen con el criterio, en el caso contrario para la L2 donde 27 estaciones superan el valor recomendado. Para la relación señal-ruido, solo dos estaciones presentan una potencia baja en ambas frecuencias. En relación con la integridad, solo 5 estaciones no cumplen con el valor propuesto, por su parte, para los saltos de ciclo, solo 5 estaciones no cumplen con el valor recomendado. Finalmente, se demuestra que las estaciones que pertenecen a la Red Geodésica Nacional

Activa cumplen con los valores recomendados, por lo que es posible utilizar las estaciones para monitoreo de la corteza terrestre y trabajos topógrafo-geodésicos conforme a la nueva actualización masiva de equipos y receptores derivado de los valores presentados.

Palabras clave: GPS; RGNA; Control de calidad; Efecto multitrayectoria; Relación señal-ruido; Saltos de ciclo; Integridad

Quality control of the GPS observations of the National Geodetic Active Network in Mexico for the period 2020-2024

Rafaela Mirasol Llanes-Hernández

Rosendo Romero-Andrade

Tiojari Dagoberto Guzmán-Galindo

Lizbeth Guadalupe Santiago-Sánchez

Facultad de Ciencias de la Tierra y el Espacio,
Universidad Autónoma de Sinaloa, México

Richard Germán Serrano-Agila

Departamento de Geociencias,
Universidad Técnica Particular de Loja, Ecuador

Abstract

Descriptive statistics were used to propose new values for quality control of Mexico's Active National Geodetic Network, specifically for the multipath effect, signal-to-noise ratio, cycle slips, and integrity of the GPS constellation. The analysis was carried out using the TEQC software considering the values proposed by the IGS, [RVM](#) and by implementing descriptive statistics. Based on the results, the proposed criteria are met by 17 stations for the multipath effect in L1, while for L2, the recommended value is exceeded by 27 stations. For the signal-to-noise ratio, only two stations have low power on both frequencies. Regarding integrity, only 5 stations do not comply with the proposed value. Meanwhile, for cycle slips, only 5 stations do not comply with the recommended value. Finally, it is demonstrated that the stations that belong to the Active National Geodetic Network can be used for monitoring the Earth's crust and topographic-geodetic work in accordance with the new massive update of equipment and receivers derived from the values presented.

Keywords: GPS, RGNA, Quality check, Multipath effect, Signal-to-noise ratio, cycle slips, integrity

Introducción

El avance tecnológico y de investigación de los Sistemas de Navegación Satelital (GNSS) permite que se realicen nuevas investigaciones relacionadas con la deformación de la corteza terrestre (Arias-Gallegos et al., 2023), el monitoreo de estructuras (Yigit et al., 2021), análisis ionosférico como precursor sísmico (Nayak et al., 2023; Sharma et al., 2024), son algunos ejemplos de los resultados obtenidos al hacer uso de los datos GNSS.

El Sistema de Posicionamiento Global (GPS) forma parte de los GNSS y es el sistema más robusto dado el tiempo de operación, el cual cuenta con una cobertura global, aunque existen otras constelaciones como lo son: Sistema Global de Navegación por Satélite (GLONASS) y Agencia del Sistema Mundial de Navegación por Satélite Europea (GALILEO). En este sentido, a nivel mundial existen organismos que gestionan información geoespacial o de redes geodésicas de operación continua que ayudan al desarrollo de trabajos científicos-técnicos de alta precisión que apoyan a la infraestructura geodésica como lo es el International GNSS Service (IGS, <https://igs.org/>), National Geodetic Survey (NGS, <https://geodesy.noaa.gov/>) Earth Scope Consortium (<https://www.earthscope.org/>) y el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI, <https://www.inegi.org.mx/>), por citar algunos.

Es importante revisar la calidad de los archivos crudos y verificar el correcto funcionamiento de las estaciones que operan actualmente a nivel mundial, ya que está directamente relacionada con el posicionamiento preciso (Yeh et al., 2007). En el estado del arte existen resultados de investigaciones que realizaron un análisis o control de calidad de las observaciones, enfocándose en el efecto multitrayectoria, integridad de la información, saltos de ciclo y relación señal-ruido. Vázquez, et al., (2012) estudiaron la cantidad del efecto multitrayectoria en pseudo-distancias a partir de las observaciones GPS en la red TAMDEF (Montañas trans Antárticas) de un total de 33 estaciones de operación continua, determinando que el efecto multitrayectoria es uno de los principales degradadores de la señal. Souto, (2014) realizó el control de calidad de una estación de monitoreo permanente en Córdoba, Argentina, enfocándose en el número de observaciones, efecto multitrayectoria y saltos de ciclo, encontrando que la estación tiene un buen comportamiento basado en los resultados encontrados. Hu et al., (2016) investigaron la calidad de las observaciones de un total de 173 estaciones de campaña en el noroeste y norte de China, con un total de 4 días de observación, encontrando las afectaciones que pueden presentar las series temporales si no se considera el entorno de la estación al calcular la velocidad. Kamatham, (2018) determinó que el efecto multitrayectoria en algunos casos puede verse de forma inversamente proporcional a la relación señal-ruido. García-Armenteros, (2020) realizó una monitorización y control de calidad de las

estaciones de la red de Topo-Iberia-UJA en España, de un total de 10 años en promedio, considerando los indicadores del IGS, encontrando que la red geodésica es apta para estudios geodinámicos. Asimismo, García-Armenteros, (2023) analizó 12 años de observaciones continuas, siguiendo los indicadores del IGS y comprobando el impacto que tiene los residuales de fase del modelo libre de ionósfera en las observaciones, encontrando que al incrementar el ángulo de elevación se presenta un incremento en los saltos de ciclo y en el efecto multitrayectoria.

En México, existen organismos que gestionan redes geodésicas mencionados anteriormente, siendo la Red Geodésica Nacional Activa del INEGI la más importante por las implicaciones normativas que representa para el país. Algunos estudios realizados en México han sido llevados a cabo por Vázquez et al., (2013) el cual estudiaron las estaciones de la RGNA y de libre acceso enfocándose únicamente en el efecto multitrayectoria en función de los diferentes equipos utilizados. Asimismo, Hernández-Andrade et al., (2020) analizaron las observaciones de las estaciones de monitoreo continuo GPS de libre acceso considerando todos los indicadores del IGS, demostrando que no todas las estaciones cumplen con los parámetros de calidad que recomienda el IGS. Finalmente, Hernández-Andrade et al., (2022) realizó un análisis profundo y propuso valores para determinar la calidad de las estaciones en México (RVM), ya que estas no cumplen con los criterios del IGS, demostrando que el análisis de calidad es un importante para los estudios de deformación de la corteza, ya que un exceso de ruido en el receptor generará que aumente la incertidumbre en las series temporales Hu et al., (2016).

Con base en lo anterior, y existiendo la necesidad debido al aumento de las estaciones y la actualización masiva de toda la Red Geodésica Nacional Activa y al no haber un estudio actualizado del control de calidad de las observaciones GPS, se presenta por primera vez el control de calidad de las observaciones GPS de la Red Geodésica Nacional Activa en México considerando los indicadores del IGS, RVM y la propuesta de nuevos parámetros de calidad para: integridad, saltos de ciclo, efecto multitrayectoria y relación señal-ruido.

Red Geodésica Nacional Activa en México (RGNA)

De acuerdo con las normativas mexicanas, el Sistema Geodésico Nacional establece que toda estación geodésica de un levantamiento horizontal deberá estar referido al Marco de Referencia Terrestre Internacional, definido por el Servicio Internacional de Rotación Terrestre y de Sistemas de Referencia para el año 2008, referido a la época 2010.0. El cual es denominado ITRF08 época 2010.0, asociado al elipsoide de referencia GRS80, y solo será accesible mediante la RGNA.

En el año 2020 la RGNA contaba con 23 estaciones GPS y para el año 2021 incrementó el número de estaciones GPS a 31 debido a fallas presentadas en los equipos. En ese mismo año, se realizó una actualización de los equipos de la RGNA (Figura 1). Actualmente cuentan con el receptor ALLOY, GR10 y modelo de antena TRM115000.00 o LEIAR10 según el National Geodetic Survey (NGS); siendo la mayoría de las ubicaciones sobre azoteas de la dependencia de INEGI a lo largo del país (Figura 1 y 2).

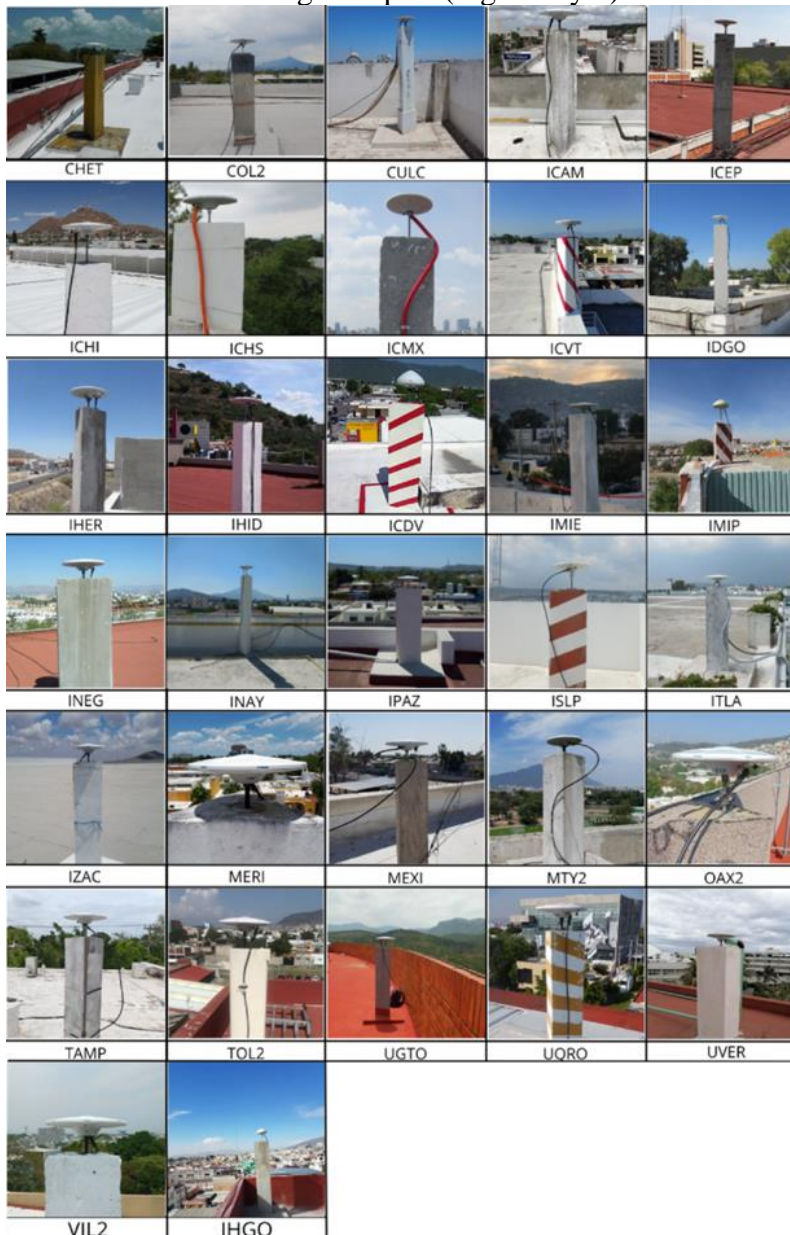


Figura 1. Antenas, receptores y monumentación de la Red Geodésica Nacional Activa (RGNA). Fuente: Imágenes cortesía de INEGI, con elaboración propia del diseño

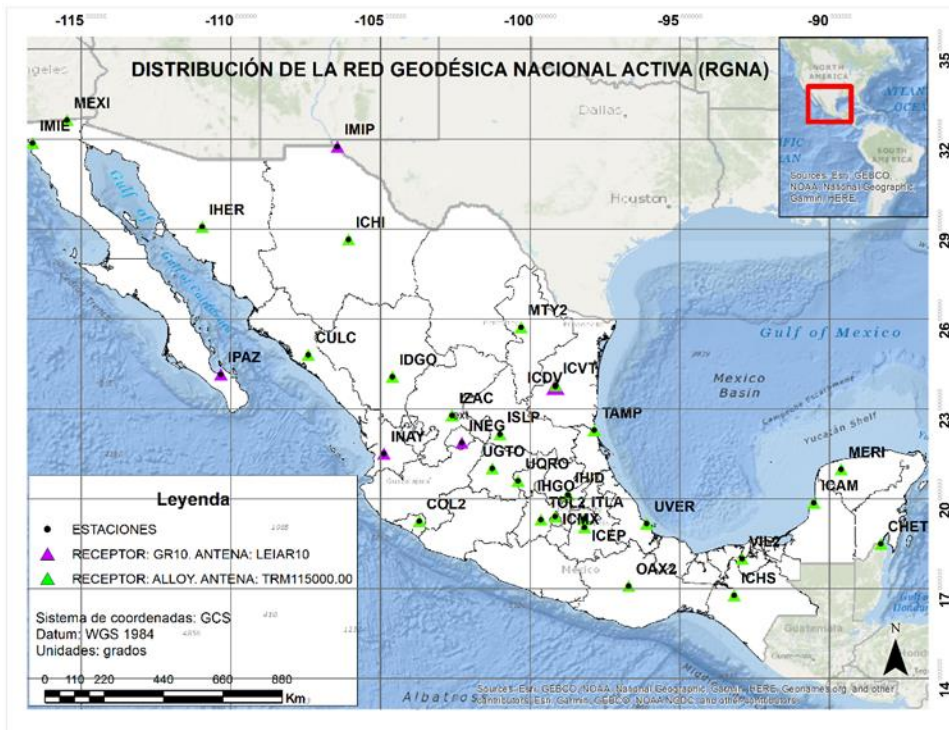


Figura 2. Distribución de la Red Geodésica Nacional Activa (RGNA). Fuente: elaboración propia

Tabla 1. Estaciones de la Red Geodésica Nacional Activa (RGNA).					
Nombre de la estación	Latitud	Longitud	Altura geodésica (m)	Receptor	Antena
CHET	18°29'42.99641''	88°17'57.20961''	2.955	ALLOY	TRM115000.00
COL2	19° 14' 9.99474''	103° 42' 06.78208''	528.784		
CULC	24° 47' 42.30742''	107° 24' 45.34764''	36.138		
ICAM	19° 51' 12.44688''	90° 31' 38.90207''	2.578	GR10	LEIAR10
ICDV	23°44'20.94''	99°09'24.76''	325.7936		
ICEP	19° 01' 58.88475''	98° 11' 15.35143''	2150.327	ALLOY	TRM115000.00
ICHI	28° 38' 50.05040''	106° 03' 58.01000''	1405.717		
ICHS	16° 46' 14.32120''	93° 11' 35.30631''	635.182		
ICMX	19° 24' 20.30945''	99° 10' 15.07088''	2267.439		
ICVT	23° 46' 22.62078''	99° 08' 57.84894''	277.764		
IDGO	24° 04' 02.83116''	104° 36' 25.48267''	1863.116		
IHER	29° 04' 03.46672''	110° 57' 40.67655''	176.577		
IHGO	20°07'2516''	98°44'38.72''	2407.659	ALLOY	TRM115000.00
IHID	20° 06' 53.62216''	98°44' 17.77306''	2390.334		
IMIE	31° 51' 42.69707''	116° 36' 58.81264''	-22.222	ALLOY	TRM115000.00
IMIP	31° 44' 41.75718''	106° 26' 45.12587''	1113.428	GR10	LEIAR10
INAY	21° 30' 15.65925''	104° 53' 45.85918''	925.451		

INEG	21° 51' 22.15280"	102° 17' 03.13231"	1887.823	ALLOY	TRM115000. 00
IPAZ	24° 08' 42.97974"	110° 19' 50.67946"	-14.835		
ISLP	22° 08' 39.18986"	101° 00' 55.81688"	1910.286		
ITLA	19° 18' 32.86728"	98° 12' 56.28240"	2327.685		
IZAC	22° 46' 41.31955"	102° 36' 45.80515"	2427.673		
MERI	20° 58' 48.16346"	89° 37' 13.14324"	7.863		
MEXI	32° 37' 58.77103"	115° 28' 32.53523"	-22.427		
MTY2	25° 42' 55.82372"	100° 18' 46.46275"	521.741		
OAX2	17° 04' 42.02383"	96° 43' 00.26225"	1607.262		
TAMP	22° 16' 41.95540"	97° 51' 50.49882"	21.050		
TOL2	19° 17' 35.64347"	99° 38' 36.50048"	2651.730		
UGTO	21° 00' 09.75456"	101° 16' 17.99246"	2062.282		
UQRO	20° 35' 28.09773"	100° 24' 45.69377"	1817.973		
UVER	19° 09' 55.68003"	96° 06' 51.67505"	3.212		
VIL2	17° 59' 25.47838"	92° 55' 51.95484"	27.744		

Acorde con la información registrada por el INEGI, se analizó un total de 4 años continuos (Tabla 2) considerando que para analizar una serie temporal asociada a deformación de la corteza se requiere como mínimo 2.5 años de observaciones (Blewitt y Lavallée, 2002) así mismo, es necesario considerar aquellas estaciones que no están dentro del periodo mínimo recomendado, ya que estas proporcionan la tendencia del comportamiento de dicha estación.

Tabla 2. Cantidad de datos proporcionados por año por el Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Fuente: elaboración propia.

ESTACIÓN	AÑO				TOTAL (DÍAS)	TOTAL (AÑOS)
	2020	2021	2022	2023		
CHET	665	326	365	365	1421	3.893
COL2	365	365	365	365	1460	4
CULC	365	365	365	365	1460	4
ICAM	365	365	365	365	1460	4
ICDV	345	198	----	----	543	1.487
ICEP	365	365	365	365	1460	4
ICHI	365	365	365	365	1460	4
ICHS	365	365	365	365	1460	4
ICMX	365	365	365	365	1460	4
ICVT	----	138	365	365	868	2.378
IDGO	365	365	365	365	1460	4
IHER	365	365	365	365	1460	4
IHGO	295	----	----	----	295	0.808
IHID	41	364	365	365	1135	3.109
IMIE	362	365	361	365	1453	3.980
IMIP	358	362	365	365	1450	3.976
INAY	364	364	363	365	1456	3.989
INEG	364	224	365	365	1318	3.610
IPAZ	365	365	365	365	1460	4
ISLP	365	365	365	365	1460	4
ITLA	365	365	365	365	1460	4
IZAC	365	365	365	365	1460	4
MERI	365	364	365	365	1459	3.997
MEXI	365	365	365	364	1459	3.997

MTY2	365	365	365	352	1447	3.964
OAX2	364	365	365	365	1459	3.997
TAMP	361	365	365	362	1453	3.980
TOL2	303	365	365	365	1398	3.830
UGTO	365	365	365	365	1460	4
UQRO	365	365	365	365	1460	4
UVER	362	365	365	365	1457	3.991
VIL2	338	365	365	365	1433	3.926

Control de Calidad de las observaciones GPS

El control de calidad de las observaciones GPS se lleva a cabo para analizar el correcto funcionamiento de las estaciones de monitoreo continua (García-Armenteros, 2020; Hernández-Andrade et al., 2022; Souto, 2014), debido a la importancia para las realizaciones de los International Terrestrial Reference System (ITRF) ayudando a su actualización y refinamiento (Altamimi et al., 2016).

Actualmente, existen parámetros que son recomendados por el International GNSS Service (IGS) (<https://igs.org/documents/#guidelines>) para evaluar el buen funcionamiento de las estaciones de operación continua (IGS, 2015), siendo los indicadores: integridad, relación señal-ruido, saltos de ciclo y efecto multitrayectoria. Estos parámetros pueden ser extraídos mediante los softwares TEQC (Translate/Edit/Quality Check) (Estey y Wier, 2014), Anubis-G (Xiao et al., 2020), y RINGO (Kawamoto et al., 2023), entre otros; no obstante, los resultados son los mismos, siendo las únicas diferencias la cantidad de constelaciones que pueden procesar y la forma de mostrar los resultados (Puskas et al., 2019).

Metodología

La metodología es presentada en la Figura 3. Para llevar a cabo el procesado mediante el software TEQC, fue necesario realizar una descompresión del formato de compresión HATANAKA (Hatanaka, 2008) a RINEX 2.11 (Gurtner y Estey, 2009) mediante la herramienta CRX2RNX (Hatanaka, 2008). Una vez en formato RINEX 2.11(Receiver Independent Exchange Format Version 2.11), se removieron las constelaciones GLONASS y GALILEO, para solo dejar GPS con la finalidad de analizar la constelación que da solución a la totalidad de los equipos en el país de México, lo anterior fue realizado con el software TEQC mediante implementaciones en Shell-C.

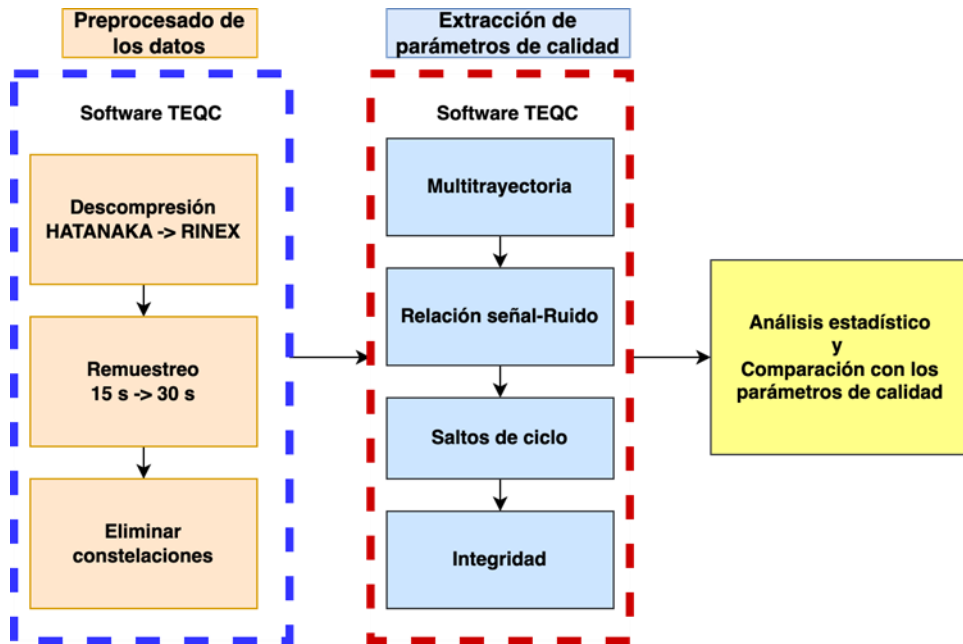


Figura 3. Metodología utilizada para el desarrollo de la investigación

Para la extracción y cálculo de los parámetros, es importante considerar que el efecto multitrayectoria (MP) es un efecto producido por la señal cuando llega de forma indirecta al receptor debido a la reflexión en una superficie reflejante cercana al receptor como un árbol, edificio, etc. Este efecto ocasiona que la señal realice un recorrido adicional, el cual degrada la precisión (Seeber, 2003). El cálculo del efecto multitrayectoria se basa en una combinación lineal del pseudorange y fase portadora en la L1 y L2 mediante una estimación del error medio cuadrático (Estey y Wier, 2014) en metros; acorde con el IGS el valor recomendado es <math><30\text{ cm}</math>.

La relación señal-ruido es expresada como SNR y según (Xiao et al., 2020) describe la potencia de la señal; la ganancia de la antena, estado del receptor y efecto multitrayectoria son los principales factores que alteran este parámetro, siendo el valor recomendado $\geq 36\text{ dBHz}$.

El porcentaje de las observaciones registradas respecto a las esperadas (integridad) es calculado al hacer referencia a los datos obtenidos respecto a los posibles expresado en porcentaje (Hernández-Andrade, 2021).

Los saltos de ciclo son las pérdidas en el seguimiento del satélite, siendo una discontinuidad en el número entero de ciclos de la fase, este es posible calcularlo como $\text{CSR} = 1000 / (o / \text{spls})$, donde "o" es el número de observaciones registradas y "spls" es la cantidad de saltos de ciclo, siendo el valor recomendado por el IGS 1 por cada mil observaciones.

Algunos autores como García-Armenteros, (2020, 2023); Hernández-Andrade et al., (2020) han analizado el estado de las redes geodésicas

establecidas de estaciones de operación continua GNSS considerando los parámetros del IGS. No obstante, y conforme a lo expuesto por Hernández-Andrade et al., (2022), es necesario investigar la situación real de las estaciones basados en estadísticas de cada región. En este sentido, se hace la propuesta de los indicadores para la RGNA bajo el siguiente análisis estadístico:

Tabla 3. Valores recomendados en la literatura para los parámetros de calidad para una estación de referencia continua y los calculados.

	Multitrayectoria	Salto de Ciclo	Relación Señal-Ruido	Integridad
IGS	≤0.30 m	≤1 por cada 1000 observaciones	≥ 36 dBHz	≥ 95%
RVM	≤ 0.47 y 0.42 en L1 y L2 en m, respectivamente.	≤ 1.04 por cada 1000 observaciones	≥ 42.31 y ≥ 32.51 en L1 y L2 en dBHz, respectivamente.	≥ 98%
RGNAV	≤ 0.30 y ≤ 0.35 en L1 y L2 en m, respectivamente	≤.03 por cada 1000 observaciones	≥ 43.75 y ≥ 40.93 en L1 y L2 en dBHz, respectivamente.	≥ 99%

Actualmente en la RGNA solo una estación pertenece al IGS y no representa la realidad de las estaciones, se realiza un análisis estadístico basado en el estudio de todos los datos obtenidos de todas las estaciones de la RGNA con la finalidad de remover los valores atípicos y evitar sesgos en los indicadores calculados. En este sentido, el cálculo de los valores se lleva de la forma expresada en la ecuación (1) (Hernández-Andrade et al., 2022):

$$\underline{X}_{RGNA} = \sum_{i=1}^n x_i/n \quad (1)$$

Donde n es el número de estaciones GPS para analizar; x_i es el valor correspondiente al valor anual promedio para cada estación GPS en 4 años; \underline{X}_{RGNA} es el promedio de cada valor por un periodo de 4 años.

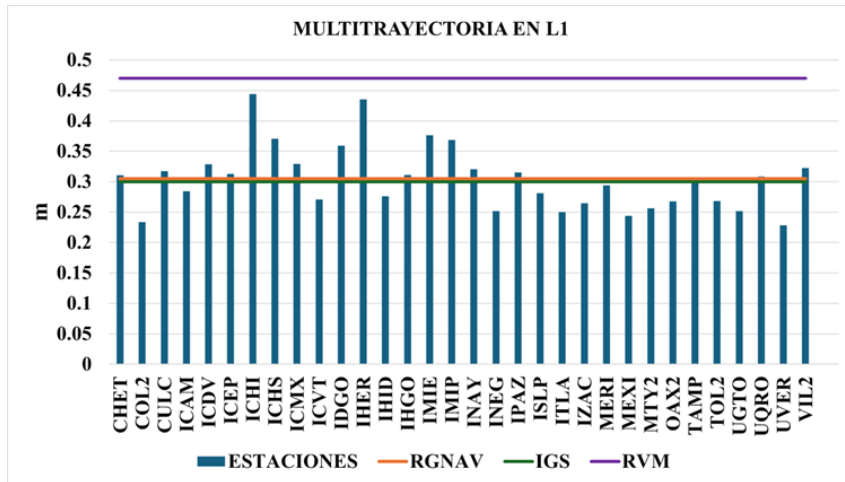
Resultados

Los resultados se muestran en las Figuras 4-6 de la estadística descriptiva aplicada para el cálculo de los 4 indicadores de calidad; efecto multitrayectoria (MP1 y MP2) en L1 y L2; relación señal-ruido (SNR1 y SNR2) en L1 y L2; saltos de ciclo (CSR) por cada mil observaciones y la integridad (INT) para todas las estaciones de la RGNA considerando los valores propuestos por el IGS y Hernández-Andrade et al., (2022).

Los valores promedio para el efecto multitrayectoria en L1 (Figura 4a) para las estaciones de la RGNA se encuentran por debajo de los indicadores calculados RVM. Para los indicadores recomendados por el IGS, 17 estaciones

lo superan, siendo solo 15 estaciones que no cumplen con el parámetro recomendado para el efecto multitrayectoria; en este mismo sentido, el valor calculado propuesto RGNAV es similar al recomendado por el IGS, con la misma cantidad de estaciones que cumplen con este indicador.

A)



B)

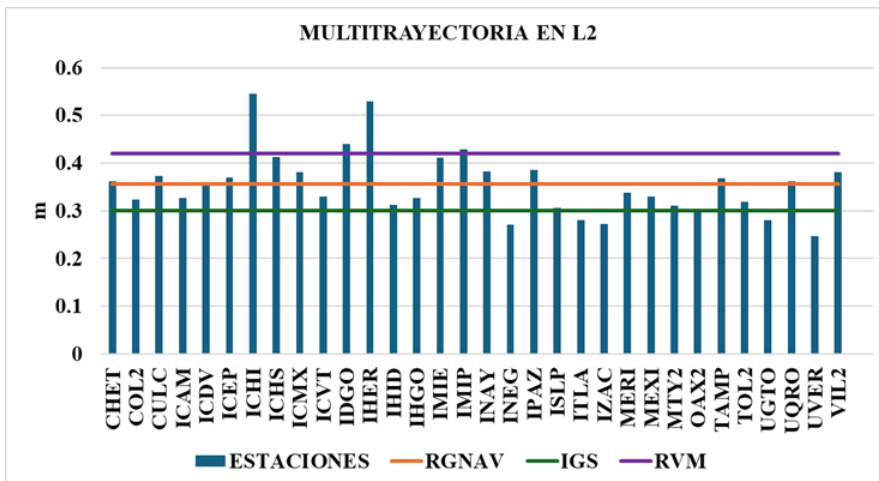
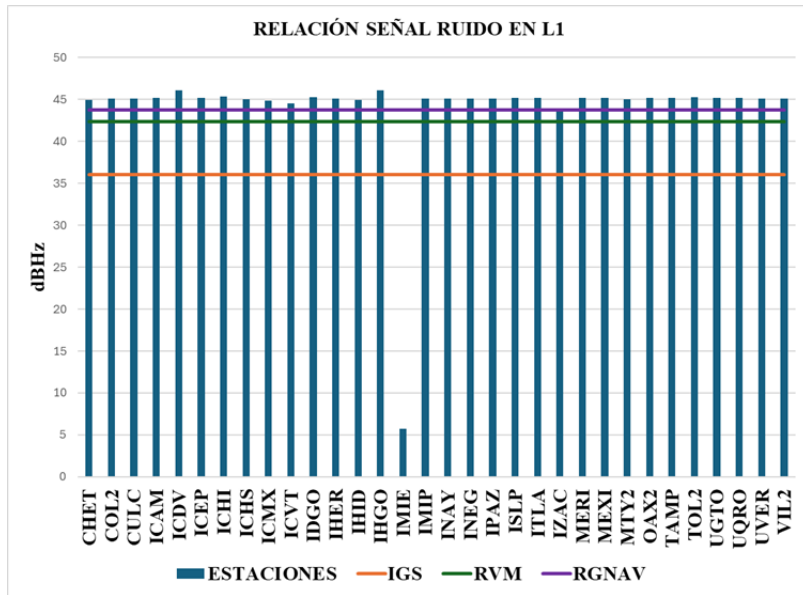


Figura 4. Efecto multitrayectoria

Para el caso del efecto multitrayectoria en L2 (Figura 4b) considerando el indicador del IGS, se puede observar que 27 estaciones superan lo recomendado; en este sentido aun cuando el valor recomendado RVM es más permisivo, 4 estaciones superan con más de 40 cm. Por último, el valor de RGNAV se ve superado en 15 estaciones. Este comportamiento acorde con lo descrito por Souto, (2014) puede ser un efecto relacionado por el software y hardware o bien, por el ambiente circundante a la estación, la cual cuenta con un tipo de suelo reflejante en la ubicación donde se encuentra.

En la Figura 5a se presenta la relación señal-ruido para la L1, donde solo la estación de IMIE no cumple con ninguno de los valores propuestos por el IGS, RVM o RGNAV, las demás estaciones presentan una potencia de hasta más de 42 dBHz. Para el caso de la relación señal-ruido para la L2 (Figura 5b), la estación IMIE no cumple con ningún valor propuesto, similarmente la estación IMIP, cumple con el valor del IGS y el RVM; no cumpliendo con el valor propuesto por el RGNAV donde se espera una potencia fuerte de la señal (mayor a 40 dBHz).

A)



B)

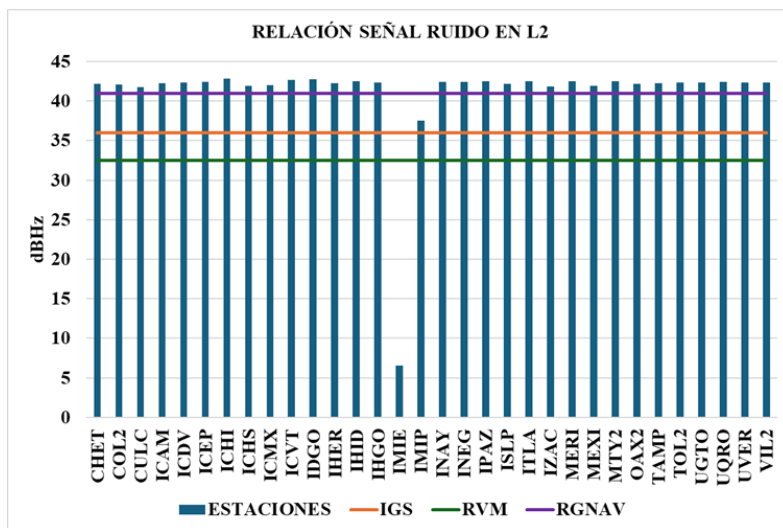
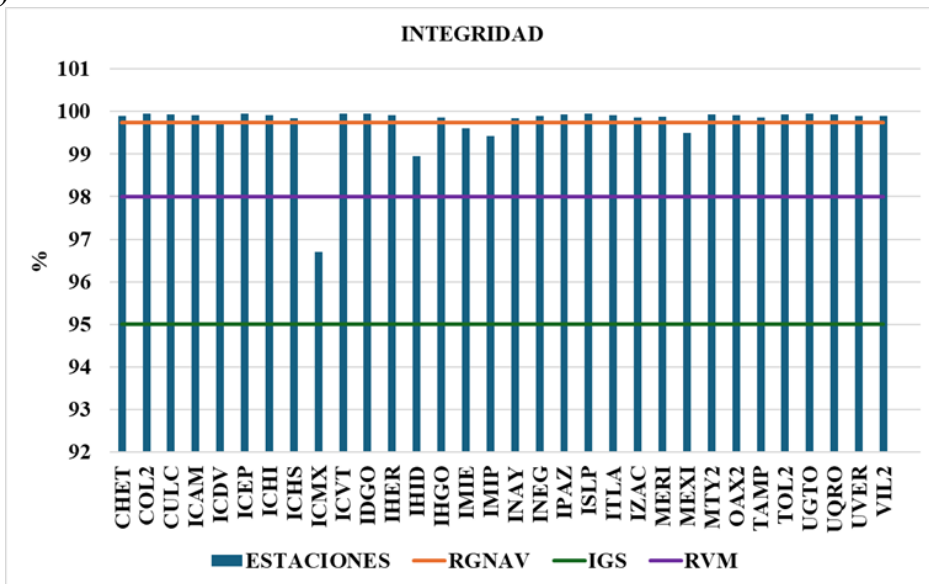


Figura 5. Relación señal-ruido

Para el caso de la integridad (Figura 6a), todas las estaciones superan el valor recomendado por el IGS. Para el caso del valor propuesto del RVM, solo 1 estación no cumple, no obstante, es un valor considerablemente alto. Finalmente, para 5 estaciones no cumplen con el valor propuesto del RGNAV, siendo el indicador más rigorista.

A)



B)

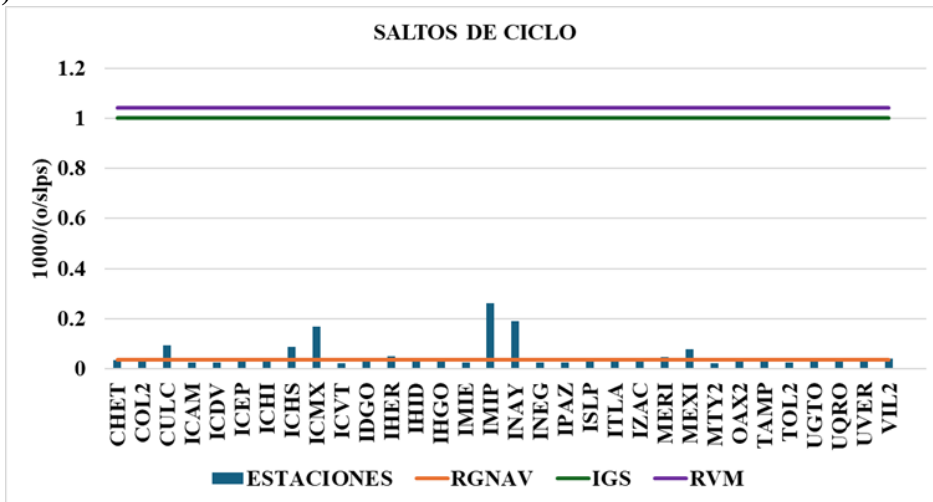


Figura 6. Integridad y saltos de ciclo

Tabla 4. Resultados de análisis estadístico para la Red Geodésica Nacional Activa.

Estación	Integridad (%)	MP1(m)	MP2 (m)	Salto de ciclo <(1000/ o/slips)	Relación señal ruido en L1 (dHBZ)	Relación señal ruido en L2 (dHBZ)
CHET	99.90	0.31	0.36	0.03	44.95	42.15
COL2	99.95	0.23	0.32	0.03	45.05	42.10
CULC	99.92	0.31	0.37	0.09	45.08	41.74
ICAM	99.91	0.28	0.32	0.02	45.19	42.23
ICDV	99.77	0.32	0.35	0.02	46.07	42.37
ICEP	99.94	0.31	0.36	0.03	45.21	42.44
ICHI	99.91	0.44	0.54	0.02	45.36	42.79
ICHS	99.84	0.37	0.41	0.08	44.98	41.92
ICMX	96.69	0.32	0.38	0.16	44.88	41.96
ICVT	99.95	0.27	0.32	0.02	44.53	42.64
IDGO	99.94	0.35	0.43	0.04	45.28	42.78
IHER	99.91	0.43	0.52	0.05	45.08	42.27
IHID	98.95	0.27	0.31	0.03	44.89	42.51
IHGO	99.86	0.31	0.32	0.03	46.06	42.35
IMIE	99.61	0.37	0.41	0.02	5.72	6.56
IMIP	99.43	0.36	0.42	0.26	45.09	37.53
INAY	99.83	0.32	0.38	0.18	45.06	42.37
INEG	99.89	0.25	0.27	0.02	45.08	42.39
IPAZ	99.94	0.31	0.38	0.02	45.12	42.48
ISLP	99.95	0.28	0.30	0.02	45.14	42.16
ITLA	99.90	0.24	0.28	0.03	45.17	42.50
IZAC	99.86	0.26	0.27	0.03	43.64	41.82
MERI	99.88	0.29	0.33	0.04	45.14	42.46
MEXI	99.49	0.24	0.33	0.07	45.14	41.91
MTY2	99.93	0.25	0.31	0.02	44.98	42.48
OAX2	99.91	0.26	0.30	0.03	45.15	42.18
TAMP	99.85	0.30	0.36	0.02	45.17	42.27
TOL2	99.93	0.26	0.31	0.02	45.24	42.33
UGTO	99.94	0.25	0.28	0.03	45.16	42.31
UQRO	99.93	0.30	0.36	0.03	45.20	42.42
UVER	99.89	0.22	0.24	0.02	45.08	42.34
VIL2	99.89	0.32	0.38	0.04	45.07	42.33

Referente a los saltos de ciclo (Figura 6b) y en la Tabla 4, para los valores recomendados del RGNV solo 12 estaciones no se apegan a este indicador, siendo más rigorista en comparación con el RVM e IGS en los cuales todas las estaciones se apegan. En este sentido, las estaciones que

presentan mayores saltos de ciclo (ICHS, ICMX, IMIP e INAY), son estaciones con un entorno con superficies reflejantes y obstrucciones en la zona circundante a la antena.

Discusión

Se analizaron un total de 32 estaciones de la Red Geodésica Nacional Activa en México, considerando la última actualización de las estaciones, derivado de un cambio total de receptores y antenas, pasando al receptor ALLOY con una antena TRM11500. Evidentemente las estaciones muestran una mejora con forme a los resultados presentados por Vázquez-Becerra et al., (2013) en el cual se evalúan 53 estaciones en un periodo de tiempo de 1994-2012 de distintos organismos; en este sentido, las estaciones de la RGNA analizadas en este estudio reportan valores de hasta 40 cm para el efecto multitrayectoria (único parámetro estudiado por los autores), superando los valores propuestos por el IGS. Esto es derivado de la ubicación y el tipo de receptor y antena usado (Trimble 5700 en conjunto con antena TRM41249.00 en su mayoría). Conforme a la actualización reciente de todas las estaciones a receptores ALLOY con antena TRM115000 se muestra una disminución de los valores del efecto multitrayectoria apegándose al indicador del IGS.

De acuerdo con los datos analizados por García-Armenteros (2022) la red CGPS Topo-Iberia-UJA y en el estudio realizado para la RGNA se encuentran resultados similares en el comportamiento de ambas redes aún cuando CGPS Topo-Iberia-UJA fue diseñada analizar la corteza terrestre, mientras que la RGNA es para control topógrafo-geodésico. En este sentido, los resultados demuestran que es posible utilizar las observaciones generadas para estudios de la corteza terrestre.

Conforme a la actualización realizada y al análisis presentado por Hernández-Andrade et al., (2020), (2022) es notorio que los datos de la RGNA son de mayor calidad, ya que los reportados en el estudio previo, se encuentra que existen estaciones que no forman parte de la RGNA que superan los 40 cm de efecto multitrayectoria, mostrando un efecto inversamente proporcional en la potencia de la señal en ambas bandas derivado del ruido en la señal por obstrucciones cercanas a las estaciones. Por otro lado, si se aplica el parámetro estimado RGNV a los valores reportados en Hernández-Andrade et al., (2020), (2022), las estaciones no se apegarían a ningún índice, ya que el RGNV es más rigorista derivado de la calidad de las estaciones con la nueva actualización presentada en todas las estaciones.

Las estaciones IMIP e IMIE no cumplen con los valores propuestos por ningún índice, esto es derivado del lugar de localización de la antena, asimismo, ambas estaciones cuentan con un receptor GR10 y antena LEIAR10, encontrándose que, en función del firmware, los valores tienden a ser altos Hernández-Andrade et al., (2020); Herrada et al., (2010).

En función al desempeño mostrado, se puede utilizar estas estaciones para el monitoreo de la corteza terrestre, ya que no presentan valores atípicos fuera de los valores recomendados por el IGS, RVM o RGNAV, como los reportados por Hu et al., (2016) donde la estaciones presentan un alto contenido de efecto multitrayectoria, el cual hace que se sobre estime la velocidad vista en la serie temporal.

Conclusiones

Por primera vez en México se realizó el control de calidad de las observaciones GPS de la Red Geodésica Nacional Activa considerando los parámetros de calidad (efecto multitrayectoria, relación señal-ruido, saltos de ciclo por cada mil observaciones, e integridad) del IGS, RVM y una propuesta de nuevos valores a la cual denominamos RGNAV, pudiendo concluir lo siguiente:

- Los valores propuestos (RGNAV) para los indicadores son más rigurosos que los valores RVM e IGS, esto es derivado de la alta calidad que presenta los valores de la RGNA, lo cual tendría un impacto en la calidad de la información y en el uso de la topografía y geodesia.
- De las 32 estaciones analizadas, solo 30 cumplen con los valores propuestos RGNAV. Las dos estaciones que no cumplen no presentan una actualización en software y firmware, además de utilizar una antena y receptor de modelo antiguo. Esto concuerda con estudios previos por diferentes autores.
- Las estaciones dados los resultados presentados y los requisitos para pertenecer al IGS, cumplen satisfactoriamente con los criterios para ser incluidas al menos 30 estaciones.
- Se demuestra que el efecto multitrayectoria es el indicador más importante para establecer y analizar estaciones de referencia continua, ya que, en función del entorno de la estación, será el contenido de ruido en la estación.

Finalmente, se demuestra que dada la última actualización que es viable utilizar la RGNA en estudios para la deformación de la corteza y trabajos topógrafo-geodésico.

Agradecimientos: Agradecer al Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) por brindar los datos de las estaciones de operación continua bajo solicitud debidamente fundamentada. A los revisores que ayudaron a mejorar el trabajo significativamente. A la Universidad Técnica Particular de Loja, en Ecuador y la Facultad de Ciencias de la Tierra y el Espacio en México por brindar el soporte técnico para realizar la experimentación.

Financiamiento: Esta investigación fue financiada mediante el proyecto “Uso y procesamiento de datos GNSS del Ecuador para investigaciones en Geociencias” a través de la Universidad Técnica Particular de Loja, Ecuador y el por Cuerpo Académico de Ciencias Geodésicas (CA-UAS-23) de la Facultad de Ciencias de la Tierra y el Espacio de la Universidad Autónoma de Sinaloa, en México.

Conflictos de intereses: Los Autores no declaran ningún conflicto de interés.

Disponibilidad de datos: Todos los datos son propiedad de la dependencia gubernamental Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), los cuales fueron solicitados a través de las autoridades.

References:

1. Altamimi, Z., Rebischung, P., Métivier, L., y Collilieux, X. (2016). ITRF2014: A new release of the International Terrestrial Reference Frame modeling nonlinear station motions. *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, 121(8), 6109–6131. <https://doi.org/doi:10.1002/2016JB013098>
2. Arias-Gallegos, A., Borque-Arancón, M. J., y Gil-Cruz, A. J. (2023). Present-Day Crustal Velocity Field in Ecuador from cGPS Position Time Series. *Sensors (Basel, Switzerland)*, 23(6). <https://doi.org/10.3390/s23063301>
3. Blewitt, G., & Lavallée, D. (2002). Effect of annual signals on geodetic velocity. *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, 107(B7).
4. Estey, L., y Wier, S. (2014). *Teqc Tutorial: basics of Teqc use and Teqc products* (Issue June).
5. García-Armenteros, J. A. (2020). Monitorización Y Control De Calidad De Las Estaciones De La Red Cgps Topo-Iberia-UJA. *European Scientific Journal*, 16(24). <https://doi.org/10.19044/esj.2020.v16n24p1>
6. García-Armenteros, J. A. (2023). Quality assessment of the Topo-Iberia CGPS stations and data quality's effects on postfit ionosphere-free phase residuals. *Geodesy and Geodynamics*, 15(2), 189–199. <https://doi.org/10.1016/j.geog.2023.07.006>
7. Gurtner, W., y Estey, L. (2009). *Rinex (The Receiver Independent Exchange Format) Version 3.01*. Available at <ftp://igs.org/pub/data/format/rinex301.pdf>. June.
8. Hatanaka, Y. (2008). *A compression format and tools for GNSS observation data*.
9. Hernández-Andrade, D. (2021). *Análisis de calidad de las observaciones GPS y su impacto en el posicionamiento preciso. Caso*

- de estudio: redes geodésicas GNSS de libre acceso en México.* Benemérita Universidad Autónoma de Puebla.
10. Hernández-Andrade, D., Romero-Andrade, R., Cabanillas-Zavala, J. L., Ávila-Cruz, M., Trejo-Soto, M. E., y Vega-Ayala, A. (2020). Análisis de calidad de las observaciones GPS en estaciones de operación continua de libre acceso en México. *European Scientific Journal*, 16(33). <https://doi.org/10.19044/esj.2020.v16n33p332>
 11. Hernández-Andrade, D., Romero-Andrade, R., Sharma, G., Trejo-Soto, M. E., y Cabanillas-Zavala, J. L. (2022). Quality assessment of Continuous Operating Reference Stations (CORS) - GPS stations in Mexico. *Geodesy and Geodynamics*, 13. <https://doi.org/10.1016/j.geog.2021.12.003>
 12. Herrada, A., Miranda, S., Fuentes, C., Torres Lobato, O., Pintos, H., y Smalley (Jr), R. (2010). Monitoreo de la calidad de datos GPS continuo: la estación UNSJ (San Juan, Argentina). *Geoacta*, 35(1), 55–62.
http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S1852-77442010000100006
 13. Hu, Y., Cheng, L., y Wang, X. (2016). Quality analysis of the campaign GPS stations observation in Northeast and North China. *Geodesy and Geodynamics*, 7(2), 87–94. <https://doi.org/10.1016/j.geog.2016.03.008>
 14. IGS, 2015. (2015). IGS Site Guidelines. *Organization*, April, 1–9.
 15. Kamatham, Y. (2018). Estimation, analysis and prediction of multipath error for static GNSS applications. *2018 Conference on Signal Processing And Communication Engineering Systems, SPACES 2018, 2018-Janua*, 62–65. <https://doi.org/10.1109/SPACES.2018.8316317>
 16. Kawamoto, S., Takamatsu, N., y Abe, S. (2023). RINGO: A RINEX pre-processing software for multi-GNSS data. *Earth, Planets and Space*, 75(1). <https://doi.org/10.1186/s40623-023-01811-w>
 17. Nayak, K., Romero-Andrade, R., Sharma, G., Cabanillas-Zavala, J. L., López-Urias, C., Trejo-Soto, M. E., y Aggarwal, S. P. (2023). A combined approach using b-value and ionospheric GPS-TEC for large earthquake precursor detection: a case study for the Colima earthquake of 7 . 7M w, Mexico. *Acta Geodaetica et Geophysica*, 0123456789. <https://doi.org/10.1007/s40328-023-00430-x>
 18. Puskas, C. M., Meertens, C. M., Phillips, D. A., Blume, F., Rost, M., y UNAVCO. (2019). Introduction to Anubis software for GNSS quality control in the GAGE Facility and NOTA. In *UNAVCO*. UNAVCO.

19. Seeber, G. (2003). Satellite Geodesy. In *Walter de Gruyter GmbH & Co. KG 10785 Berlin* (Vol. 2). <https://doi.org/10.1080/00050326.1969.10440171>
20. Sharma, G., Nayak, K., Romero-Andrade, R., Mohammed Aslam, M. A., y Sarma, K. K. (2024). Low Ionosphere Density Above the Earthquake Epicentre Region of Mw 7 . 2 , El Mayor – Cucapah Earthquake Evident from Dense CORS Data. *Journal of the Indian Society of Remote Sensing*, 0123456789. <https://doi.org/10.1007/s12524-024-01837-x>
21. Souto, M. S. (2014a). Análisis de calidad y preprocesamiento de datos GNSS de la estación permanente UCOR (Córdoba, Argentina). *Revista de La Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 1(1), 91.
22. Souto, M. S. (2014b). Análisis de calidad y preprocesamiento de datos GNSS de la estación permanente UCOR (Córdoba, Argentina). *Revista de La Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 1(1), 91. <https://revistas.unc.edu.ar/index.php/FCEFYN/article/view/6971>
23. Vázquez, G. E. B., y Grejner-Brzeziska, D. A. (2012). A case of study for pseudorange multipath estimation and analysis: TAMDEF GPS network. *Geofísica Internacional*, 51(1), 63–72. <https://doi.org/doi:null>
24. Vázquez, G. E., Bennett, R., y Spinler, J. (2013). Assessment of Pseudorange Multipath at Continuous GPS Stations in Mexico. *Positioning*, 04(03), 253–265. <https://doi.org/10.4236/pos.2013.43025>
25. Xiao, Y., Yao, M. H., Tang, S. H., Liu, H. F., Xing, P. W., y Zhang, Y. (2020). Data Quality Check and Visual Analysis of Cors Station Based on Anubis Software. *ISPRS - International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, XLII-3/W10(November 2019), 1295–1300. <https://doi.org/10.5194/isprs-archives-xlii-3-w10-1295-2020>
26. Yeh, T. K., Wang, C. S., Chao, B. F., Chen, C. S., y Lee, C. W. (2007). Automatic data-quality monitoring for continuous GPS tracking stations in Taiwan. *Metrologia*, 44(5), 393–401. <https://doi.org/10.1088/0026-1394/44/5/016>
27. Yigit, C. O., El-mowafy, A., Dindar, A. A., Bezcioglu, M., y Tiryakioglu, I. (2021). Investigating Performance of High-Rate GNSS-PPP and PPP-AR for Structural Health Monitoring : Dynamic Tests on Shake Table. *Journal of Surveying Engineering*, 147(1), 1–14. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)SU.1943-5428.0000343](https://doi.org/10.1061/(ASCE)SU.1943-5428.0000343)

Influence des Paramètres Climatiques sur l'Incidence de la COVID-19 de Mars 2020 à Décembre 2022 dans la Région de Niamey au Niger

Emoud Tcholi Idrissa

Service de surveillance épidémiologique et recherche, Hôpital Général de Référence, Niger/ Laboratoire de microbiologie tropicale, Université Abdou Moumouni, Niger

Ismaguil Hannadé Houma

Aix Marseille, Université Côte d'Azur, Avignon Université, CNRS, ESPACE, Avignon, France / Hassan II Institute of Agronomy and Veterinary, Department of Geodesy and Topography, Geomatics Science and Engineering, Rabat, Morocco

Alkassoum Salifou Ibrahim

Faculté des Sciences de la Santé, Université Abdou Moumouni, Niger

Alassane Halawen Mohamed

Laboratoire de Microbiologie de l'Hôpital Général de Référence

Ibrahim Maman Laminou

Centre de Recherche Médicale et Sanitaire, Niger

Adehossi Eric Omar

Faculté des Sciences de la Santé, Université Abdou Moumouni, Niger

[Doi:10.19044/esj.2024.v20n21p20](https://doi.org/10.19044/esj.2024.v20n21p20)

Submitted: 16 April 2024

Accepted: 27 June 2024

Published: 31 July 2024

Copyright 2024 Author(s)

Under Creative Commons CC-BY 4.0

OPEN ACCESS

Cite As:

Tcholi Idrissa, E., Hannadé Houma, I., Salifou Ibrahim, A., Halawen Mohamed, A., Maman Laminou, I., & Eric Omar, A. (2024). *Influence des Paramètres Climatiques sur l'Incidence de la COVID-19 de Mars 2020 à Décembre 2022 dans la Région de Niamey au Niger*. European Scientific Journal, ESJ, 20 (21), 20. <https://doi.org/10.19044/esj.2024.v20n21p20>

Résumé

Introduction : La maladie à coronavirus 2019 (COVID-19) est une maladie infectieuse due au nouveau coronavirus. Son émergence est un enjeu de santé publique mondial. Le rôle des facteurs climatiques dans sa transmission n'est pas déterminé avec précision.

Objectif : Cette étude analyse la corrélation entre les paramètres climatiques (température, humidité relative, durée d'ensoleillement, vitesse du vent) et la dynamique de la COVID-19.

Méthodologie : C'est une étude rétrospective, analytique, utilisant les données épidémiologiques de la COVID 19 (nombre quotidien de cas confirmés et des décès) de mars 2020 à décembre 2022. Ils ont été recueillis à la Direction de la Surveillance et la Riposte aux Epidémies (DSRE). Les données climatiques ont été recueillies à la Direction de la Météorologie Nationale (DMN). La méthode statistique utilisée est le coefficient de corrélation "r" entre les variables climatiques et morbi-mortalité de la COVID-19.

Résultats : L'analyse uni variée montre que le nombre de cas le plus élevé était observé en septembre. L'humidité relative minimale la plus élevée fut observée en août. L'analyse multivariée révèle une corrélation forte et positive entre la vitesse moyenne du vent et la morbidité ($r= 0,14$). La vitesse maximale du vent ($r= 0,13$), la vitesse minimale du vent ($r= 0,15$) influencent la survenue des nouveaux cas de la COVID-19.

Conclusion : L'humidité relative a impact sur la morbi-mortalité, par opposition à la température. Le plus grand nombre des cas intervient en novembre, décembre et janvier, les mois durant lesquelles les températures sont plus basses. Ces informations sont utiles pour planifier et soutenir la lutte contre la COVID-19.

Mots-clés: COVID-19 ; Niamey ; Paramètres climatiques ; Transmissibilité

Influence of Climatic Parameters on the Incidence of COVID-19 from March 2020 to December 2022 in Niamey, Niger

Emoud Tcholi Idrissa

Service de surveillance épidémiologique et recherche, Hôpital Général de Référence, Niger/ Laboratoire de microbiologie tropicale, Université Abdou Moumouni, Niger

Ismaguil Hannadé Houma

Aix Marseille, Université Côte d'Azur, Avignon Université, CNRS, ESPACE, Avignon, France / Hassan II Institute of Agronomy and Veterinary, Department of Geodesy and Topography, Geomatics Science and Engineering, Rabat, Morocco

Alkassoum Salifou Ibrahim

Faculté des Sciences de la Santé, Université Abdou Moumouni, Niger

Alassane Halawen Mohamed

Laboratoire de Microbiologie de l'Hôpital Général de Référence

Ibrahim Maman Laminou

Centre de Recherche Médicale et Sanitaire, Niger

Adehossi Eric Omar

Faculté des Sciences de la Santé, Université Abdou Moumouni, Niger

Abstract

Introduction: Coronavirus 2019 (COVID-19) is an infectious disease caused by a new coronavirus. Its emergence is a global public health issue. The role of climatic factors in its transmission is not precisely determined.

Objective: This study analyzes the correlation between climatic parameters (temperature, relative humidity, sunshine duration, wind speed) and the dynamics of COVID-19.

Methodology: This is a retrospective, analytical study using COVID-19 epidemiological data (daily number of confirmed cases and deaths) from March 2020 to December 2022. They were collected at the Direction de la Surveillance et la Riposte aux Epidémies (DSRE). Climatic data were collected from the Direction de la Météorologie Nationale (DMN). The statistical method used was the "r" correlation coefficient between the COVID-19 climate and morbidity-mortality variables.

Results: Univariate analysis shows that the highest number of cases occurred in September. Minimum relative humidity was highest in August. Multivariate analysis revealed a strong, positive correlation between mean wind speed and morbidity ($r= 0.14$). Maximum wind speed ($r= 0.13$) and

minimum wind speed ($r= 0.15$) influenced the occurrence of new cases of COVID-19.

Conclusion: Relative humidity has an impact on morbidity and mortality, as opposed to temperature. The greatest number of cases occurs in November, December and January, the months when temperatures are lowest. This information is useful for planning and supporting the fight against COVID-19.

Keywords: COVID-19; Niamey; Climatic parameters; Transmissibility

Introduction

Le monde entier connaît désormais cette ville du nom de Wuhan qui est la capitale de la province d'Hubei, en Chine, point de départ de la pandémie de la COVID-19 (CORonaVirus Disease 2019). Le 31 décembre 2019, la commission sanitaire municipale de Wuhan signale officiellement la présence d'un groupe de cas de pneumonie dans la ville (Hardy & Flori, 2021).

La nouvelle infection liée au syndrome respiratoire aigu sévère (SRAS-CoV-2) a été reconnue pour la première fois à la fin de l'année 2019 et a provoqué l'une des plus graves crises de santé publique mondiales (dizaines de millions d'infections et des millions de décès) de ces dernières années touchant pratiquement tous les pays (Paraskevis et al., 2021).

Depuis toujours et dans tous les pays du monde, les maladies infectieuses ont constitué l'une des premières causes de morbidité et de mortalité surtout dans les pays en développement (Dye, 2014). Les maladies respiratoires particulièrement la COVID-19 constituent un problème majeur de santé publique dans le monde vu le nombre des cas et décès enregistrés dus à cette dernière (Dieng et al., 2020). La COVID-19 a entraîné des mesures de quarantaine dans plusieurs pays du monde. Ces mesures se sont avérées efficaces pour réduire considérablement la prévalence du virus car à ce jour, aucun traitement n'est disponible. (Faranda & Alberti, 2020). La transmissibilité élevée du SRAS-CoV-2 avant et peu après l'apparition des symptômes suggère que seuls le diagnostic et l'isolement des patients symptomatiques ne sont pas suffisants pour interrompre la propagation de l'infection. Par conséquent, des mesures de santé publique telles que la distanciation physique, le port du masque, le lavage des mains sont également nécessaires. De plus, il est important de détecter les personnes nouvellement infectées qui restent asymptomatiques, ce qui peut représenter 50% ou plus des cas (Candel et al., 2020).

Depuis que le premier cas confirmé de la COVID-19 a été signalé en Égypte le 14 février 2020, l'Afrique, qui compte plus d'un milliard d'habitants, suit les cas de la COVID-19 (Sayeed, et al., 2021). En Afrique subsaharienne, le premier cas a été signalé au Nigéria le 8 février 27 chez un

patient italien qui s'était rendu au Nigéria par avion depuis l'Italie le 25 février 2020. Depuis lors, le continent a enregistré une augmentation du nombre de cas. Un mois après au 23 mars 2020, il y avait 4 116 cas confirmés de la COVID-19 dans 19 pays africains (CDC, 2020). Au total, 9 110 cas ont été signalés en Afrique, bien que 1 635 599 vaccinations aient été distribuées et que 9 553 690 personnes se soient complètement rétablies (Mutombo et al., 2020).

La COVID-19 s'est propagée dans la plupart des pays du monde en raison de son taux de transmission extrêmement élevé de 2 à 2,5 (*who-china-joint-mission-on-COVID-19-final-report.pdf*, s. d.). Selon les statistiques officielles, la Chine, source de la pandémie, a notifié 93,99% des cas avec guérison, 5,54% avec décès (trois cas pour un million), et seulement 0,47% des cas étaient encore actifs. Alors que les États-Unis d'Amérique sont en tête de liste des pays les plus touchés par la COVID-19, avec un nombre de cas d'environ 3 097 417, représentant 25,89% des cas mondiaux, dont 51,93% étaient encore actifs. En outre, à la date du 23 mars 2020 le nombre de cas combinés de COVID-19 aux États-Unis, au Brésil, en Inde et en Russie représentaient 51,96% des cas mondiaux de la COVID-19 (*COVID - Statistiques Coronavirus - Worldometer*, s. d.). Plusieurs études indiquent que la transmission de la COVID-19 est affectée par la température. A travers des études réalisées, une corrélation inverse a été trouvée entre la température et le nombre quotidien d'infections (Abdollahi & Rahbaralam, 2020 ; Wan et al., 2020). Par exemple, la transmission du virus est entravée par une humidité spécifique supérieure à 6 g/kg et une température moyenne de l'air supérieure à 11 °C (Corripio & Raso, 2020). La COVID-19 peut être saisonnière avec une plage de température optimale de 5 à 14°C et un pic de 10°C (D. Liu et al., 2020).

Jusqu'à présent, peu d'études ont pris en compte simultanément les variables météorologiques, les facteurs démographiques et les mesures de réponse politique pour étudier leurs effets conjoints dans le développement de l'épidémie de la COVID-19. De plus, la plupart des études mondiales étaient fondées sur les données nationales (Chung et al., 2021), tandis que les études à l'échelle des villes ou des régions sont limitées (Lyu et al., 2023). Une association entre la mobilité de la population et la COVID-19 a été établie dans plusieurs régions du monde. Certaines de ces études affirment que les basses températures, la plage de température journalière douce et la faible humidité contribuent probablement à la transmission de la maladie. De plus, il a été établi que les aérosols accumulant des virus se transmettent facilement entre les individus (Yao et al., 2020) (Wang et al., 2020) (Sehra et al., 2020). Les paramètres météorologiques montrent une forte influence sur la transmission des maladies dans les localités urbaines (Hariharan, 2021).

Dans ce contexte, une compréhension approfondie des facteurs sous-jacents qui influencent la propagation du virus est d'une importance cruciale pour les décideurs, les professionnels de la santé et la population en général. Outre, les analyses des statistiques descriptives, l'une des approches les plus prometteuses pour analyser cette relation complexe est l'utilisation de modèles de machine learning avancés, tels que l'algorithme Random Forest (A. Islam, Pakrashi, et al., 2021). Ces modèles offrent la capacité de prendre en compte une multitude de variables météorologiques simultanément, de détecter des interrelations non linéaires et d'identifier les facteurs météorologiques les plus influents (Y. Liu et al., 2022). Dans cette étude, nous mettons en avant l'intérêt fondamental de l'application de ces modèles de machine learning pour évaluer de manière précise et approfondie la relation entre les conditions météorologiques locales et le nombre de cas de la COVID-19 à Niamey en sus des analyses corrélatives. En utilisant cette démarche, nous visons à contribuer à une meilleure compréhension des mécanismes sous-jacents de la transmission du virus dans un contexte météorologique tropicale sahélienne, ce qui peut aider à orienter les stratégies de prévention et de gestion de la pandémie dans la région.

Matériel et méthodes :

Site et population d'étude : Cette étude s'est déroulée à Niamey, située au Sud-ouest du Niger. Elle est enclavée dans la région de Tillabéry. Niamey se situe entre la latitude 13°35' et 13°24' Sud et la longitude 2°15' Est. Son altitude est comprise entre 160 m et 250 m et ses limites administratives s'étendent sur 552,27 km² dont environ 185 km² de superficie urbanisée.

La population totale est estimée à 1 449 801 habitants en 2023 (projection RGPH 2012) avec une densité moyenne de 2 625 habitants au km². Le climat est essentiellement continental avec quatre saisons :

- De Juin à Septembre : Une saison de pluie caractérisée par des pluies orageuses et une assez forte humidité et une température moyenne de 33°C.
- D'Octobre à mi-Novembre : Une saison chaude sans pluies, relativement humide avec une température moyenne de 35 °C.
- De fin Novembre à fin Février : Une saison relativement froide et sèche avec des températures pouvant descendre jusqu'à 15 °C.
- De Mars à Mai : Une saison très chaude caractérisée par des vents chauds et brûlants avec des températures pouvant atteindre 47 °C à l'ombre.

Le climat chaud et sec qui s'étend d'octobre à mai est favorable à l'éclosion des épidémies notamment celles de méningite, de rougeole et de choléra avec des conséquences économiques, sociales, et culturelles défavorables.

Le système de santé est organisé en 3 niveaux, calqué sur le découpage administratif du pays selon le scénario de développement sanitaire en trois phases : le niveau central chargé de la définition des axes stratégiques, le niveau intermédiaire, responsable de l'appui technique aux districts sanitaires et le niveau périphérique correspondant au niveau opérationnel composé de 5 districts sanitaires.

Il s'agit de patients venant en consultation pour une symptomatologie évoquant la COVID-19 au niveau de cinq districts sanitaires de la région.

- 1. Données et sources :** Il s'agit d'une étude descriptive à visée analytique sur des séries temporelles avec un recueil des données afin de relier les paramètres climatiques à la morbi-mortalité de la COVID-19 dans la région de Niamey au Niger. L'étude s'étend sur une période de 33 mois, allant de mars 2020 à décembre 2022. Les données sanitaires collectées sont les cas et les décès dus à la COVID-19. La méthode d'échantillonnage exhaustive a été utilisée et à concerner tous les 4408 cas et 108 décès enregistrés au niveau de la région de Niamey. Elles ont été téléchargées à partir de la base de données Excel de la Direction de la Surveillance et de Riposte aux Epidémies. Les données météorologiques collectées sont : la pluviométrie, l'humidité relative maximale et minimale, la température maximale et minimale au niveau de la Direction Météorologie Nationale (DMN) au cours de la même période. Les données météorologiques journalières de la station de Niamey sur la période de mars 2020 à décembre 2022 ont été collectées au niveau de la direction de la météorologie nationale. Le logiciel Excel a été utilisé pour organiser les données en vue de leur exportation avec le logiciel Instat.
- 2. Analyse statistique :** Le logiciel Epi Info version 7.2 a permis l'analyse des données sanitaires et le logiciel Instat a été utilisé pour analyser les données météorologiques. L'analyse statistique a permis la description des variables étudiées en utilisant les paramètres statistiques de position (moyenne, somme). Le coefficient de corrélation "r" a été utilisé comme test statistique. Une corrélation est forte et significative si r est proche de +1. La corrélation est négative et non significative si r est proche de -1.
- 3. Visualisation des analyses des corrélations :** La library (corrplot) a été utilisée pour la visualisation des corrélogrammes de la relation entre le nombre des cas et les facteurs météorologiques. La même analyse a été effectué pour la visualisation des relations corrélatives entre le nombre de décès et les facteurs météorologiques. L'utilisation de la bibliothèque corrplot pour la visualisation des corrélations permet de mieux

comprendre les relations entre les différentes variables météorologiques et le nombre de cas de la COVID-19. Cette bibliothèque, intégrée à l'environnement R, nous a permis de créer des graphiques de corrélation clairs et informatifs, mettant en évidence les interrelations entre les facteurs météorologiques et l'incidence de la maladie. Les résultats générés à l'aide de corplot ont été essentiels pour explorer visuellement les relations entre les variables. Le niveau de corrélation et la direction des corrélations ont été utilisées pour identifier les facteurs météorologiques qui pourraient avoir une influence significative sur la propagation du COVID-19 à Niamey. Ces analyses préliminaires ont guidé le choix de la sélection des variables à inclure dans notre modèle Random Forest et nous ont aidés à établir des hypothèses préliminaires sur les mécanismes sous-jacents les interrelations de causalité et/ou de concomitances des facteurs météorologiques l'occurrence des nombres de cas de la COVID-19.

- 4. Apprentissage automatique :** Dans cette étude, visant à établir la relation de causalité et/ou de concomitance des facteurs météorologiques sur l'occurrence des incidences de cas de la COVID-19 à Niamey, outre les analyses statistiques descriptives, nous avons opté pour l'utilisation de Random Forest. Cet algorithme d'apprentissage automatique est largement reconnu pour sa capacité à modéliser des relations complexes non linéaires entre des variables indépendantes et une variable cible dans de nombreuses domaines impliquant les causalités multifactorielles et/ou de concomitances (Talbot et al., 2021). Il classe les variables explicatives en fonction de leur relation avec la variable à expliquer en créant plusieurs arbres de décision puis combine la sortie générée par chacun des arbres de décision. Dans notre cas d'étude, l'objectif principal de cette partie méthodologie est de développer un modèle prédictif robuste capable de quantifier l'influence des facteurs météorologiques sur l'occurrence du nombre de cas de la COVID-19 et le nombre de décès. Pour se faire, le nombre de cas de la COVID-19 et le nombre de décès ont été considérées comme les variables cibles (Target variable) et dix caractéristiques météorologiques ont été considérées comme des facteurs prédictifs potentiels. Le modèle d'apprentissage automatique semi-supervisé basé uniquement sur l'utilisation de données quantitatives a été implémenté dans l'environnement R en utilisant la librairie Classification And Regression Training (CARET) pour l'entraînement du modèle. Le package R CARET est une bibliothèque R pour l'apprentissage automatique. Elle contient plusieurs algorithmes d'apprentissage automatique en R et un ensemble de fonction qui rationalisent automatiquement le processus de création de modèles d'apprentissage automatique. Les modèles d'apprentissage automatique semi-supervisés dans R utilisent uniquement un tableau de données d'entrée quantitatives

et n'impliquent pas forcément l'utilisation de données étiquetées ou la séparation des données en échantillons d'apprentissage, d'étalonnage et de validation. Ainsi, l'algorithme Random a été utilisé dans cette étude uniquement pour évaluer l'importance relative des variables météorologiques sur les incidences du nombre des cas de la COVID-19 et le nombre de décès associé.

Résultats

Distribution de la morbidité et de la mortalité de la COVID-19 entre 2020 et 2021

Au Niger, le diagnostic de la COVID-19 repose sur la détection de séquences uniques de l'acide ribonucléique du virus SARS-COV-2 par réaction en chaîne par polymérase à transcription inverse (RT-PCR) en temps réel.

Cette étude comprend des données de mars à fin décembre 2022. La figure 1 présente les nouveaux cas et les nouveaux décès notifiés par jour durant la période l'étude. Nous constatons un pic allant jusqu'à 84 cas notifiés par jour en décembre 2020. Le plus grand nombre des cas est notifié durant le quatrième trimestre durant les deux années de l'étude comme l'indique la figure 2. Pour rappel ce trimestre correspond à la saison froide au Niger. A la figure 3 nous avons présenté l'évolution mensuelle du nombre des cas durant les deux années et les résultats indiquent que durant les mois de novembre, décembre et janvier le plus grand nombre des cas est enregistré.

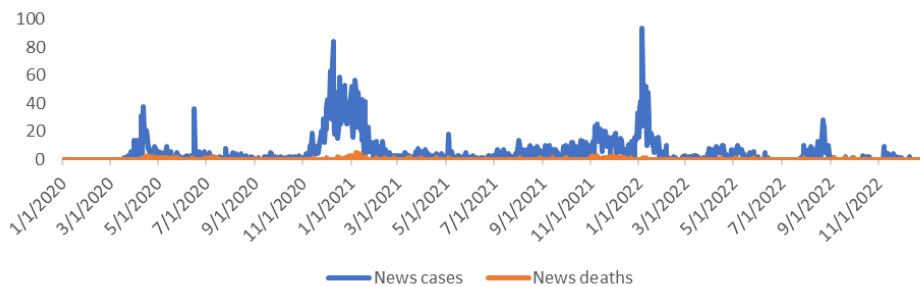


Figure 1 : Evolution des cas et décès dus à la COVID-19 à Niamey de 2020 à 2022

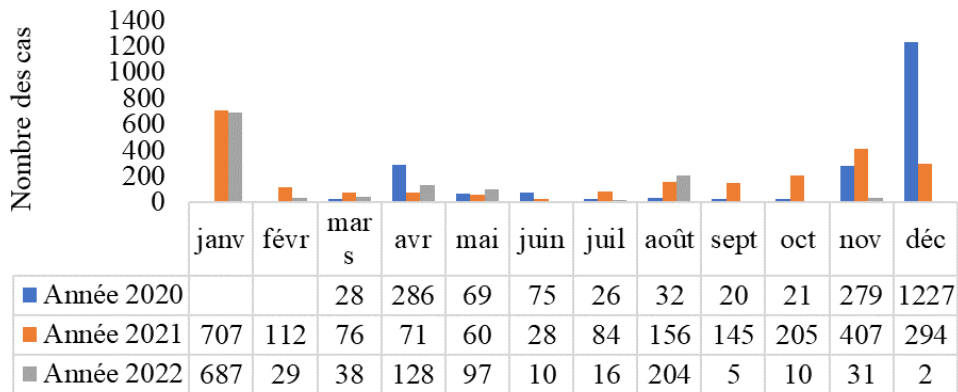


Figure 2 : Nombre des cas de la COVID-19 enregistrés par mois de 2020 à 2022 à Niamey

Variation des paramètres climatiques

Les résultats de la corrélation entre les paramètres météorologiques et les nouveaux cas et les nouveaux décès causés par la COVID-19 sont présentés à la figure 3 et la figure 4. La vitesse du vent à une corrélation positive sur les nouveaux décès de la COVID-19

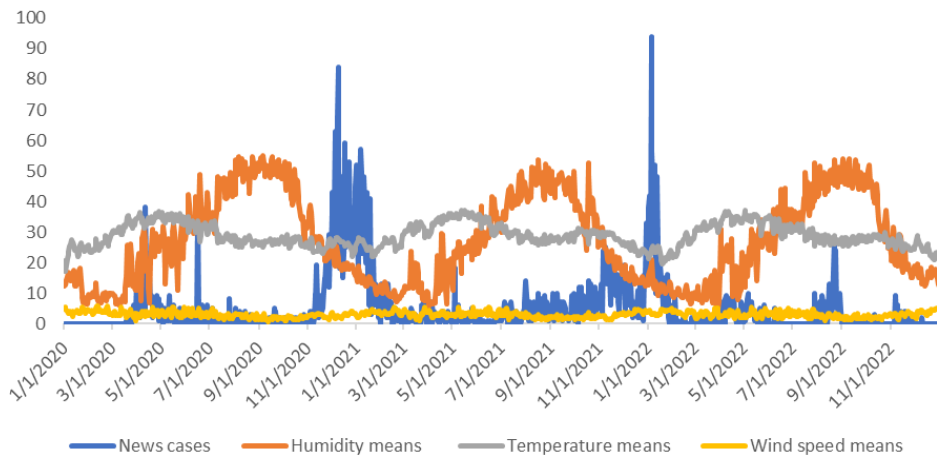


Figure 3: Relation entre le nombre des nouveaux cas et les paramètres climatiques (humidité moyenne en marron ; température moyenne en gris et la vitesse du vent en jaune)

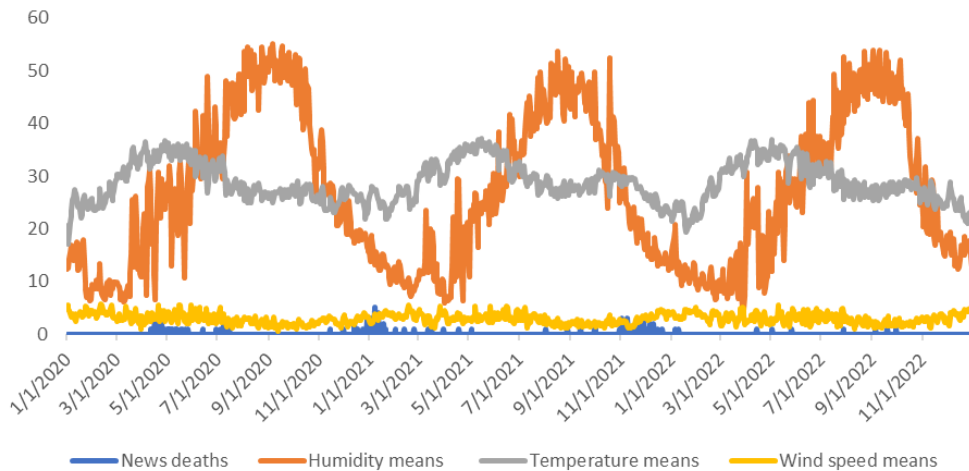


Figure 4: Relation entre le nombre des nouveaux décès et les paramètres climatiques (humidité moyenne en marron ; température moyenne en gris et la vitesse du vent en jaune)

Relation entre les variables climatiques et la morbi-mortalité de la COVID-19

La relation entre les cas et les décès de la COVID-19 sont présentés dans le tableau I et le tableau II. La vitesse maximale, la vitesse minimale du vent et la vitesse moyenne du vent ont une corrélation positive sur les cas et les décès de COVID-19.

Tableau I : Relation entre variables climatiques et le nombre des nouveaux cas de la COVID-19

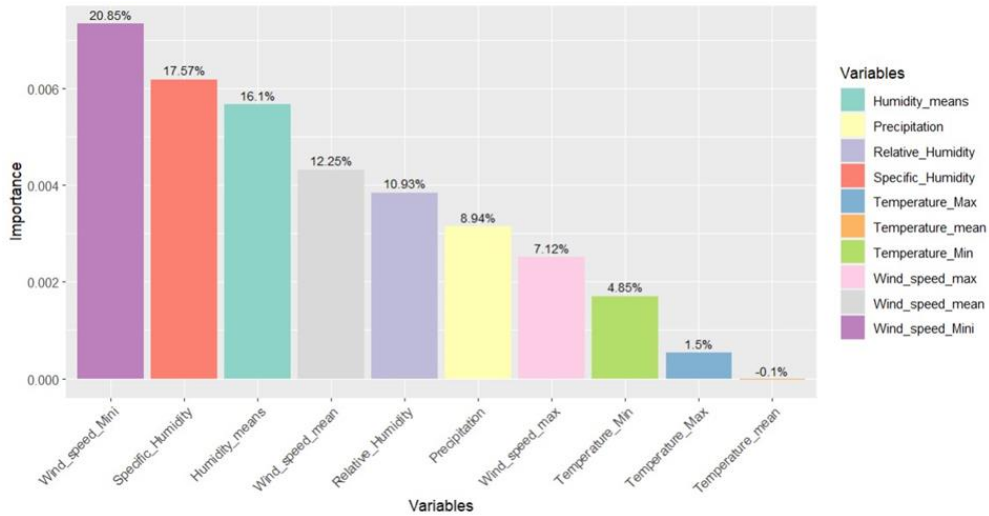
Relation entre variables climatiques et les cas de la COVID-19	Coefficient R
Humidité spécifique	-0,47
Humidité relative	-0,35
Humidité moyenne	-0,37
Précipitation	-0,26
Température maximale	-0,13
Température minimale	-0,61
Température moyenne	-0,44
Vitesse maximale du vent	0,13
Vitesse minimale du vent	0,15
Vitesse moyenne du vent	0,14

Tableau II : Relation entre variables climatiques et le nombre des nouveaux décès de la COVID-19

Relation entre variables climatiques et décès de la COVID-19	Coefficient R
Humidité spécifique	-0,39
Humidité relative	-0,34
Humidité moyenne	-0,35
Précipitation	-0,33
Température maximale	0,12
Température minimale	-0,33
Température moyenne	-0,13
Vitesse maximale du vent	0,11
Vitesse minimale du vent	0,04
Vitesse moyenne du vent	0,09

L'application du modèle Random Forest à notre ensemble de données météorologiques a permis de quantifier l'influence relative de chaque facteur sur l'incidence des cas de COVID-19 à Niamey. Les résultats obtenus montrent clairement que certains paramètres météorologiques jouent un rôle plus important que d'autres dans la variation du nombre de cas de la COVID-19 dans la ville de Niamey (Niger). Les facteurs liés à la vitesse du vent notamment la vitesse minimale du vent représente le facteur prédominant avec une proportion relative de 20,85%. La vitesse du vent semble exercer l'influence la plus significative sur la propagation du virus, suggérant que les variations des vents faibles peuvent avoir un effet substantiel sur la transmission. Le deuxième facteur par ordre d'importance est l'humidité spécifique qui contribue avec 17,57%, et l'humidité moyenne, avec 16,1%. Ces deux proportions soulignent l'importance de l'humidité atmosphérique dans la dynamique de transmission du virus de la COVID-19. La vitesse moyenne du vent et l'humidité relative sont également des facteurs importants, représentant respectivement 12,25% et 10,93%. Les précipitations, bien que modérément influentes avec 8,94%, indiquent que les conditions de précipitation peuvent jouer un rôle en lavant les particules en suspension. En revanche, les températures minimale (4,85%) et maximale (1,5%) montrent des effets limités sur l'incidence de la COVID-19, tout comme la température moyenne (-0,1%). Cette analyse met en évidence l'importance cruciale des conditions météorologiques, en particulier la vitesse du vent et l'humidité, dans la compréhension et la gestion de la propagation de la COVID-19 à Niamey, tout en soulignant la nécessité de tenir compte d'autres facteurs non météorologiques dans une analyse complète de la pandémie.

Figure 5 : Importance des variables climatiques dans l'apparition de nouveaux cas de la COVID-19



Tout comme, l'analyse des interrelations entre le nombre des cas et les variations des facteurs météorologiques, Random Forest a été aussi utilisé pour quantifier l'influence relative des facteurs météorologique sur le nombre de décès liés à la COVID-19 à Niamey. Les résultats obtenus montrent que certains paramètres météorologiques exercent une influence plus marquée que d'autres sur les décès liés à la maladie. En tête de liste, la vitesse moyenne du vent, avec une proportion relative de 20,65%, se démarque comme le facteur prépondérant, suggérant que les conditions aérodynamiques peuvent avoir un effet significatif sur la mortalité. Ensuite, la vitesse minimale du vent qui contribue avec 15,95% suggérant que les faibles variations du vent ont une influence sur la mortalité de la COVID-19. L'humidité spécifique contribue avec 10,44%, et la moyenne de l'humidité, avec 12,04%, soulignent également l'importance de l'humidité atmosphérique dans la dynamique de la mortalité. De plus, l'humidité relative, avec 13,24%, et la vitesse maximale du vent, avec 12,85%, montrent une influence notable. Les précipitations, bien que moins influentes avec 6,15%, suggèrent que les conditions de précipitation pourraient avoir un impact sur la mortalité en influençant la transmission du virus. En revanche, les températures minimale (5,3%) et maximale (2,56%) ont des effets limités sur le nombre de décès, tout comme la température moyenne (0,80%). Ces résultats mettent en évidence l'influence des conditions météorologiques, en particulier la vitesse du vent et l'humidité dans les décès liés à la COVID-19 à Niamey, tout en soulignant la nécessité de prendre en compte d'autres facteurs non météorologiques dans une analyse complète des facteurs de mortalité liés à la pandémie de la COVID-19.

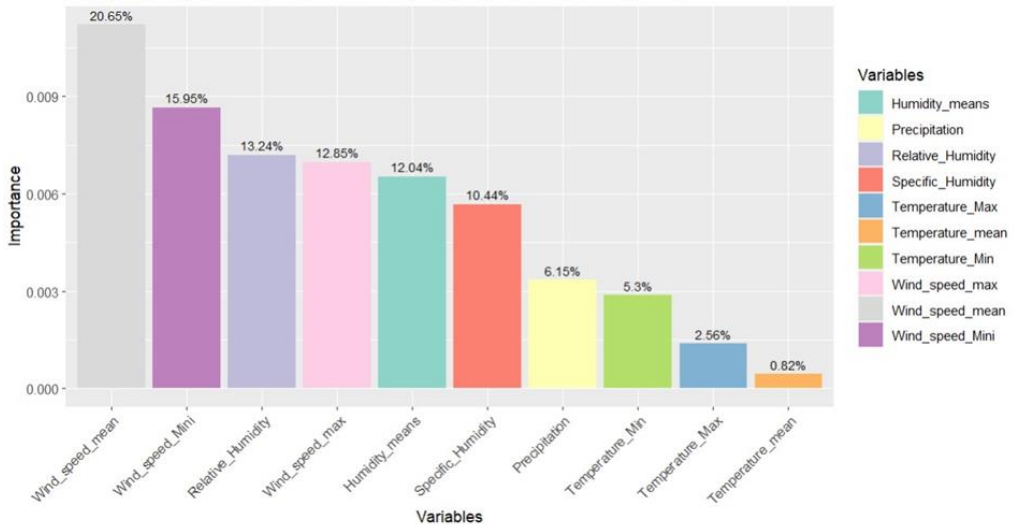


Figure 6 : Importance des variables climatiques dans l'apparition de nouveaux cas de décès dus à la COVID-19

En complément à notre analyse par apprentissage automatique à l'aide de l'algorithme Random Forest, nous avons également réalisé des graphes de corrélogramme pour évaluer les relations entre les facteurs météorologiques et le nombre de cas de la COVID-19 à Niamey. L'intérêt de cette approche réside dans la capacité à visualiser les corrélations linéaires entre les variables. Dans l'ensemble, tous les facteurs météorologiques ont montré des corrélations négatives avec les incidences du nombre de cas de la COVID-19, à l'exception des facteurs liés à la vitesse du vent qui ont présenté des corrélations positives, bien que faibles. Des corrélations négatives légèrement significatives entre les températures minimales et l'occurrence du nombre de cas de la COVID-19 Plus précisément ont été observées ainsi qu'entre l'humidité spécifique et l'occurrence des cas. Les autres facteurs tels que les précipitations, l'humidité relative, l'humidité moyenne et la température maximale ont montré des corrélations négatives faibles avec le nombre de cas de la COVID-19.

Cependant, il est essentiel de souligner que malgré ces faibles corrélations linéaires, l'analyse des interrelations entre les facteurs météorologiques et le nombre de cas par apprentissage automatique avec Random Forest a mis en évidence des contributions relatives significatives de ces facteurs et le nombre de cas de la COVID-19. Cette mise en évidence suggère que l'utilisation de modèles d'apprentissage automatique est plus adaptée pour l'analyse des interrelations multifactorielles des facteurs de causalité et/ou de concomitance. En effet, Random Forest a permis de considérer des relations non linéaires et complexes entre les variables, ce qui peut aider à mieux comprendre les mécanismes sous-jacents à la propagation

du virus dans un contexte météorologique spécifique, fournissant ainsi une perspective plus complète pour orienter les stratégies de prévention et de gestion de la pandémie dans la région de Niamey.

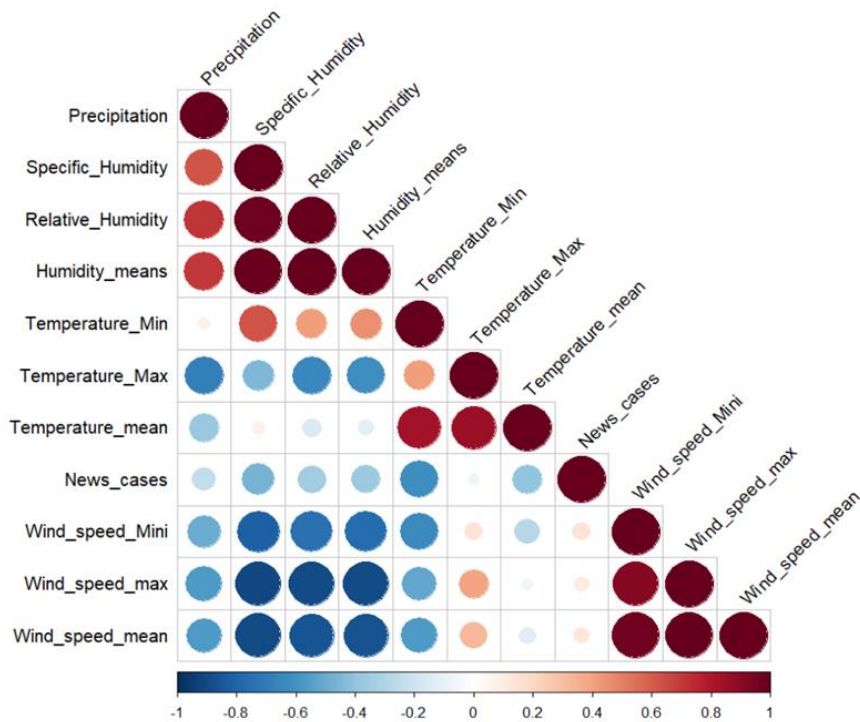


Figure 7 : Corrélogramme des facteurs météorologiques et nombre de cas de la COVID-19

Dans le prolongement de notre investigation, nous avons également effectué une analyse de corrélation linéaire entre les facteurs météorologiques et le nombre de décès attribués à la COVID-19 à Niamey. Ce qui nous a permis d'observer une autre caractéristique. En effet, pour cette analyse, en plus des corrélations positives des variables liées à la vitesse du vent, une autre variable, à savoir les températures maximales, a également montré une corrélation positive, bien que faible, avec le nombre de décès. Pour les autres facteurs météorologiques, telles que les températures minimales, l'humidité spécifique, l'humidité moyenne, la vitesse du vent moyen, la vitesse du vent maximale, la précipitation et l'humidité relative, des corrélations négatives ont été observées, bien que légèrement plus importantes que les corrélations positives.

Cependant, il est important de noter que l'analyse par apprentissage automatique avec Random Forest a encore une fois mis en évidence des contributions relatives significatives de ces facteurs météorologiques au nombre de décès liés à la COVID-19 telles que présentées dans la figure 6. Ces résultats renforcent l'argument selon lequel l'utilisation de modèles

d'apprentissage automatique est mieux adaptée pour l'analyse des interrelations multifactorielles des facteurs de causalité et/ou de concomitance dans le contexte de la pandémie. En effet, Random Forest permet de prendre en compte des relations non linéaires et complexes entre les variables, fournissant ainsi une perspective plus approfondie et précise pour éclairer les décideurs et les professionnels de la santé dans leurs efforts visant à comprendre et à gérer la dynamique de la pandémie de la COVID-19 dans la région de Niamey.

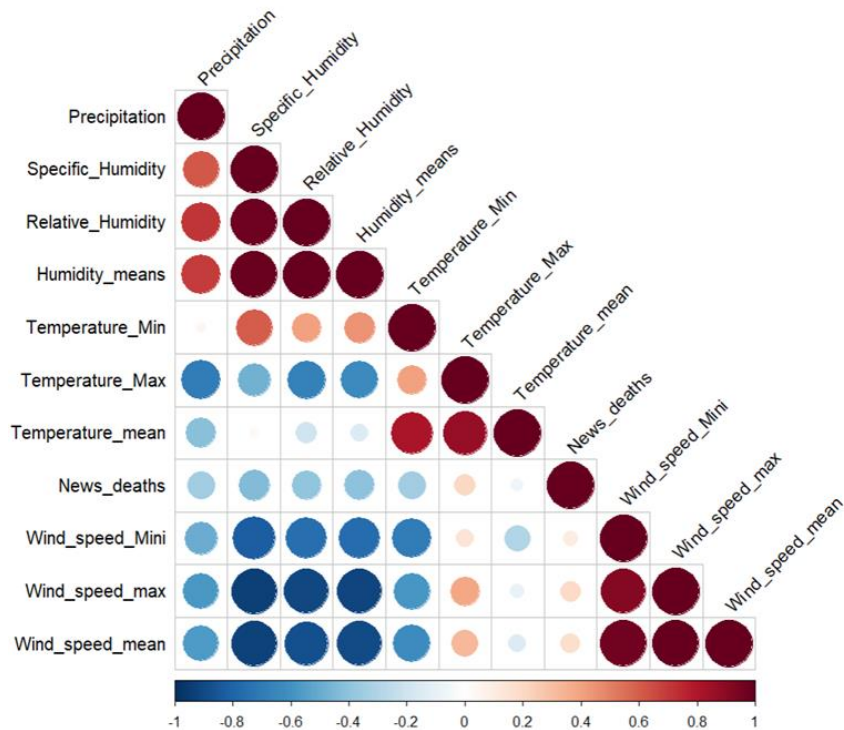


Figure 8 : Corrélogramme des facteurs météorologiques et nombre de décès de COVID-19

Discussion

Cette étude analytique sur une période de deux ans (2020-2021), reposant sur des séries temporelles avec un recueil de données météorologiques, montre l'influence des variations climatiques sur l'épidémiologie du COVID-19 à Niamey.

Les résultats obtenus grâce à l'application de l'algorithme Random Forest à notre ensemble de données météorologiques fournissent des informations importantes sur les facteurs météorologiques qui peuvent influencer le nombre de décès liés à la COVID-19 dans la région de Niamey. Ces découvertes ont plusieurs implications significatives pour la compréhension de la pandémie et la prise de mesures préventives.

Tout d'abord, la vitesse minimale du vent émerge comme un facteur de premier plan, avec une proportion relative de 15,95%. Cela suggère que les vents plus faibles peuvent contribuer de manière substantielle à la mortalité liée à la COVID-19. Il est plausible que les vents faibles favorisent la stagnation des particules virales dans l'air, augmentant ainsi la probabilité d'exposition des individus (Bochenek et al., 2021).

De plus, l'humidité spécifique (10,44%) et l'humidité moyenne (12,04%) jouent un rôle important, soulignant l'influence de l'humidité atmosphérique sur la mortalité. Une humidité plus élevée peut potentiellement prolonger la survie du virus dans l'environnement et faciliter sa transmission (Hariharan, 2021).

La vitesse moyenne du vent, avec la proportion relative la plus élevée de 20,65%, mérite également une attention particulière. Cette constatation suggère que des conditions de vent en général ont un impact significatif sur le nombre de décès liés à la COVID-19 (Hasanuzzaman, et al., 2021). Des vents plus forts pourraient potentiellement disperser le virus, réduisant ainsi les risques d'exposition (Yeşilkanat, 2020).

En revanche, les températures minimale (5,3%) et maximale (2,56%) montrent un effet limité sur le nombre de décès, indiquant que, dans le contexte de Niamey, les variations de température ont une influence moindre sur la mortalité liée à la COVID-19. De même, la température moyenne (-0,80%) semble avoir un impact négligeable.

Ces résultats soulignent l'importance cruciale des conditions météorologiques, en particulier la vitesse du vent, l'humidité spécifique et la moyenne de l'humidité, dans la compréhension de la dynamique de la COVID-19 à Niamey. Cependant, il est essentiel de noter que d'autres facteurs, tels que les mesures de santé publique, la densité de population, le comportement individuel et l'accès aux soins de santé, peuvent également jouer un rôle déterminant dans la mortalité liée à la COVID-19. Par conséquent, une approche multidisciplinaire intégrant ces différents facteurs est nécessaire pour une analyse complète et une prise de décision informée dans la lutte contre la pandémie.

Conclusion

Cette étude démontre que l'analyse par apprentissage automatique avec l'algorithme Random Forest s'avère être une approche cruciale pour évaluer les relations entre les facteurs météorologiques et le nombre de cas de la COVID-19 ainsi que le nombre de décès liés à la maladie à Niamey. En dépit de certaines corrélations linéaires faibles observées par l'analyse de corrélation, l'utilisation de Random Forest met en évidence des contributions significatives de ces facteurs, soulignant l'importance de considérer des relations non linéaires et multifactorielles dans la compréhension de la

pandémie, ce qui a des implications fondamentales pour la gestion et la prévention de la COVID-19 dans la région.

L'analyse des influences relatives des facteurs météorologiques en relation avec le nombre de décès liés à la COVID-19 à Niamey révèle des informations précieuses pour la compréhension de la pandémie dans cette région. Les résultats indiquent clairement que la vitesse minimale du vent et la vitesse moyenne du vent sont les principaux contributeurs à la variation de la mortalité liée à la COVID-19. Ces constatations suggèrent que les conditions météorologiques, en particulier la vitesse du vent peut avoir un impact significatif sur la transmission du virus et le nombre de décès. La vitesse moyenne du vent, représentant 20,65%, se positionne également comme un facteur essentiel, indiquant que les conditions de vent en général ont un impact sur le nombre de décès.

Cette étude met en évidence l'importance de la surveillance météorologique en tant qu'outil de prévision et d'alerte précoce pour la gestion du COVID-19, en particulier dans les régions où les conditions climatiques peuvent jouer un rôle significatif. Cependant, il est impératif de compléter ces observations par des mesures de santé publique robustes et des stratégies de vaccination afin de minimiser l'impact de la pandémie.

En fin de compte, l'analyse des facteurs météorologiques associés aux décès liés à la COVID-19 offre une perspective précieuse pour les décideurs et les professionnels de la santé, en les aidant à mieux comprendre les dynamiques locales de la pandémie et à mettre en place des interventions appropriées pour protéger la population. Cette recherche souligne également l'importance de la collaboration interdisciplinaire pour une réponse efficace aux défis posés par la pandémie de la COVID-19.

Conflit d'intérêts : Les auteurs n'ont signalé aucun conflit d'intérêts.

Disponibilité des données : Toutes les données sont incluses dans le contenu de l'article.

Déclaration de financement : Les auteurs n'ont obtenu aucun financement pour cette recherche.

References:

1. Abdollahi, A., & Rahbaralam, M. (2020). *Effect of Temperature on the Transmission of COVID-19 : A Machine Learning Case Study in Spain* (p. 2020.05.01.20087759). medRxiv. <https://doi.org/10.1101/2020.05.01.20087759>
2. Bochenek, B., Jankowski, M., Gruszczynska, M., Nykiel, G., Gruszczynski, M., Jaczewski, A., Ziemianski, M., Pyrc, R., Figurski,

- M., & Pinkas, J. (2021). Impact of Meteorological Conditions on the Dynamics of the COVID-19 Pandemic in Poland. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(8), Article 8. <https://doi.org/10.3390/ijerph18083951>
3. Candel, F. J., Barreiro, P., San Román, J., Abanades, J. C., Barba, R., Barberán, J., Bibiano, C., Canora, J., Cantón, R., Calvo, C., Carretero, M., Cava, F., Delgado, R., García-Rodríguez, J., González Del Castillo, J., González de Villambrosia, C., Hernández, M., Losa, J. E., Martínez-Peromingo, F. J., ... Zapatero, A. (2020). Recommendations for use of antigenic tests in the diagnosis of acute SARS-CoV-2 infection in the second pandemic wave : Attitude in different clinical settings. *Revista Espanola De Quimioterapia: Publicacion Oficial De La Sociedad Espanola De Quimioterapia*, 33(6), 466-484. <https://doi.org/10.37201/req/120.2020>
 4. CDC. (2020, février 11). *Coronavirus Disease 2019 (COVID-19)*. Centers for Disease Control and Prevention. <https://www.cdc.gov/coronavirus/2019-ncov/index.html>
 5. Chung, H. W., Apio, C., Goo, T., Heo, G., Han, K., Kim, T., Kim, H., Ko, Y., Lee, D., Lim, J., Lee, S., & Park, T. (2021). Effects of government policies on the spread of COVID-19 worldwide. *Scientific Reports*, 11(1), 20495. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-99368-9>
 6. Corripio, J. G., & Raso, L. (2020). *Weather variables impact on COVID-19 incidence* (p. 2020.06.08.20125377). medRxiv. <https://doi.org/10.1101/2020.06.08.20125377>
 7. *COVID - Statistiques Coronavirus—Worldometer*. (s. d.). Consulté 28 mai 2023, à l'adresse <https://www.worldometers.info/coronavirus/>
 8. Dieng, A., Diouf, J. B. N., & Ndiaye, S. M. L. (2020). COVID-19 au Sénégal : Réflexion d'un microbiologiste. *The Pan African Medical Journal*, 35(Suppl 2), 31. <https://doi.org/10.11604/pamj.supp.2020.35.2.22860>
 9. Dye, C. (2014). After 2015 : Infectious diseases in a new era of health and development. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 369(1645), 20130426. <https://doi.org/10.1098/rstb.2013.0426>
 10. Faranda, D., & Alberti, T. (2020). Modeling the second wave of COVID-19 infections in France and Italy via a stochastic SEIR model. *Chaos (Woodbury, N.Y.)*, 30(11), 111101. <https://doi.org/10.1063/5.0015943>
 11. Hardy, É. J. L., & Flori, P. (2021). Spécificités épidémiologiques de la COVID-19 en Afrique : Préoccupation de santé publique actuelle ou future ? *Annales Pharmaceutiques Françaises*, 79(2), 216-226. <https://doi.org/10.1016/j.pharma.2020.10.011>

12. Hariharan, R. (2021). Random forest regression analysis on combined role of meteorological indicators in disease dissemination in an Indian city : A case study of New Delhi. *Urban Climate*, 36, 100780. <https://doi.org/10.1016/j.uclim.2021.100780>
13. Pakrashi, D., Vlassopoulos, M., & Wang, L. C. (2021). Stigma and misconceptions in the time of the COVID-19 pandemic : A field experiment in India. *Social Science & Medicine*, 278, 113966. <https://doi.org/10.1016/j.socscimed.2021.113966>
14. Hasanuzzaman, Md., Shammi, M., Salam, R., Bodrud-Doza, Md., Rahman, Md. M., Mannan, Md. A., & Huq, S. (2021). Are meteorological factors enhancing COVID-19 transmission in Bangladesh? Novel findings from a compound Poisson generalized linear modeling approach. *Environmental Science and Pollution Research*, 28(9), 11245-11258. <https://doi.org/10.1007/s11356-020-11273-2>
15. Sayeed, M. A., Rahman, M. K., Ferdous, J., Shano, S., Choudhury, S. D., & Hassan, M. M. (2021). Spatiotemporal patterns and trends of community transmission of the pandemic COVID-19 in South Asia : Bangladesh as a case study. *Biosafety and Health*, 3(1), 39-49. <https://doi.org/10.1016/j.bsheal.2020.09.006>
16. Liu, D., Tai, Q., Wang, Y., Pu, M., Ge, S., Ji, T., Zhang, L., & Su, B. (2020). *The impact of containment measures and air temperature on mitigating COVID-19 transmission : Non-classical SEIR modeling and analysis* (p. 2020.05.12.20099267). medRxiv. <https://doi.org/10.1101/2020.05.12.20099267>
17. Liu, Y., Carlisle, E., Zhang, H., Yang, B., Steiner, M., Shao, T., Duan, B., Marone, F., Xiao, S., & Donoghue, P. C. J. (2022). Saccorhynchus is an early ecdysozoan and not the earliest deuterostome. *Nature*, 609(7927), 541-546. <https://doi.org/10.1038/s41586-022-05107-z>
18. Lyu, Y., Wang, Y., Jiang, C., Ding, C., Zhai, M., Xu, K., Wei, L., & Wang, J. (2023). Random forest regression on joint role of meteorological variables, demographic factors, and policy response measures in COVID-19 daily cases : Global analysis in different climate zones. *Environmental Science and Pollution Research*, 30(32), 79512-79524. <https://doi.org/10.1007/s11356-023-27320-7>
19. Mutombo, P. N., Fallah, M. P., Munodawafa, D., Kabel, A., Houeto, D., Goronga, T., Mweemba, O., Balance, G., Onya, H., Kamba, R. S., Chipimo, M., Kayembe, J.-M. N., & Akanmori, B. (2022). COVID-19 vaccine hesitancy in Africa : A call to action. *The Lancet. Global Health*, 10(3), e320-e321. [https://doi.org/10.1016/S2214-109X\(21\)00563-5](https://doi.org/10.1016/S2214-109X(21)00563-5)

20. Paraskevis, D., Kostaki, E. G., Alygizakis, N., Thomaidis, N. S., Cartalis, C., Tsiodras, S., & Dimopoulos, M. A. (2021). A review of the impact of weather and climate variables to COVID-19: In the absence of public health measures high temperatures cannot probably mitigate outbreaks. *The Science of the Total Environment*, 768, 144578. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.144578>
21. Sehra, S. T., Salciccioli, J. D., Wiebe, D. J., Fundin, S., & Baker, J. F. (2020). Maximum Daily Temperature, Precipitation, Ultraviolet Light, and Rates of Transmission of Severe Acute Respiratory Syndrome Coronavirus 2 in the United States. *Clinical Infectious Diseases: An Official Publication of the Infectious Diseases Society of America*, 71(9), 2482-2487. <https://doi.org/10.1093/cid/ciaa681>
22. Talbot, N., Takada, A., Bingham, A. H., Elder, D., Lay Yee, S., & Golubiewski, N. E. (2021). An investigation of the impacts of a successful COVID-19 response and meteorology on air quality in New Zealand. *Atmospheric Environment*, 254, 118322. <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2021.118322>
23. Wan, X., Cheng, C., & Zhang, Z. (2020). *Early transmission of COVID-19 has an optimal temperature but late transmission decreases in warm climate* (p. 2020.05.14.20102459). medRxiv. <https://doi.org/10.1101/2020.05.14.20102459>
24. Wang, B., Liu, J., Li, Y., Fu, S., Xu, X., Li, L., Zhou, J., Liu, X., He, X., Yan, J., Shi, Y., Niu, J., Yang, Y., Li, Y., Luo, B., & Zhang, K. (2020). Airborne particulate matter, population mobility and COVID-19: A multi-city study in China. *BMC Public Health*, 20(1), 1585. <https://doi.org/10.1186/s12889-020-09669-3>
25. *Who-china-joint-mission-on-COVID-19-final-report.pdf*. (s. d.). Consulté 28 mai 2023, à l'adresse <https://www.who.int/docs/default-source/coronaviruse/who-china-joint-mission-on-COVID-19-final-report.pdf>
26. Yao, Y., Pan, J., Wang, W., Liu, Z., Kan, H., Qiu, Y., Meng, X., & Wang, W. (2020). Association of particulate matter pollution and case fatality rate of COVID-19 in 49 Chinese cities. *The Science of the Total Environment*, 741, 140396. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.140396>
27. Yeşilkanat, C. M. (2020). Spatio-temporal estimation of the daily cases of COVID-19 in worldwide using random forest machine learning algorithm. *Chaos, Solitons & Fractals*, 140, 110210. <https://doi.org/10.1016/j.chaos.2020.110210>

Aspects épidémiologiques, cliniques et évolutifs du choléra dans la région de Zinder au Niger en 2021

Zaratou Ali

Faculté des sciences de la Santé,
Université Abdou Moumouni de Niamey, Niger

Sahada Moussa Saley

Faculté des sciences de la Santé, Université Abdou Moumouni de Niamey ;
Hôpital national de Niamey, Niger

Balkissa Salissou Labo

Service de néonatalogie, Maternité Issaka Gazobi de Niamey, Niger

Doutchi Mamane

Hôpital National de Zinder, Université André Salifou, Zinder, Niger

[Doi:10.19044/esj.2024.v20n21p41](https://doi.org/10.19044/esj.2024.v20n21p41)

Submitted: 20 May 2024

Accepted: 08 July 2024

Published: 31 July 2024

Copyright 2024 Author(s)

Under Creative Commons CC-BY 4.0

OPEN ACCESS

Cite As:

Ali, Z., Saley, S. M., Labo, B. S., & Mamane, D. (2024). *Aspects épidémiologiques, cliniques et évolutifs du choléra dans la région de Zinder au Niger en 2021*. European Scientific Journal, ESJ, 20 (21), 41. <https://doi.org/10.19044/esj.2024.v20n21p41>

Résumé

Contexte : Le choléra reste à l'échelle mondiale une menace pour la santé publique. Il évolue sur un mode endémo-épidémique. L'objectif de l'étude était d'analyser les aspects épidémiologiques, cliniques et évolutifs du choléra dans la région de Zinder en 2021.

Méthodologie : Il s'est agi d'une étude transversale descriptive et analytique menée à partir des données collectées sur les cas suspects de choléra en 2021 entre les semaines épidémiologiques 27 et 42 dans 5 districts sanitaire de la région de Zinder. L'analyse des données a été faite sur les logiciels SPSS version 25.0. En bivariée, le test de Chi Carré de Pearson a été utilisé avec un seuil de significativité de 5% à la recherche d'éventuelles lien statistiquement significatif entre le décès dû au choléra et les variables explicatives.

Résultats : Au total, 600 cas suspects de choléra ont été notifiés de la semaine 27 à 42 en 2021. La moyenne d'âge des patients était 26,39 ans +/- 21,59 avec des extrêmes allant de 3 mois à 95 ans. Les patients de 15 ans et

plus représentaient 65,5%. Étaient de sexe féminin, 59,5% des patients avec un ratio de 1,46. Le district sanitaire de Mirriah avait notifié le plus de cas (68,8%). Sur les 27 cas suspects testés, 24 étaient positifs (88,88%). Le taux de létalité était de 3,3%. Parmi les 20 patients décédés, 70% provenaient du district sanitaire de Mirriah. L'âge ($p = 0,020$), les districts sanitaires de provenance ($p < 0,001$) et les semaines épidémiologiques ($p = 0,020$) étaient statistiquement associés au décès des patients.

Conclusion : La prise en charge médicale et communautaire précoce a permis de réduire la létalité dans notre étude. La mise en œuvre des mesures de promotion de l'hygiène, la surveillance, le renforcement du système d'approvisionnement en eau potable et la vaccination sont les piliers de lutte contre le choléra.

Mots-clés: Epidémiologie du Choléra, décès dû au choléra, surveillance épidémiologique, Zinder, Niger

Epidemiological, Clinical, and Evolutionary Aspects of Cholera in the Zinder Region of Niger in 2021

Zaratou Ali

Faculté des sciences de la Santé,
Université Abdou Moumouni de Niamey, Niger

Sahada Moussa Saley

Faculté des sciences de la Santé, Université Abdou Moumouni de Niamey ;
Hôpital national de Niamey, Niger

Balkissa Salissou Labo

Service de néonatalogie, Maternité Issaka Gazobi de Niamey, Niger

Doutchi Mamane

Hôpital National de Zinder, Université André Salifou, Zinder, Niger

Abstract

Context: Cholera remains a global public health threat. It is evolving in an endemo-epidemic mode. The objective of the study was to analyze the epidemiological, clinical and evolutionary aspects of cholera in the Zinder region in 2021.

Methodology: This was a descriptive and analytical cross-sectional study conducted using data collected on suspected cholera cases in 2021 between epidemiological weeks 27 and 42 in 5 health districts in the Zinder region. The data analysis was done on SPSS version 25.0 software. In bivariate cases, the Pearson Chi-square test was used with a significance level of 5% to

look for a statistically significant link between cholera deaths and explanatory variables.

Results: A total of 600 suspected cholera cases were reported from week 27 to 42 in 2021. The mean age of patients was 26.39 years +/-21.59 years with extremes ranging from 3 months to 95 years. Patients aged 15 years and older accounted for 65.5%. Female, 59.5% of patients with a ratio of 1.46. The health district of Mirriah had reported the most cases (68.8%). Of the 27 suspected cases tested, 24 were positive (88.88%). The case fatality rate was 3.3%. Of the 20 patients who died, 70% were from the Mirriah health district. Age ($p = 0.020$), health districts of origin ($p < 0.001$) and epidemiological weeks ($p = 0.020$) were statistically associated with patient death.

Conclusion: Early medical and community management reduced lethality in our study. The implementation of hygiene promotion measures, surveillance, strengthening of the drinking water supply system and vaccination are the pillars of the fight against cholera.

Keywords: Cholera epidemiology, cholera deaths, epidemiological surveillance, Zinder, Niger

Introduction

Indicateur de l'absence d'équité et d'un développement social insuffisant, le choléra reste à l'échelle mondiale une menace pour la santé publique. Il est une infection intestinale aiguë provoquée par l'ingestion d'aliments ou d'eau contaminés par le bacille *Vibrio cholerae* dont on peut mourir en quelques heures en l'absence de traitement (OMS, 2023).

Maladie extrêmement virulente, touchant les enfants comme les adultes, On estime qu'il y a chaque année 1,3 à 4 millions de cas de choléra, et 21 000 à 143 000 décès dus à la maladie dans le monde (Ali M et al, 2015). Il existe de nombreux sérogroupes de *V. cholerae* mais 2 sérogroupes seulement, O1 et O139, sont à l'origine des flambées épidémiques. La majorité des flambées récentes sont dues à *V. cholerae* O1, tandis que O139 est identifié pour la première fois au Bangladesh en 1992. La maladie causée par les deux sérogroupes reste la même (OMS, 2023). Aussi, il existe un lien étroit entre la transmission du choléra et un accès inadapté à l'eau potable et à des installations d'assainissement. Les endroits à risque sont les bidonvilles périurbains, ainsi que les camps pour personnes déplacées à l'intérieur du pays ou les réfugiés. Le nombre de cas de choléra notifiés à l'OMS est resté élevé au cours des dernières années. L'Afrique reste le continent le plus touché avec plus de 90 % du nombre total mondial (Yatala Tambwe N, 2014).

Le Taux moyen de létalité du choléra à l'échelle mondiale en 2021 était de 1,9% dont 2,9% en Afrique qui est le taux le plus élevé enregistré depuis plus de 10 ans (OMS, 2022).

Le Niger n'échappe pas à ce fléau malgré le système de surveillance et de riposte mis en place par la direction de la surveillance et de la riposte aux épidémies. Bien qu'aucune situation épidémiologique de choléra ne soit connue depuis 2018, en 2021 à l'échelle nationale, 5343 cas de choléra dont 156 décès ont été notifiés avec un taux de létalité de 3% (OCHA, 2021). Cette recrudescence d'épidémies de choléra notamment dans la région de Zinder qui partage la frontière avec le Nigéria où 50% des cas ont été notifiés (OMS, 2022), constitue une question préoccupante pour les autorités et les acteurs intervenant dans le domaine de la santé. D'où l'intérêt de cette étude dont le but était d'analyser les aspects épidémiologiques, cliniques et évolutifs de choléra dans la région de Zinder en vue de contribuer à diminuer de 90% les décès liés à cette infection conformément à la stratégie mondiale de lutte qui a été lancée en 2017 jusqu'en 2030 (OMS, 2023).

Méthodologie

Cadre d'étude

La région de Zinder, située au centre-est du Niger et limitée par la région d'Agadez au nord, à l'est par la région de Diffa, à l'ouest par la région de Maradi et la République Fédérale du Nigéria au sud nous a servi de cadre d'étude, précisément au niveau de 5 districts sanitaires à savoir : Mirriah, Tanout, Dungass, Magaria et Damagaram Takaya.

Type et période d'étude : il s'agissait d'une étude rétrospective, transversale descriptive et analytique qui s'était déroulée entre la semaine épidémiologique 27 et 42 de l'année 2021.

Population d'étude : Il s'est agi des dossiers médicaux des cas de choléra notifiés sur la base d'un diagnostic clinique présomptif dans les 5 districts sanitaires de la région de Zinder chez les patients résidents ou en transit.

Échantillonnage : La méthode d'échantillonnage adaptée dans cette étude a été non probabiliste par recrutement exhaustif de tous les cas suspects de façon consécutive dans les districts sanitaire concernés.

Variables étudiées : elles étaient extraites de la base des données (liste linéaire 2021) de choléra de la Direction de Surveillance et de la Riposte Epidémiologique et avaient concerné les caractéristiques sociodémographiques (âge, sexe, pays de provenance, district sanitaire déclarant), semaines épidémiologiques, aspects cliniques et évolutifs des cas (guérison, décès, évasion).

Collecte de spécimens et technique de laboratoire : les échantillons de selles avaient été collectées par les participants et formolées sur le terrain. La confirmation des cas présomptif avait été faite par l'identification de *V cholerae* dans les échantillons des selles ou l'utilisation de tests de diagnostic

rapide. Et la confirmation biologique au laboratoire avait été réalisée par culture bactérienne ou par test PCR. Le germe isolé était le Vibrio 01 Ogawa

Analyse des données : La base de données disponible a été traitée avec le logiciel SPPP version 25. 0. Les variables quantitatives ont été exprimées en moyenne avec leur écart type. Et pour les variables qualitatives les fréquences ont été calculées entourées de leur Intervalle de Confiance à 95%. Le test de Chi Carré de Pearson a été utilisé pour établir un lien statistiquement significatif, au seuil de 5%, entre les décès dus au choléra et les variables explicatives (âge, sexe, semaines épidémiologiques et la provenance des cas, caractéristiques cliniques).

Aspects éthiques

Nous avons obtenu une autorisation du Directeur de la direction de surveillance et de riposte aux épidémies (DSRE) avant d'accéder aux dossiers des patients. Les données recueillies ont été traitées dans la stricte confidentialité. Nous avons veillé au respect du secret médical.

Difficultés rencontrées

La présente étude réalisée dans la région de Zinder est associée à certaines difficultés qui sont inhérentes à la plupart des travaux rétrospectifs à savoir : des données anamnestiques incomplètes et la non prise en compte des données portant sur la qualité des soins préventifs ou éducatifs. De même la proportion importante des cas suspects pour lesquels l'exploration biologique n'a pas été faite constitue une limite dans cette étude.

Résultats

Fréquence

En 2021, de la semaine 27 à 42, 600 cas suspects de choléra ont été notifiés dans 5 districts sanitaire de la région de Zinder. Parmi les 600 cas suspects, 27 cas ont été testés dont 24 étaient positifs soit une fréquence estimée de 88,88% de cas positifs ($24/27 \times 100$) et le germe isolé était le vibriion cholerae 01 du séro groupe Ogawa dans 100% des cas.

Caractéristiques sociodémographiques des cas suspects

Tableau I : Caractéristiques sociodémographiques des patients

	Effectif	Pourcentage
Tranche d'âge		
0-11 mois	14	2,3
1-4 ans	85	14,2
5-14 ans	108	18,0
≥15 ans	393	65,5
Sexe		
Masculin	243	40,5
Féminin	357	59,5
Pays de provenance		
Nigéria	1	0,2
Niger	599	99,8
Districts sanitaire déclarants		
Dungass	6	1
Damagaran Takaya	7	1,2
Tanout	20	3,3
Magaria	154	25,7
Mirriah	413	68,8

La moyenne d'âge des enquêtés était de 26,39 ans \pm 21,59 avec des extrêmes allant de 3 mois à 95 ans. La tranche d'âge \geq 15 ans représentait 65,5%, 59,5% étaient de sexe féminin avec un sexe ratio (F/M) de 1,46. Le pays de provenance était le Niger pour 99,8% des cas et 68,8% provenaient du district sanitaire de Mirriah.

Evolution des cas suspects selon les semaines épidémiologiques

A la semaine 34, 113 cas suspects de choléra soit 18,8 % ont été notifiés et 85 cas (14,2 %) à la semaine 33 comme décrit dans la figure 1 ci-après.

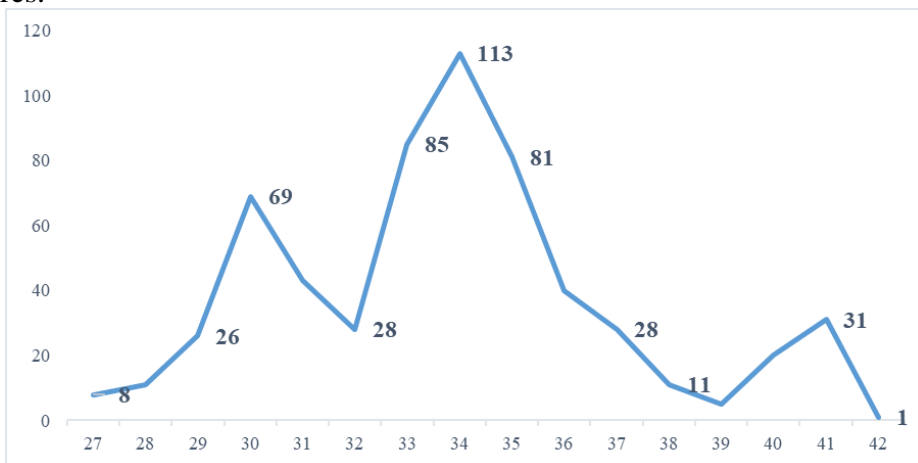


Figure 1 : Répartition des cas selon les semaines de pic épidémiologiques

Caractéristiques cliniques et évolution des cas

Tableau II : Caractéristiques cliniques et évolution des cas

	Effectif	Pourcentage
Caractéristiques cliniques		
Diarrhée-Vomissements et Déshydratation Modérée	358	59,7
Diarrhée et Vomissements	234	39
Fièvre et Diarrhée	3	0,5
Vomissements et Déshydratation Modérée	3	0,5
Diarrhée-Vomissements- Déshydratation Sévère (état de choc)	2	0,3
Evolution des cas		
Guéri	579	96,5
Décédé	20	3,3
Evadé	1	0,2

La diarrhée et vomissements représentaient dans 39% les caractéristiques cliniques observées Parmi les cas notifiés, 3,3% des patients sont décédés.

Liens entre les caractéristiques des enquêtés et le décès

Tableau III : Caractéristiques des enquêtés et décès (analyse bivariée)

	Décès		P-value
	Oui (%)	Non (%)	
Tranche d'âge			0,020
0-14 ans	2 (10)	204 (35,2)	
≥ 15 ans	18 (90)	375 (64,8)	
Sexe			0,60
Féminin	13 (65)	342 (59,2)	
Masculin	7 (35)	236 (40,8)	
DS de provenance			< 0,001
Damagaran Takaya	2 (10)	5 (0,9)	
Dungass	0 (0)	6 (1)	
Magaria	1 (5)	152 (26,3)	
Mirriah	14 (70)	399 (68,9)	
Tanout	3 (15)	17 (2,9)	
Semaines épidémiologiques 27^{ème}-33^{ème} Semaines			0,020
34 ^{ème} - 42 ^{ème} Semaines	14 (70)	255 (44)	
	6 (30)	324 (56)	
Signes cliniques			
Diarrhée et Vomissements et Déshydratation Modérée			0,900
Diarrhée-Vomissements	10 (50)	348 (61,1)	
	10 (50)	222 (38,9)	

Il y avait un lien statistiquement significatif entre l'âge des patients ($p=0,020$) avec 90% de décès chez les sujets âgés de 15 ans et plus et la survenue de décès. Les districts sanitaires de provenance ($p < 0,001$) et les semaines épidémiologiques ($p=0,020$) étaient également associés aux décès des patients.

Discussion

Le sérotype isolé était le vibron cholerae O1 du sérotype Ogawa dans 100% des cas positifs, résultats similaires à ceux d'Amadou O et al (2020) et Fouda et al (2012) qui ont trouvé le sérotype Ogawa également dans 100% des cas respectivement.

La tranche d'âge de 15 ans et plus est la plus touchée avec 65,5% de cas, la même tendance a été observée par l'étude de Legba et al (2017) avec 75,86 % et celle d'Amadou O et al (2020) qui ont trouvé une proportion de 68,60% pour cette tranche d'âge. Dans l'étude de Cameroun les jeunes âgés de 16 à 34 ans étaient les plus touchés avec 42,2% (Justin N et al, 2016).

Il ressort de l'analyse de résultats des auteurs que tous les âges sont en fait touchés par l'affection dans tous les pays touchés mais, ce sont surtout les adultes qui paient le plus lourd tribut.

Concernant le sexe des patients, l'étude a révélé un sexe ratio (F/M) de 1,46. Ce qui signifie que les femmes sont plus touchées par le choléra que les hommes dans la région de Zinder. Similaire au résultat observé de sexe ratio (F/H) de 1,39 par Dan-Nwafor et al (2019). Par contre l'étude de Ndour et al (2006) à Dakar a rapporté le sexe ratio de 1,33 en faveur plutôt des hommes et le sexe ratio de 1,4 en faveur des hommes est également trouvé en Côte d'Ivoire (OMS, 2022).

A propos de pays de provenance des cas, malgré la porosité des frontières, seul un cas suspect sur les 600 provenait du Nigéria. Et sur les 5 districts sanitaires ayant déclaré les cas, 68,8% provenaient du district de Mirriah qui est plus dense en population dans la région ce qui pourrait expliquer une forte proportion des cas due à la promiscuité de la population, qui est un facteur favorisant le déclenchement d'un foyer épidémique. La flambée épidémique de choléra en Afrique de l'Ouest met en évidence le risque de transmission transfrontalière, notamment dans les sous régions où la mobilité des populations est importante (OMS, 2022).

Dans cette étude, à la semaine 34, 113 cas ont été notifiés sur les 600, 85 cas à la semaine 33 et 81 cas à la semaine 35 qui correspondaient aux semaines de pics épidémiologiques. L'étude de Cameroun a rapporté également des pics épidémiologiques dans les périodes similaires, aux semaines 35, 36 et 39 (Justin N et al, 2016). Ces pics correspondaient à la saison de pluies, période pendant laquelle il y a une circulation du vibron cholérique, et probablement une agglomération de la population consécutive à une inondation qui favoriserait la contamination aussi. Des études de terrain menées lors des grandes épidémies au Niger ont dans la plupart des cas démontré une corrélation avec la saison de pluies. Par contre dans l'étude de Douala au Cameroun les pics étaient observés après la saison de pluies à la 41^{ème} et 45^{ème} semaines (Fouda A et al, 2012). Aussi, Mahamadou YM et al

(2023) n'ont pas trouvé d'association entre la pluviométrie et la recrudescence des épidémies de choléra dans leur étude.

Dans ce travail le tableau clinique est dominé par la triade diarrhée-vomissements-déshydratation modérée dans 59,5% des cas. Le tableau diarrhée-vomissements-déshydratation sévère évoluant vers l'état de choc est aussi observé avec une proportion de 0,3%. Cependant la quasi-totalité des patients avait présenté diarrhée-vomissement avec ou sans déshydratation modérée traduisant la symptomatologie classique du choléra. Ces résultats corroboraient ceux de McCrickard et al (2017) en Tanzanie et d'Amadou O et al (2020) à Maradi au Niger qui observaient le même tableau clinique (Diarrhée + vomissements) dans respectivement 75% et 86,4%.

En ce qui concerne l'évolution, une létalité de 3,3% est observée, taux largement supérieur à la recommandation de l'OMS qui doit être en dessous de 1% (OMS, 2006) et de ceux rapportés par plusieurs auteurs dont 1,2% pour l'étude de Cameroun (Justin N et al, 2016) et 1,27% pour Fouda A et al. (2012). L'étude de Lubumbashi a trouvé un taux de létalité de 2,9% avec un risque de décès augmenté de 2,3 fois si un délai de plus de 24 heures entre l'apparition des signes et la prise en charge est observée (Okitandjate AD et al, 2020). A Maradi, un taux de létalité supérieur est rapporté par Amadou et al (2020) qui était de 4,09%. L'arrivée des cas tardivement dans les services de soins pourrait expliquer la prise en charge tardive qui se soldait par un décès dans notre série si bien que seulement 0,3% des sujets avaient présenté un état de choc.

En analyse bivariée dans notre étude, l'âge des patients était statistiquement associé au décès lié au choléra ($p=0,020$) avec 90% de décès chez les sujets âgés de 15 ans et plus. Cilundika MP et al (2014) ont également trouvé un lien statistiquement significatif entre l'âge et l'issue des patients ($p=0,0002$).

Sur les 20 sujets décédés, 13 soit 65% étaient de sexe féminin ; ceci pourrait être due par la proportion élevée des sujets féminins dans l'étude mais aussi par le retard dans la prise en charge du fait du délai souvent long de recours aux soins pour les femmes en raison de leur manque de pouvoir décisionnel culturellement. Elimian et al (2020) au Nigéria ont rapporté une association positive entre le sexe masculin et le décès lié au choléra dans leur étude.

Il y avait également un lien statistique entre les districts sanitaires de provenance ($p < 0,001$) et le décès des patients, avec le district sanitaire de Mirriah qui a notifié 70% de décès chez les cas suspects de choléra. En effet, le district sanitaire de Mirriah est le plus dense en population et en notification des cas par voie de conséquence le taux de létalité est plus élevé. La létalité d'une épidémie de choléra reflète la qualité des soins y compris leur accessibilité et disponibilité (Guévert E et al, 2006).

Les semaines épidémiologiques ($p=0,020$) étaient également associées aux décès des patients, en effet entre la semaine 27 et 33 (correspondant au pic épidémiologique), 70% des décès ont été notifiés. Cela peut être due par le recours tardif aux soins mais aussi par le nombre élevé des cas entre ces semaines sus-citées qui est la période de saison pluvieuse. L'étude du Nigéria a également rapporté un lien entre l'infection pendant la saison des pluies et le décès lié au choléra (Elimian KO et al, 2020).

Conclusion

Ce travail a permis de constater que malgré la prise en charge médicale et communautaire, le taux de létalité (3,3%) est nettement supérieur à celui préconisé par l'Organisation Mondiale de la Santé qui est en dessous de 1%. Une maîtrise durable de la flambée épidémique passe nécessairement par la mise en œuvre des mesures de promotion de l'hygiène individuelle et collective, la surveillance, le renforcement du système d'approvisionnement en eau potable, l'assainissement du milieu et la vaccination.

Toutefois, une étude épidémiologique orientée vers la collecte d'informations détaillées sur les sources d'infection et le mode de transmission est nécessaire afin de mieux orienter les actions de santé publique.

Conflit d'intérêts : Les auteurs n'ont signalé aucun conflit d'intérêts.

Disponibilité des données : Toutes les données sont incluses dans le contenu de l'article.

Déclaration de financement : Les auteurs n'ont obtenu aucun financement pour cette recherche.

Aspects éthiques : Nous avons obtenu une autorisation du Directeur de la direction de surveillance et de riposte aux épidémies (DSRE) avant d'accéder aux dossiers des patients. Les données recueillies ont été traitées dans la stricte confidentialité. Nous avons veillé au respect du secret médical.

References:

1. Ali M, Nelson AR, Lopez AL, Sack D. (2015). Updated global burden of cholera in endemic countries. PLoS Negl Trop Dis. ; 9(6) : e0003832. Doi: 10.1371/journal.pntd.0003832.
2. Amadou O, Biraima A. Harouna MLA, Salifou IA. (2020). Les Épidémies de Choléra dans la Région de Maradi (Niger) de 2000 à 2016. Health Sciences and Disease. 21(3). <https://doi.org/10.5281/hsd.v21i3.1782>

3. Cilundika MP, Muse KE, Longombe NL, Nkumba IA, Mwelwa MC, Katanga M., Mukomena SE, Mukalay MA, Mashini NG, & Luboya NO. (2014). Facteurs de létalité du choléra á Lubumbashi dans la Province du Katanga, en République Démocratique du Congo. *Rev. méd. Gd. Lacs* ; 3(3) : 345-360.
4. Dan-Nwafor CC, OgbonnaU, Onyiah P, Gidado S, Adebobola B, Nguku P and Nsubuga P. (2019). A cholera outbreak in a rural north central Nigerian community: an unmatched casecontrol Study. *BMC Public Health*; 19:112 <https://doi.org/10.1186/s12889-018-6299-3>
5. Elimian KO, Ochu CL, Onwah SS, Oyebanji O, Yennan S. (2020). Identifier et quantifier les facteurs associés aux décès liés au choléra lors de l'épidémie de 2018 au Nigéria. *Pan Afr Med J.* 22(37):368. Doi : 10.11604/pamj.2020.37.368.20981
6. Fouda A, Kollo B, Ngomba A, Dissongo J, Manga L, Essomba N, Sume G, Deli Vet Ngambi M. (2012). Épidémie de choléra à Douala en 2011. *Revue de Médecine et de Pharmacie.* Vol. 2 :113-120
7. Guévert E, Noeske J, Sollé J, Essomba JM. (2006). Amélioration de la qualité par l'analyse des décès au cours de l'épidémie de Choléra de 2004 à Douala. *Cahiers Santé.* 16:149-54.
8. Justin N, Bayoro I, Takoukam I, Wina P. (2016). Étude Des Aspects Épidémiologiques Du Choléra dans Le District De Santé De Tcholliré (Nord-Cameroun). *European Scientific Journal.* Vol.12, No.15 ISSN: 1857 – 7881. Doi: 10.19044/esj.2016.v12n15p278
9. Legba Christian S, Yabi I, Azonhe T, Oseini A. (2017). Analyse Des Déterminants Du Choléra Dans La Ville De Djougou Au Bénin. *European Scientific Journal* Vol.13, No.18 ISSN : 1857 – 7881 (Print) e - ISSN 1857- 7431. Doi: 10.19044/esj.2017.v13n18p171
10. Mahamadou YM, Ibrahim A, Yanago P, Jean K, Meda N. (2023). Facteurs associés à la récurrence des épidémies de choléra au Niger entre 2011 et 2020. *Health Sci.Dis* Vol 24 (5) :71-75. Disponible sur www.hsd-fmsb.org
11. McCrickard LS, Massay AE, Narra R, Mghamba J, Mohamed AA, Kishimba RS, Urio LJ, Rusibayamila N, Magembe G, Bakari M, Gibson JJ, Eidex RB, & Quick RE. (2017). Cholera Mortality during Urban Epidemic, Dar es Salaam, Tanzania. August 16, 2015–January 16, 2016. *Emerging Infectious Diseases* Vol. 23, Supplement to December 2017. DOI: <https://doi.org/10.3201/eid2313.170529>.
12. Ndour CT, Manga M, Diabadiane NM, Fortez L, Seydi M. (2006). L'épidémie de choléra de 2004 à Dakar : aspects épidémiologiques, cliniques et thérapeutiques. *Med. trop.* 66 : 33-38.

13. OCHA (2021). Niger : Aperçu de l'épidémie de choléra en 2021. [en ligne]. [Cité le 11 mai 2024]. Disponible sur <https://www.unocha.org/>.
14. Okitandjate AD, Okenge L, Lunguya O, Mwembo A, Aruna A, Minikulu L, Bitilasi J-F, Mbuyi G, Mbutiwi F, Mulangu F & Chenge F. (2022). Déterminants de la morbidité et de la mortalité due au choléra à Lubumbashi, République démocratique du Congo : étude cas-témoins non appariée. *European Scientific Journal, ESJ*, 18 (21), 65. <https://doi.org/10.19044/esj.2022.v18n21p65>
15. OMS. (2006). Flambées de cholera : évaluation des mesures mises en œuvre en cas de flambée et amélioration de la préparation. Genève. WHO/CDS/CPE/ZFK/2004.4.
16. OMS / Département de lutte contre les maladies épidémiques. (2022). Choléra, 2021. Relevé épidémiologique hebdomadaire, no 37 ; pp 453-464
17. OMS. (2023). Choléra : principaux faits [internet]. [Cité 28 avril 2024]. Disponible sur : <https://www.who.int/fr/news-room/fact-sheets/detail/cholera>
18. Rapport annuel 2022 sur le choléra. (2023). Relevé épidémiologique hebdomadaire N° 38, Vol. 98 ; pp 431-452.
19. Yatala Tambwe N. (2014). Évaluation de niveau de connaissance des femmes de l'aire de sante de Kituku sur les voies de contamination de maladies diarrhéiques. In *Revue Université Sans Frontières pour une Société Ouverte* de l'université Distant Production House Vol. 2. PP. 128-132. ISSN 2313-285X.

Rôle de l'Identification chez l'Adolescent Exposé à la Violence Conjugale au Cameroun

Tabue Defo Fabrice Rocard

Département de Psychologie, Université de Yaoundé 1, Cameroun

Kameni Ngaleu Achille Garance, PhD

Sociologie Économique Faculté des Lettres et Sciences Humaines (FLSH)

Université de Douala, Cameroun

[Doi:10.19044/esj.2024.v20n21p53](https://doi.org/10.19044/esj.2024.v20n21p53)

Submitted: 22 April 2024

Accepted: 29 June 2024

Published: 31 July 2024

Copyright 2024 Author(s)

Under Creative Commons CC-BY 4.0

OPEN ACCESS

Cite As:

Tabue Defo F.R. & Kameni Ngaleu A.G. (2024). *Rôle de l'Identification chez l'Adolescent Exposé à la Violence Conjugale au Cameroun*. European Scientific Journal, ESJ, 20 (21), 53. <https://doi.org/10.19044/esj.2024.v20n21p53>

Résumé

La violence conjugale au Cameroun est un fléau qui va grandissant mais, curieusement, vécue dans nombreuse famille comme une banalité. Malheureusement, cette violence entre les parents (verbale, physique, psychologique, économique et spirituelle) se pratique en présence des adolescents. Cette présence des adolescents va créer chez eux de la souffrance psychique. Ladite souffrance va être par la suite évacuée par l'appareil psychique. C'est dans cette mouvance que notre étude a pour objectif de comprendre le processus d'évacuation de la souffrance psychique chez l'adolescent exposé à la violence conjugale. La méthode clinique a été utilisée comme méthode de recherche. Les entretiens ont été faits auprès de trois adolescents fréquemment exposés à la violence conjugale au Cameroun. Les données recueillies auprès des sujets ont été analysées à travers l'analyse thématique de contenu suivant l'approche psychanalytique. Il ressort des résultats à travers les entretiens semi-directifs que l'adolescents camerounais exposé à la violence conjugale est atteint sur son psychisme. Cependant, ces adolescents face à cette adversité, mobilisent de l'énergie psychique en se basant sur l'identification aux pairs non exposés à la violence conjugale pour évacuer la souffrance psychique. Le fait pour l'adolescent de s'identifier aux pairs non exposés, va restaurer l'équilibre psychique.

Mots-clés: Identification, Adolescent, Exposition, Violence conjugale, Cameroun

Role of Identification Among Adolescents Exposed to Marital Violence in Cameroon

Tabue Defo Fabrice Rocard

Department of Psychology
University of Yaoundé 1, Cameroon

Kameni Ngaleu Achille Garance, PhD

Department of Economic Sociology, Faculty of Arts and Humanities (FLSH)
University of Douala, Cameroon

Abstract

Marital violence in Cameroon is increasingly prevalent, yet it is curiously perceived as commonplace in many families. Unfortunately, this violence between parents (verbal, physical, psychological, economic, and spiritual) occurs in the presence of adolescents, causing them to experience psychic suffering. This suffering is subsequently alleviated through psychological mechanisms. This paper focuses on understanding how adolescents exposed to marital violence evacuate psychological suffering. The clinical method was employed for research, involving interviews with three adolescents who are frequently exposed to marital violence in Cameroon. The data collected from these subjects were analyzed using thematic content analysis following a psychoanalytic approach. Findings from the semi-structured interviews indicate that Cameroonian adolescents exposed to marital violence are profoundly affected psychologically. Nevertheless, in confronting this adversity, these adolescents mobilize psychic energy by identifying with peers who have not experienced marital violence, thereby alleviating their psychological suffering. The adolescent's identification with unexposed peers serves to restore psychological equilibrium.

Keywords: Adolescent, Identification, Exposition, Marital violence, Cameroon

Introduction

L'objectif de pratiquer la violence conjugale est de maintenir l'emprise sur le partenaire (Lépine, 2001). Il faut noter que les cibles principales sont généralement les femmes (Johnson, 2008). Dans ce sciarge, les femmes ne sont pas seulement les seules victimes, même l'entourage proche du couple en

fait partie. Dans cet entourage on retrouve les enfants qui sont dans la plupart du temps exposés lors des pratiques de la violence conjugale (Johnson, 2011).

La violence est un problème majeur qui concerne tant la santé que les droits de la personne humaine. À tout moment de leur vie, que ce soit dans l'espace public ou « à l'abri », au sein de l'espace familial, les individus sont exposés à des différentes formes de violences souvent subies dans le silence comme une fatalité, voire déniées par les victimes elles-mêmes (Adamson & Thompson, 2017).

La violence conjugale se manifeste de plusieurs façons et peut exister indépendamment l'une de l'autre, ou être présente en même temps. On peut citer : la violence verbale : insulte, dénigrement, contrôle sur la vie quotidienne et les activités sociales, menace et harcèlement ; Violence physique : atteinte à l'intégrité physique qui prend la forme des coups de poing, des coups de pied, des morsures et des brûlures ; Violence sexuelle : contrainte à avoir des rapports sexuels, soumission à des pratiques sexuelles non désirées, refus de l'emploi d'une méthode contraceptive ou prophylactique (Statistique Canada, 2004).

Selon Holden (2003), l'exposition des enfants à la violence conjugale peut être directe ou indirecte. Les enfants peuvent être exposés lors d'épisodes de violence prénatale, en entendant ou en voyant des actes violents, en vivant les conséquences de la violence et en entendant des récits d'actes subis. Les enfants peuvent aussi être impliqués directement dans la violence conjugale en étant directement violentés, en intervenant pour défendre le parent victime de violence conjugale ou en participant à la violence commise à l'égard du parent victime.

Le fait pour les adolescents d'être exposés à la violence conjugale constitue pour eux un élément important pouvant causer un encrage sur leur développement psychique, biologique et social (Organisation mondiale de la santé [OMS], 2013a). En effet, les adolescents exposés à la violence conjugale développent des troubles de comportement en plus grande proportion que les adolescents qui n'y sont pas exposés (Émond et al., 1999) et les adolescents à la fois exposés à la violence conjugale et victimes de maltraitance directe sont ceux qui obtiennent les scores les plus élevés de problèmes de comportement (Moylan et al., 2010). Ces derniers auraient d'ailleurs plus souvent des profils d'adaptation caractérisés à la fois par les problèmes de comportements intériorisés et extériorisés, ou uniquement par des troubles extériorisés (Doucet & Fortin, 2012). Par ailleurs, l'exposition à la violence conjugale est une source de souffrance psychique chez les adolescents. Mais dans cette étude, c'est l'évacuation de cette souffrance induite par l'exposition à la violence conjugale qui nous intéresse.

Dans les années 80, les chercheurs ont commencé à s'intéresser aux enfants de tous âges qui vivent dans ces familles. Cette exposition de ces

derniers constitue donc une cible d'intervention assez récente. La violence envers les adolescents est souvent exercée dans le cadre familial. Ils peuvent être en proie à différentes formes de violence parmi lesquelles il importe en particulier de citer la maltraitance physique et psychique, les abus sexuels, la négligence physique et psychique et le fait d'être exposé à la violence conjugale (Rapport, 2012).

Les conventions internationales sur les droits des enfants et sur la lutte contre la violence domestique reconnaissent le fait d'être exposé à la violence dans le couple comme une forme incontestable de violence à l'encontre des enfants et des adolescents.

La Convention de l'ONU relative aux droits de l'enfant (CDE, RS0.107, en vigueur en Suisse depuis 1997) énonce à l'art. 19 le droit de l'enfant à être protégé contre toutes les formes de violence dans la sphère domestique comme à l'extérieur. Le fait d'être exposé à la violence dans le couple parental est pointé comme une forme de maltraitance psychologique ou émotionnelle (Committee on the Rights of the Child, 2011). Même lorsqu'ils ne sont pas directement visés par la violence, les enfants sont considérés comme des victimes.

Compte tenu des conséquences traumatisantes que le fait d'être exposé à la violence dans le couple peut avoir, la Convention souligne que les enfants ne doivent pas nécessairement être directement visés par la violence pour être considérés comme des victimes de la violence conjugale. La Convention d'Istanbul engage les États parties, dont la Suisse, à mettre en œuvre des mesures pour aider et protéger les enfants co-victimes.

Aux États-Unis, une estimation de Carlson (1984) fait ressortir qu'environ 3,3 millions d'enfants sont exposés à la violence conjugale chaque année. Des données recueillies auprès de 935 adolescents dans des écoles de Los Angeles indiquent que 57% des garçons et 56% des filles ont déjà été exposés à la violence conjugale physique (O'Keefe, 1994). Il s'agit là de taux particulièrement élevés, compte tenu du fait que les jeunes étaient recrutés parmi une population générale et non seulement parmi des familles violentes. Ces résultats assez surprenants peuvent toutefois s'expliquer par la méthode de recherche utilisée. En effet, pour mesurer l'exposition à la violence conjugale, l'auteure a utilisé une version modifiée du *Conflict Tactics Scale*, en demandant aux adolescents de répondre au questionnaire en se référant non pas à la dernière année (comme le veut la procédure habituelle, mais à une année de leur vie où ils se souviennent d'un nombre spécialement important de conflits entre leurs parents).

Au Canada, entre 11 et 23% de tous les enfants sont exposés à la violence conjugale (Sudermann & Jaffe, 1999). Ainsi, on peut estimer que, dans une classe moyenne, deux à six adolescents seraient exposés à la violence conjugale (Sudermann & Jaffe, 1999).

L'Enquête sociale générale (ESG) de Statistique Canada réalisée en 1998, dans laquelle des femmes (n = 14 269) et des hommes (n = 11 607) canadiens ont été interrogés par téléphone, révèle que 37% des personnes victimes de violence conjugale ont déclaré que les adolescents avaient vu ou entendu les actes de violence, ce qui représente environ un demi-million d'adolescents au cours des cinq dernières années (Nordenberg, 2000).

L'étude canadienne sur l'incidence des signalements de cas de violence et de négligence envers les enfants (ECI) révèle que, dans 58% des cas pour violence psychologique par les services de protection de l'enfance, l'adolescent est exposé à la violence conjugale (Trocmé *et al.*, 2001).

L'exposition à la violence conjugale demeure tout de même un problème important qui peut affecter le développement de l'adolescent, puisqu'elle augmente de 3,7 fois les chances de rencontrer des difficultés d'adaptation (Frankfurt, 2009). Parmi les conséquences que peut amener l'exposition à la violence conjugale, on trouve l'apparition des problèmes de comportement au cours de l'enfance et de l'adolescence (Davis & Carlson, 2009; Doucet & Fortin, 2012; Doumas *et al.*, 2009; Émond *et al.*, 2000; Kernic *et al.*, 2003; Moylan *et al.*, 2010).

En effet, les adolescents exposés à la violence conjugale développent des troubles de comportement en plus grande proportion que les adolescents qui n'y sont pas exposés (Émond *et al.*, 2000) et les adolescents à la fois exposés à la violence conjugale et victimes de maltraitance directe sont ceux qui obtiennent les scores les plus élevés de problèmes de comportement (Kelly, 2010). Ces derniers auraient d'ailleurs plus souvent des profils d'adaptation caractérisés à la fois par les problèmes de comportements intériorisés et extériorisés, ou uniquement par des troubles extériorisés (Doucet & Fortin, 2012). Les problèmes de comportement intériorisés augmentent le risque de victimisation, alors que les problèmes de comportements extériorisés augmentent le risque d'adopter des comportements criminels (Kernic *et al.*, 2003).

Au Cameroun en 2015, une étude menée par le ministère de la Promotion de la femme et de la famille (MINPROFF) révèle que lors des violences conjugales, 53 % à 80% des adolescents sont exposés et de ce fait présentent des troubles de comportements. Ce problème d'exposition fait également l'objet d'étude au ministère des affaires sociales (MINAS) en 2023 qui suggère que l'augmentation de la délinquance juvénile au Cameroun est liée à la violence conjugale grandissante.

Dans le même déroulé, Cunnigham et Baker (2007), affirment que ces enfants voient, entendent ou se font raconter les actes de violence conjugale et de contrôle coercitif envers un parent ou en voient les conséquences. Allant dans cette logique, l'exposition à la violence va contribuer à mettre l'enfant en difficulté, elle va conduire à créer chez ce dernier un sentiment de peur et

d'anxiété, le mettre face à des modes inadaptés de relations interpersonnelles (adversité) ou le conduire vers une isolation de par le caractère invouable et honteux de ce qu'il vit et subit (Paul, 2015).

En se basant sur les études des auteurs comme (Paul, 2015; Knop & Heim, 2019) qui démontrent que l'exposition à la violence conjugale a de nombreuses conséquences sur les adolescents, nous constatons que, dans le milieu camerounais où la violence conjugale est encore vue comme des actes d'amour voire rationalisée dans bien de situation, les conséquences de la violence conjugale sur les enfants qui vivent dans les différentes familles sont encore sous-estimées comme le souligne Anker et al. (2015).

Bien qu'au Cameroun les recherches sur le vécu des enfants exposés à la violence conjugale ont été effectuées comme celle de Kepmegni et Nguimfack (2023), celles sur les adolescents exposés et le processus d'évacuation de la souffrance sont très peu étudié. C'est dans cette logique que cette étude se donne pour objectif de comprendre le rôle de l'identification aux pairs non exposés dans le processus psychique de l'évacuation de la souffrance psychique chez l'adolescent exposé à la violence conjugale au Cameroun.

Nous avons fait recours à la méthode clinique, car elle permet la compréhension totale, singulière et en profondeur du travail d'évacuation de la souffrance psychique chez les adolescents exposés à la violence conjugale (Barlatier, 2018). Selon cet auteur, la pertinence de cette méthode est importante parce qu'elle permet d'étudier des phénomènes complexes en situation réelle. Elle apporte ainsi une analyse détaillée et en profondeur sur un nombre limité de sujets.

Approche méthodologique

Méthode

La méthode utilisée dans notre étude est la méthode clinique. Cette méthode a été choisie parce qu'elle permet l'exploration en profondeur de la personnalité et l'appréhension de la souffrance psychique chez des adolescents exposés à la violence conjugale. Cette méthode permet de faire apparaître des éléments saillants concernant le sujet ou un phénomène psychique en particulier (exemple : l'imaginaire, les représentations parentales, la nature de certaines angoisses ...). Force est pour nous de constater que la méthode clinique dans ce cas est la plus appropriée pour appréhender cette dynamique psychique.

Cite de l'étude

Concernant le cadre, cette étude s'est déroulée au lycée de Biyem-Assi dans la ville de Yaoundé. En effet, le lycée de Biyem-assi est un établissement de l'enseignement secondaire du département du Mfoundi de Biyem-assi quartier populaire de Yaoundé la capitale politique du Cameroun. Notre étude

s'est effectuée au service de l'orientation scolaire du dit lycée. Ce cadre a été choisi parce que lors du suivi psychologique des élèves par un des auteurs, certains adolescents présentaient une souffrance psychique liée à l'exposition à la violence conjugale.

Collecte de données et échantillonnage

Nous avons fait recours à l'entretien semi-directif qui est le plus utilisé en recherche. Ce type d'entretien est particulier, car il n'est ni entièrement ouvert comme l'entretien non directif ni totalement canalisé par un grand nombre de questions précises comme c'est le cas de l'entretien directif. Il est à mi-parcours entre ces deux types d'entretiens. Pour des auteurs tels que Pedinielli et Fernandez (2007), l'entretien semi-directif permet de rendre compte de la dynamique des processus psychiques, le sujet pouvant organiser son discours comme il l'entend, tout en permettant une forme de standardisation.

Les entretiens étaient principalement focalisés sur les points suivants :

- D'abord sur la fréquence de la pratique de la violence conjugale ceci pour se rassurer de la manifestation de la violence entre les parents.

En suite sur le processus d'identification à travers les points ci-après :

- Imitation, empathie, intériorisation, sympathie, ressembler, être pareil, appréciation des pairs et lien émotionnel avec les pairs.
- **Base de sécurité** (sérénité ressentie, régulation des émotions, ouverture et disponibilité à la curiosité intellectuelle et à la vie relationnelle, projection vers l'avenir et prise de risque, Capacité de s'engager dans un travail productif ; Sécurité émotionnelle ; Capacité à nouer des relations satisfaisantes avec les autres).

Pour mener à bien notre collecte de données, nous avons utilisé la technique d'échantillonnage par choix raisonné. Encore appelé sondage non aléatoire, le choix raisonné se fait sans tirage au sort. Ici, le choix des éléments est basé sur le jugement du chercheur par rapport à leurs caractères. Au fait, le choix raisonné est un échantillonnage peu représentatif de l'ensemble de la population. C'est un type d'échantillonnage qui consiste d'après Vaugelade (1989) à choisir un échantillon représentatif d'une situation générale, il précise que ce choix est subjectif, c'est-à-dire dépend du chercheur. Pour Vaillant (2005), dans ce type d'échantillonnage, l'échantillon est construit par des procédés comportant une part d'arbitraire.

Les participants de cette étude sont au nombre de trois (3) adolescents victimes des violences conjugales répondant aux critères d'inclusions. Ils ont été rencontrés au lycée de Biyem-assi. Concernant la sélection de ces participants, nous avons respecté un certain nombre de critères. Au moment des entretiens de recherche, les adolescents étaient supposés être exposés à la

violence conjugale à la maison. Les adolescents qui ont été sélectionnés comme participants dans cette étude sont ceux qui présentaient une souffrance inhérente à la violence conjugale. Ce choix est justifié par l'exposition à la violence conjugale qui vient créer une souffrance psychique et imposer un travail d'évacuation chez l'adolescent. Il est nécessaire de préciser que la sélection des participants n'a pas tenu compte de l'ethnie et de la religion.

Le choix des adolescents, comme les principaux participants de cette étude, se justifie par le fait que l'exposition à la violence conjugale a une place très importante dans l'équilibre psychique. Cette exposition à la violence conjugale va avoir un retentissement à la période d'adolescence. Autrement dit, les conséquences psychiques et sociales induites par l'exposition à la violence conjugale sont importantes dans la période de « l'adolescence ».

Matériels et considération éthique

Les différents entretiens que nous avons menés avec les participants ont duré en moyenne 45 minutes et ont tous été enregistrés à l'aide d'un dictaphone, et ce après l'accord des participants. L'enregistrement des entretiens donne la possibilité d'être à l'écoute de ce qui s'est énoncé à ce moment précis de la rencontre chercheur-participant. De plus, c'est la seule possibilité d'avoir accès à tout le matériau offert par les participants, ce qui permet également une transcription intégrale.

Les entretiens que nous avons menés avec les participants ont duré en moyenne 45 minutes et ont tous été enregistrés à l'aide d'un dictaphone, et ce après l'accord des participants. Trois entretiens ont été réalisés par participant (neuf entretiens au total). Suite à la garantie de la confidentialité de la participation des adolescents, les pseudonymes ont été utilisés.

En effet, une fiche de consentement libre et éclairé a été signée par tous les participants de cette étude, laquelle a permis d'expliquer aux participants les objectifs de cette étude. Elle a également permis d'élucider les risques qu'ils en couraient, et les moyens pour minimiser lesdits risques. Aussi, ils étaient informés du fait qu'ils pouvaient abandonner si le besoin se sentait. Le chercheur demande l'approbation du sujet avant de commencer son étude (Messanga, cours d'éthique et déontologie, Master 1, mai 2017). Dans le code déontologie des psychologues, l'article 48 stipule : « préalablement à leurs participations à la recherche, les personnes sollicitées doivent exprimer leurs consentements libre et éclairé. L'information doit être faite de façon intelligible, et porter sur les objectifs et la procédure de la recherche et sur tous les aspects susceptibles de nuancer leurs consentements » (2012, p.13).

Technique d'analyse des données

Pour réaliser notre appréhension, nous nous sommes basé sur l'analyse thématique de contenu qui, d'après Angers (1992, p.166), est une « technique

indirecte utilisée sur des productions écrites, sonores ou audiovisuelles, provenant d'individus ou de groupes, ou portant sur eux, dont le contenu se présente sous forme non chiffrée, et qui permet de faire un prélèvement quantitatif et qualitatif ». L'analyse des contenus consiste donc à analyser le contenu du discours des patients afin d'en ressortir les contenus manifestes (c'est ce qui est explicitement dit dans le discours du patient), et latents (c'est tout ce qui n'est pas formellement exprimé par le patient). L'analyse des contenus latents permet de ressortir les non-dits et de saisir le sens caché des propos. Angers (1992) insiste sur le fait que cette technique permet de scruter l'univers mental d'un individu, d'un groupe, d'une collectivité. En effet une première étape consistera à faire une analyse des contenus thématiques. Une deuxième étape mettra à contribution une lecture herméneutique, à partir d'une grille de lecture psychanalytique. Les thématiques abordées seront fondées sur la théorie psychanalytique, de l'ontogenèse du fonctionnement psychique. Le recours à la théorie psychanalytique est lié au fait de comprendre si lesdites stratégies mises en place sont exclusives.

Résultats

Dans cette partie, il est question pour nous de présenter les données collectées auprès des sujets.

Présentation des Sujets

√ Wilow

Elle est élève au lycée de Biyem-assi en classe de terminale série D, et âgée de 16 ans. Wilow est de culture Sawa. Ses parents ont pour statut matrimonial : la polygamie ; son père est cultivateur et sa mère commerçante. Le nombre d'enfants dans la fratrie est de 7. Elle a 3 frères et 3 sœurs et occupe la cinquième place. Willow nous signale qu'ils ont déménagé pour aller à Nsimeyong parce que le bailleur ne les voulait plus chez lui.

Nous avons rencontré Willow au service de l'orientation scolaire dudit lycée. Au cours de l'entretien, Willow soutient que son père ne se comporte pas bien à la maison envers sa mère. Il ne peut pas passer dix jours sans se quereller avec sa mère et ça finit souvent par la bastonnade, et quelques fois, affirme-t-elle, « il empêche même ma mère d'aller faire son commerce disant qu'elle part là-bas pour faire la prostitution. Elle nous fait comprendre qu'elle est vraiment touchée à cause de ça ; parce qu'elle ne dort plus, même manger la dépasse et elle ressent des douleurs somatiques qu'elle ne peut pas expliquer ».

√ Naomi

Âgée de 16 ans, Naomi est élève au lycée de Biyem-assi en classe de terminale série A4 Espagnole. Naomi est de culture Ewondo. Le statut matrimonial des parents est la polygamie. Son père et sa mère sont des

enseignants. Le nombre d'enfants dans la fratrie est de 13. Sa mère à 5 enfants dont 2 filles et 3 garçons et elle occupe la troisième position. Ses parents et elle vivent à Damas.

Naomi a été rencontrée au service de l'orientation scolaire. Pendant l'entretien, Naomi fond en larmes quand elle aborde la qualité de la relation existante entre ses parents. Elle nous fait savoir que son père passe le temps la nuit à se disputer avec sa mère et cela l'empêche de dormir. Naomi nous dit même qu'il y a de cela 3 jours que son père a cassé les choses à la maison parce qu'il voulait tuer sa mère. Dans les dires de Naomi, nous comprenons qu'elle vit dans une profonde tristesse. Et en plus elle est plongée dans une peur intense de perdre un membre de sa famille.

√ **Mireille**

Mireille est âgée de 15 ans. Elle est élève en classe de première série C au lycée de Biyem-assi. Elle est de culture Bulu et d'une famille monogamique. Son père est maçon et sa mère commerçante et le nombre d'enfants dans la fratrie est de 7. Mireille a 4 sœurs et 2 frères et elle est la benjamine. Elles vivent à la montée Jouvence.

La rencontre avec Mireille s'est faite au service de l'orientation scolaire dudit lycée. Pour Mireille, son père est méchant parce qu'il menace beaucoup sa mère. En effet, il la tape, l'insulte, lui interdit même d'aller à l'église. Mireille nous informe que pas plus tard que le matin de l'entretien, son père a fermé la porte de la chambre pour battre sa mère. Par conséquent, Mireille nous fait comprendre qu'elle a des difficultés à trouver le sommeil et en plus qu'elle ne parvient plus à se concentrer.

Analyse des Données Collectées Issue des Entretiens

Les données obtenues pendant les entretiens réalisés avec les sujets de l'étude en première partie statuent sur la fréquence des actes violents et par la suite, démontre qu'ils font usage de l'identification pour évacuer la souffrance psychique liée à l'exposition à la violence conjugale.

Fréquence de la pratique de la violence conjugale

En ce qui concerne la pratique de la violence conjugale, les sujets dans les différents discours présentent la régularité dans les actes entre les parents. Mireille par exemple déclare : *« pour les périodes ! Je ne sais pas vraiment hein ! Mais, je peux dire tout le temps. Parce que même ce matin, il y a eu les insultes et ça devait conduire à la bagarre comme d'habitude. Mais je sais que ça fait même plus de deux ans que papa se comporte de cette manière bizarre »*.

Toujours dans le même sillage, Mireille dans son discours dit : *« Il nous dit souvent à la maison qu'il est le chef de famille et qu'il fait ce qu'il veut. Monsieur presque tous les jours, il y a mouvement à la maison et c'est toujours*

papa. Je ne sais pas ce qu'il veut de maman ! C'est ça. Il ne se comporte pas bien envers maman. Pour lui il s'en fou de tout. Même quand il y a les gens, ce n'est pas son problème ».

Au début des entretiens avec Naomi, elle manifeste de l'incertitude par rapport au commencement, mais, va par la suite présenter la fréquence de cette pratique à la maison : *« je sais que mes grands frères m'ont toujours parlé de ça. Donc, je crois que c'est depuis même avant que je ne sois née ! Je ne peux pas vraiment vous dire quand. Mais pour le moment, ça se passe presque toutes les semaines peut-être même tous les jours ».* Naomi va dans ses propos manifester de la colère quant à la non-distinction des lieux par son père : *« ce qui m'énerve même encore est qu'il ne distingue même pas le lieu n'importe où il le fait yich ! C'est mauvais. Il a gâté vraiment l'atmosphère de la maison avec ça. Je suis sûre que même en ce moment, s'il est à la maison il y a les voix qui montent ».*

Dès le début de l'entretien avec Willow, il ressort de son discours que la pratique de la violence conjugale à la maison est quotidienne. Ceci se justifie lorsque dans son discours elle dit : *« Pour dire vrai, je peux dire que c'est tout le temps que ça se passe. Ça dépend de son humeur à la maison, en route, au champ, et je peux dire presque tous les jours que Dieu a créé. Il y a aussi que le dimanche comme papa n'aime pas aller à l'église là ! Il interdit même maman de partir je ne sais pas vraiment ce qu'il veut finalement il dérange beaucoup ».*

Dans les propos de Willow, il se traduit une déception face à cette récurrence de la pratique de la violence conjugale à la maison : *« ça ne fait même pas deux mois que papa a commencé à faire mal à la maison. Depuis ce jour-là, il le fait dès qu'il est énervé. Papa menace maman n'importe où même au marché je vous assure. Il ne se maîtrise pas. Partout ! Ça me choque beaucoup. Ce n'est pas bien. Un jour même au champ, il a pris la machette pour la chasser avec. C'est vraiment bizarre avec mon père. Je ne savais pas qu'il pouvait faire des choses comme ça ».*

Le rôle de l'identification dans le processus d'évacuation de la souffrance psychique

A travers les entretiens, il ressort que l'identification est un support sur lequel les sujets se focalisent pour avoir une stabilité psychique. Chez Willow, il y a une identification aux pairs non exposés à la violence conjugale : *« mes amis qui vivent dans les familles où il n'y a pas la violence sont pour moi un moyen pour oublier un peu la souffrance que je vis à la maison. C'est seulement quand je pense à eux que je me rappelle que la vie existe encore. C'est pourquoi je me bats à être comme eux au quotidien. Il y a même que c'est sur eux que je me base pour réfléchir sur ma vie future. Ils me donnent mentalement un courage que moi-même je ne comprends pas. Monsieur,*

aujourd'hui pour être calme je suis obligée de penser à mes camarades ». Le fait pour le sujet de s'identifier à ses pairs lui procure un accompagnement psychoaffectif important pour sa réorganisation psychique et pour la maîtrise de la situation blessante qui est la violence conjugale.

Cet accompagnement psychoaffectif se fait également remarqué dans ses propos suivants : *« Moi vraiment, je donne beaucoup de considération à mes amis parce que je me dis qu'elles sont bien et je me dis que même-ci il y a tout ça à la maison, je dois me comparer à elles. Regardez par exemple, mes amis qui sont bien ne se comportent pas bizarrement comme moi. Vous ne pouvez pas les voir en train de pleurer comme moi d'être toujours seule comme moi, c'est pour cela que je veux être comme elles c'est-à-dire bien dans la tête. Voilà pourquoi, j'ai décidé de me créer les relations avec les personnes qui savent gérer leurs émotions. Parce que j'ai compris qu'avec eux, je retrouve la sérénité dans ma tête, la souffrance disparaît de fois. Mes amis sont pour moi la raison de ne vivre plus jamais mes parents et surtout mon père. C'est ça je crois que c'est ça ».*

Tout au long des entretiens, Naomi dans son discours utilise ses amis comme support pour surmonter la souffrance psychique qu'elle fait face au quotidien à la maison suite à son exposition. Elle va de ce fait s'identifier aux pairs non exposés à la violence conjugale : *« mes amis sont pour moi un exemple sur qui je peux imiter pour me sentir un peu bien. Il y a que quand je pense à eux que je me sens bien. Mes amis qui sont avec moi et qui ne vivent pas dans la famille où les parents se bagarrent me donnent une force mentale pour être bien dans ma tête. C'est quand je pense à leur comportement que je me calme un peu ».*

Naomi parlant toujours du fait qu'elle s'identifie aux pairs non exposés à la violence conjugale, elle nous dit par exemple : *« J'ai pour mes amis une grande considération. C'est pourquoi je veux être comme eux. Quand je dis les imiter, c'est-à-dire penser à l'avenir aussi comme eux. Je me mets à leur place pour être bien aussi. Je me suis dit que je ne vais plus pleurer, je vais étudier mes leçons, je vais manger pour être en santé. Je vais apprendre à avoir de l'estime pour les autres. En fait hein, mes amis me donnent une sérénité de l'esprit. C'est pourquoi j'ai pris la décision de me créer beaucoup de relations avec les amis qui vivent dans les familles où il n'y a pas la violence conjugale ».* Les expressions (être comme) (imitation) (sympathie), témoigne le fait que le processus d'identification a été mis en place par le sujet pour évacuer la souffrance psychique induite par l'exposition à la violence conjugale.

Mireille dans son discours déclare : *« mes camarades à qui je pense chaque jour me donnent encore la force de continuer. Monsieur par exemple, à la maison quand je me comporte comme mes amis, mon calme revient un peu. Même pour dormir la nuit, il me faut imaginer mes camarades en train*

de dormir. Ce qui fait que je dois beaucoup faire comme eux pour m'en sortir de tout ça ». Le désir pour le sujet de s'identifier à ses pairs fait comprendre que Mireille traverse des douleurs qu'elle-même ne voudrait plus ressentir.

Malgré l'exposition du sujet et surtout de la souffrance qui l'habite, Mireille va s'identifier à ses amis pour retrouver la sérénité, la régulation de ses émotions et la projection vers l'avenir. À cet effet, elle dit : « *Vraiment monsieur, mes amis représentent pour moi un soutien. C'est avec eux que je m'imagine dans l'avenir. C'est même avec eux que j'ai encore les projets pour l'école. Je me bats pour être en joie comme eux, pour être épanouie comme eux. J'aime beaucoup sympathiser avec eux. En fait hein, auprès d'eux j'apprends comment revivre* ». Les locutions comme (imitation) (être comme) (faire comme) traduisent le processus d'identification qui a été mis en place par le sujet en premier temps, pour rendre tolérable la situation (violence conjugale), en suite pour évacuer la souffrance qui entrave son psychisme.

Discussion

Les résultats de notre étude viennent enrichir les autres études faites concernant l'exposition à la violence conjugale surtout quelle est indexé comme impactant la santé mentale des enfants (Bekaert et al., 2012). Nous observons que le fait pour les adolescents exposés à la violence conjugale crée de la souffrance psychique chez ces derniers. Mais, pour faire face à cette exposition à la violence conjugale, les adolescents vont mettre en place un processus d'évacuation de la souffrance psychique basé sur l'identification au pairs non exposés pour retrouver leur équilibre psychique.

Partant du fait que l'exposition à la violence conjugale peut faciliter le déséquilibre psychique des adolescents, les résultats de cette étude montrent qu'ils ne sont pas réfractaires quant à une quelconque sortie de l'état de souffrance. On observe à l'évacuation de la souffrance psychique, qu'ils sont réceptifs sur le plan psychique comme physique. Du fait de l'analyse des résultats que nous avons réalisée, il ressort qu'aux manifestations de la souffrance psychique induite par l'exposition à la violence conjugale, les participants s'identifient à leurs pairs non exposés. L'identification aux pairs est par conséquent la base sur laquelle la symbolisation de la souffrance psychique va se mettre en place et faciliter par la suite la maîtrise de la situation (violence conjugale), des sentiments et sensations induits.

Nos résultats vont dans le même sens que ceux de Malone (2011) qui suggère que par l'appartenance à un groupe à travers l'identification, l'adolescent se construit parmi ses semblables et s'attribue un nouveau statut. Le groupe devient la référence et aide le jeune dans sa construction identitaire par le vécu des mêmes choses, le dialogue, la compréhension. Envie de faire comme les autres avant d'arriver à se construire son identité propre, durant sa recherche identitaire, l'adolescent cherche à ressembler aux autres, à

s'identifier à ses pairs. C'est pour ça qu'on peut voir un groupe de filles habillées dans un même style, qu'elles désirent le même sac ou les mêmes chaussures, que des garçons veulent un sac de telle marque pour aller aux cours

Selon Lapiere (2014), l'exposition à la violence conjugale en pleine période d'adolescence marquée d'une crise identitaire n'aura pas le même retentissement psychique si l'adolescent exposé a pu gérer ses crises. Ainsi, la gestion des crises liées à la période de l'adolescence est très importante dans le processus de l'évacuation de la souffrance psychique. Lecours (2007) et Lecours et Bouchard (1997) pensent qu'en mettant en difficulté la capacité imaginaire, l'exposition à des événements blessants viendrait mettre à mal l'investissement de l'adolescent en entravant ainsi l'évacuation de sa souffrance. Les résultats de notre étude affirment à cet effet qu'à l'exposition à la violence conjugale, l'adolescent ne se trouve pas dans la possibilité d'évacuer sa souffrance. C'est seulement suite à l'identification aux pairs que la symbolisation est mise en marche.

Sur le plan de la recherche, des travaux présentent quelque fois des limites importantes. En ce qui concerne notre travail, il serait important pour l'avenir de réaliser une étude qui va en plus des entretiens cliniques, faire l'usage des tests projectifs (le dessin de la famille et le test de l'arbre) pour mieux comprendre la dynamique psychique en cours durant la période d'exposition à la violence conjugale. de plus, il serait important de rendre large l'échantillon. Une autre limite de cette étude est celle de se baser uniquement sur les adolescents. Il serait raisonnable dans les perspectives à venir de faire une étude longitudinale pour mieux appréhender les mécanismes d'évacuation de la souffrance psychique.

Conclusion

Selon les auteurs (Kepmegni & Nguimfack, 2023), la violence conjugale est une situation potentiellement pathogène, en raison de ses conséquences sur la santé psychologique et physique de ceux qui y sont exposés. D'après ces auteurs, elle aurait une grande signification au Cameroun où les droits de la femme ne sont pas souvent respectés et la violence acceptée et soutenue par des normes culturelles et sociales. Cette violence provoque des conséquences chez les enfants sur différents registres : affectif, cognitif, comportementale, relationnel et somatique.

Il est important pour nous de dire que c'est l'exposition des adolescents à la violence conjugale qui a permis que nous fassions un arrêt sur la question de l'évacuation de la souffrance psychique chez ces derniers. Dans un contexte de violence conjugale, les études révèlent que les adolescents sont exposés dans une proportion variant de 37 à 95%. Ce qui traduit que les adolescents vivant dans les familles où se pratique la violence conjugale sont autant que

leur mère victime et qui de par son impact, engendre de nombreuses émotions et affects qui à leur tour bouleversent les remaniements en cours à la période d'adolescence.

D'après notre étude, il ressort que le fait pour les adolescents d'être exposés à la violence conjugale, va permettre à leur psychique d'avoir comme support d'évacuation de la souffrance psychique les pairs non exposés à la violence conjugale. Ce support va se traduire par le processus d'identification. Ce processus d'identification qui est pris par l'appareil psychique comme une énergie interne permettant le rééquilibrage psychique. Ainsi, durant la prise en charge des adolescents exposés à la violence conjugale, les intervenants peuvent mettre en exergue le processus d'identification pour trouver une solution quant aux différents troubles.

Remerciement

Nous exprimons notre gratitude à tous les adolescents qui ont donné leur accord pour participer à notre étude. Merci aussi au proviseur du lycée de Biyem-assi qui nous a donné l'autorisation de mener notre étude.

Conflit d'intérêts : Les auteurs n'ont signalé aucun conflit d'intérêts.

Disponibilité des données : Toutes les données sont incluses dans le contenu de l'article.

Déclaration de financement : Les auteurs n'ont obtenu aucun financement pour cette recherche.

References:

1. Adamson, J. L. & Thompson, R. A. (2017). Coping with interparental verbal conflict by children exposed to spouse abuse and children from non violent home. *Journal of Family Violence*, 13(3), 213-232.
2. Angers, M. (1992). *Initiation pratique à la méthodologie des sciences humaines*. Québec : Centre éducatif et culturel.
3. Anker (2015). *Les enfants exposés à la violence conjugale : état des Lieux de leur prise en charge dans la république et canton du jura*. Groupe coordination violence, août 2015. Consulté le 07 février 2022 sur [Https :www.jura.ch/ CHA/ EGA/violence domestique / enfant exposés à la violence conjugale.html](https://www.jura.ch/CHA/EGA/violence%20domestique%20enfant%20exposés%20à%20la%20violence%20conjugale.html).
4. Barlatier, J. P. (2018). *Les études de cas en science sociale*. Paris Press Universitaire de France.
5. Bekaert, J., Caron, R., & Masclat, G. (2012). Le vécu subjectif des enfants exposés à la violence conjugale : l'anxiété et l'apport de variables protectrices. *La psychiatrie de L'Enfant*, 55(1), 247-268.

6. Carlson, B. E. (1984). *Children's observations of interpersonal violence*. In A. R. Roberts (eds.), *Battered women and their families: Intervention, strategies and treatment programs*, New York: Springer Publishing Company Inc., p. 147-167.
7. Cunningham, A. & Baker, L. (2007). *Petits yeux, petites oreilles : comment la violence envers une mère façonne les enfants lorsqu'ils grandissent*. Ontario, Canada : Agence de santé publique du Canada.
8. Davis, L. & Carlson, B. (2009). Observation of spouse abuse what happens to the children ? *Journal of Interpersonal Violence*, 2(3), 278-291.
9. Doucet, M. & Fortin, A. (2012). *Exposition à la violence conjugale et adaptation de l'enfant : analyse des variables médiatrices et examen des profils individuel*. Thèse de doctorat. Psychologie Canada. Université de Montréal.
10. Doumas, D., Margolin, G., & John, R. (2009). The intergenerational transmission of aggression across three generations. *Journal of Family Violence*, 9(2), 157-175.
11. Emond, A. M., Lira, P. I., Ashworth, A., Morris, S. S., & Grantham-mcgm, S. M. (2000). Sustained improvement in nutritional status and development of stunted preschool children following a targeted intervention in northeastern Brazil. *Bulletin of the World Health Organisation*, 78(8), 969-976.
12. Frankfurt, H. (2009). *Transgenerationale Traumatisierung*. Paderborn : Junfermann.
13. Holden, G. W. (2003). Children Exposed to Domestic Violence and Child Abuse: Terminology and Taxonomy. *Clinical Child and Family Psychology Review*, 6(3), 151-160. <https://doi.org/10.1023/A:1024906315255>
14. Johnson, H. & Dawson, M. (2011). *Violence against women in Canada: Research and policy perspectives*. Oxford University Press.
15. Johnson, M. P. (2008). *Conflict and control*. Toronto: University of Toronto.
16. Kelly, R. (2010). *Children's Perspectives on Domestic Violence*. London : Sage.
17. Kepmegni M. H. & Nguimfack L. (2023). *Le vécu de l'enfant camerounais exposé à la violence conjugale au Cameroun*. ESI Preprints. <https://doi.org/10.19044/esipreprint.7.2023.p323>.
18. Kernic, M.A., Wolf, M.E., Holt, V.L., McKnight, B., Huebner, C.E., & Rivara, F.P. (2003). Behavioral Problems among Children Whose Mothers are Abused by an Intimate Partner. *Child Abuse and Neglect*, 27(11), 1231-46.

19. Knop, K. & Heim, J. (2019). Height and self-esteem. *Journal of Personality and Social Psychology*, 116(3), 422-440.
20. Lapierre, S. & Côté, I. (2014). On n'est pas là pour régler le problème de violence conjugale, on est là pour protéger l'enfant : la conceptualisation des situations de violence conjugale dans un centre jeunesse du Québec. *Service social*, 57 (1), 31-48.
21. Lecours, S. (2007). Supportive interventions and nonsymbolic mental functioning. *International Journal of Psychoanalysis*, 88(15), 895-915.
22. Lecours, S. & Bouchard, M.-A. (1997). Dimensions of mentalization: outlining levels of psychic transformation. *International Journal of Psychoanalysis*, 78(4), 855-875.
23. Lépine, J.P. (2001) Epidemiology, burden, and disability in depression and anxiety. *Psychiatry*, 62 (13), 4-10.
24. Malone, T. (2011). Innovation et créativité. *Journal of Management*, 25(3), 12-24.
25. Ministère des Affaires sociales, de la Santé et des Droits des femmes (2015). *Violences faites aux femmes : les principales données*. Auteur.
26. Moyland, J. P., Smith, R. A., Wilcox, N. T., & Yonaitis, B. C. (2010). Trends in renewable energy adoption and the information that drives investment decision. *Journal of Renewable energy*, 15(3), 45-57.
27. Nordenberg, D. (2000). Relationship of Childhood Abuse and Household Dysfunction to Many of the Leading Causes of Death in Adults : The Adverse Childhood Experiences Study. *American Journal of Preventive Medicine*, 14(4), 245-258.
28. O'Keefe, M. (1994). Linking marital violence, mother-child father-child aggression, and child behavior problems. *Journal of Family Violence*, 9(3), 63-79.
29. Organisation mondiale de la santé (2013a). *Global and regional estimates of violence against women : Prevalence and health effects of intimate partner violence and non-partner sexual violence*. World Health Organization.
30. Paul, O. (2015). *Développement socio-affectif des enfants exposés à la violence conjugale : une approche de la sécurité émotionnelle : étude des conduites intériorisées et extériorisées et des symptômes de stress post-traumatique de 46 enfants âgés de 5 ans et demi à 12 ans, et analyse de leurs représentations de la violence et des relations familiales*. Psychologie. [Thèse de Doctorat]. Université Toulouse le Mirail - Toulouse II, France.
31. Pedinielli, J-L. & Fernandez, L. (2007). L'observation clinique et l'étude de cas. Armand Colin.

32. Rapport, CF. (2012). Rapport du Conseil fédéral en réponse au postulat Fehr (07.3725) « *Violence et négligence envers les enfants et les jeunes au sein de la famille : aide à l'enfance et à la jeunesse et sanctions des pouvoirs publics* » du 27 juin 2012.
33. Rapport, CF. (2018). Rapport du Conseil fédéral du 17 janvier 2018 en réponse au postulat Feri (12.3206) « *Détection précoce des violences intrafamiliales envers les enfants par les professionnels de la santé* »
34. Rapport, CSVD. (2018). Rapport de la Conférence Suisse contre la Violence Domestique « *Mise en oeuvre de la Convention d'Istanbul au niveau des cantons. État des lieux et mesures à entreprendre* », septembre 2018.
35. Rapport explicatif Convention d'Istanbul (2011). *Rapport explicatif du Conseil de l'Europe relatif à la Convention du Conseil de l'Europe sur la prévention et la lutte contre la violence à l'égard des femmes et la violence domestique*. Téléchargeable sur le site www.coe.int/en/web/istanbul-convention > A propos de la Convention > Texte de la Convention.
36. Statistique Canada (2004). *Enquête sociale générale sur la victimisation*. Centre Canadien de la Statistique Juridique.
37. Sudermann, M. & Jaffe, P. (1999). *Les enfants exposés à la violence conjugale et familial : guide à l'intention des éducateurs et des intervenants en santé et en services sociaux*. Ottawa: pour l'unité de la prévention de la violence familiale, Santé Canada.
38. Trocmé, N., Maclaurin, B., Falon, B., Taciuk, J., Bilingsley, D., Tourigny, M., Mayer, M., Wright, J., Barter, K., Burfort, G., Hornick, J., Sullivan, R., & Mckeenzie, B. (2001). *L'étude sur l'incidence des signalements de cas de violence et de négligence envers les enfants*. Rapport final. Ottawa : Ministère des travaux publics et services gouvernementaux Canada, Centre national d'information sur la violence dans la famille, Santé Canada.
39. Vaillant, J. (2005). *Initiation à la théorie de l'échantillonnage*. Author.
40. Vaugelade, J. (1989). *Les techniques d'échantillonnages*. Harmatan.

Quantification de la Réserve Régulatrice d'une Nappe Alluviale dans un Contexte d'Irrigation : Cas de la Vallée de Boghol dans le Massif de l'Aïr (Niger)

Maman Bachar Ibrahima Oumarou

Université Djibo Hamani de Tahoua, Faculté des Sciences Agronomiques,
Département de Productions Végétales et de l'Irrigation, Tahoua, Niger

Mahaman Moustapha Adamou

Souley Tchagam Tchagam Agi

Université Abdou Moumouni, Faculté d'Agronomie,
Département de Génie Rural, Eaux et Forêts, Niamey, Niger

[Doi:10.19044/esj.2024.v20n21p71](https://doi.org/10.19044/esj.2024.v20n21p71)

Submitted: 25 April 2024

Accepted: 08 July 2024

Published: 31 July 2024

Copyright 2024 Author(s)

Under Creative Commons CC-BY 4.0

OPEN ACCESS

Cite As:

Ibrahima Oumarou M.B., Adamou M.M. & Tchagam Agi S.T. (2024). *Quantification de la Réserve Régulatrice d'une Nappe Alluviale dans un Contexte d'Irrigation : Cas de la Vallée de Boghol dans le Massif de l'Aïr (Niger)*. European Scientific Journal, ESJ, 20 (21), 71. <https://doi.org/10.19044/esj.2024.v20n21p71>

Résumé

La vallée de Boghol est l'un des principaux bassins de production agricole du massif de l'Aïr. L'agriculture est exclusivement pratiquée sous forme irriguée avec les eaux souterraines. Ces dernières sont renouvelées grâce aux écoulements issus des pluies. Dans cette vallée l'irrigation connaît des difficultés dues à l'insuffisance voire manque d'eau dans l'aquifère en compromettant le rendement. L'objectif de ce travail est d'évaluer quantitativement la réserve régulatrice de la nappe afin de garantir la durabilité de l'irrigation. L'approche méthodologique a consisté d'abord à subdiviser le bassin versant de Boghol en sous bassins correspondants aux réservoirs. Ensuite, un suivi piézométrique a permis d'appliquer la méthode « water table fluctuations » ou méthode de fluctuation des niveaux pour le calcul de la charge hydraulique. En fin, les caractéristiques géométriques de l'aquifère ont été déterminées en utilisant des images satellitaires Google earth interprétées sur ArcGIS 10.3. L'étude montre que les valeurs de la charge hydraulique dans les sous bassins amont, central et aval sont respectivement de 4,98 m ; 6,45 m ; et 6,1 m. La plaine a comme dimensions : longueur de 19,81 km ; largeur

comprise entre 0,45 et 0,95 km ; surface, 14,37 km². L'importance de la réserve régulatrice se dresse suivant l'ordre croissant : sous bassin amont, sous bassin aval et sous bassin central. Le volume d'alluvions saturées est estimé à 9 000 559,4 m³ dont 8 % correspondent à la réserve régulatrice totale qui est tributaire de la pluviométrie. Cependant, elle est impactée par l'irrigation faisant d'elle une réserve fragile. Ce résultat constitue un outil permettant de mieux prévoir les superficies et les cultures à irriguer.

Mots-clés: Nappe alluviale, Irrigation, Recharge, Méthode de fluctuation des niveaux, Aïr

Quantification of the Regulatory Reserve of an Alluvial Aquifer in an Irrigation Context: Case of the Boghol Valley in the Aïr Massif (Niger)

Maman Bachar Ibrahima Oumarou

Université Djibo Hamani de Tahoua, Faculté des Sciences Agronomiques,
Département de Productions Végétales et de l'Irrigation, Tahoua, Niger

Mahaman Moustapha Adamou

Souley Tchagam Tchagam Agi

Université Abdou Moumouni, Faculté d'Agronomie,
Département de Génie Rural, Eaux et Forêts, Niamey, Niger

Abstract

The Boghol valley is one of the main agricultural production basins of the Aïr massif. Agriculture is practiced exclusively in irrigated form with groundwater. The latter are renewed thanks to flows from the rains. In this valley irrigation is experiencing difficulties due to insufficient or lack of water in the aquifer by compromising yield. The objective of this work is to quantitatively evaluate the regulatory reserve of the water table in order to guarantee the sustainability of irrigation. The methodological approach consisted first of subdividing the Boghol watershed into sub-basins corresponding to the reservoirs. Then, a piezometric follow-up made it possible to apply the method «water table fluctuations» or method of fluctuation of the levels for the calculation of the hydraulic load. Finally, the geometric characteristics of the aquifer were determined using Google earth satellite images interpreted on ArcGIS 10.3. The study shows that the values of the hydraulic load in the upstream, central and downstream subbasins are 4.98 m; 6.45 m; and 6.1 m respectively. The plain has as dimensions: length of 19.81 km; width between 0.45 and 0.95 km; surface, 14.37 km². The

importance of the regulatory reserve rises in increasing order: upstream, downstream and central basin. The volume of saturated alluvium is estimated at 9 000 559.4 m³ of which 8 % corresponds to the total regulatory reserve which is dependent on rainfall. However, it is impacted by irrigation making it a fragile reserve. This result is a tool to better predict the areas and crops to be irrigated.

Keywords: Alluvial aquifer, Irrigation, Recharge, Water table fluctuations, Aïr

1. Introduction

Le changement climatique est une réalité dont les effets se manifestent sous diverses formes (Gameren et *al.*, 2014 ; Parker, 2015). Avec ce phénomène on observe au sahel, une tendance à la baisse de la pluviométrie malgré quelques évènements extrêmes ayant entraîné des inondations certaines années (Benoit et Mandéla, 2015). En effet, entre la fin des années 1960 et celle des années 1990, cette région a connu de profonds changements caractérisés par une baisse considérable de la pluviométrie (Dieng, 2017). En raison des variabilités pluviométriques le régime des écoulements dans les cours d'eau est considérablement réduit (Eric *et al.*, 1997 ; Sarr et Houngnibo, 2016). Cette situation a fait augmenter la pression sur les ressources en eau de surface partout dans le monde avec des conséquences quantitatives et qualitatives (Mangoua et *al.*, 2019). Face à celles-ci, l'exploitation des ressources en eaux souterraines a rapidement augmenté pour répondre aux besoins domestiques, industriels et agricoles (Hachaichi, 2017). Toutefois, ce changement de dynamique ne restera pas sans effets sur la ressource trouvée comme alternative. Dans les vallées de l'Aïr notamment celle Boghol, la particularité est que les eaux souterraines sont les seules ressources pour l'irrigation. De ce fait, la pression reste plus importante par rapport aux zones qui disposent des eaux de surface. En plus, les superficies mises en valeur avec l'irrigation deviennent de plus en plus importantes en utilisant des techniques traditionnelles consommatrices d'eau. Ce qui entrainera une augmentation de volume d'eau prélevé dans la nappe malgré les aléas pluviométriques. La conjugaison des effets du changement climatique et des prélèvements importants de la nappe n'est pas sans conséquences sur le renouvellement des quantités prélevées. Elle entraine la baisse du niveau de la nappe et nécessite l'évaluation de son renouvellement annuel et de sa variabilité interannuelle qui correspond à la recharge (Christophe et *al.*, 1990 ; Hachaichi, 2017 ; Geneviève, 2019). Cette dernière est définie dans un sens général comme la quantité d'eau circulant verticalement à travers la zone non-saturée et qui atteint la nappe (Rivard et *al.*, 2003). Elle est l'un des termes du bilan hydrique les plus difficiles à évaluer et est peu connue en hydrogéologie car elle est

fonction de plusieurs facteurs (David, 2008 ; Hassane, 2010). Malgré cette difficulté, l'évaluation de la recharge et de la réserve régulatrice d'un aquifère est d'une importance capitale. Elle permet à l'échelle d'un aquifère, d'estimer le renouvellement de la ressource en eau (Scanlon et *al.*, 2002). Ainsi, la connaissance de la recharge permettra de définir une limite d'exploitation et garantir la pérennité des ressources en eau, par-delà la saison sèche, ou mieux, une série d'années à précipitations déficitaires (Christophe et *al.*, 1990). D'où la nécessité de conduire la présente étude qui permettra d'exploiter durablement les ressources en eau souterraine en planifiant l'irrigation dans la vallée de Boghol en particulier et celles de l'Air en général.

2. Méthodologie

2.1. Présentation de la zone d'étude

2.1.1. Localisation et climat

Le massif cristallin de l'Air appartient à l'immense ensemble montagneux du Hoggar ou Ahaggar (Claude, 1971). Il est situé dans la partie nord du Niger avec la forme d'un quadrilatère compris entre les parallèles 17° et 21° Nord et les méridiens 7° et 10° Est. Sa superficie est estimée à 70 000 km² (Lefèvre, 1960). La vallée de Boghol qui appartient à ce vaste ensemble est située dans la partie sud de la commune rurale de Dabaga. Elle est comprise entre 8°6' et 8°17' de longitudes Est et 17°4' et 17°20' de latitudes Nord (**Figure 1**). Avec une forme allongée, le bassin versant a une superficie estimée à 169,11 km². Le climat est caractérisé par une très grande aridité avec un très faible niveau pluviométrique. En effet, il s'ensuit chaque année sur l'Air, au moment de l'hivernage, des précipitations dont le caractère toujours orageux, la répartition très inégale et les quantités aléatoires signent bien l'appartenance du massif au milieu subdésertique (Gallaire, 1995). Dans la vallée de Boghol, le régime pluviométrique est aléatoire et varie considérablement selon l'année de 24,2 à 225,10 mm/an (DRGR/Agadez, 2016). Deux (2) saisons caractérisent le climat à Boghol : une longue saison sèche de neuf (9) mois (octobre-juin) et une courte saison pluvieuse de trois (3) mois (juillet-septembre). Pendant la saison pluvieuse et la saison fraîche, des dépressions atmosphériques provoquent des vents très violents (CR/Dabaga, 2015).

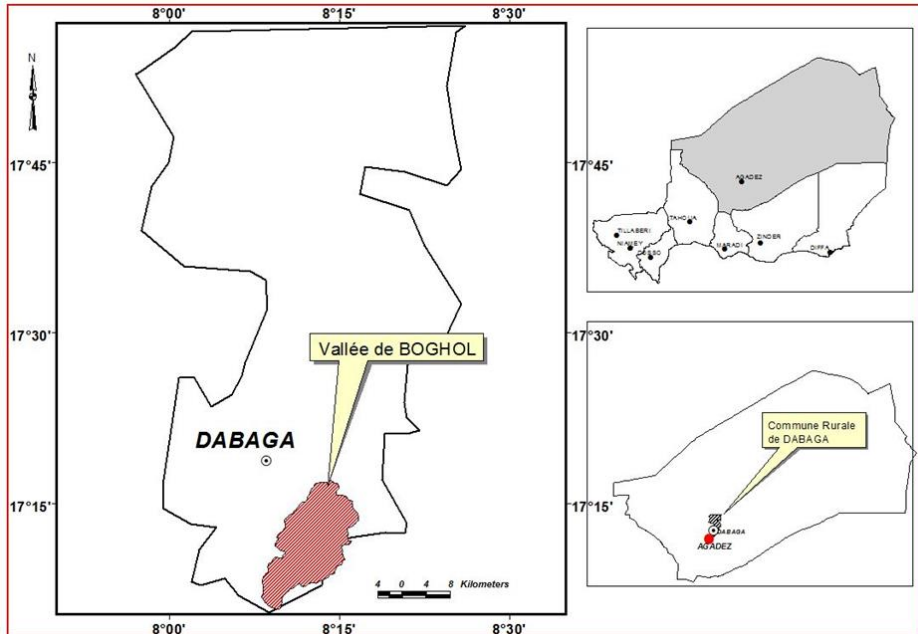


Figure 1 : Localisation de la zone d'étude

2.1.2. Cadre géomorphologique

Les bassins versants dans les vallées de l'Aïr sont assez semblables puisqu'ils ont tous une pente d'orientation Est-Ouest. Cette pente conditionne le réseau hydrographique (Giazzi, 1990). L'ossature de ce massif est formée de roches cristallophylliennes et d'intrusions de vieux granites. Les granites jeunes, les structures annulaires qui leur sont liées et les roches volcaniques acides ou basiques ont eu une mise en place plus tardive. Ils ont contribué à rajeunir un relief mûr (Claude, 1971). A Boghol, on distingue quatre (4) types de relief (PromAP, 2018) à savoir : les sommets des plateaux qui constituent l'unité dominante avec 80 % de la superficie du bassin versant ; les hauts-glacis qui jonchent les plateaux représentent 2 % du bassin versant ; les bas-glacis qui occupent une superficie de 5 % ; les bas-fonds qui constituent la partie la plus basse du bassin versant font 12 % de celui-ci. La **Figure 2** présente les unités physiographiques de cette vallée.

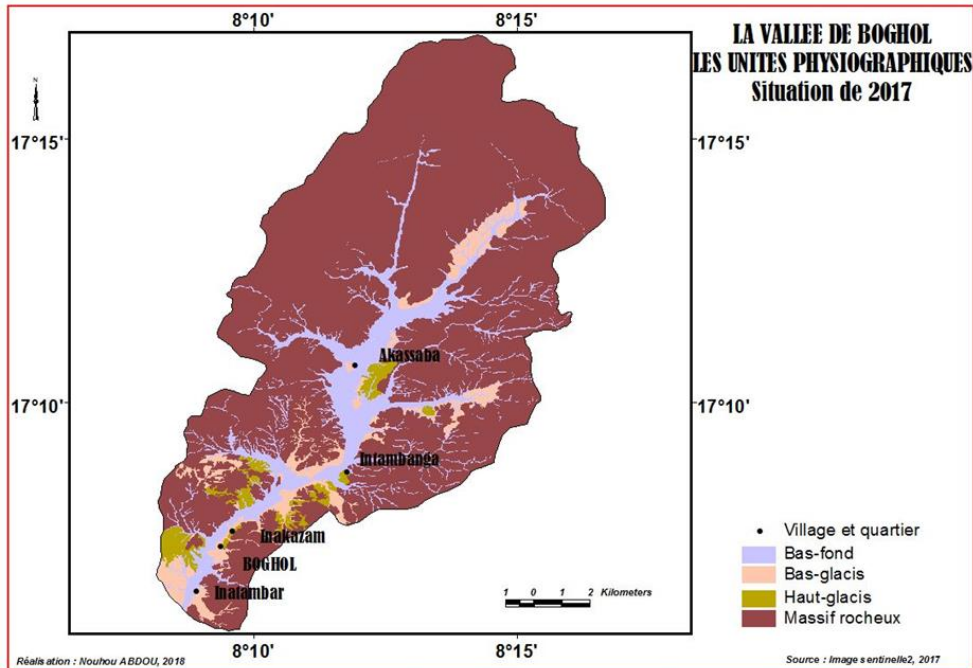


Figure 2: Géomorphologie du bassin versant de la vallée de Boghol

2.1.3. Cadre géologique et hydrogéologique

Le contexte géologique de l'Aïr comprend selon les travaux de Raulais (1959), Black (1967), Moreau (1982) et Illias (2018) quatre (4) grandes unités (**Figure 3**) qui sont du bas en haut : le socle, les complexes subvolcaniques, le volcanisme récent et les formations sédimentaires. Sur le plan hydrogéologique on note la coexistence de deux (2) réservoirs dans le massif de l'Aïr. Ils correspondent au socle et aux formations argilo-sableuses des alluvions des Koris (Joseph, 1992). Selon Illias (2018), les différents aquifères identifiés du bas en haut sont : les aquifères discontinus du socle, les aquifères des altérites et les aquifères des alluvions. Ces derniers constituent les réservoirs exploités dans la vallée de Boghol et sont renouvelés grâce aux pluies qui génèrent des écoulements à travers le réseau hydrographique.

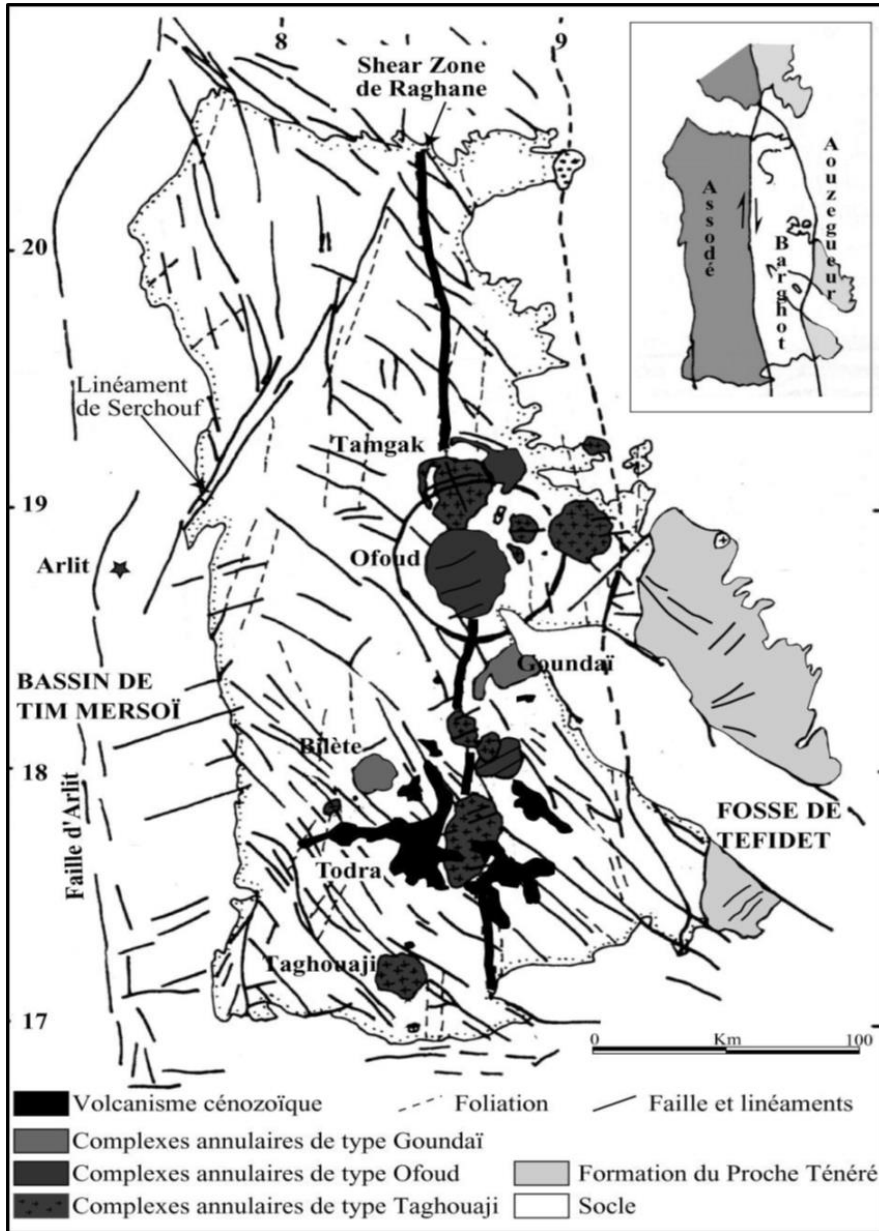


Figure 3: Carte géologique de l’Air (Liégeois et *al.*, 1994 ; Moreau, 1982)

2.2. Choix de la méthode de calcul de la recharge

Il existe plusieurs méthodes pour calculer la recharge naturelle de la nappe. Certaines se basent sur l’interprétation des profils géochimiques et isotopiques de l’eau du sol (Abdoul et *al.*, 1993 ; Chantry, 2003). D’autres sont basées sur la fluctuation du niveau piézométrique, le bilan hydrologique, la séparation d’hydrogramme, la Loi de Darcy, la méthode RORA, le modèle bilan hydrologique, la modélisation numérique, etc. (Christophe et *al.*, 1990 ;

Huet, 2015). Les méthodes les plus couramment utilisées peuvent être classées en trois (3) catégories (Seguin, 2016 ; Besbes, 2006 ; Viguier, 2016), qui partent :

- d'un bilan des flux pour aboutir à la pluie efficace ;
- de l'analyse de l'hydrogramme d'un cours d'eau ;
- de l'analyse des fluctuations d'une chronique piézométrique.

Le choix d'une méthode repose sur les objectifs fixés et la disponibilité des données. Dans le cadre de la présente étude, le choix a été porté sur la méthode basée sur la fluctuation de niveau piézométrique (Water Table Fluctuation : WTF). Elle est simple d'utilisation et fait appel à un nombre limité de paramètres (Hajhouji, 2018). C'est aussi une méthode qui est appliquée aux aquifères peu profonds (Seguin, 2016), correspondant au type de la nappe alluviale de la vallée de Boghol.

2.3. Principe de la méthode "Water table fluctuations"

Il repose sur la relation entre la recharge et la variation du niveau de la nappe libre sur un intervalle de temps Δt (Seguin, 2016). Cette méthode suppose que les variations du niveau piézométrique sont provoquées essentiellement par la lame d'eau qui parvient à la surface libre de la nappe, et que toutes les autres composantes sont négligeables (Ferront, 2017). Elle consiste à faire la somme des élévations du niveau de la nappe pendant une année et à la multiplier par le coefficient d'emmagasinement (S_y) de l'aquifère (Delin et al., 2007). Ce coefficient est la principale caractéristique pour déterminer le volume d'eau stocké dans un aquifère libre (Hajhouji, 2018). En nappe libre, le coefficient est assimilé à la porosité efficace et sa signification est indépendante du temps (SIGES, 2021). La recharge est donnée par la relation 1.

$$R = \frac{S_y * \Delta H}{\Delta t} \quad (1)$$

Où :

- R : Recharge (m)
- S_y : Coefficient d'emmagasinement (%)
- ΔH : Charge hydraulique (m)
- Δt : Durée (mois)

2.4. Suivi piézométrique et calcul de la charge hydraulique

Il a d'abord été procédé à l'identification de huit (8) puits pour constituer le réseau de suivi de la nappe dans la vallée (**Figure 4**). Celui-ci a été fait mensuellement de Juin 2019 à Décembre 2021 en utilisant la sonde manuelle. Les critères de choix des ouvrages sont essentiellement : la

représentativité, l'accessibilité, la productivité, la sécurité et la caractérisation du régime de la nappe. Après obtention des données piézométriques, la charge hydraulique au niveau de chaque puits a été calculée par la méthode graphique (**Figure 5**). Elle consiste en une extrapolation manuelle de la récession antécédente à la base du niveau piézométrique optimal (Delin *et al.*, 2007). Après obtention de la charge hydraulique au niveau de chaque puits, une moyenne a été faite pour avoir la valeur qui correspond à chaque sous bassin.

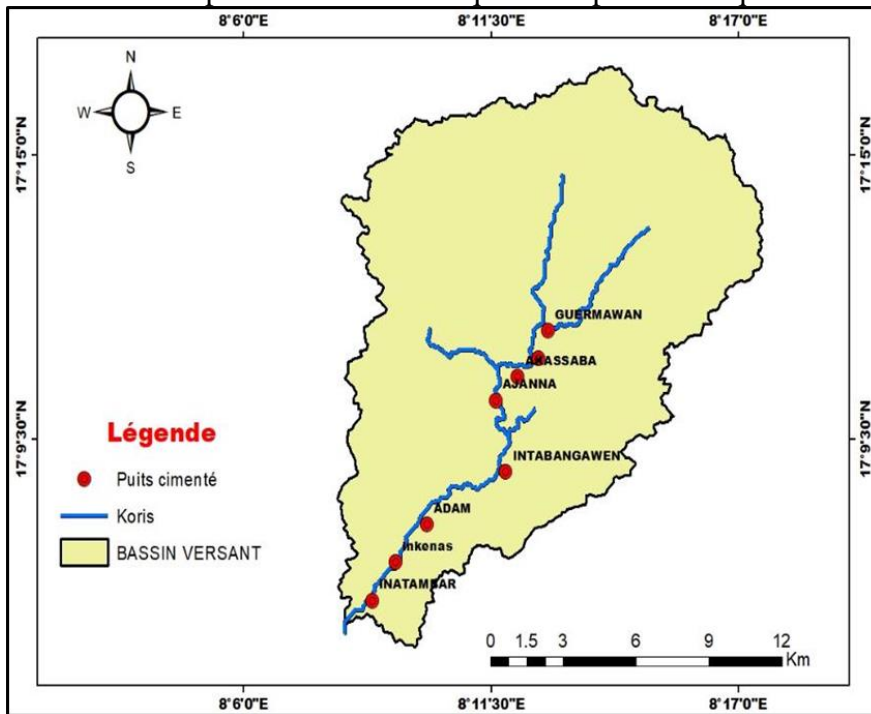


Figure 4 : Répartition des puits suivis dans le Bassin versant de Boghol

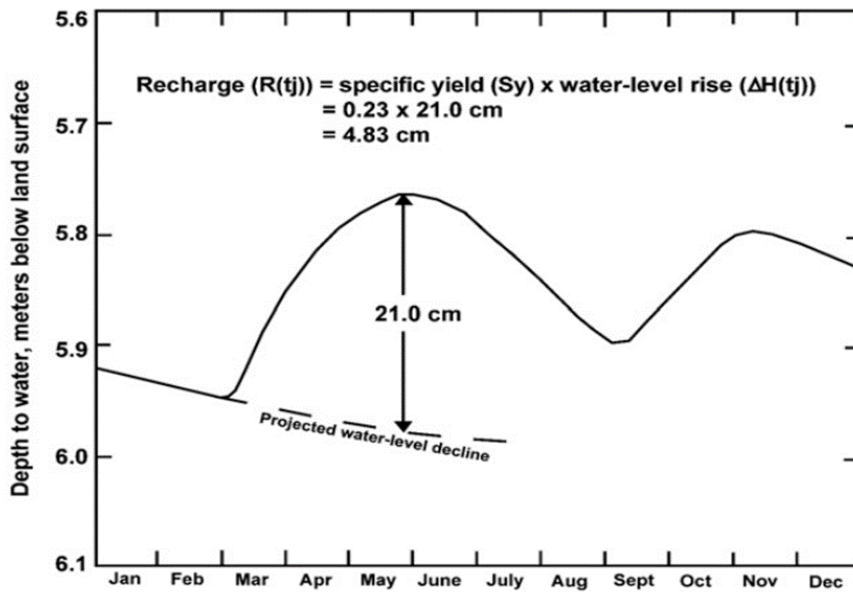


Figure 5 : Méthode graphique de détermination de la charge hydraulique (Delin *et al.*, 2007)

2.5. Détermination de la géométrie du réservoir

Dans l'Aïr, le fond rocheux sous les alluvions a généralement un profil circulaire (Armand, 1987). Ces formations alluvionnaires représentent le réservoir qui a une forme semi-circulaire dont la longueur correspond à la longueur du koris et le diamètre représenté par la largeur de la plaine. La surface du réservoir correspond à celle de la plaine. La **Figure 6** montre une coupe longitudinale et transversale type des alluvions de l'Aïr.

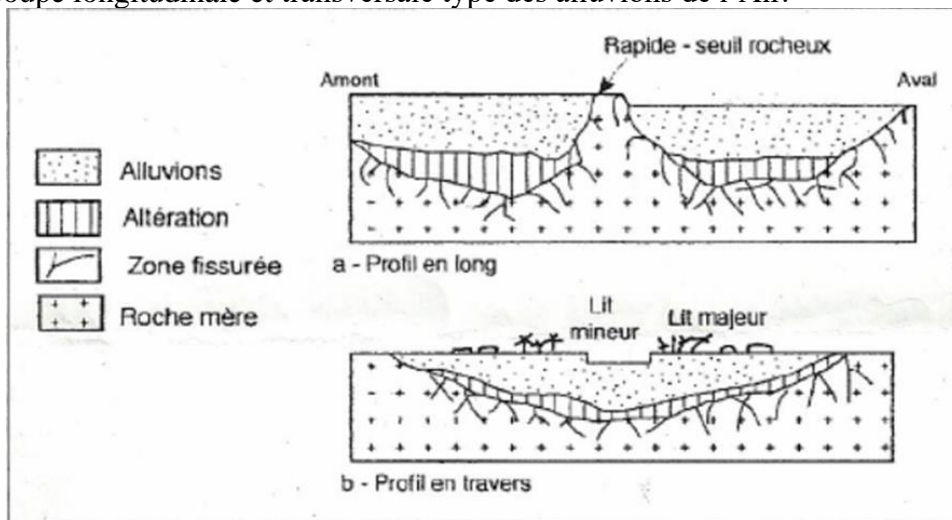


Figure 6 : Profils types longitudinal (a) et transversal (b) du fond rocheux sous alluvions d'une vallée de l'Aïr (Giazzi, 1990)

2.6. Calcul des dimensions de la plaine

Les alluvions dans les vallées de l’Air se présentent sous la forme de réservoirs alluviaux successifs séparés par des seuils naturels plus ou moins étroits et se déversant les uns dans les autres (Armand, 1987). La vallée de Boghol a été subdivisée en trois (3) sous bassins qui correspondent chacun à un réservoir. Au niveau de chaque sous bassin, la surface de la plaine et la longueur du koris ont été déterminées grâce aux images satellitaires Google earth interprétées sur ArcGIS 10.3. La largeur moyenne de la plaine quant à elle est égale au rapport surface de la plaine sur sa longueur.

2.7. Estimation des volumes d’alluvions saturées

Plusieurs auteurs ont calculé le volume d’un aquifère par la relation « surface de la plaine - épaisseur de l’aquifère » (Castany, 1962 ; Hountondji, 2019). Dans le contexte actuel, la hauteur de l’aquifère concerne la zone de battement de la nappe entre la saison sèche et la saison humide. Elle correspond à la charge hydraulique obtenue par la méthode graphique. Le volume d’alluvions saturées ont été déterminés en utilisant les équations 2 et 3 qui donnent le volume d’un cylindre couché rempli partiellement (type réservoir de l’Air). Cette formule a été introduite dans Excel où les paramètres (longueur, largeur, surface de la plaine et l’épaisseur) sont insérés pour avoir automatiquement le volume. Ainsi, pour chaque période, les volumes sont obtenus en utilisant les épaisseurs correspondantes.

$$V = vR^2 \times L \quad (2)$$

Avec :

- V : Volume du réservoir (m³)
- R : Rayon du réservoir (demi-largeur de la plaine) (m)
- L : Longueur du réservoir (m)
- v : Coefficient qui caractérise les sections du cylindre couché semi circulaire (variant de 0 à π). Il est déterminé à partir de la formule (3).

$$v = 2 \int_0^h \sqrt{1 - (1 - x)^2} dx = \text{Arc sin}(h - 1) + \pi/2 + (h - 1) \sqrt{h(2 - h)} \quad (3)$$

Ces expressions ont été reproduites sur le tableur Excel dont l’interface est présentée par le **Tableau 1** avec :

- H : Epaisseur de l’aquifère (m)
- h/2 : correspond au rapport H/D (%)
- D : Diamètre de la plaine (m)

Tableau 1 : Interface d'Excel pour la détermination du volume de l'aquifère saturé

A	B	C	D	E	F	G	H	I
h/2	H	v	V					
0,05	47,5	0,059	105337760,3	L =	7950	Modifier la longueur de la cuve case F2		
0,1	95	0,164	293275004,5	D =	950	Modifier le diamètre de la cuve case F3		
0,15	142,5	0,295	530041810,2	R =	475			
0,2	190	0,447	802321819,3	R ² * L =	1793718750			
0,03	950	0,027	49259186,1					Introduire une valeur particulière de H case B6

2.8. Calcul de la réserve régulatrice totale

Avec la connaissance des caractéristiques géométriques de l'aquifère, la zone de battement de la nappe a permis de calculer la recharge totale dans la vallée. Ainsi, la valeur de volume d'alluvions saturées obtenue a été multipliée par le coefficient d'emménagement correspondant à la porosité efficace dans le cas des nappes libre pour obtenir le volume de la réserve régulatrice issue de la recharge. Dans le cadre de cette étude il a été utilisé la porosité efficace trouvée par Armand (1987) dans les vallées de l'Air dont la valeur est de 8 %.

3. Résultats

3.1. Fluctuation de la nappe

Les résultats de suivi piézométrique de la nappe (*Figure 7*) montrent que sur toute la période de suivi, toutes les courbes présentent la même tendance de fluctuation piézométrique. En effet, pendant la saison pluvieuse (de juillet à septembre), une croissance du niveau de la nappe est notée dans tous les puits suivis. Après la saison des pluies (octobre à juin), une tendance à la baisse du niveau piézométrique est observée sur tous les points d'observation. Cette baisse s'accroît entre les mois d'avril et juin. Par ailleurs, le graphique de fluctuation des niveaux piézométriques montre trois (3) catégories d'évolution des courbes qui évoluent avec affinité. Cette évolution s'observe en fonction de l'emplacement de l'ouvrage dans le bassin versant. D'où les puits Adam et Inatambar situés dans le même sous bassin (aval) ont globalement la même fluctuation piézométrique. Les puits Intabangawen et Inkenas se trouvant dans le sous bassin central évoluent ensemble. Quant aux puits Ajanna, Akassaba, Tibolite et Guermawan qui sont dans le sous bassin amont, ont la même évolution.

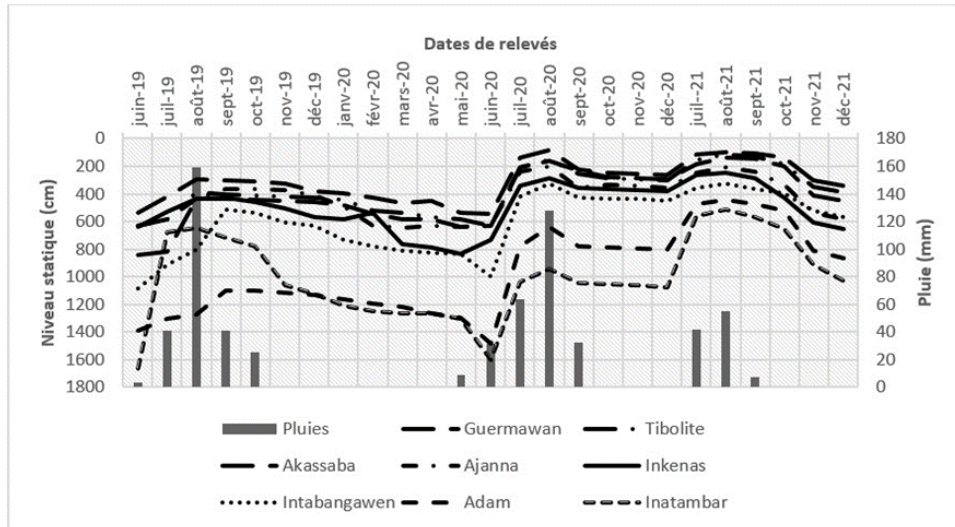


Figure 7 : Fluctuation de la nappe alluviale sous influence de la pluviométrie et de l’irrigation (Juin 2019-Décembre 2021)

3.2. Charge hydraulique

✚ Dans le sous bassin amont

Les valeurs de charge hydraulique de la nappe calculée pour les quatre (4) puits du sous bassin amont sont présentées à la **Figure 8**. Ces valeurs pour les puits Guermawan, Akassaba et Ajanna sont relativement proches avec respectivement 4,65 m, 4,82 m et 4,75 m. Celle obtenue pour le puits Tibolite se démarque avec une valeur de 5,72 m. Dans ce sous bassin, la charge hydraulique moyenne est de 4,98 m.

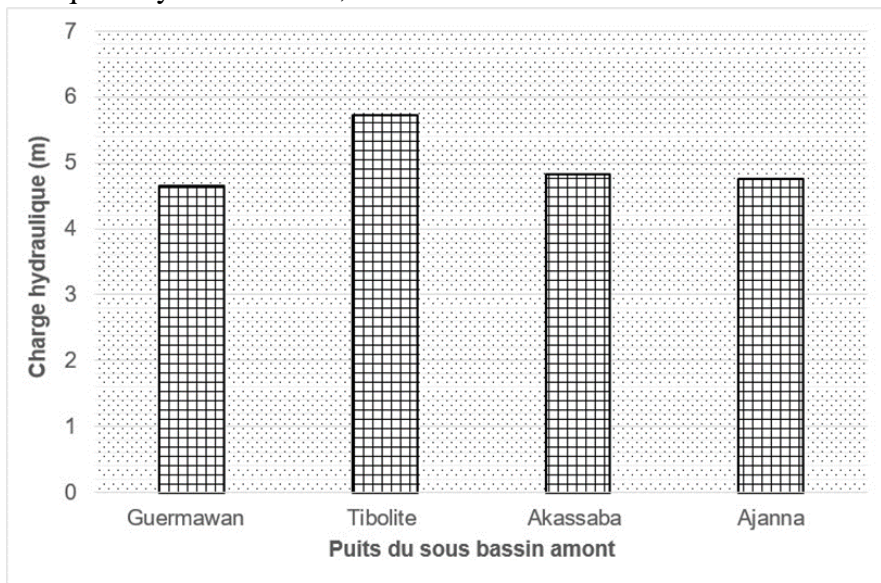


Figure 8 : Charge hydraulique dans le sous bassin amont

✚ Dans le sous bassin central

Dans ce sous bassin, la charge hydraulique est de 6,95 m et 5,95 m respectivement pour les puits Inkenas et Intabangawen (*Figure 9*). On remarque une différence de charge hydraulique d'environ 1 m entre les deux (2) ouvrages, avec une moyenne de 6,45 m.

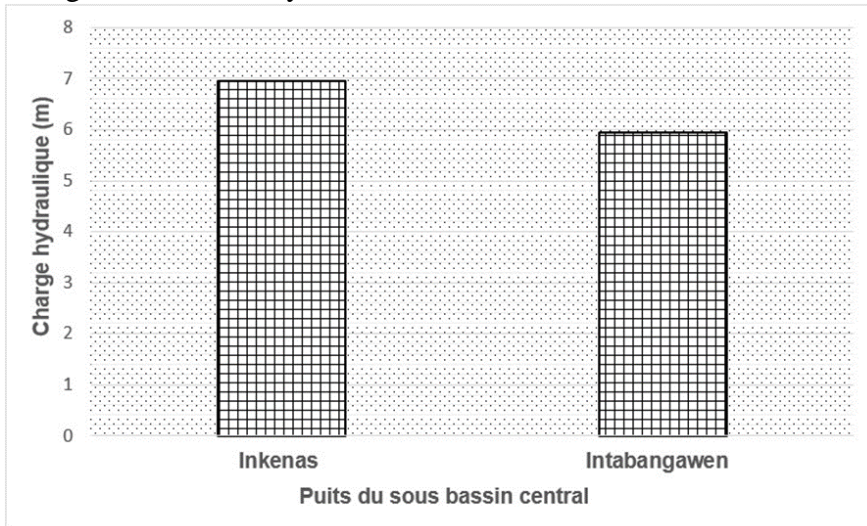


Figure 9 : Charge hydraulique dans le sous bassin central

✚ Dans le sous bassin aval

La *Figure 10* présente les résultats du calcul de la charge hydraulique aux puits Adam et Inatambar. On constate une différence de 0,2 m avec 6,0 m pour le puits Adam et 6,2 m pour le puits Intabangawen. Ce sous bassin a une valeur moyenne de charge hydraulique de 6,1 m.

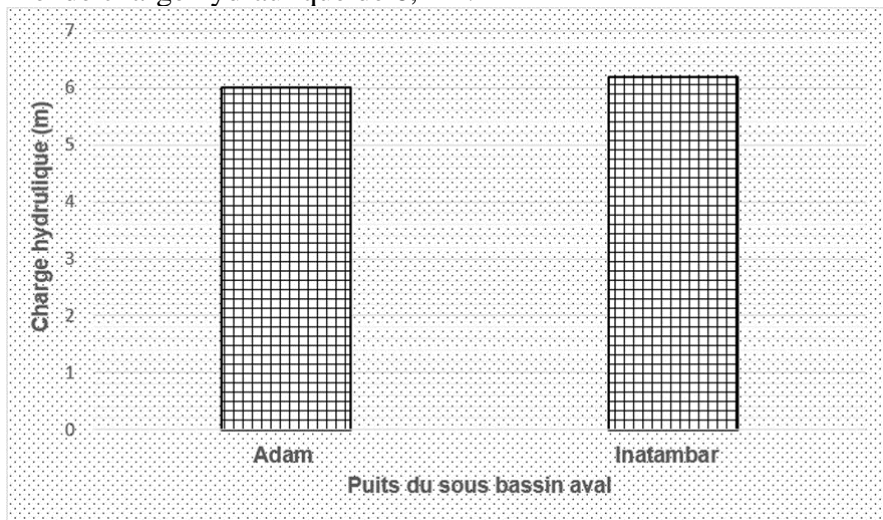


Figure 10 : Charge hydraulique dans le sous bassin aval

3.3. Dimensions de la plaine

Les dimensions de la plaine de la vallée de Boghol varient d'un sous bassin à un autre (*Tableau 2*). La superficie totale de la plaine est estimée à 14,48 km² avec une longueur de 19,81 km. La largeur est de 0,95 km, 0,79 km et 0,45 km respectivement pour les sous bassins amont (SBAm), central (SBC) et aval (SBA).

Tableau 2 : Dimensions de la plaine

	SBAm	SBC	SBA	Total
Surface de la plaine (km ²)	7,57	3,40	3,40	14,37
Longueur de la plaine (km)	7,97	4,31	7,53	19,81
Largeur moyenne de la plaine (km)	0,95	0,79	0,45	-

3.4. Recharge et réserve régulatrices totales

La recharge obtenue dans les différents sous bassins se présente comme suit : SBAm : 398,4 mm, SBC : 516 mm et SBA : 488 mm. A l'échelle de la vallée, la recharge moyenne est estimée à 467,46 mm. La *Figure 11* présente le volume d'alluvions saturées (VAS) et celui de la réserve régulatrice dans les trois (3) sous bassins. L'analyse des résultats montre que les deux volumes se présentent dans l'ordre suivant : Vol SBAm > Vol SBA > Vol SBC. Le volume total d'alluvions saturées (VAS) est de 9 000 559,4 m³ avec un volume exploitable de 736 044,74 m³ correspondant à la réserve régulatrice de la nappe.

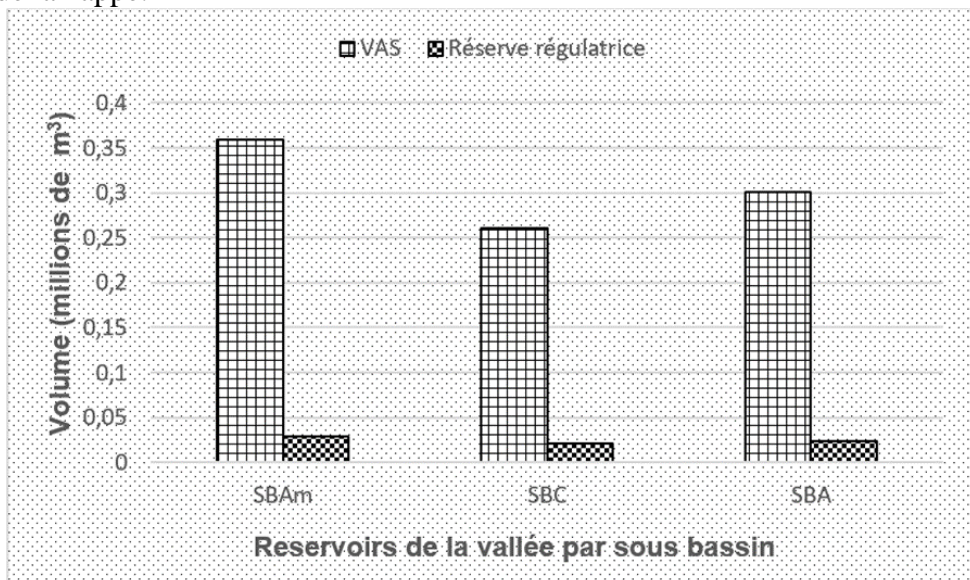


Figure 11 : Volume d'alluvions saturées et celui de la réserve régulatrice

4. Discussion

4.1. Fluctuation de la nappe et charge hydraulique

L'uniformité de la fluctuation des courbes et la quasi-égalité des valeurs de charge hydraulique obtenues dans les SBAm et SBA, montrent que les ouvrages suivis captent le même réservoir. Par contre la différence constatée au puits Tibolite se justifie par sa position par rapport au koris principal qui concentre les écoulements. Aussi avec la forme du réservoir qui est semi circulaire (Armand, 1987), l'effet de la décharge sera plus ressenti vers les extrémités de la plaine car l'écoulement se fait des plateaux vers le centre de la vallée qui représente la zone des dépressions. La différence constatée à Intabangawen s'explique par la position de cet ouvrage dans une zone de confluence qui déverse vers le point Inkenas en période de basses eaux. L'observation du rehaussement de la nappe autrement dit la charge hydraulique est liée à la pluviométrie qui entraîne les écoulements rechargeant indirectement la nappe. En effet sur les trois (3) années, le niveau de la nappe ne croit qu'en saison pluvieuse. Cette augmentation s'est produite à la faveur des concentrations du ruissellement dans le lit des cours d'eau grâce aux pluies. (Besbes, 2006 ; Hajhouji, 2018). En saison sèche, la baisse du niveau la nappe s'explique par les prélèvements importants à des fins d'irrigation (Gouaidia, 2008 ; El Amani et al, 2024).

4.2. Recharge et réserve régulatrice

La densité du réseau hydrographique et la faible perméabilité de plus de 80 % de la superficie du bassin versant (PromAP, 2018), permettent à celui-ci de générer des écoulements importants même si les pluies sont faibles. Cette caractéristique du bassin versant a fortement influencé le taux de la recharge dans le bas-fond. D'où l'enregistrement des valeurs importantes de la recharge malgré la faible pluviométrie dans la zone. Dans les vallées de l'Aïr la recharge est indirecte, les aires potentielles de celle-ci sont constituées par les drains et les zones d'accumulation temporaire du ruissellement (BRGM, 1987). En effet, dans les régions arides, la recharge directe n'est pas significative à cause des fortes évapotranspirations surtout si la quantité de pluie n'est pas importante (Besbes, 2006 ; Illias, 2018). En outre, même si une crue est générée, il faut que le sol soit suffisamment saturé pour que l'écoulement atteigne la partie aval du koris principal. Aussi, la configuration des réservoirs contribue à justifier la différence des quantités d'eau car leur remplissage se fait l'un après l'autre. Bien que le sous bassin aval présente une faible densité du réseau hydrographique, son volume de réserve régulatrice reste supérieur à celui enregistré dans le sous bassin central. Cette différence est attribuée à l'importance de la plaine qui est plus petite dans ce sous bassin. En saison de pluies les cultures subissent l'irrigation de complément qu'est une pratique faisant des prélèvements d'eau inférieurs aux apports issus des

pluies. Ces dernières font que l'influence du pompage sur la dynamique de la nappe soit négligeable. Ainsi, seule la fluctuation du niveau de la nappe a été prise en compte dans le calcul de la recharge (Seguin, 2016). La relation volume d'alluvions saturées et disponibilité de la réserve régulatrice montre une faible porosité efficace.

Conclusion

Dans la vallée de Boghol l'irrigation est confrontée à l'insuffisance voire manque d'eau lié au tarissement précoce de la nappe. Cette situation entrave le développement de l'agriculture irriguée qu'est la principale source de revenue de la population locale. La recharge obtenue dans les différents sous bassins est proportionnelle à la charge hydraulique et la moyenne de celle-ci à l'échelle de la vallée est estimée à 467,46 mm. Outre la porosité efficace, l'importance de la réserve régulatrice est influencée par la superficie de la plaine. Les volumes d'alluvions saturées et ceux de la réserve régulatrice se présentent dans l'ordre suivant : Vol SBAm > Vol SBA > Vol SBC. La réserve régulatrice à l'échelle de la vallée a une valeur globale de 736 044,74 m³ et est tributaire de la pluviométrie. Cependant, elle est impactée par l'irrigation faisant d'elle une réserve fragile. D'où la nécessité de conduire des études qui faciliteront la mise en place des aménagements de surface dans la vallée en vue augmenter la recharge et la réserve régulatrice.

Conflit d'intérêts : Les auteurs n'ont signalé aucun conflit d'intérêts.

Disponibilité des données : Toutes les données sont incluses dans le contenu de l'article.

Déclaration de financement : Les auteurs n'ont obtenu aucun financement pour cette recherche.

References:

1. Abdoul, A. T., Jean F. A., & Cheikh B. G., (1993). Évaluation de la recharge des nappes phréatiques sous climat semi-aride. Exemple du nord-Sénégal. Comptes rendus des études effectuées dans le cadre du projet RAF/8/012. 39-51
2. Armand, C., (1987). Programme d'hydraulique villageoise et agricole dans les départements de Tahoua et Agadez (Niger). Rapport de synthèse. République du Niger. 91p
3. Benoit, S., & Mandéla H., (2015). Atlas agro climatique sur la variabilité et le changement climatique au Niger. Centre Régional Agrhyment / CILSS. 37p

4. Black, R., (1967). Carte géologique du massif de l'Aïr, République du Niger
5. BRGM. (1987). Actualisation de l'Atlas des eaux souterraines du Niger. 133p
6. Castany, G., (1962). Réserves en eaux souterraines. Hydrological Sciences Journal, 7 : 4, 5-15
7. Cavellec, S., (2006). Evolution diagénétique du bassin de Tim Mersoï et conséquences pour la genèse des minéralisations uranifères dans les formations carbonifères du Guezouman et du Tarat (district Arlit-Akokan, Niger). Thèse de doctorat. Université de Paris-sud XI. 373p
8. Chantry, G., (2003). Estimation des taux de recharge de nappe en zone semi-aride par la méthode du bilan des chlorures (MBC) : Impact de la variabilité spatio-temporelle des teneurs en Cl⁻ dans les précipitations et application à deux grands bassins sédimentaires au Sahel. DES, Fondation Universitaire Luxembourgeoise et Université de Liège. 31p
9. Christophe, F., Frédéric M., & Dominique T., (1990). Evaluation de la recharge naturelle des aquifères en climat soudano sahélien par modélisation hydrologique globale : application à dix sites au Burkina Faso. Hydrological Sciences Journal, Taylor & Francis, 35 (1-2), 29 47
10. Claude, V., (1971). Étude géologique et paléogéographique du bassin de Tim Mersoï région d'Agadès (République du Niger). Rapport CEA-R-4115. Centre d'Etudes Nucléaires de Fontenay-aux-Roses. 428 p
11. CR/Dabaga., (2015). Plan de développement communal de la commune rurale de Dabaga. 149 p
12. David, B., (2008). Impact des changements climatiques sur la capacité des nappes et des captages d'eau souterraine. Techniques Sciences Méthodes numéro 3. 62-75
13. Delin, G. N., Healy, R. W., Lorenz, D. L., & Nimmo, J. R., (2007). Comparison of local- to regional-scale estimates of ground-water recharge in Minnesota, Journal of Hydrology, 334, 231– 249
14. Dieng, N. M., (2017). Étude de la relation eaux de surface-eaux souterraines dans un contexte de changements climatiques dans la zone Sud du bassin du Saloum (Sénégal) : Apport des outils géochimiques, isotopiques, de la télédétection, des SIG et de la modélisation. Thèse de doctorat. Université de Liège et Université Cheikh Anta Diop de Dakar, 215p
15. DRGR/Agadez., (2016). Plan d'aménagement du site de Boghol commune rurale de Dabaga. 28p
16. El Amami, H., Kompany, J. R., Muanda, C., (2024). Rabattement des nappes et équité d'accès aux eaux souterraines : Analyse comparative

- des catégories d'exploitations agricoles dans le centre de la Tunisie. Cah. Agric. 33 (13) 1-10
17. Eric, S., Jean, E. P., H. L. N., Elrou, K., Michel, T., & Bertrand, M., (1997). De la diminution des écoulements en Afrique de l'Ouest et centrale. C. R. Acad. Sci. Paris, Sciences de la terre et des planètes / earth & Planetary Sciences.325. 679-602
 18. Ferront, L., (2017). Caractérisation de la recharge des aquifères sur le bassin Rhône Méditerranée Corse. Mémoire de master. Université Pierre et Marie Curie. 46p.
 19. Gallaire, R., (1995). Hydrologie en milieu subdésertique d'altitude Le cas de l'Aïr (Niger). Thèse de doctorat. Université de Paris-sud, 215p
 20. Gameren, V. V., Weikmans, R., & Zaccai, E., (2014). L'adaptation au changement climatique. Éditions La Découverte, Paris, 119p
 21. Geneviève, L., (2019). Évaluation de la recharge des eaux souterraines à différentes échelles par une approche couplant des modèles hydrologique et hydrogéologique Le cas du bassin versant non-jaugé de la rivière Caribou. Mémoire de maîtrise. Université du Québec à Chicoutimi, 63p
 22. Geoffrey, C., (2003). Estimation des taux de recharge de nappe en zone semi-aride par la méthode du bilan des chlorures (MBC) : Impact de la variabilité spatio-temporelle des teneurs en Cl⁻ dans les précipitations et application à deux grands bassins sédimentaires au Sahel. DES, Fondation Universitaire Luxembourgeoise et Université de Liège, 31p
 23. Giazzi, F., (1990). Ressources en eau, milieux naturels et aménagement des vallées d'oued en zone endoréique sub-désertique : étude des inter-relations anthropiques et naturelles dans trois vallées du sud-ouest du massif de l'Aïr (Niger). Thèse de doctorat. Université de Grenoble 1, 434 p
 24. Gouaidia, L., (2008). Influence de la lithologie et des conditions climatiques sur la variation des paramètres physico-chimiques des eaux d'une nappe en zone semi-aride : Cas de la nappe de Meskiana Nord-Est Algérien. Thèse de doctorat. Université Badji Mokhtar d'Annaba, 136p
 25. Hachaichi, Z., (2017). Quantification de la recharge naturelle et artificielle d'un système aquifère soumis à des contraintes climatiques et anthropiques en zone semi-aride (bassin de Sbiba et Foussana) Tunisie centrale. Thèse de doctorat. Université d'Avignon. 239p
 26. Hajhouji, Y., (2018). Modélisation hydrologique du bassin versant de l'oued Rheraya et sa contribution à la recharge de la nappe du Haouz (bassin du Tensift, Maroc). Thèse de doctorat. Université Toulouse 3 et Université Cadi Ayyad de Marrakech, 149 p

27. Hassane, B. A., (2010). Aquifères superficiels et profonds et pollution urbaine en Afrique : Cas de la communauté urbaine de Niamey (Niger). Thèse de doctorat. Université Abdou Moumouni. 198p
28. Horriche, F., & Besbes, M., (2006). Analyse du réseau piézométrique national tunisien. *Revue des Sciences de l'Eau* 19(4) 347-363
29. Hountondji B., Codo F. P., Aina M.P., & Lanmandjekpogni P.M., 2019. Evaluation des potentialités en eau souterraine de l'aquifère poreux de Monzoungoudo au Bénin. *Larhyss Journal*, n°39, Sept 2019, pp. 77-92
30. Huet, M., (2015). Comparaison de méthodes d'estimation de la recharge des aquifères : Exemple de la région Charlevoix - Haute-Côte-Nord. Mémoire de maîtrise. Université du Québec à Chicoutimi, 76p
31. Illias, A., (2018). Evaluation des ressources en eau souterraines du bassin de Timia (Massif de l'Aïr, Nord du Niger) : Impacts de la variabilité climatique et des activités anthropiques. Thèse de doctorat en hydrogéologie, Faculté des sciences et technique, université Abdou Moumouni de Niamey (Niger), 238 p
32. Joseph, A., (1992). Recharges et paléo recharges des nappes en région sub désertiques au Niger. Thèse de l'université Paris VI, 163 p.
33. Lefèvre, R., (1960). Etudes d'écoulement dans le massif de l'Aïr : Alimentation en eau de la zone des grès d'Agadès. Rapport d'étude. L'OCRS et le ministère des travaux publics de la république du Niger, 131 p
34. Liégeois, J. P., Black, R., Navez, J. et Latouche, L., (1994). Early and late Pan-African orogenies in the Aïr assembly of terranes (Touareg Shield, Niger). *Precambrian Research*, 67, pp. 59-88.
35. Mangoua, M. J., YAO, A. B., Douagui, G. A., Kouassi, K. A., Goula, B. T. A., & Biemi, J., (2019). Evaluation des potentialités en eau souterraine des aquifères fissures dans le bassin versant du Bandama (Côte d'Ivoire). *Larhyss Journal*, 37, 53-74
36. Moreau, C., (1982). Les complexes annulaires anorogéniques à suites anorthositiques de l'Aïr Central et septentrional (Niger), thèse d'état, Nancy, 356 p
37. Parker, G. C., (2015). Changement climatique et transitions énergétiques : préoccupation environnementale religieuse. *Social Compass*. Vol. 62(3) 283–295
38. PromAP, 2018. Schéma d'aménagement de la vallée de Boghol. Rapport d'étude. 55p
39. Raulais, M., (1959). Esquisse géologique sur le massif cristallin de l'Aïr (Niger). *Bull. Soc.géol.Fr.*, 7e série, t. 1, N° 2, pp. 207-223

40. Rivard, C., Marion, J., Michaud, Y., Benhammane, S., Morin, A., Lefebvre, R., & Rivera, A., (2003). Étude de l'impact potentiel des changements climatiques sur les ressources en eau souterraine dans l'Est du Canada. Commission géologique du Canada, 39 p
41. Scanlon, B. R., Healy, R. W., & Cook, P. G., (2002). Choosing appropriate techniques for quantifying groundwater recharge. *Hydrogeology Journal*, 10 (1) 18–39
42. Seguin, J. J., (2016). Méthodes d'évaluation de la recharge des nappes. Complément d'étude pour la caractérisation des pressions et impacts sur les eaux souterraines. BRGM/RP-65635-FR, 219p
43. SIGES Seine- Normandie - ©2021 (brgm.fr). Caractéristiques principales des nappes : les paramètres hydrodynamiques (définitions), consulté le 29/12/2021
44. Viguier, B., (2016). Caractérisation des facteurs de contrôle de la recharge et des écoulements souterrains à différentes échelles de temps en zone de piedmont aride et hyper-aride : Exemple de l'aquifère de la Pampa Del Tamarugal (Nord Chili). Thèse de doctorat. Université de Montpellier, 206 p

Acquisition des notions de la circulation sanguine : Les élèves du cycle secondaire collégial comme étude de cas

Abdelouahed Kbibch, Enseignant chercheur

Khalid El Khokh, Enseignant chercheur

Académie régionale de l'éducation et de la formation, Rabat, Maroc

[Doi:10.19044/esj.2024.v20n21p92](https://doi.org/10.19044/esj.2024.v20n21p92)

Submitted: 08 May 2024

Accepted: 18 June 2024

Published: 31 July 2024

Copyright 2024 Author(s)

Under Creative Commons CC-BY 4.0

OPEN ACCESS

Cite As:

Kbibch A. & El Khokh K. (2024). *Acquisition des notions de la circulation sanguine : Les élèves du cycle secondaire collégial comme étude de cas*. European Scientific Journal, ESJ, 20 (21), 92. <https://doi.org/10.19044/esj.2024.v20n21p92>

Résumé

Fréquemment, la compréhension du concept du système circulatoire pose des problèmes, car il combine d'autres concepts biologiques tels que la nutrition et la respiration. Cette étude vise à évaluer si les élèves de la troisième année du collège parviennent à saisir ce concept à la fin de l'unité : Le sang et la circulation sanguine chez l'Homme, après avoir étudié l'alimentation et la respiration, et mettre en évidence les principaux défis liés à l'enseignement-apprentissage de la circulation sanguine au collège. Nous menons une étude exploratoire et descriptive avec une population de 100 élèves provenant de deux collèges situés dans la banlieue de Kenitra. Selon nos résultats, les apprenants rencontrent des difficultés d'apprentissage à des degrés différents. Les difficultés rencontrées sont donc les suivantes : l'identification des veines et des artères (86 %), l'ouverture ou la fermeture du modèle de circuit sanguin (64 %), le cœur comme une pompe ou une double pompe (64 %), les organes et les fonctions du système circulatoire ainsi que les composants du système circulatoire (32%). Beaucoup d'élèves interrogés négligent la question des dangers qui menacent le système circulatoire. On a enfin constaté la confusion entre le système circulatoire et le système respiratoire. Le problème réside dans la qualité de l'apprentissage des concepts de la circulation sanguine dans notre système éducatif. Elle a été reconnue comme un frein, soulignant l'importance cruciale du manque de méthodes pédagogiques appropriées pour présenter l'unité : La circulation sanguine chez l'Homme.

Mots-clés: Concept, système circulatoire, problèmes, nutrition, respiration, défis, Difficultés

Acquisition of Notions of Blood Circulation: Secondary School Students as a Case Study

Abdelouahed Kbibch, Enseignant chercheur
Khalid El Khokh, Enseignant chercheur

Académie régionale de l'éducation et de la formation, Rabat, Maroc

Abstract

Frequently, the concept of circulatory system is difficult to understand since it brings together other biological concepts such as nutrition and respiration. This study aims to determine whether students in the third year of middle school manage to understand this concept at the end of the unit: Blood and blood circulation in humans, and to highlight the main challenges related to the teaching-learning of blood circulation in middle school as well as to describe all the ideas and obstacles encountered by the students involved. This is an exploratory and descriptive study. Our population is made up of 100 students from two colleges on the outskirts of Kenitra. Our results reveal that learners have acquisition problems to varying degrees. Thus, the percentages of difficulties encountered, in establishing the distinction between veins and arteries (86%), the opening or closing of the blood circuit model (64%), as well as the conception of the heart as a pump or as a double pump (64%), the organs and functions of the circulatory system as well as the components of the circulatory system (32%). Many students interviewed neglect the response to the risks that threaten the circulatory system. The confusion between the circulatory system and the respiratory system has finally been observed. The problem lies in the quality of learning of blood circulation concepts in our education system. It was recognized as a hindrance, highlighting the crucial importance of the lack of appropriate teaching methods to disseminate unity Blood circulation in humans.

Keywords: Concept, circulatory system, problems, nutrition, breathing, challenges, difficulties

1. Introduction

En arrivant en classe, les élèves possèdent des compétences, expériences et convictions concernant le monde des objets vivants et non vivants qui les entourent, ainsi que les phénomènes qui les affectent. Les

enfants sont influencés par ces idées dans leur perception du monde, leur interprétation et leur acquisition de connaissances nouvelles.

Les premières idées, qu'elles soient erronées ou développées, sont affirmées comme étant solides et résistantes à l'apprentissage de la circulation sanguine à différents niveaux. Sa compréhension en tant que fonction nutritive systémique est complexe pour les élèves. Son enseignement pose également problème pour les enseignants. Elle peut être difficile en raison d'une approche empiriste par les enseignants. L'apprentissage de ce concept repose sur des exercices d'observation qui ne permettent pas de comprendre la circulation sanguine (Afef Henchiri et Fathi Matoussi., 2022).

Mais le concept de circulation sanguine n'est pas toujours étudié de manière approfondie, ce qui amène à se demander comment les élèves perçoivent-ils ce phénomène qu'ils vivent au quotidien ?

L'enquête vise à repérer les croyances naïves des apprenants, et l'analyse des réponses a mis en évidence différents obstacles auxquels les élèves font face pour acquérir ce concept.

Il convient de souligner qu'il existe divers obstacles et difficultés dans l'enseignement de la circulation sanguine (PAUTAL É, 2012), tels que la difficulté de concevoir que le sang est canalisé, la difficulté de concevoir qu'une surface protectrice soit perméable et la difficulté de faire le lien entre le système circulatoire et le système respiratoire.

Les idées des élèves sur la circulation sanguine dans notre corps et le rôle des organes doivent être vérifiées à partir de diverses études. (Astolfi, J.P, Peterfalvi, B.,1993), (Lhoste, Y,2006), (Rumelhard, G, 1997), Sauvageot-Skibine, M, 1993).

Grâce à cette étude, nous avons pu évaluer le degré d'acquisition des concepts du système circulatoire par les apprenants de troisième année du collège à la fin la troisième unité dispensée en 3eme du collège dans le curriculum marocain.

Il convient de souligner que ces concepts constituent la troisième unité du programme de troisième année du collège marocain.

2. Matériels et Méthodes

2.1. Participants

L'étude a été effectuée auprès de 100 élèves de la 3ème année secondaire collégiale en Science de la Vie et de la Terre (SVT), âgés entre 14 et 17 ans, répartie en trois classes de deux collèges situés à Kenitra (Nord de Rabat. Maroc). La variable sexe n'a pas été pris en compte dans la présente étude.

2.2. Matériel

Le questionnaire est un instrument de prise d'information liée à une évaluation des performances de personnes, d'un fonctionnement, d'un système, ou d'une recherche (De Ketele & Roegiers, 2016 ; Pourtois et Desmet, 1988).

Notre questionnaire est proposé aux élèves de la 3^{ème} année secondaire collégiale, et qui présente 7 questions réparties en trois parties distinctes (voir Tableau 1).

Tableau 1: Les composants du questionnaire

Questions (Q)	Objectifs
Première partie Q1 -Tracer le trajet du sang entre les organes? Q2 - Légènder le schéma ? Q3 - Le circuit sanguin est ouvert ou fermé? Q4 -Le cœur agit comme une pompe ou une double pompe ?	Savoir si le système circulatoire est connu des élèves et repérer les critères de leur description
Deuxième partie Q5 -Donner les composants du sang ? Q6 -Rappeler Le rôle du sang? Q7-Citer la différence entre les veines et les artères?	Révéler les connaissances des élèves à propos du sang et du processus de son rôle
Troisième partie Q8- Le processus du danger qui menace le système circulatoire?	Confronter les connaissances des élèves à une explication scientifique

Le document utilisé est un schéma que l'on trouve dans certains manuels scolaires. Cette étape doit permettre l'émergence d'un éventuel conflit entre ce que pense l'élève, de fonctionnement des différents composants du système circulatoire.

Afin de valoriser les résultats de notre échantillon, nous avons utilisé le logiciel Microsoft Excel pour calculer le pourcentage des réponses aux différents types de questions présentes sur le questionnaire.

2.3. Procédure

L'observation est un processus de collecte d'informations basé sur l'observation des personnes et des lieux sur un site de recherche. Un observateur non participant a pris des notes en enregistrant le phénomène étudié sans s'impliquer dans les activités (Creswell, 2013).

La méthode utilisée était basée sur :

- √ des entretiens individuels de 20 minutes environ par un observateur : L'observateur sélectionne quelques élèves, leur pose des questions directes, puis enregistre leurs réponses.

- ✓ En classe, le questionnaire distribué aux élèves, afin qu'ils notent leurs réponses ; et qui est collecté après une heure de travail.

On demande d'abord à l'élève de tracer le trajet du sang, ensuite de répondre aux questions. La question est reformulée quand l'élève ne la comprenait pas.

2.4. Analyse statistique des résultats

Les réponses des élèves ont été analysées à trois niveaux :

- ✓ Le système circulatoire et son fonctionnement

À partir de l'analyse du dessin, et de leurs réponses à la question. «Tracer le trajet du sang entre les organes et mentionner les », « le cœur agit comme une pompe ou comme une double pompe? », «le circuit sanguin est ouvert ou fermé?».

- ✓ Les composants du sang et son rôle.

À partir des réponses à « Donner les composants et le rôle du sang », «La différence entre les veines et les artères?».

- ✓ Les dangers menaçant le système circulatoire.

3. Résultats

3.1. Analyse des réponses des élèves.

Les réponses ont été classées : complètes, incomplètes ou erronées et L'absence de réponse a été classée comme réponse erronée.

Le pourcentage global des réponses des élèves aux questions du questionnaire est donc illustré dans la figure 1. Il est intéressant de noter que ces réponses diffèrent en fonction de la nature de la question. Cependant, les questions (Q5, Q6, Q7, Q8) ont été couronnées de réponses erronées, tandis que les questions Q1, Q2, Q3 ont un pourcentage élevé de réponses incomplètes. Alors que les questions Q5 et Q6 présentent un pourcentage des réponses complet qui varie entre 35% et 38 %.

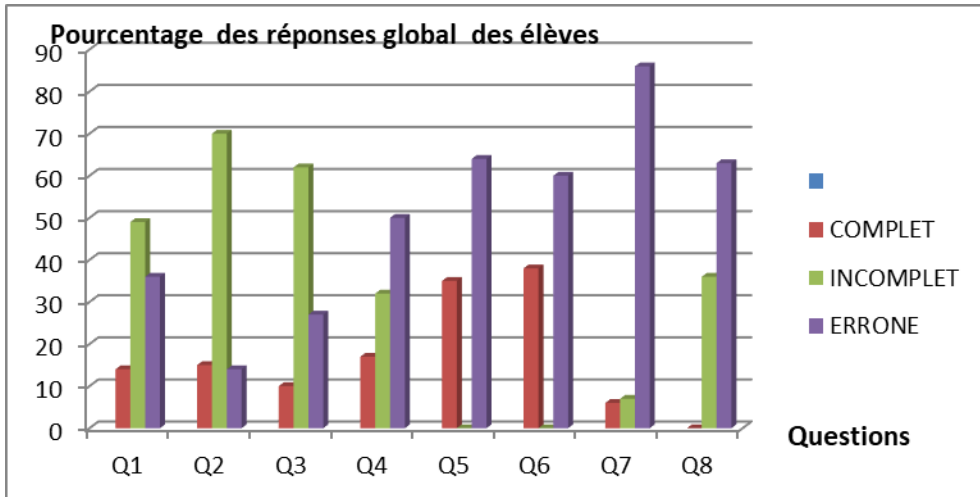


Figure 1 : Pourcentage global des réponses des élèves aux questions

3.2. Le système circulatoire et son fonctionnement.

Afin de souligner les conceptions des élèves concernant la circulation sanguine, nous avons principalement utilisé les réponses à la question (Tracer le trajet du sang) et les réponses à la première question (Légender le schéma). En ce qui concerne la question sur le schéma du questionnaire, bien qu'elle figure simple, nous avons reçu des réponses qui étaient incomplètes ou erronées (la confusion entre les poumons et les reins, le trajet du sang entre les poumons et le cœur et entre le cœur et les organes n'est pas conçu par certaines élèves..). Pour 60 %, des élèves âgés de 14 à 15 ans, et pour 50% d'élèves âgés de 16 à 17 ans. (Tableau 2 et Figures 2 et 3).

Certains apprenants rencontrent des problèmes pour établir une corrélation entre le système circulatoire et le système respiratoire. «Les poumons conservent l'oxygène provenant de l'air et absorbent le gaz carbonique». (Giordan et Martinand, 1987, p.146).

Alors que certains apprenants fournissent une réponse globale sur le fonctionnement du système circulatoire (30 % des jeunes âgés de 14 à 15 ans, et 18 % des jeunes âgés de 16 à 17 ans) (Figures 2 et 3).

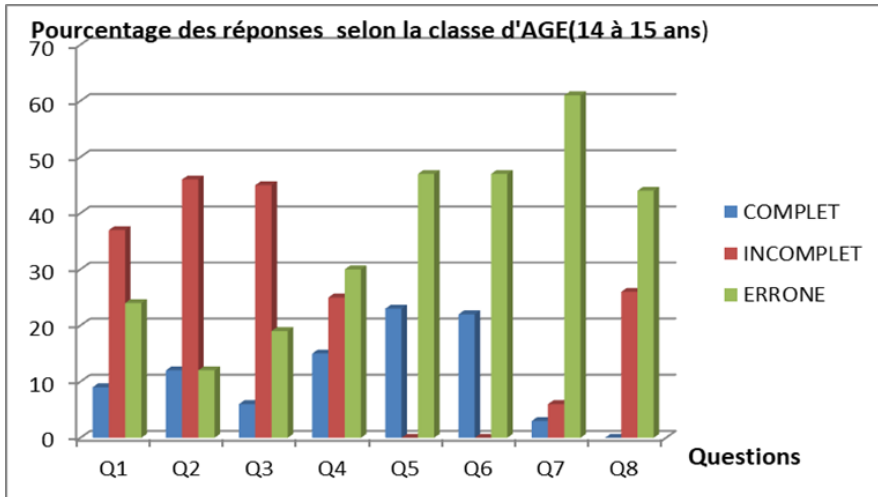


Figure 2 : Pourcentage des réponses d'élèves selon la classe d'âge (14 à 15 ans)

3.2.1. Le cœur agit comme une pompe ou double pompe

Notre étude des réponses des élèves de notre échantillon aux questions concernant le cœur met en évidence une autre difficulté : les apprenants attribuent au cœur un rôle de pompe tandis que les vaisseaux ont un rôle passif de canaux. Ces réponses indiquent également que la dynamique circulatoire est réduite à une séquence d'étapes ponctuelles sans relation les unes avec les autres.

Ainsi, le concept du fonctionnement du cœur reste flou chez les élèves puisque 61 % d'entre eux donnent des réponses erronées, alors que 38 % arrivent à répondre correctement (Tableau 2). Ces derniers pensent que «Le cœur seul qui détermine le flux sanguin», et pour le retour de sang, on remarque qu'il est toujours absent du cadre conceptuel des élèves (25%). (Figures 2 et 3).

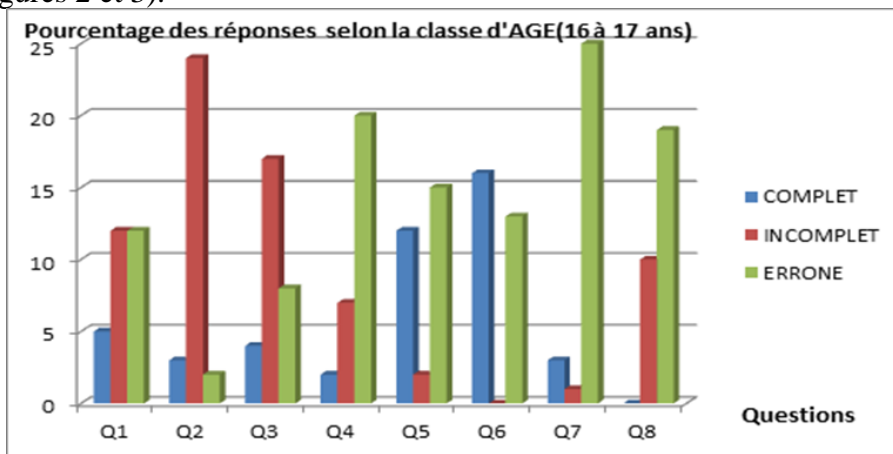


Figure 3 : Pourcentage des réponses d'élèves selon la classe d'âge (16 à 17 ans)

3.2.2. Le circuit sanguin est ouvert ou fermé

Toutefois, l'idée d'un système fermé qui désigne la présence du sang dans des canaux tels que les veines, les artères et les capillaires peut causer une erreur d'apprentissage chez l'élève. Cependant, selon les résultats des réponses des élèves on a eu 64% d'entre eux qui donnent une réponse erronée sur le circuit sanguin, alors que seulement 35 % qui arrivent à répondre correctement (Figure 1) et (Tableau 2).

3.3. Les composants du sang et son rôle.

3.3.1. Les composants du sang

Nous avons pu observer, à la suite du traitement des réponses des élèves qu'un grand nombre d'élèves 62% ont pu répondre mais d'une façon incomplète, ces derniers n'arrivent de déterminer que deux composantes du sang (plasma et globules rouges), et que seulement 10% des élèves interrogés arrivent à déterminer correctement les composants du sang (plasma, globules rouges, globules blancs et plaquettes sanguines), alors que 27% d'élèves ont donné des réponses erronées ou aucune réponse (Tableau 1) et (Figure 1).

3.3.2. Le rôle du sang

Comme d'autres tissus, la fonction du sang est déterminée par les propriétés de ses composants. Concernant la question du rôle du sang, de nombreux élèves répondent en décrivant la couleur du sang en disant : «Le sang est rouge, C'est liquide », et/ou où il se trouve « Le sang se trouve sous la peau, qui se déverse lorsque l'on se coupe» De la même manière, de nombreux élèves attribuent une utilité fonctionnelle globale : « cela est nécessaire pour vivre », « sans sang, on meurt». En effet, 50 % des élèves interrogés ont donné une réponse erronée, et 17% ont pu répondre correctement, alors que 32 % ont donné une réponse incomplète.

Quelques élèves âgés de 16 à 17 ans répondent au rôle biologique du sang, mais sans établir de lien entre le système circulatoire et digestif et la répartition des nutriments : «À l'intérieur, il existe des substances capables de nourrir les muscles».

Certains élèves font également cette connexion entre les deux systèmes (circulatoire et digestif) lorsqu'ils évoquent la circulation des nutriments par le sang : Les vaisseaux sanguins absorbent tout ce qui est bénéfique dans les aliments et le transportent dans les différentes parties du corps.

Alors que certains élèves fournissent une description en mentionnant son emplacement. « Il se trouve dans le cœur », dans le cas de 4,2% d'élèves âgés de 14 à 15 ans, et de 1,4% d'élèves âgés de 16 à 17 ans (Figures 2 et 3).

3.3.3. La différence entre les veines et les artères

La comparaison, au sens fonctionnel, paraît délicate puisqu'un grand nombre d'élèves (environ 86%) n'ont pas pu décortiquer la différence et que seulement 13% arrivent à donner la différence (tableau 2), (figure 1).

Effectivement, il est complexe de comprendre la corrélation entre le diamètre des vaisseaux sanguins et leurs fonctions : les veines et les artères ont des diamètres plus élevés car ils sont chargés de transport, tandis que les capillaires sanguins ont des diamètres plus petits car ils sont chargés d'échange. Dans les études mentionnées auparavant, Effectivement, l'idée d'accepter que le sang est transporté par des conduites (Astolfi, J.P, Peterfalvi, B, 1993). Et que le langage renforce la complexité de l'irrigation sans retour et le rôle mécanique du cœur (Lhoste, Y, 2006). En mettant en évidence que les organes sont irrigués en utilisant l'analogie agricole de l'irrigation.

3.4. Les dangers menacent le système circulatoire.

Selon les résultats de notre étude, 63 % des élèves n'ont pas pu répondre à cette question bien qu'elle figure facile, et que seulement 36 % ont donné des réponses incomplètes (Tableau 2). Il est à noter que ces élèves ont des confusions entre le système circulatoire et le système respiratoire.

Tableau 2 : pourcentage des élèves par rapport aux différents types de réponses sur l'ensemble des questions

Questions Réponses	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	Q7	Q8
	Tracer le parcours du sang	légènder le schéma	Donner les composants du sang	Rappeler le rôle du sang	le circuit sanguin est ouvert ou fermé	Le cœur agit comme	la différence entre les veines et les artères	Les dangers qui menacent le système circulatoire
COMPLET	14	15	10	17	35	38	6	0
INCOMPLET	49	70	62	32	0	0	7	36
ERRONE	36	14	27	50	64	61	86	63

L'examen des résultats mentionnés précédemment sur les huit questions révèle que les élèves ont une bonne compréhension des composants du sang et des organes du système circulatoire, en considérant leurs réponses incomplètes. Quant à la différence entre les veines et les artères, la différence est difficile à faire, vu que le taux de réponses erronées est d'environ (86%). Concernant le fonctionnement du système circulatoire et les risques qui y sont associés, environ 64 % des élèves ne savent pas ou ne parviennent pas à répondre (Tableau 2).

4. Calcul de χ^2 (khi deux)

Dans le but de vérifier s'il y a une corrélation entre les réponses erronées des apprenants et la catégorie classe d'âge des apprenants (14 à 15 et 16 à 17 ans), on a utilisé la statistique du Khi deux (χ^2), utilisée dans le test de Friedman d'hypothèse nulle. Toutefois, il convient de souligner que ce calcul repose sur trois éléments de données : les réponses incorrectes des apprenants aux questions (définir le trajet du sang sur le schéma, expliquer le fonctionnement du système circulatoire et la description du système circulatoire).

En ce qui concerne toutes les questions, afin de souligner les idées des apprenants, la valeur de χ^2 calculée est de 2,601, cette valeur est inférieure à la valeur critique (5,99), avec (ddl=2, $\alpha = 0,05$). Ainsi, on ne rejette pas l'hypothèse nulle et, selon ces données, il n'y a pas de lien entre l'âge et les réponses erronées des élèves.

Toutefois, il semble essentiel de comprendre les premières idées des élèves, leur origine, leur nature, leur organisation et leur évolution, car elles ont un impact sur l'apprentissage scolaire. Selon la psychologie cognitive, les idées antérieures, acquises par l'expérience quotidienne, jouent un rôle essentiel dans les apprentissages ultérieurs. Comme les nouvelles connaissances reposent sur les connaissances existantes, de nombreux chercheurs mettent en avant l'importance de prendre en compte ces idées incomplètes (appelées « conceptions naïves », « Conceptions alternatives » ou « préconceptions »).

5. Discussion

Afin d'évaluer la compréhension du concept de la circulation sanguine par les élèves de la troisième année du collège à la fin de l'unité, nous avons mené une enquête directe auprès d'eux, à l'aide d'un questionnaire. Grâce à l'analyse et au traitement des données recueillies, nous avons pu obtenir une vision d'ensemble du problème.

Le dépouillement de notre questionnaire a montré que 60 % des élèves de 14 à 15 ans, et 50 % des élèves de 16 à 17 ans, ont des difficultés à établir une corrélation entre le système circulatoire et le système respiratoire. 86 % d'entre eux ne parviennent pas à distinguer les veines des artères et la notion de surface circulatoire, cela est en accord avec les résultats des études qui soutiennent que la présence de sang dans des canaux tels que les veines, les artères et les capillaires peut entraîner une erreur d'apprentissage chez l'élève. Ce qui rend donc possible de faire des comparaisons entre les tuyaux couramment utilisés et les vaisseaux sanguins, et qui constitue un frein à l'élaboration de la notion de surface circulatoire (Sauvageot et Skibine, 1993). Des apprenants ont malheureusement répondu en arabe de manière volontaire (35%), en effet, le matériel pédagogique est perçu comme le premier obstacle

à l'acquisition des concepts fondamentaux de l'unité intéressée. Ces résultats sont suivis d'un pourcentage de 64 % des élèves qui ne réussissent pas à résoudre le problème du système circulatoire fermé ou ouvert.

Ces valeurs sont particulièrement significatives à la suite des études similaires menées par Sauvageot et Skibine (1993), qui soutiennent qu'il est possible de faire des comparaisons entre les tuyaux couramment utilisés et les vaisseaux sanguins.

Néanmoins, le fonctionnement du système circulatoire, dans ses aspects mécaniques, est souvent mentionné par les élèves des deux classes d'âges (14/15 et 16/17 ans) et que le pourcentage est significatif 32 %. Concernant la question des dangers qui menacent le système circulatoire, nombreux sont les élèves interrogés qui la négligent. Alors que 26% d'élèves font confusion entre le système circulatoire et le système respiratoire.

Parmi les causes liées à ces résultats, les méthodes pédagogiques utilisées rendent difficile, pour les élèves de la troisième année du collège, de comprendre la circulation sanguine et pour les enseignants de l'enseigner. Ainsi, Pelé M. (2016) qui en étudiant des séances de discussion sur la circulation sanguine à partir d'une bande dessinée, a observé que les enseignants éprouvent des difficultés à repérer les divers modèles explicatifs du parcours et des mouvements du sang chez les élèves. De même, la création d'une paroi perméable pour les conduits biologiques est complexe en raison de l'obstacle du tuyau continu à paroi imperméable (PAUTAL É, 2012). Cela se manifeste par le défi de concevoir une surface à la fois imperméable et protectrice, comme les intestins, les vaisseaux sanguins et la peau.

Nos résultats ont montré que certains obstacles liés à l'acquisition du concept de la circulation sanguine (linguistiques, didactique, et épistémologiques) sont à l'origine du pourcentage des réponses erronées, élevé lorsque les questions touchent la description des structures et la définition de leurs rôles, et plus faible lorsque les questions touchent la dynamique et le contrôle.

Ces informations sont en grande partie en accord avec celles décrites par les sessions de problématisation qui interrogent sur le parcours et les flux sanguins dans l'organisme, ce qui devrait permettre d'acquérir une compréhension logique en établissant des critères. (Orange, C, 2005).

Conclusion

L'objectif de cette étude était d'obtenir une vision générale des résultats de l'assimilation globale du processus de circulation sanguine par les élèves de la 3ème année secondaire collégiale, des deux collèges de la ville de Kenitra, en Science de la Vie et de la Terre (SVT), une fois le chapitre terminé. Ainsi, nous avons opté pour une méthode qui, en employant à la fois des exemples (schéma) et des questions (questionnaire).

D'après nos conclusions, on a démontré que les élèves ont des connaissances naïves de la circulation sanguine même avant l'acquisition de connaissances, voir Le nombre de termes utilisés par les apprenants est restreint. Au fil du temps, ces concepts évoluent progressivement, ce qui requiert la création de plus en plus de liens de causalité, d'abord au sein du système circulatoire, puis ensuite en relation avec le système digestif.

D'autre part, nous pouvons retenir que les difficultés recensés chez les élèves ne font que confirmer les travaux précédemment évoqués,

Les difficultés de concevoir la différence entre les veines et les artères, le modèle de circuit sanguin est-il ouvert ou fermé, et la conception du cœur agit comme une pompe ou comme une double pompe, les organes et les fonctions du système circulatoire et les constituants du sang. Alors que les dangers qui menacent le système circulatoire sont ignorés par un grand nombre des élèves questionnés. Enfin nous avons remarqué une confusion entre le système circulatoire et le système respiratoire.

Il est certain que notre recherche présente des limites en raison du manque de participants issus du même milieu scolaire, ainsi que du rôle du contexte socioculturel dans l'accès aux connaissances biologiques sur la circulation sanguine, Nos résultats ne peuvent pas être généralisés.

En bref, notre étude a prouvé que les élèves acquièrent des concepts naïfs dans le domaine biologique, même pour des concepts complexes comme la circulation du sang. Pour répondre aux questions, ils offrent des explications descriptives et essentialistes qui se distinguent par l'absence de connaissances scientifiques précises.

Recommandations

- L'objectif principal de l'enquête didactique est de détecter et d'examiner les obstacles liés à l'acquisition d'un concept. Et afin de surmonter ces obstacles (linguistiques, didactique, et épistémologiques...), il faut mettre en conflit les connaissances scientifiques entre les faits et les modèles, (Fabre & Orange ,1997), Pour aider les élèves à problématiser la circulation sanguine, On doit poser des questions, et Les élèves doivent explorer et discuter les arguments à partir de certaines parties du dialogue afin de répondre à ces problèmes.
- D'autres auteurs, tels que (Bachelard, G, 1938) (Mayrargue, A. et Savaton, 2010) (Souad Kassou, C. Souchon ,1992) évoquent que l'enseignement de l'évolution historique d'un concept scientifique peut être avantageux pour les élèves, notamment ceux du collège : « enseigner l'évolution historique d'un concept permet de relever certains défis épistémologiques et de revivre le processus de construction des connaissances.» (Matoussi, F & Métioui, A, 2013) L'objectif consiste

à saisir que les connaissances se forgent en alternant entre l'erreur et l'exactitude, ce qui pousse les élèves à penser que toute théorie scientifique peut être remise en question.

- Établissement d'un système de suivi scientifique, complet et opérationnel de la qualité de l'enseignement de SVT dans les collèges est importante pour améliorer la qualité de l'enseignement, garantir les résultats d'apprentissage des élèves.
- Enfin, Le choix d'une séquence d'enseignement dans le cadre d'une démarche d'investigation structurée.

Conflit d'intérêts : Les auteurs n'ont signalé aucun conflit d'intérêts.

Disponibilité des données : Toutes les données sont incluses dans le contenu de l'article.

Déclaration de financement : Les auteurs n'ont obtenu aucun financement pour cette recherche.

References:

1. De Ketele J M. & Roegiers X. (2016). Méthodologie du recueil d'informations, Fondements des méthodes d'observation, de questionnaire, d'interview et d'étude de documents (Boecksup, Ed.; 4th ed.).
2. Giordan, A. et Martinand, J.L. (éd), (1987). Modèles et simulation, Actes JIES 9.
3. Afef Henchiri et Fathi Matoussi., 2022. Spectre / volume 51 / numéro 3 / mai 2022.
4. PAUTAL É. (2012). Enseigner et apprendre la circulation du sang : analyse didactique des pratiques conjointes et identification de certains de leurs déterminants. Thèse de doctorat, Toulouse : université de Toulouse 2.
5. Astolfi, J.P., Peterfalvi, B. (1993). Obstacles et construction de situations didactiques en sciences expérimentales. Aster, 16, p. 103-141.
6. Lhoste, Y. (2006). La construction du concept de circulation sanguine en 3ème : problématisation, argumentation et conceptualisation dans un débat scientifique. Aster, 42, p.79-108.
7. Rumelhard, G. (1997). Obstacles : travail didactique. Aster, 24, p. 13-35.
8. Sauvageot-Skibine, M. (1993). De la représentation en tuyaux au concept de milieu intérieur. Aster, 17, p. 189-204.

9. Creswell J W. (2013). Educational research: Planning, conducting, and evaluating (Matthew Buchholtz & Karen Mason, Eds.; 4th ed).
10. Pelé, M. (2016). Problématisation autour de la circulation sanguine en classe de cinquième à partir d'une bande dessinée utilisant l'histoire des sciences. (Mémoire de Master de Recherche). Université Paris Diderot.
11. Orange, C. (2005). Problème et problématisation dans l'enseignement scientifique. Aster, 40, 2-11
12. Fabre & Orange (1997), Construction des problèmes et franchissements d'obstacles.
13. Bachelard, G., La formation de l'esprit scientifique, Paris : Vrin. 1938.
14. Mayrargue, A. et Savaton, P., « Quels liens entre l'histoire des sciences, l'épistémologie et la didactique des disciplines ? », Tréma, 26. (2006), mis en ligne le 04 mars 2010, Consulté le 2 février 2022. URL : <http://trema.revues.org/98>
15. Souad Kassou, C. Souchon (1992) : Utilisation des aspects historiques dans l'enseignement de la photosynthèse.
16. Matoussi, F & Métioui, A. (2013). Apports de l'histoire de la biologie et de l'histoire des sciences dans l'enseignement au secondaire. Le cas de l'enseignement de la photosynthèse.

Dynamique des Ressources Humaines, Animales, et Naturelles au cours des 32 dernières années (1990-2022) dans la Zone de Fakara de Sud-Ouest du Niger

Ousmane Kansaye
Hamissou Amadou Mounkaila
Hamissou Zangui
Ibrahim Adamou Amoukou

Université ABDOU Moumouni, Faculté d'Agronomie,
Département des Productions Végétales, Niamey, Niger

[Doi:10.19044/esj.2024.v20n21p106](https://doi.org/10.19044/esj.2024.v20n21p106)

Submitted: 27 March 2024

Accepted: 17 July 2024

Published: 31 July 2024

Copyright 2024 Author(s)

Under Creative Commons CC-BY 4.0

OPEN ACCESS

Cite As:

Kansaye, O., Mounkaila, H. A., Zangui, H., & Amoukou, I. A. (2024). *Dynamique des Ressources Humaines, Animales, et Naturelles au cours des 32 dernières années (1990-2022) dans la Zone de Fakara de Sud-Ouest du Niger*. European Scientific Journal, ESJ, 20 (21), 106. <https://doi.org/10.19044/esj.2024.v20n21p106>

Résumé

L'objectif de cette étude est d'analyser la dynamique des ressources humaines, animales et naturelles, à partir des années 1990, et les modes de gestion qui en découlent au niveau de la zone du Fakara dans le Sud-Ouest du Niger. Pour mener cette analyse, une enquête a eu lieu auprès d'un échantillon composé de 354 chefs d'exploitation. Cette enquête a été conduite dans 17 villages repartis dans la zone d'étude. Les données ont été collectées au moyen de questionnaires, adressés aux chefs d'exploitation, sur les différentes ressources et leur état au cours des trente dernières années. L'étude révèle que la tendance à l'amenuisement des ressources naturelles notamment l'eau, la terre, les ressources forestières. La population et les ressources animales connaissent une augmentation en lien avec l'accroissement démographique générale et l'importance que révèle la pratique de l'élevage dans cette zone.

Mots-clés: Systèmes agraires, Changement climatique, Pression anthropique, Niger

Dynamics of Human, Animal, and Natural Resources over the last 32 years (1990-2022) in the Fakara Zone of Southwest Niger

Ousmane Kansaye
Hamissou Amadou Mounkaila
Hamissou Zangui
Ibrahim Adamou Amoukou

Université ABDOU Moumouni, Faculté d'Agronomie,
Département des Productions Végétales, Niamey, Niger

Abstract

This paper focuses on analyzing the dynamics of human, animal, and natural resources during the 1990s in the Fakara area. To conduct this analysis, an investigation was carried out with a sample of 354 farm chiefs. This survey took place in 17 villages within the study area. Data were collected through questionnaires addressed to operational heads regarding resources and their current state following a historical decline. The population and animal resources show an increase, correlated with general demographic growth and the significance of farming practices in this region.

Keywords: Agrarian systems, Climate change, Anthropogenic pressure, Niger

Introduction

L'agriculture nigérienne est, principalement, orientée vers la production céréalière qui est devenue déficitaire dans les principales régions productrices du pays. Le déficit constaté découle de plusieurs facteurs dont à la pression sur les ressources en terre, ayant abouti au morcellement des surfaces cultivables, la baisse de fertilité des sols qui est une conséquence de l'exploitation prolongée des mêmes terres et de la disparition de la jachère des pratiques culturales. L'occupation des terres affectées au pâturage, les forêts et autres espaces boisés (Yamba, 2004). La superficie des terres potentiellement cultivable est estimée à 15 millions d'hectares (FAO, 2015). Cette superficie représente moins de 12 % de la superficie totale du pays, tandis que les terres cultivées sont estimées à 6 534 881 ha (RECA, 2011). Il faut souligner que 80 à 85% des sols cultivables sont dunaires et seulement 15 à 20% sont des sols hydromorphes moyennement argileux (ESDRD, 2005; REPH 2017/2018). Le potentiel en terre irrigable est estimé à 270 000 hectares, soit 1,8% de la superficie cultivable, dont 140 000 ha sont situés dans

la vallée du fleuve Niger. La répartition des terres, en fonction des zones climatiques, indique la situation suivante: 65% des terres se trouvent en zone saharienne (avec une pluviométrie annuelle supérieure 200 mm d'eau), 12% en zone saharo-sahélienne (200 à 300 mm d'eau), 12 % en zone sahélienne, 9,8% en soudano sahélienne et 0,9% en zone soudanienne où les pluviométries sont supérieures à 600 mm d'eau (ESDRD, 2005).

Les ressources naturelles, situées sur le quart du territoire national, sont en dégradation continue sous les effets conjugués des facteurs anthropiques, comme les défrichements, les feux de brousse, les surpâturages, et des facteurs climatiques, comme les sécheresses et les inondations (ESDRD, 2005).

La population est concentrée dans la bande sud et même, dans cette zone, les conditions d'exercice de l'agriculture et de l'élevage sont, souvent, difficiles, du fait de l'insuffisance et de l'irrégularité des précipitations, de la régression des aires de pâturage et, aussi, de la faible fertilité des sols. En conséquence, les rendements en graines et en biomasse aérienne des principales cultures pluviales au Niger (mil, sorgho, niébé, arachide) sont généralement faibles, et les possibilités d'extension des cultures apparaissent désormais de plus en plus limitées (Chaibou, 2019).

La zone de Fakara n'échappe pas à cette situation générale. En plus de l'accroissement démographique, elle subit l'effet de la migration qui se manifeste par l'afflux des populations venant de certaines contrées voisines comme la zone de *Zarmaganda*. Ce mouvement de populations, n'est également, pas sans conséquence sur les ressources naturelles et leurs modes de gestion.

L'étude des ressources humaines, animales et naturelles de cette zone sur les 32 dernières années (1990 à 2022) permet de démontrer leur évolution, et les modes de gestion qui les caractérisent.

Matériel et méthodes

Présentation de la zone d'étude

Cette étude a été menée dans la zone de Fakara correspondant à la zone agro écologique couvrant environ 600 km² et situé entre la vallée du fleuve Niger à l'Ouest et la vallée fossile du Dallol Bosso à l'Est. Elle est située dans la commune rurale de Dantchandou, à environ 70 Km au Nord Est du chef-lieu du département de Kollo. Dantchandou est l'une des 11 communes rurales de ce dernier. Elle est limitée (Figure 1).

- à l'Est par les communes rurales de Harikanassou et de Koygolo;
- à l'Ouest par la commune rurale de Hamdallaye;
- au Sud par la commune rurale de Kouré;
- au Nord par la commune rurale de Balléyara.

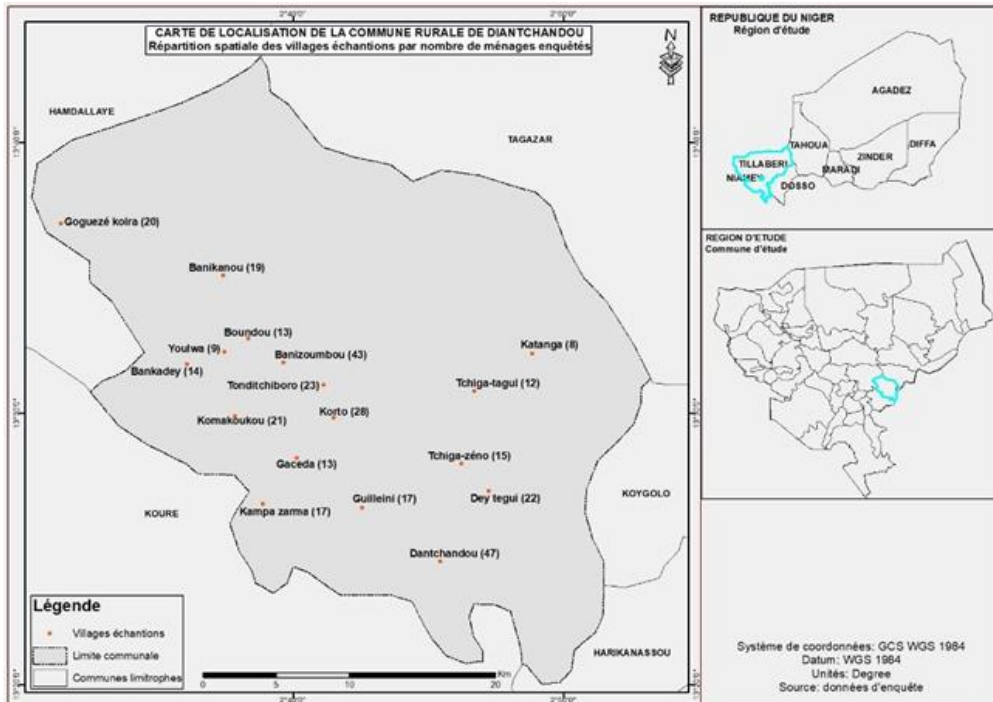


Figure 1. Localisation de la commune de Dantchandou

Matériel technique utilisé

Le matériel technique est composé:

- ✓ des outils d'enquête (un questionnaire et un guide d'entretien) pour la collecte des données. Les questionnaires ont été individuels et les guides d'entretien semi-structurés ont permis les entretiens en focus group avec les chefs d'exploitations.
- ✓ Des cartographies d'occupation des sols réalisées à partir des images satellites Landsat.

Méthode de collecte des données

La méthode de collecte a été mixte, combinant l'approche quantitative et qualitative. L'approche quantitative a consisté à l'utilisation des questionnaires individuels avec les chefs d'exploitations agricoles, tandis que l'approche qualitative a consisté à l'utilisation de guides d'entretiens pour l'organisation des focus groups

Les enquêtes ont été réalisées suivant une méthode rapide, standardisée et simplifiée avec saisie des données en temps réel dès la phase de collecte. Au total, les enquêtes ont été faites dans 17 villages de la zone d'étude (Figure 1).

Echantillonnage et choix des enquêtés

La détermination de la taille de l'échantillon total à enquêter a été faite, sur la base de la formule suivante :

$$n = \frac{N}{1+N \times e^2} \text{ (UEMOA, 2016)}$$

n = la taille de l'échantillon

N : la taille de la population

e= Niveau de précision de 5%

Ainsi, sur une population de 1077 habitants,

- N=1077
- e=0,05
- $n = 1077 / (1 + 1077 \times (0,05 \times 0,05)) = 1077 / 2,69 = 399,62 \approx 400$

Un échantillon des chefs d'exploitations a été tiré par la méthode de sondage avec stratification. Le critère de stratification a été le village, avec comme unité d'observation l'exploitation agricole.

Le choix des enquêtés a été fait par tirage aléatoire à partir de la liste des chefs d'exploitations de chaque village. Les données ont été collectées auprès de 354 chefs d'exploitations dans dix-sept villages dans la zone du Fakara.

L'écart avec l'échantillon global s'explique par le rejet des questionnaires inexploitable ou partiellement renseignés à cause de l'indisponibilité de certains chefs d'exploitations.

Le questionnaire, adressé aux catégories des chefs d'exploitations, a été organisé en cinq (5) sections comme suit :

- 1) connaissance sur climat, le changement climatique;
- 2) les effets du changement climatique ;
- 3) les ressources des exploitations agricoles ;
- 4) les activités socioéconomiques ;
- 5) les stratégies d'adaptation et résilience au niveau des exploitations agricoles.

Analyse des données

Une fois les données collectées, elles ont été analysées avant d'être interpréter. Une analyse descriptive est réalisée sur les données collectées afin de générer des graphiques en forme d'histogrammes à l'aide de la suite Excel du logiciel Microsoft office 2019.

Résultats

Catégories socioprofessionnelle des chefs d'exploitation

Les activités principales des chefs d'exploitation ont permis de caractériser l'exploitation agricole. À l'image de toutes les zones rurales du

Niger, au niveau de la zone d'étude, l'agriculture a été dominante et a été, par conséquent l'activité de la majeure partie des chefs d'exploitation enquêtés (76,3%) (Tableau 1). La deuxième activité des chefs d'exploitation a été le commerce avec 10,5% des enquêtés, suivie des manœuvres (3,4%). 1,4% de chefs d'exploitation qui pratiquant l'élevage comme activité principale ont été touchés dans le cadre de cette étude.

Tableau 1. Répartition des chefs d'exploitation enquêtés par catégories socio professionnelles

Catégories socio professionnelles rencontrées	Fréquence	Pourcentage
Agriculteurs	270	76,3
Eleveurs	5	1,4
Artisans	6	1,7
Commerçants/Revendeurs	37	10,5
Employés agricoles	3	0,8
Manœuvres	12	3,4

Types de ressources étudiées dans la zone de Fakara

La population

Les données démographiques de la commune de Dantchandou proviennent des différents recensements effectués. Il s'agit du Recensement Général de la Population et de l'Habitat et des recensements administratifs de la commune). La population de cette commune a doublé entre 1988 et 2012, passant de 18661 habitants à 37056 habitants (Figure 2). C'est entre les deux derniers recensements généraux réalisés que la population de cette zone a connu une croissance fulgurante. En effet, elle est passée de 21093 habitants en 2001 à 37059 habitants en 2012, d'où une augmentation de 15966 habitants en une décennie.

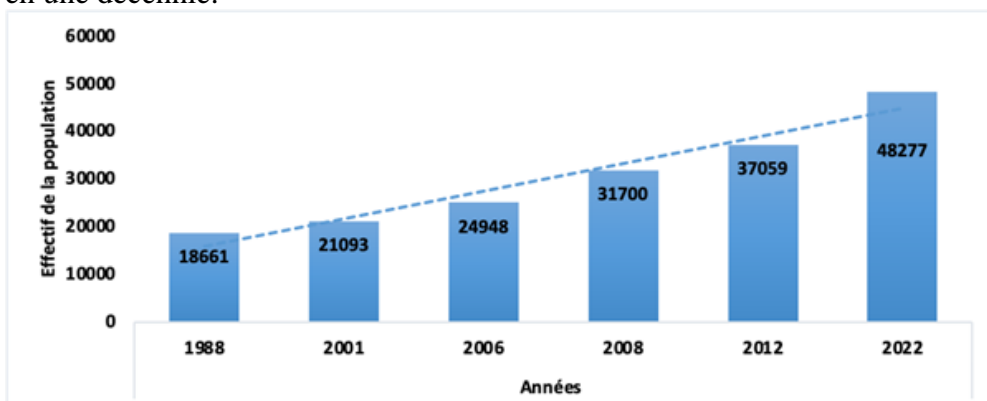


Figure 2. Evolution de la population au cours de la période de 1988 à 2022

Ressources animales

En tant que deuxième activité économique des populations au niveau national, l'élevage joue, également, un rôle important dans la vie des communautés de Fakara. Les ressources animales de la zone sont constituées de toutes les espèces qu'on retrouve dans le cheptel nigérien, à savoir, des caprins, les ovins, les bovins, les équins, les asins et les camelins.

En 2020, les effectifs étaient de 339696 têtes de bovins, 215000 têtes de caprins, 198305 têtes d'ovins, 29247 têtes d'asins, 2342 têtes de camelins et 1563 têtes d'équins.

L'une des difficultés de l'étude des ressources animales a résidé dans le fait que non seulement les recensements n'ont pas réguliers, mais aussi, les données sont présentées à l'échelle du département.

Ainsi, l'exploitation des données collectées, auprès des services de l'élevage de Kollo, au niveau du département, donne les effectifs suivants pour les différentes espèces (Figure 3).

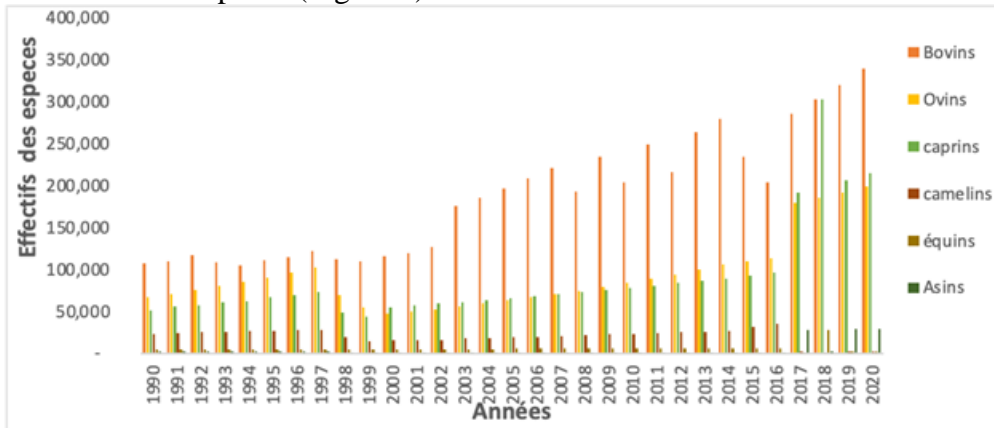


Figure 3. Evolution des effectifs des espèces animales du département de Kollo de 1990 à 2020

Ressources naturelles

Dans le cadre de cette étude, quatre (4) ressources ont été, principalement, identifiées. Il s'agit des ressources en terre de culture, les aires de pâturage, les zones boisées abritant la végétation, et les ressources en eau. Ces dernières sont limitées aux eaux de surface.

L'étude de ces ressources a été faite de manière comparative entre leurs proportions du début des années 2002 à la fin 2022 (Figure 4).

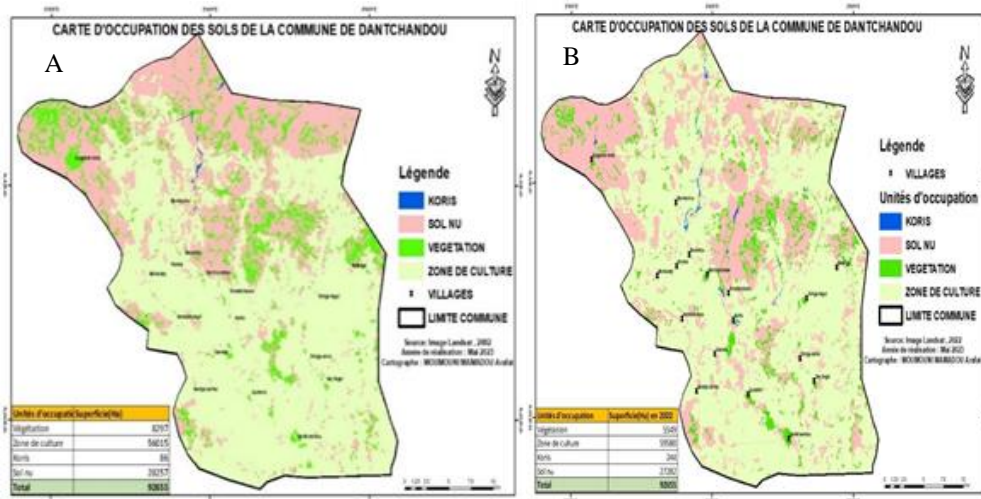


Figure 4. Carte d'occupation des sols de la commune de Dantchandou. A : 2002 et B: 2022

L'analyse des cartes d'occupation des sols a montré quatre unités d'occupation représentées par les zones de culture, les sols nus, les zones de végétation et les cours d'eau représentés par les Koris.

Il apparaît qu'entre 2002 et 2022, les superficies des zones de culture (terres agricoles) et celles des Koris ont augmenté. En effet, on a enregistré une augmentation de 6% (56015ha en 2002 contre 59580 ha en 2022) pour les zones de culture et 33% (84 ha en 2002 à 244ha en 2022) pour les cours d'eau notamment les Koris.

Par contre, celles des autres ressources ont diminué sur la même période (33,12% de diminution pour les zones de végétation et 4% pour les sols nus au niveau de la zone de Fakara. Les terres des cultures ont, donc, eu une extension sur les aires de pâturages et les zones de végétations. Les cours d'eau de surface sont dominés par les écoulements du dallol Bosso et quelques mares semi permanentes.

Gestion des ressources

La gestion des ressources répond aux besoins actuels, exprimé par les communautés qui en font l'usage. Plusieurs modes de gestion se dégagent en fonction des ressources.

Population

En tant que ressource la plus importante au niveau des exploitations, la population est gérée à travers son utilisation comme force de travail (100% des exploitations enquêtées). Elle participe, également, à la vie des exploitations à travers d'autres activités souvent extra agricoles comme le commerce, l'artisanat, la migration. Cette dernière est appliquée dans 98% des

exploitations. La problématique de la gestion de cette population se pose surtout en termes de rapport avec la ressource terre.

Tableau 2. Domaines d'utilisation des ressources humaines des exploitations enquêtées

Force de travail dans les E.A (salariés agricole compris)	100%
Élevage	38%
Migration	98%
Commerce	10%
Artisanat	2%

Terre

La gestion des terres répond au nouvel enjeu qu'elles représentent pour les populations dans cette zone. En effet, à la faveur de l'accroissement démographique et d'un phénomène de migration dont la zone a fait l'objet, l'usage de la terre a évolué. La première forme d'usage est l'agriculture. Elle constitue l'activité principale et les terres correspondantes sont en augmentation (5,6% des chefs d'exploitations ont augmenté de superficies de cultures à la campagne agricole 2021). Les cultures sont d'abord pluviales avec des espèces comme le mil, le sorgho, le niébé et l'arachide principalement. On assiste aussi de plus en plus aux cultures maraichères dans les vallées et aux abords des villages comme Banizoumbou, Wankama, Guilleni, Danchandou.

Les terres de pâturages sont constituées d'enclaves pastorales et des couloirs de passages. Ils servent à la production du pâturage pour le bétail. Ce pâturage est également exploité par les populations à des fins de commercialisation (18% des chefs d'exploitations) en direction des centres urbains.

Les terres habitants des forêts ou des zones boisées, les espèces ligneuses et herbacées sont exploitées par les populations et les animaux. L'exploitation par la population concerne le bois (96% des exploitations), des espèces ligneuses alimentaires (34% des exploitations) et des produits forestiers non ligneux (8% des exploitations).

Tableau 3. Proportion des exploitations en fonction des types de ressources utilisées

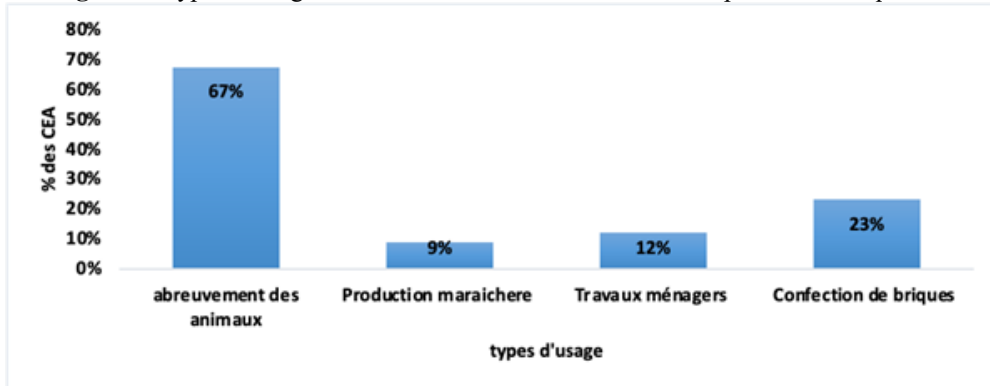
Exploitation du bois	96%
ligneux alimentaires	34%
Produits forestiers non ligneux	8%

Ressources en eau de surface

Les ressources en eau existent et sont constituées des écoulements du Dallol Bosso et la présence de quelques marres semi permanentes, dont la plus importante est celle du village de Boundou. Il existe aussi quelques marigots aux abords des villages. La gestion de ces cours d'eau se fait par les communautés à travers des formes d'usages comme l'abreuvement des

animaux (67% des exploitations), la production maraichère (9% des exploitations), la confection des briques d'argiles au fur et à mesure que les eaux baissent pour ce qui concerne les marres et les marigots.

Figure 5. Types d'usage des eaux de surfaces au niveau des exploitations enquêtées



Discussion

Cette étude, sur la dynamique des ressources dans la zone de Fakara, a fait ressortir l'existence d'une diversité de ressources naturelles, et animales ainsi qu'une population assez dynamique. À partir du premier recensement de la population intervenu en 1977, la population du Niger a connu une croissance considérable. La population du Niger a montré entre 1988 et 2001, un taux de croissance moyen de 3,1% (Dutordoir, 2006). Ce taux d'accroissement naturel a été de l'ordre de 3,6 % selon (RGPH, 2012).

À l'image de l'ensemble du pays, la population de la zone de Fakara a augmenté. Les résultats de l'évolution démographique du Fakara qui a présenté un doublement de la population entre 1988 à 2012, confirmant ceux de Idrissa (2012) qui révèlent que sur la base de l'actualisation de l'effectif du taux de 3,45 % (FAO, 1999), la population totale de Fakara est multipliée par 2 en 25 ans (1950-1975) et par 5 en 50 ans (1950-2000). Par contre, le rapport superficie par nombre d'habitant suit la tendance contraire. Cette augmentation de la population a eu pour conséquence la surexploitation des ressources naturelles, en particulier, le défrichement de l'espace. Ceci a favorisé les extensions des terres de culture, considérées comme une minimisation des risques climatiques pour garantir la sécurité alimentaire (Lawali *et al.*, 2018).

Selon Amoukou (2009) c'est par le défrichement, que la population a peu à peu mis en culture toutes les terres fertiles de la vallée du fleuve jusqu'au pied des sommets des plateaux, sur les sols inaptes aux cultures pluviales et longtemps laissés à la production fourragère.

Les ressources en terre connaissent plusieurs types d'usages avec une prédominance des terres affectées aux cultures qui connaissent une extension

sur les réserves boisées et les aires de pâturage. Au niveau de Fakara, la moyenne de superficie de culture dépasse 5 ha par chef d'exploitation. Ces résultats confirment ceux de Hiernaux et Ayantunde (2004) qui ont trouvé des superficies moyennes de terres possédées par une famille/ménage variant entre 5 à 13 ha dans la zone du Fakara.

Malgré l'extension des terres de cultures au détriment des aires de pâturage, les conditions de pratique de l'agriculture sont souvent difficiles du fait de l'insuffisance et de l'irrégularité des précipitations et, aussi, de la faible fertilité des sols (ESDRD, 2005). En effet, les systèmes de production et les ressources alimentaires se traduisent par une réduction des parcours, un déficit fourrager, une diminution des espèces les plus appréciées et une augmentation de la profondeur des puits et puisard Chaibou (2019). La diminution des ressources forestières est, également, en lien avec l'extension des superficies de cultures. Mais, au niveau de la zone, la présence des espèces ligneuses est encore marquée. Le recours à la pratique de gestion des ressources végétales se remarque dans les exploitations agricoles. Il s'agit d'un paramètre qui impacte sur la vie socio-économique des exploitations agricoles (Lawali *et al.*, 2018).

L'exploitation des produits forestiers non ligneux, surtout, par les femmes procure des revenus substantiels qui rentrent dans la gestion des ménages. Ce sont entre autres, les feuilles, les fruits, les graines des arbres, les champignons et quelques insectes comme *Locusta migratoria* (criquets), *Cirina butyrospermi* (chenilles) (Tapsoba *et al.*, 2014).

Les ressources en eau de surface proviennent essentiellement du dallol Bosso. Le dallol Bosso est une vallée fossile, avec des écoulements souterrains affleurant, qui prend son origine de la vallée de l'Azaouagh et conflue dans le fleuve Niger 350 km plus au sud (Hiernaux & Ayantunde, 2004).

La pratique de l'élevage a également évolué dans cette zone. On assiste à une dynamique intégrant l'élevage dans la vie des exploitations agricoles. Deux facteurs majeurs caractérisent cette dynamique, à savoir, le changement du statut des éleveurs et l'adaptation de la composition des troupeaux dominés par les petits ruminants. Cela confirme les résultats de Chaibou (2019). Selon cet auteur les stratégies adoptées sur les ressources animales oscillent entre le choix des espèces et les races résistantes ainsi que le maintien des géniteurs par rapport au nombre de femelles, la modification du rythme d'abreuvement et l'émondage des ligneux.

Conclusion

L'étude des ressources de la zone de Fakara a montré l'existence d'une population dont l'effectif a multiplié par deux en l'espace de vingt-cinq ans (1988-2012). Les ressources animales sont assez importantes aux vues de la disponibilité des terres de pâturage encore dans cette zone. Elles sont

dominées par les petits ruminants qui présentent une facilité de gestion, particulièrement ces dernières années caractérisées par des déficits hydriques et fourragers.

Les ressources naturelles du Fakara sont représentées par d'importantes ressources en terre qui sont affectées aux productions agricoles. Nos résultats ont révélé une extension des superficies cultivées (augmentation de 6%). Elle s'est opérée au détriment des terres affectées au pâturage et aux zones de végétation. Les ressources en eau de surface sont dominées par les marres semi permanentes et des zones d'affleurement de la nappe dans la vallée du dallol Bosso.

En fonction des ressources cette étude a révélé également différents modes de gestion. Il s'agit de l'utilisation comme force de travail dans les exploitations agricoles, la production agricole et le pâturage pour les ressources terres, et l'utilisation des produits et sous-produits dans la consommation et la production artisanale en ce qui concerne les produits forestiers.

Remerciements

Nous remercions la Direction Départementale de l'Elevage de Kollo et le conseil municipal de la commune rurale de Dantchandou pour les données fournies et l'appui qu'ils nous ont apporté au cours de la collecte des données.

Conflits d'intérêts : Les auteurs n'ont signalé aucun conflit d'intérêts.

Déclaration de financement : Les auteurs n'ont obtenus aucun financement pour cette recherche.

Institution à l'origine de l'étude : Cette étude est réalisée dans le cadre des travaux de thèse dont la thématique porte sur l'analyse de la dynamique des systèmes agraires soumis aux effets conjugués de changement climatique et de la pression anthropique : Cas de la zone du Fakara dans le Sud-Ouest du Niger. L'institution d'attache est la Faculté d'Agronomie de l'Université ABDOU Moumouni.

Etude humaine : Cette étude a reçu toutes les autorisations relatives aux enquêtes portant sur les sujets humains. Elle a reçu les approbations auprès du comité national d'éthique (consentement, anonymat, etc.) suivies.

References:

1. Amoukou, A. I. (2009). Un village Nigérien face au changement climatique, stratégies locales d'adaptation au changement climatique dans une zone rurale du bassin du Niger Niamey.

2. Chaibou, M. (2019). Climate change effects on bearding practices and adaptation analysis options: case of the Bouza-Niger zone. *Environmental and Water Sciences, public Health and Territorial Intelligence Journal*, 3(2), 131-140.
3. Dutordoir, C. D. (2006). Impact de pratiques de gestion de la fertilité sur les rendements en mil dans le Fakara (Niger). Travail de fin d'études présenté en vue de l'obtention du grade de bio-ingénieur. Retrouvé le, 18(11), 2016.
4. Etude sur l'approfondissement du diagnostic et l'analyse des systèmes de production agro sylvo-pastoraux dans le cadre de la mise en œuvre de la Stratégie de Développement Rural, Rapport Définitif, Décembre 2005 (p.13-27).
5. FAO (1991). Projet de promotion de la petite irrigation privée. Mission de préparation Centre d'investissement/Banque mondiale, programme de coopération rapport N° 42/91 CP-NER 23 (p.18).
6. Gado, I. (2012). Perceptions et stratégies d'adaptation des populations aux changements climatiques dans le Fakara et au niveau du cordon dunaire de Namaro, mémoire de Master (p.19-56).
7. Hiernaux, P. & Ayantunde, A. A. (2004). The Fakara: a semi-arid agro-ecosystem under stress Institut National de la Statistique, 4 eme Recensement Général de la Population et de l'Habitat (RGP/H), 2012.
8. Lawali, S., Diouf, A., Morou, B., Kona, K. A., Saidou, L., Guero, C., & Mahamane, A. (2018). Régénération Naturelle Assistée (RNA): outil d'adaptation et résilience des ménages ruraux d'Aguié au Niger. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 12(1), 75-89.
9. Profil de Pays-Niger, FAO, Version 2015.
10. Rapport Final et Résultat de l'Enquête sur les Productions Horticoles 2017/2018.
11. Réseau des Chambres d'Agriculture du Niger, Note d'information/Agriculture-Les chiffres N°1,
12. Tapsoba, A., Konaté, S., Yelkouni, M., & Sawadogo, L. (2014). Valorisation Économique des Produits Forestiers non Ligneux au Burkina-Faso: Cas de Parkia Biglobosa (Néré) *Université De Ouagadougou: Ouagadougou, Burkina Faso*.
13. Yamba, B. (2004). Les mutations des systèmes agraires et des modes d'usage des ressources naturelles dans la zone centrale du Niger/Changes in agrarian systems and types of natural resource use in the central area of Niger. *Revue de géographie alpine*, 92(1), 97-110.

Contribution à l'étude taxonomique et à la connaissance des Bolets de l'Ouest du Burkina Faso (Afrique de l'Ouest)

Bakiono Benovana

Sanon Elise

Equipe de Phytopathologie et Mycologie Tropicale, Laboratoire Biosciences, Département de Biologie et Physiologie végétales, Unité de Formation et de Recherches en Sciences de la Vie et de la Terre (UFR/SVT), Université Joseph KI-ZERBO, Ouagadougou, Burkina Faso

Dabiré Kounbo

Centre Universitaire de Tenkodogo,

Université Thomas SANKARA, Ouagadougou, Burkina Faso

Nana R. Sylvie

Kusiele Somda Andiéryir

Equipe de Phytopathologie et Mycologie Tropicale, Laboratoire Biosciences, Département de Biologie et Physiologie végétales, Unité de Formation et de Recherches en Sciences de la Vie et de la Terre (UFR/SVT), Université Joseph KI-ZERBO, Ouagadougou, Burkina Faso

Nankoné Samson

Guissou K. Marie Laure

Université Norbert ZONGO,

Laboratoire de Sciences de la Vie et de la Terre, Koudougou, Burkina Faso

[Doi:10.19044/esj.2024.v20n21p119](https://doi.org/10.19044/esj.2024.v20n21p119)

Submitted: 28 June 2024

Accepted: 28 July 2024

Published: 31 July 2024

Copyright 2024 Author(s)

Under Creative Commons CC-BY 4.0

OPEN ACCESS

Cite As:

Benovana, B., Sanon, E., Kounbo, D., Sylvie, N. R., Andiéryir, K. S., Samson, N., & Marie Laure, G. K. (2024). *Contribution à l'étude taxonomique et à la connaissance des Bolets de l'Ouest du Burkina Faso (Afrique de l'Ouest)*. European Scientific Journal, ESJ, 20 (21), 119. <https://doi.org/10.19044/esj.2024.v20n21p119>

Résumé

La recherche de connaissance sur la diversité de la flore mycologique du Burkina Faso est l'un des objectifs que s'est fixée l'équipe des Mycologues de la communauté scientifique universitaire burkinabè à l'orée 2050. Pour atteindre cet objectif des sorties de terrain ont été organisées entre 2017 et 2019 pour collecter des champignons macroscopiques dans les différentes

formations végétales du pays. C'est ainsi que de façon exhaustive, tous les Boletaceae des galeries forestières de Dan et de Toussianbandougou à l'Ouest du Burkina Faso ont été collectés. Pour ce faire, tous les carpophores des bolets rencontrés, ont été photographiés, et les caractères fugaces, les plantes-hôtes et les coordonnées géographiques notés. Puis les macromycètes sont soigneusement collectés, décrits macroscopiquement, puis séchés et décrits microscopiquement et identifiés. Ainsi, au total, soixante-neuf (69) carpophores ont été collectés et répartis dans neuf (9) genres et trente-six (36) espèces de bolets. La galerie forestière de Toussianbandougou s'est montrée la plus riche et la plus diversifiée en bolets avec 46 carpophores renfermant spécifiquement les genres *Tylopilus* avec huit (8) espèces, *Afroboletus* qui totalise deux (2) espèces et *Hourangia* qui compte une (1) espèce. Le genre *Boletus* est commun dans les deux (2) sites prospectés mais il s'est montré plus abondant dans la galerie forestière de Toussianbandougou. Cependant, il est à noter que bon nombre de formations végétales subissent une forte pression anthropique cumulée à l'insécurité d'où l'urgence de multiplier les fouilles mycologiques dans les formations végétales du pays encore accessibles.

Mots-clés: Boletaceae, champignons ectomycorhiziens, plantes-hôtes, forêts galeries, Orodara, Burkina Faso

Contribution to the Taxonomic Study and Knowledge of Boletes in Western Burkina Faso (West Africa)

Bakiono Benovana

Sanon Elise

Equipe de Phytopathologie et Mycologie Tropicale, Laboratoire Biosciences,
Département de Biologie et Physiologie végétales, Unité de Formation et de
Recherches en Sciences de la Vie et de la Terre (UFR/SVT),
Université Joseph KI-ZERBO, Ouagadougou, Burkina Faso

Dabiré Kounbo

Centre Universitaire de Tenkodogo,
Université Thomas SANKARA, Ouagadougou, Burkina Faso

Nana R. Sylvie

Kusiele Somda Andiéèrèyir

Equipe de Phytopathologie et Mycologie Tropicale, Laboratoire Biosciences,
Département de Biologie et Physiologie végétales, Unité de Formation et de
Recherches en Sciences de la Vie et de la Terre (UFR/SVT),
Université Joseph KI-ZERBO, Ouagadougou, Burkina Faso

Nankoné Samson

Guissou K. Marie Laure

Université Norbert ZONGO,
Laboratoire de Sciences de la Vie et de la Terre, Koudougou, Burkina Faso

Abstract

Knowledge of the diversity of the mycological flora of Burkina Faso is one of the objectives set by the Mycology team of Burkina Faso's university scientific community for the year 2050. To achieve this objective, field trips have been organized since 2012 to collect macroscopic fungi from the country's various plant formations. In this way, all the Boletaceae in the Dan and Toussianbandougou gallery forests in western Burkina Faso have been collected in a more or less exhaustive manner. Every boletus carpophore encountered was photographed, and the fleeting characteristics, host plants, and geographical coordinates were noted. The macromycetes were then carefully collected, dried, described, and identified. Sixty-nine (69) carpophores were collected, divided into nine (9) genera and thirty-six (36) species. The Toussianbandougou gallery forest proved to be the richest and most diverse in boletus, with 46 carpophores specifically containing the genera *Tylophilus*, *Hourangia*, and *Afroboletus*. The genus *Boletus* was found in both sites surveyed but was more abundant in the Toussianbandougou forest. However, it should be noted that a good number of plant formations are

subject to strong anthropic pressure combined with insecurity, hence the urgent need to increase mycological excavations in the country's plant formations that are still accessible.

Keywords: Boletaceae, ectomycorrhizal fungi, host plants, gallery forests, Orodara, Burkina Faso

Introduction

La position géographique du Burkina Faso fait de lui un pays sahélien, au point où, on est loin d'imaginer, qu'une partie de son paysage regorgerait une richesse insoupçonnée en biodiversité fongique de la famille des Boletaceae communément appelé « bolet » depuis l'antiquité. Les bolets au sens large appartiennent à plusieurs genres et sous familles selon Lebel *et al.* (2012). Ce sont des champignons à chair tendre et putrescible, bleuissant parfois au contact de l'air. Les espèces poussent généralement à terre, à proximité des arbres au contact desquels ils développent des mycorhizes. L'ordre de Boletales comprend non seulement des espèces à tubes, mais aussi celles à lames dont l'hyménium est facilement séparable. Il est subdivisé en familles dont la plus importante est celle des Boletaceae qui renferme une trentaine de genres (Orihara *et al.*, 2012). Le genre *Boletus* est le plus abondant dans les forêts tropicales riches en essences ligneuses ectomycorhiziennes de la famille des Dipterocarpaceae, Euphorbiaceae, Cesalpiniaceae, Myrtaceae et Fagaceae (Ba *et al.*, 2013). Malheureusement ces forêts tropicales en général et les forêts galeries en particulier qui constituent les biotopes privilégiés de ces espèces, sont sujettes à de forte pression anthropique.

Ainsi, le constat est qu'au Burkina Faso les formations naturelles font de nos jours l'objet de coupe du bois pour l'agriculture extensive, l'expansion anarchique de l'orpillage et l'urbanisation galopante. Alors les forêts tropicales ont disparu au profit de forêts galeries qui sont des formations fermées qui longent les cours d'eau dans les régions de formations ouvertes et de savanes (FAO, 2009). Les espèces constitutives sont des ripicoles typiques qui tranchent nettement avec la végétation adjacente (Sambaré *et al.*, 2020). C'est dans ces formations végétales que se développent les bolets qui sont des espèces de champignons ectomycorhiziennes des essences végétales des familles botaniques des Euphorbiaceae et Cesalpiniaceae, donc des alliés incontournables pour ces derniers (Ba *et al.*, 2013). Ils forment un groupe vaste et diversifié, estimé à environ 3,5 à 5 millions d'espèces fongiques, mais seulement 5 à 7% d'entre elles ont été découvertes et décrites (Muller *et al.*, 2007, Riviere *et al.*, 2007). Cependant, au Burkina Faso, les recherches sur les bolets sont encore au stade embryonnaire (Sanon *et al.*, 2014 ; Guissou *et al.*, 2005). Avec le changement climatique couplé à l'insécurité grandissante dans les réserves forestières du Burkina Faso, il y a lieu de se demander est-ce que

la diversité des Boletaceae des forêts galeries du pays sera-t-elle connue de façon exhaustive ? La présente étude qui se une approche taxonomique afin de contribuer à la connaissance des bolets au Burkina Faso.

Matériel et Méthodes

Sites de l'étude

La présente étude a été conduite dans les galeries forestières de Toussianbandougou (FGT) et Dan (FGD), situées dans la province du Kéné Dougou chef-lieu de Orodara. La région du Kéné Dougou (Figure 1) se situe dans la zone Sud soudanienne avec une pluviométrie comprise entre 900-1200 mm par an (DREP, 1995). Les galeries forestières de Toussianbandougou et Dan (figure 1) se trouvent respectivement à environ 10 et à 15 Km de la ville d'Orodara, sur l'axe routier Orodara-Béré gadoougou entre la latitude 10°52'28" Nord et la longitude 04°50'10" Est. Ces forêts semblent n'avoir encore fait l'objet d'étude botanique approfondie car ne disposent apparemment pas encore de données scientifiques les concernant (Sanon, 2015). Leur végétation est principalement composée d'espèces forestières ectomycorhiziennes, à savoir *Berlinia grandiflora* Hutch. And Dalz., *Uapaca* spp., *Azelia africana* Pers., et *Malacantha alnifolia* (Bak.) Pierre.

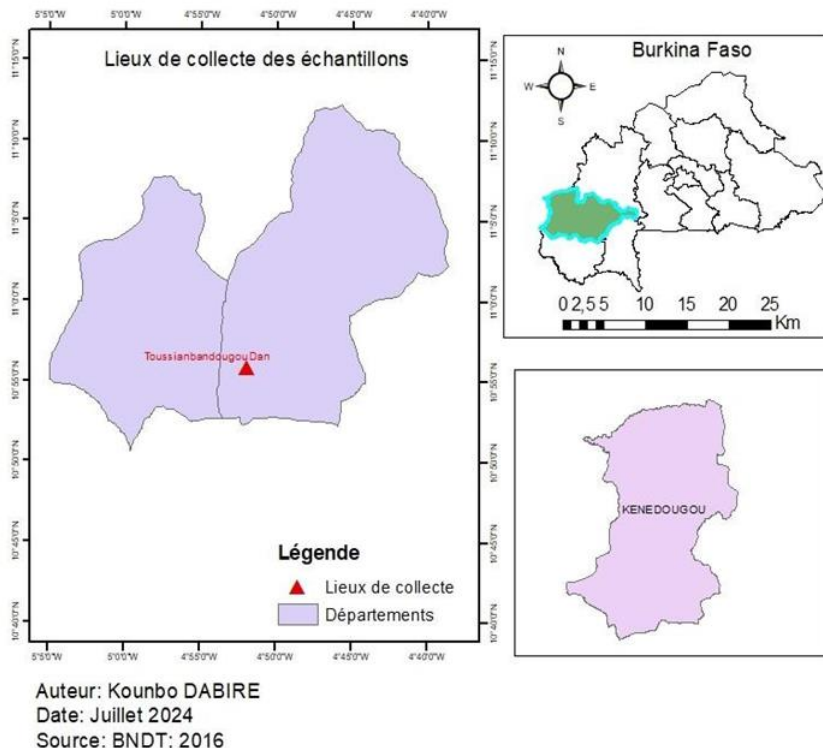


Figure 1. Localisation des sites d'étude sur la carte provinciale du Kéné Dougou

Collecte et description macroscopique des échantillons

L'étude a concerné les galeries forestières de Toussianbandougou et Dan situées dans la province du Kéné Dougou à l'Ouest du Burkina Faso. Elle a été conduite durant les saisons pluvieuses de juillet à août, période de prédilection de fructification des champignons, au cours de la période de 2017 à 2019. La collecte a été faite de façon aléatoire sur les deux berges de chacune des forêts sur une superficie de 3 Km de long sur 20 mètres de large. Elle a concerné essentiellement les macromycètes de la famille des Boletaceae. L'échantillonnage a été fait selon la méthode de Ba *et al.* (2011). Ainsi, les caractères fugaces de chaque carpophore sont notés ainsi que ses coordonnées géographiques à l'aide d'un GPS garmin 60CS, les plantes hôtes ectomycorhiziennes sont identifiées. De même, une photographie du carpophore muni de son numéro de collection a été faite à l'aide d'une caméra digitale de marque Olympus 24x. Ensuite, à l'aide d'un couteau, le carpophore est détaché, puis soigneusement emballés dans du papier aluminium pour éviter les contaminations et posé dans un panier de collecte approprié. Après le terrain, chaque carpophore est minutieusement décrit en suivant la fiche de description proposée par De Kesel *et al.* (2002). Au laboratoire, ce fut en fin une dernière séance de photographie technique de chacun des carpophores avec son étiquette avant d'être mis à sécher dans un dessiccateur électrique de marque Dorrex pendant 12 à 24 heures à une température de 70° C. Les exsiccata étiquetés sont emballés dans un papier aluminium et conservés dans des sachets plastiques de type mini-grip hermétiquement puis stockés dans l'herbier du laboratoire de Phytopathologie et Mycologie Tropicale de l'Université Joseph KI-ZERBO pour les analyses microscopiques futures.

Description microscopique des carpophores

La description microscopique a été réalisée sur les exsiccata. À cet effet, un microscope optique muni d'un tube à dessin de marque NIKON H 550 S a été utilisé. Ainsi, des fines coupes ont été faites au niveau du revêtement du chapeau et du stipe, puis au niveau de l'hyménium afin d'observer les dermatocystides ou caulocystides, les cellules terminales des hyphes, les basides, les basidioles, les pleurocystides, les chélocystides, les basidiospores et les cellules marginales. Pour ce faire, les coupes obtenues ont été déposées dans une goutte de KOH à 5% afin de regonfler les différents éléments, puis le rouge Congo ammoniacal (1 %) a été utilisé pour mettre en évidence les basidiospores et colorer leurs parois. Quelques gouttes du réactif de Melzer ont servi à vérifier l'amyloïdie des basidiospores. Tous les éléments observés ont été dessinés au plus fort grossissement ($G=1000\times$) puis mesurés (longueur et largeur) à l'aide d'un micromètre (μm) incorporé dans un des oculaires. Les différentes mensurations des basidiospores ont permis de calculer le ratio (Q) à l'aide du tableur Excel. L'analyse des dimensions sporales principalement

la valeur du ratio Q a permis de déterminer la forme des spores en se servant de l'échelle de Buyck (1994). De même, la terminologie utilisée pour la description des éléments hyméniaux (basides, spores, cystides) suit celle de Jossierand (1983).

Identification des carpophores récoltés

A la fin des travaux de descriptions macro et microscopiques, une série d'ouvrages a été consultée pour l'identification des différents taxa. On peut citer : Notes on bolete taxonomy Persoonia (Singer, 1981), Les Bolets (Gilbert, 1931), Guide des champignons comestibles du Benin (De Kesel *et al.*, 2002), Les champignons comestibles de l'ouest du Burundi (Buyck, 1994) et Champignons des forêts denses d'Afrique Centrale (Eyi *et al.*, 2011).

Résultats

Diversité des bolets en fonction des sites de collecte

Au total, soixante-neuf (69) carpophores de bolets ont été récoltés et décrits. Les différentes descriptions et les clés d'identification ont permis de les répartir dans neuf (9) genres à savoir *Afroboletus* qui compte deux (2) espèces ; le genre *Boletus* qui totalise seize (16) espèces ; les genres *Botelellus* et *Pulveroboletus* qui présente chacun sept (7) espèces ; le genre *Crocinoletus* avec quatre (4) espèces, le genre *Rubinoletus* qui totalise dix-neuf (19) espèces ; avec le genre *Tylopilus* qui totalise huit (8) espèces ; le genre *Xerocomus* qui présente cinq (5) espèces et le genre *Hourangia* qui totalise seulement une (1) espèce (tableau I). En somme, on retient que ces neuf (9) genres de bolets comptabilisent au total trente-six (36) espèces inventoriées dans les galeries forestières de Toussianbandougou et Dan du Burkina Faso.

En fonction des sites de collectes, les galeries forestières de Toussianbandougou renferment la plus grande diversité en bolets (46 carpophores) comparativement à celle de Dan qui ne compte que onze (11) carpophores. Par compte, on dénombre douze (12) carpophores qui sont communs aux deux sites (figure 2).

Tableau I. Récapitulatif de bolets en fonction des genres

Genres	Espèces	Site de collecte	N° de collection
Afroboletus	<i>Afroboletus</i> sp.1	FGT	Bb 132 ; 121
Boletus	<i>Boletus</i> sp. 1	FGD	Bb 13
	<i>Boletus</i> sp. 2	FGD	Bb 29
	<i>Boletus</i> sp. 3		Bb 32
	<i>Boletus</i> sp. 4		Bb 44 ; 48
	<i>Boletus</i> sp. 5		Bb 49
	<i>Boletus</i> sp. 6		Bb 136
	<i>Boletus</i> sp. 7		FGT
	<i>Boletus</i> sp. 8	Bb 90 ; 122 ; 133	
	<i>Boletus</i> sp. 9	Bb 58, 41	
	<i>Boletus</i> sp. 10	Bb 45 ; 99	
	<i>Boletus</i> sp. 11	Bb 50	
Boletellus	<i>Boletellus</i> cf. <i>ananiceps</i>	FGT	Bb 40,
	<i>Boletellus</i> cf. <i>dissiliens</i> .		Bb 11 ; 51
	<i>Boletellus</i> cf. <i>lindeii</i>		Bb 39, 89, 120
	<i>Boletellus</i> sp.		Bb 25
Crocinoboletus	<i>Crocinoboletus</i> sp.1	FGT, FGD	Bb 27, 124
	<i>Crocinoboletus</i> sp. 2	FGD	Bb 75, 138
Hourangia	<i>Hourangia</i> cf. <i>cheoi</i>	FGT	Bb 024
Rubinoboletus	<i>Rubinoboletus</i> cf. <i>griseus</i>	FGT, FGD	Bb 19 ; 26 ; 86 ; 139 ; 80 ; 81 ; 84 ; 97
	<i>Rubinoboletus</i> cf. <i>luteopurpureus</i>		Bb 003 ; 12 ; 35 ; 45 ; 54 ; 70 ; 116
	<i>Rubinoboletus</i> sp.1		Bb 87
	<i>Rubinoboletus</i> sp. 2		Bb 65 ; 61
Pulveroboletus	<i>Rubinoboletus</i> sp. 3	FGT	Bb 112
	<i>Pulveroboletus</i> cf. <i>lignicola</i>		Bb 31 ; 102
	<i>Pulveroboletus</i> cf. <i>africanus</i>		Bb 30
	<i>Pulveroboletus</i> cf. <i>ravenelii</i>	Bb 47	
	<i>Pulveroboletus</i> cf. <i>sokponianus</i>	Bb 73	
	<i>Pulveroboletus</i> sp.1	FGD	Bb 007
	<i>Pulveroboletus</i> sp. 2		Bb 118
Tylopilus	<i>Tylopilus</i> cf. <i>alboata</i>	FGT	Bb 23 ; 43 ; 71 ; 95 ; 131
	<i>Tylopilus</i> sp.1		Bb 72
	<i>Tylopilus</i> sp. 2		Bb 74
	<i>Tylopilus</i> sp. 3		Bb 137
Xerocomus	<i>Xerocomus</i> cf. <i>subspinulosus</i>	FGT, FGD	Bb 67 ; 108
	<i>Xerocomus</i> sp. 1	FGT	Bb 16 ; 20
	<i>Xerocomus</i> sp. 2	FGT, FGD	Bb 34

Légende. FGT et FGD : Galeries forestières de Toussianbandougou et de Dan

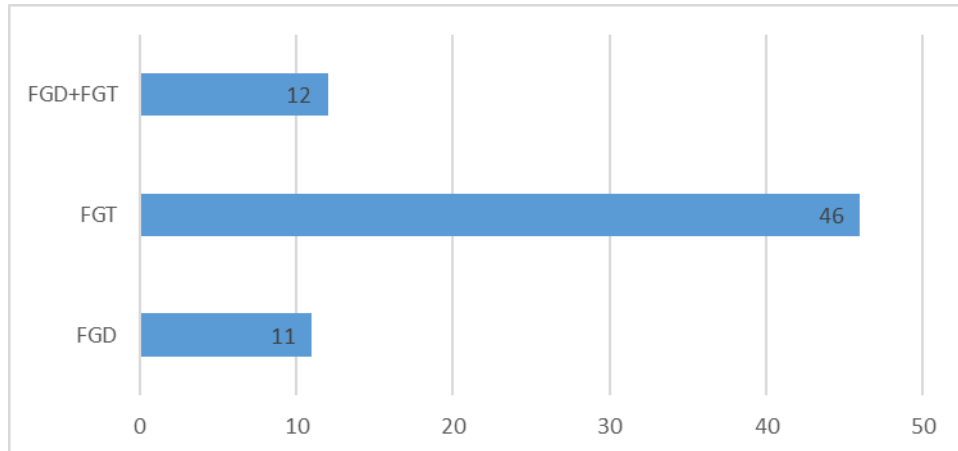


Figure 2. Répartition des carpophores en fonction des sites de collecte

Description détaillée de quelques espèces de Boletaceae

- *Boletus cf. fraternus* Peck, Bull. Torrey Club 24: 145. 1897, photo 1 et figure 3

Carpophores généralement grégaires, poussant à proximité de *Berlinia grandifolia* à Dan. Chapeau 25-95 mm de diamètre ; (N = 8), plano-convexe. Revêtement uniforme, marge uniforme à ondulée, rouge pourpre. Chair 3 – 15 mm, jaunâtre variant au vert après coupe. Hyménophore jaunâtre, tube 2-6 mm, pores ronds. Stipe 40 – 70 mm de longueur, cylindrique, 10 – 20 mm d'épaisseur, revêtement fibrilleux à rayeux, structure interne pleine.

Spores sub-fusiformes allongées et lisses, souvent ponctuées à apicule mince mesurant $8 - 10 - 12 \times (4) 5 - 4,52 - 6 \mu\text{m}$ avec un ratio (Q = (1,6) 1,8 – 2,25 – 3 ; n = 90). Basides claviformes hyaline au KOH mesurant $23 - 48 \times 10 - 13 \mu\text{m}$ avec n = 30, gouttelées, souvent ventruées et ponctuées, tétrasporiques, stérigmates moyens le plus souvent se présentant au nombre de quatre. Pleurocystides cylindriques, lanceolés, formes variables mesurant $(36 - 98 \times 6 - 14 \mu\text{m}$; n = 30) contenus variés, souvent même vides. Les cellules de pleurocystidium septées, les cellules piléiques cylindriques.

Habitat-écologie : carpophores généralement grégaires, toujours près des pieds de *Berlinia grandifolia* dans les zones non ou peu perturbées, sur les sols sableux à sablo-argileux.

Matériel étudié : Bb 016 ; Bb 020, collecté le 05 août 2017 dans la galerie forestière de Dan à côté des berges. Coordonnées : $10^{\circ} 55. 840'N 004^{\circ} 51.855 W$ alt. 487 m.



Photo 1. Carpophores de *Boletus cf. fraternus* revêtement du chapeau (gauche) et la chair (droite)

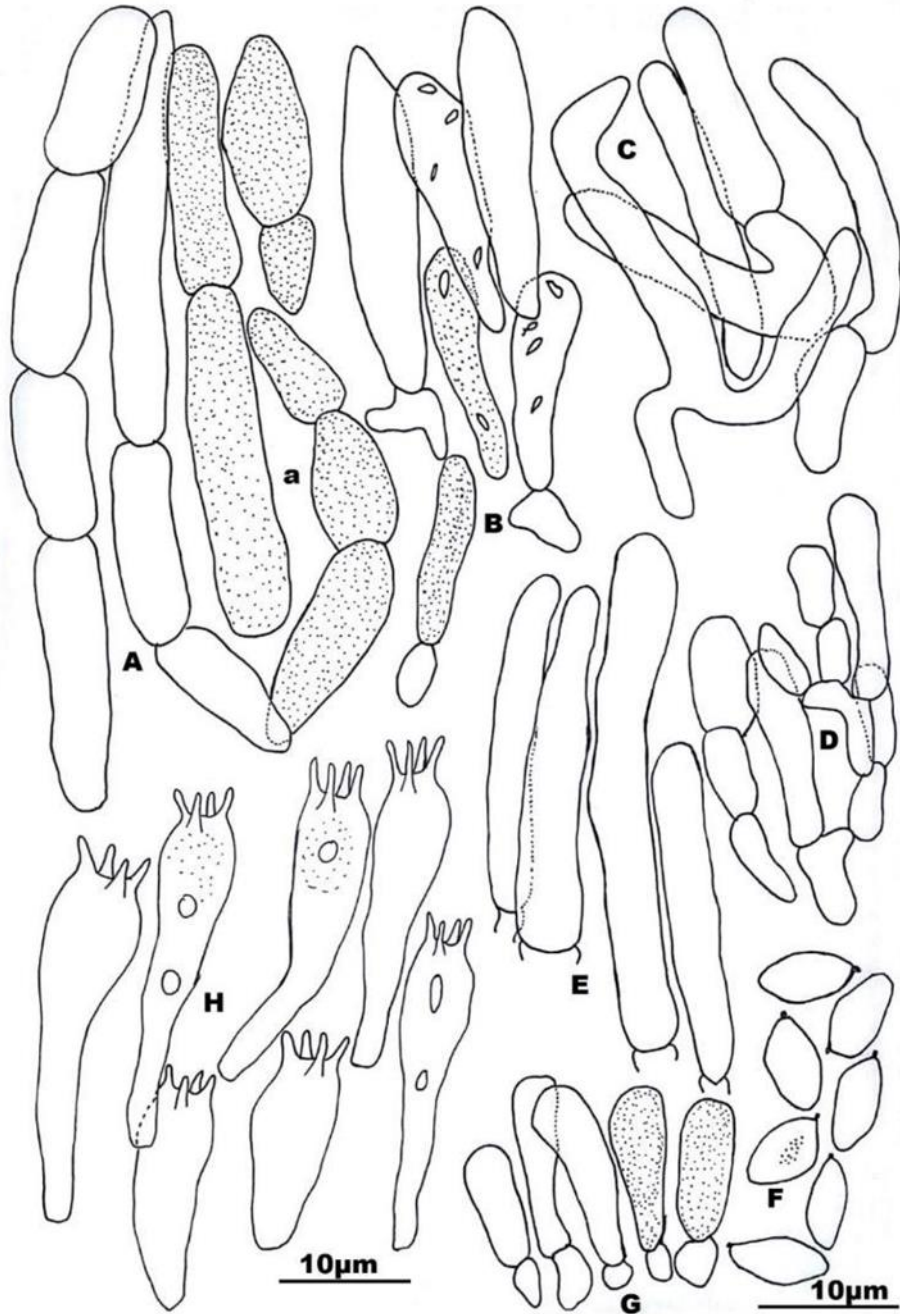


Figure 3. A- H : *Boletus cf. fraternus*

A : Cellules du revêtement du chapeau a contenu vide, **a :** avec contenu granulé, **B :** Pleurocystides, **C :** Cellules du revêtement du stipe, **D :** Cheilocystides, **E :** Pleurocystides du suprapellis, **F :** Spores, **G :** Basidioles, **H :** Basides.

Echelle =10 µm.

➤ ***Boletellus cf. dissiliens*** (Corner) Pegler & T.W.K. Young, photo 2 et figure 4

Carpophores généralement grégaires ou isolés. Chapeau grand, 65 – 105 mm (N=2), de couleur blanchâtre, plan-convexe, non séparable du stipe, entièrement recouvert de flocons même au stade adulte du carpophore, revêtement détachable jusqu'au centre du chapeau. Chair 4 -10 mm, blanchâtre variant au bleu sale après cassure. Stipe long, 125 – 170 mm de longueur, sur 10 – 16 mm d'épaisseur, concolore au chapeau, revêtement fibrilleux et structure interne plein, insertion collariée. Hyménophore légèrement subventru, jaunâtre. Tubes 6 - 30 mm, angulaire, fins (5 – 8 T/cm).

Spores fusiformes, mesurent 8 – 9,86 – 12 × 4 – 4,5 – 6 µm avec un ratio (Q = 1,8 – 2,21 – 2,5 n = 90) bolétoïde, jaunâtre au melzer parois lisses de fois gouttelées. **Basides** largement clavés, claviformes mesurant 32 – 45 × 8 – 12 µm (n= 40), élancées souvent effilées à la base stérigmates moyens, tétrasporiques à stérigmates prononcés. Cheilocystides formes variables souvent septées 25 – 42 × 8 – 12 µm. Pleurocystides cylindriques à fusiformes mesurant 45 – 95 × 8 – 13 µm ; (n= 30) souvent septées à la base a contenu rayé. Cellules piléiques semblables aux caulocystides, cylindriques, subcylindriques.

Habitat-écologie : carpophores grégaires ou isolés, près des pieds de *Azelia africana* et *Berlinia grandifolia* dans les zones peu perturbées, sur les sols sableux à sablo-argileux.

Matériel étudié : Burkina Faso/KénéDougou/Orodara /Toussianbandougou. Paratype Bb 51. Collecté le 04 août 2017. Coordonnées : 10°55.830'N ; 004°51.924'W alt. 490 m.



Photo 2. Carpophores de *Boletellus cf. dissiliens*. (à gauche revêtement du chapeau et à droite couleur de l'hyménium)

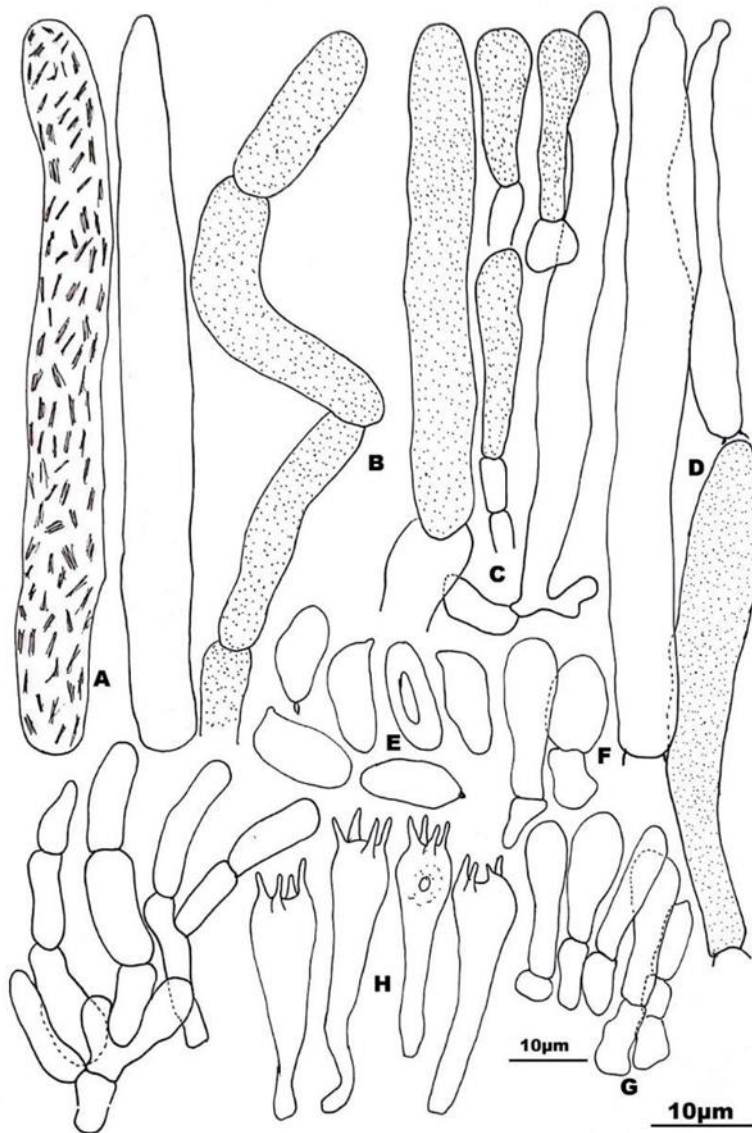


Figure 4. A-I : *Boletellus cf. dissiliens*.

A et B: Cellules du revêtement piléique, **C:** Caulocystides **D:** Pleurocystides, **E:** Spores, **F:** Basidioles, **G:** Cheilocystides, **H :** Basides, **I:** Pleurocystidium.
Echelle = 10 µm.

- ***Hourangia cf. cheoi*** (W.F. Chiu) Xue T. Zhu & Zhu L. Yang, comb. nov., photo 3 et figure 5

Carpophore généralement solitaire, souvent grégaire, poussant à proximité de *Azelia africana*. Chapeau mesurant 45 – 75 mm de longueur, de forme plano – convexe (N= 1). Revêtement hérissé, jaunâtre, marge ondulée. Carpophore charnu, jaunâtre variant au bleu après coupe. Chair 4 – 16 mm

d'épaisseur. Hyménophore jaunâtre, tube 3 – 15 mm, pores angulaires, épais (6T/ cm). Stipe long, 90 mm, revêtement fibrilleux, cylindrique et ventru à la base, insertion collariée, concolore au chapeau, subclavé, structure interne pleine à farci.

Spores ellipsoïdes, subfusiformes, rarement claviformes, mesurent : 9 – 10 – 15 × 3 – 4,56 – 6 µm avec un ratio (Q = 1,5 – 2,23 – 3 ; n= 90) lisses, souvent gouttelées vers le centre. Basides claviforme, cylindriques mesurant 28 – 43 × 7 – 12 µm, tachetées, certaines à contenus lisses, tétrasporiques, stérigmates moyens. Cheilocystides subfusiformes mesurent 33 – 55 × 8 – 11, µm ? (Q = ? n= ?). ; Pleurocystides, cylindriques, fusiformes mesurent 35 – 95 × 8 – 13 µm (Q = ? n= ?)., contenu lisse. Les cellules piléiques cylindriques les cellules terminales 20 – 45 × 10 – 12 µm.

Habitat-écologie : carpophores généralement solitaires, rarement grégaires, près des pieds de *Afzelia africana* et *Berlinia grandifolia* dans les zones non perturbées, sur les sols de couleur noirâtre, sablo-argileux riches en matière organique et litière en décomposition.

Matériel étudié : Burkina Faso/KénéDougou/Orodara /Toussianbandougou. Holotype : Bb 024. Coordonnées : 10° 55. 845'N 004' 51.885 W, alt. 895 m.



Photo 3. Carpophore de *Hourangia* cf. *cheoi* (à gauche une vue de l'hyménium et du stipe ; à droite une vue du revêtement du chapeau)

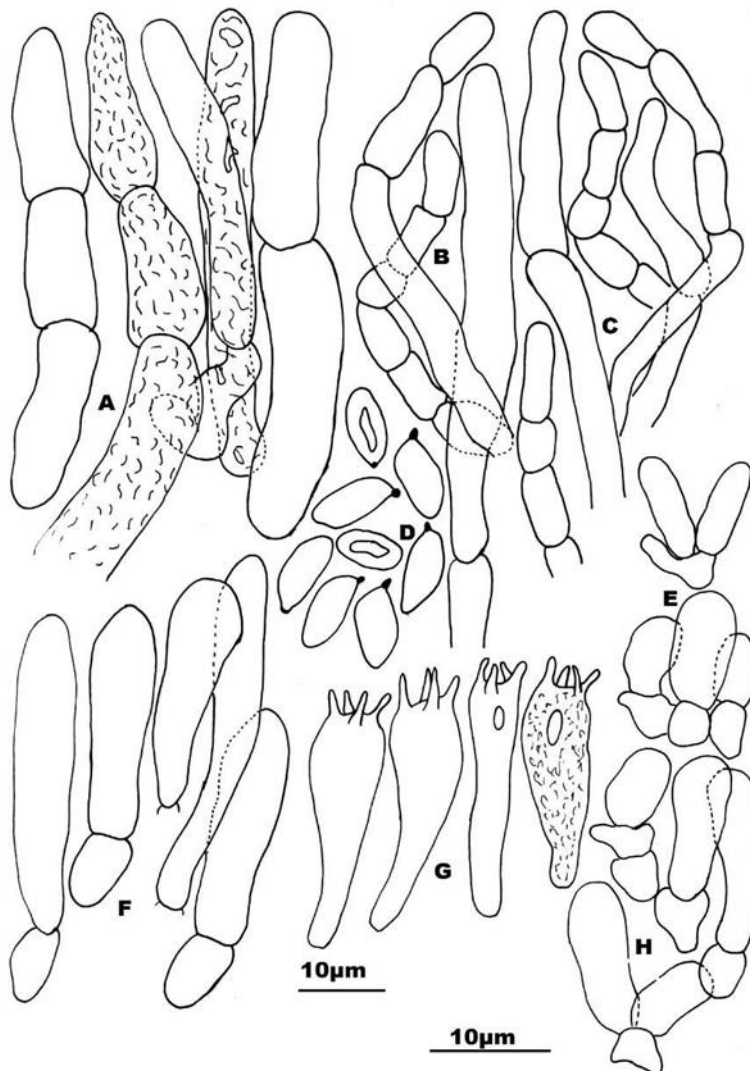


Figure 5. A- H: *Hourangia* cf. *cheoi*

A : Cellules piléiques, B, C : Cellules du pleurocystidium, D : Spores, E : Basidioles, F : Pleurocystides, G : Basides, H : Chéilocystides.
Echelle =10 µm.

➤ ***Rubinoboletus* cf. *luteopupureus*** Pilát & Dermek, *Ceská Mykol.* 23: 81, photo 4 et figure 6

Carpophores généralement cespiteux et grégaires, rarement isolés à proximité des pieds de *Isobberlinia doka* et *Afzelia africana*. Chapeau 35 – 46 mm de diamètre, plano-convexe, revêtement uniforme détachable de la chair, rouge, marge ondulée au stade adulte du carpophore. Chair 2- 4 mm, charnue, jaunâtre variable au vert après coupe (N= 2). Hyménophore jaunâtre, tubes 2

– 8 mm, pores angulaires, épais (8T/cm). Stipe, charnu, long, tordu, 25- 40 mm, revêtement réticulé, cylindrique, courbé à la base, structure interne farcie.

Spores longuement ellipsoïdes, rarement fusiformes, mesurant $8 - 9,32 - 12 \times (3) 4 - 4,6 - 5 \mu\text{m}$ ($Q = (1,6) 1,8 - 2,29 - 3,33$; $n = 90$), ornementation lisse, gouttelée au centre avec des inclusions à tendance vacuolaires. Basides lancéolées, souvent ventrues, mesurant $(22 - 31 \times 8 - 10 \mu\text{m}$; $n = 30$), contenu clair souvent ponctué, certaines avec une base légèrement courbée, tétrasporiques bien marquées. Cheilocystides peu développées, semblables aux basidioles, subfusiformes $35 - 60 \times 7 - 12 \mu\text{m}$ ($Q = ? n = ?$). Pleurocystides, de grande taille, cylindrique, mesurant $(35 - 95 \times 7 - 12 \mu\text{m}$, $n = 30$), μm paroi plus ou moins épaisse, contenu ponctué, sommet arrondi souvent à pointu. Sétules cylindriques, contenu granulé, vide.

Habitat-écologie : carpophores cespiteux et grégaires, rarement isolés, près des pieds de *Isobertia doka* et *Afzelia africana* dans les zones non perturbées, sur les sols sablo-argileux riches en matière organique.

Matériels étudiés : Burkina Faso/KénéDougou/Orodara /Toussianbandougou. Paratypes : Bb 12 ; Bb 35 ; Bb 45 ; Bb 54 ; BB 70 ; Bb 116. Holotype Bb 003. Collecté le 03 août 2017. Coordonnées : $10^{\circ} 55. 845'N$ $004' 51.885 W$, alt. 895 m.



Photo 4. Carpophore de *Rubinoboletus cf. luteopurpureus* Stipe (gauche) et couleur du chapeau (droite).

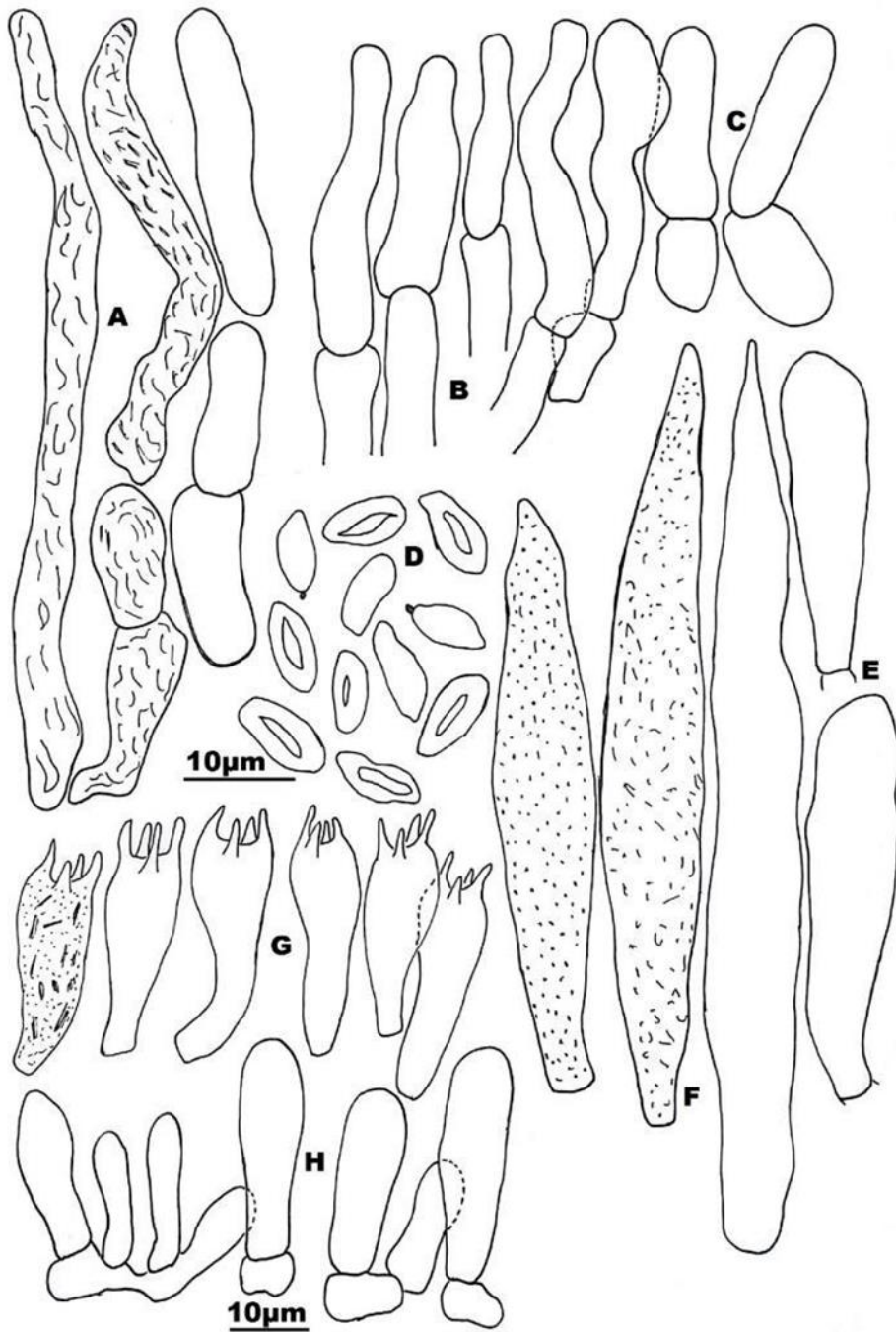


Figure 6. A-H : *Rubinoboletus cf. luteopupureus*
A : Caulocystides, B : Cellules du revêtement pléique, C : Cheilocystides D : spores, E :
Pleurocystides, F : sétules, G : Basides, H : Basidioles.
Echelle = 10µm.

Discussion

Les champignons à l'instar des autres espèces sont moins connus en Afrique, surtout en Afrique de l'Ouest (Buyck, 1994). Les Boletaceae renferment des espèces ectomycorhyziennes qui sont relativement mieux connus dans les forêts tempérées et boréales (Smith et Read, 2008) qu'en Afrique tropicale. Les Boletaceae, constituent l'un des groupes des champignons ectomycorhyziennes qui ont été jadis estimés à 3000 espèces, mais se trouvent réduits à 10% de cet effectif de nos jours avec l'avènement de la biologie moléculaire (De Kesel *et al.*, 2017). Sur la base des caractères essentiellement moléculaires, les espèces sont actuellement recombinaées ou accommodées dans de nouveaux genres. A titre d'exemples, *Boletellus dissiliens* (Corner) Pegler & T.W.K. Young, qui était autrefois décrit sous le nom de *Boletus dissiliens* Corner ; *Rubroboletus le-galiae* (Pilát & Dermek) Della Maggiora & Trassinelli qui correspondait à *Boletus le-galiae* Pilát & Dermek (Halama, 2015) ; *Aureoboletus mirabilis* (Murrill) Halling de nos jours qui a été nommé successivement comme *Ceratomyces mirabilis* Murrill, *Boletus mirabilis* (Murrill) Murrill, *Xerocomus mirabilis* (Murrill) Singer et *Heimioporus mirabilis* (Murrill) E.Horak (De Kesel *et al.*, 2017).

Du même auteur, il est signalé qu'en Afrique tropicale, on dénombre une dizaine de *Boletus* dont la plupart d'espèces est endémique au continent africain et certaines espèces comme *Boletus edulis* introduite avec les plantations des espèces d'arbre ectomycorhyziennes comme *Pinus patula*.

Selon certains auteurs (Watling, 2008) l'architecture de la trame des tubes est un caractère très important pour distinguer *Boletus* d'autres genres comme *Xerocomus* (De Kesel *et al.*, 2017).

Les espèces poussent généralement sur le sol, rarement sur la litière. Elles sont ectomycorhyziennes et s'associent principalement aux racines d'arbres vivants, en montrant un certain degré de spécificité par rapport à l'espèce-hôte. En Afrique tropicale, les Boletaceae sont surtout associés à certaines essences ligneuses de la famille des Caesalpiniaceae, Dipterocarpaceae ou Phyllanthaceae (Ba *et al.*, 2013). C'est donc la richesse des berges des galeries forestières de Toussianbandougou et Dan en espèces végétales ectomycorhyziennes comme *Berlinia grandiflora* et *Afzalia africana* qui expliquerait la bonne diversité de ces sites en Boletaceae appartenant aux genres *Afroboletus*, *Boletus*, *Boletellus*, *Crocinoletus*, *Hourangia*, *Rubinoletus*, *Pulveroboletus*, *Tylopilus* et *Xerocomus*.

De façon générale, on note qu'un premier pas est franchi en Afrique concernant l'étude des Boletaceae. Elle est basée essentiellement sur les études taxonomiques qui ne permettent pas à elles seules souvent, d'aboutir à une identification complète des espèces. Alors les espèces décrites sont nommées du nom du genre suivi de « sp. ». C'est le cas au Cameroun des espèces décrites comme *Boletellus* sp., *Pulveroboletus* sp., *Tubosaeta* sp.1,

Tubosaeta sp.2, *Tubosaeta* sp.3, *Tubosaeta* sp.4 (Njouonkou *et al.*, 2020). En Guinée dans les monts de Fouta Djallon, on note les taxa comme *Tylopilus* sp., *Leccinum* sp., *Mucilopilus* sp., *Xerocomus* sp.1 ; *Xerocomus* sp.2 (Thoen et Ducouso, 1989) ; Au Niger, en zone sahélo-soudanienne du Parc National du W du fleuve et au Burundi en zone forestière pluvieuse, on note également la présence des taxa des genres *Xerocomus* sp. et *Tylopilus* sp. associés aux essences forestières comme *Afzelia africana*, *Isobertinia doka* et *Berlinia grandiflora* (Hama, 2012 ; Ham a *et al.*, 2019 ; Ibrahim *et al.*, 2017 ; Nkengurutse, 2012). De ce fait, la présence de ces essences forestières constitue un moyen de préservation des écosystèmes naturels et leur mort entraîne de facto la disparition de cet important cortège mycologique (Hama *et al.*, 2020). Il serait alors souhaitable d'envisager des mesures de protection de ces espèces ligneuses dans les galeries forestières de Toussianbandougou et Dan, ainsi que les autres formations naturelles du Burkina Faso.

Cependant, il faut signaler que les études taxonomiques sont indispensables et fondamentales dans le processus d'identification des espèces fongiques car elles viennent impérativement compléter les études moléculaires qui sont en vogue de nos jours. C'est pourquoi, l'appel est lancé aux jeunes mycologues qui tendent à raccourcir les travaux d'identification des champignons aux analyses moléculaires à s'appliquer à intégrer aussi le volet taxonomique.

Conclusion

De ce travail, il ressort que les galeries forestières de Toussianbandougou et Dan de la province du Kéné Dougou du Burkina Faso possèdent une grande diversité en macromycètes de la famille botanique des Boletaceae avec la collecte de 46 carpophores identifiés et regroupés dans neuf (9) genres à savoir les genres *Afroboletus* ; *Boletus* ; *Botelellus* ; *Crocinoletus*, *Hourangia*, *Rubinoletus*, *Pulveroletus*, *Tylopilus* et *Xerocomus*. Ce qui se justifie par la présence des espèces végétales ectomycorhiziennes au niveau de ces biotopes. La présence de ces champignons ectomycorhiziens sont intimement liée à la présence des plantes-hôtes de la famille des Caesalpinaceae, Dipterocarpaceae ou Phyllanthaceae. Or de nos jours avec la forte pression anthropique, les plantes-hôtes sont menacées de disparition entraînant du coup l'érosion des espèces fongiques associées. Il devient donc impératif de multiplier les sorties mycologiques afin de faire un inventaire exhaustif des champignons de ces forêts et élaborer dans un court terme un « Atlas des champignons du Burkina Faso » pour une meilleure connaissance et une protection durable de ces organismes fascinants à travers la préservation de leurs biotopes.

Conflit d'intérêts : Les auteurs n'ont signalé aucun conflit d'intérêts.

Disponibilité des données : Toutes les données sont incluses dans le contenu de l'article.

Déclaration de financement : Les auteurs n'ont obtenu aucun financement pour cette recherche.

References:

1. Bâ, A., Duponnois, R., Diabaté, M. et Dreyfus, B. (2011). Les champignons ectomycorhiziens des arbres forestiers en Afrique de l'Ouest. IRD Éditions, 252. <https://doi.org/10.4000/books.irdeditions.10404>.
2. Ba, A. M., Diabate M., Diedhiou, A. G., Sanon, K. et Dreyfus, B. (2013). Diversité des champignons ectomycorhiziens et des ectomycorhizes des arbres forestiers natifs d'Afrique de l'Ouest. Ed. IRD. ISBN: 978-2-7099-1827-5. 59 p.
3. Buyck, B. (1994). *Russula* II (Russulaceae). In Rammeloo J.& Heinemann P. (Ed.). F1.III. Champignons Afrique Centr. 16 : 411-542, pl. 69-87.
4. Buyck, B. (1994a). Ubwoba, les champignons comestibles de l'Ouest du Burundi. Administr. Gén. Coop. Développ. Publ. Agric. (Bruxelles) 34 :123p.
5. Thoen, D. et Ducouso, M. (1989). Champignons et ectomycorhizes du Fouta Djallon. *Bois et Forêts des Tropiques*, n°221, 1-19.
6. De Kesel, A., Codjia, J. T. C. et Yorou, S. N. (2002). Guide des champignons comestibles du Bénin. Cotonou, Jardin Botanique National de Belgique et CECODI, 275 p.
7. De Kesel, A., Kasongo, B. et Degreef, J. (2017). Champignons comestibles du Haut-Katanga (R.D. Congo). *Abctaxa*, volume 17, 297 p.
8. DREP-OUEST (1995). Monographie du Kéné Dougou. Bobo Dioulasso, Burkina Faso, Ministère de l'économie et du plan, 106 p.
9. Eyi, N., Degreef, J. & De Kesel, A. (2011). Champignons des forêts denses d'Afrique Centrale. Taxonomie et identification. Vol.10. 254p.
10. FAO (2009). Situation des forêts du monde. Éditions FAO, 145 p.
11. Gilbert, E.-J. (1931). Boletales, les Livres du Mycologue Tome I-IV, Tom. III: les Bolets: 83.
12. Guissou, KLM., Sankara, P., Guinko, S. 2005. *Phlebopus sudanicus*, ou la viande des Bobos, un champignon comestible dans le Département de Satiri au Burkina Faso. *Cryptogamie Mycologie*. 26(3): 195-204.

13. Halama, M. (2015). *Rubroboletus le-galiae* (Boletales, Basidiomycota), a species new for Poland. *Acta Mycol.*, 50 (2) :1066. <http://dx.doi.org/10.5586/am.1066>
14. Lebel, T., Orihara, T., Maekawa, N. (2012). The sequestrate genus *Rossbeevera* T. Lebel & Orihara gen. nov. (Boletaceae) from Australasia and Japan: new species and new combinations. *Fungal Divers*, 52 : 49–71.
15. Muller, G. M., Leacock, J. P. R., Cifuentes, J. et Desjardin, D. E. (2007). Global diversity and distribution of macrofungi. *Biodivers. Convers.*, vol. n°16. p.37 – 48.
16. Mueller, GM., Schmitt, JP., Huhndorf, SM., Ryvarden, L., O'Dell, TE., Lodge, DJ., Leacock, PR., Mata, M., Loengrin, U., Wu, Q. & Czederpiltz, D. 2004. Recommended protocols for sampling macrofungi in Biodiversity of fungi – Inventory and monitoring methods– Mueller G.M., Bills G.F.&Foster M.S. – p 169-171 – Elsevier Academic Press
17. Njouonkou, A.-L., Njapdounké, G. V., Yumdinguetmun, R., Tsopmbeng, G. N. & Degreef J. (2020). Étude comparative de la diversité des macrochampignons dans les plantations forestières matures d'eucalyptus et de pins en zone de savanes tropicales à l'Ouest du Cameroun. *Écoscience*. DOI : 10.1080/11956860.2020.1802934
18. Nkengurutse, J. (2012). Contribution à l'étude de la mycoflore ectomycorhizienne associée aux plantations d'essences exotiques du Burundi. Mémoire de master, Université Libre de Bruxelles, 79 pages.
19. Orihara, T., Smith, M., Shimomura, N., Iwase, K., Maekawa, N. (2012). Diversity and systematics of the sequestrate genus *Octaviania* in Japan: two new subgenera and eleven new species. *Persoonia*, 28 :85–112.
20. Sambaré, O., Savadogo, S., Traoré, L., Ouédraogo, I. et Thiombiano A. (2020). Structure et dynamique des espèces ligneuses des forêts galeries des rivières et ruisseaux du secteur sud-soudanien du Burkina Faso. *Bois et Forêts des Tropiques*, volume 345, 3e trimestre : 25-42. Doi : 10.19182/bft2020.345.a31928.
21. Sanon, E., Guissou KML., Nana, A., Hama, O., Sankara, P. 2014. Diversité des champignons macroscopiques de la forêt classée du Kou et étude ethnomycologique chez les bobos de Kokorowe et de Nasso au Burkina Faso. *Annale de l'Université de Ouagadougou – Série C*, vol. 010, 51 pages.
22. Riviere, T., Diedhiou, A., Diabate M., Senthilarasu, G., Hatarajan K., Verbeken, A., Buyck, B., Dreyfus, B., Bena, G. et Bâ, A. (2007). Genetic diversity of ectomycorrhizal basidiomycetes from African and Indian tropical rain forests. *Mychorrhiza* .17(5): 415 – 428.

23. Sanon, E. (2015). Diversité, morphologies et études moléculaires des champignons macroscopiques du genre *Russula* des forêts de Kou et de Dan à l'Ouest du Burkina Faso. Thèse de doctorat en phytopathologie option sciences biologiques appliquées. Univ. Ouaga. 03 BP 7021 Ouagadougou 03., 226 p.
24. Singer, 1981. Notes on bolete taxonomy III *Persoonia - Molecular Phylogeny and Evolution of Fungi* , Volume 11 - Issue 3 p. 269- 302.
25. Smith, S. et Read, J. 2008. Mycorrhizal Symbiosis. Ed. Hardcover, 800 p.
26. Thoen, D. & Ducouso, M. (1989). Champignons et ectomycorhizes du Fouta-Djalou. *Bois et Forêts des Tropiques*, 221: 45-63.
27. Yorou, NS., Codjia, JEL., Sanon, E., Tchan, KI., 2017. Les champignons sauvages utiles : une mine d'or au sein des forêts béninoises. Bulletin de la Recherche Agronomique du Bénin, EAFFC, 31-45.

Intra-Abdominal Metastasis After Pelvic Primary Synovial Sarcoma Resection: Case Report

Hajri Amal
Jamaleddine Khalid
El Wassi Anas
Erguibi Driss
Boufettal Rachid
Jai Rifki Saad
Chehab Farid

Department of General Surgery, IBN ROCHD
University Hospital of Casablanca, Morocco

[Doi:10.19044/esj.2024.v20n21p141](https://doi.org/10.19044/esj.2024.v20n21p141)

Submitted: 26 April 2024
Accepted: 29 July 2024
Published: 31 July 2024

Copyright 2024 Author(s)
Under Creative Commons CC-BY 4.0
OPEN ACCESS

Cite As:

Hajri A., Jamaleddine K., El Wassi A., Erguibi D., Boufettal R., Jai Rifki S. & Chehab F. (2024). *Intra-Abdominal Metastasis After Pelvic Primary Synovial Sarcoma Resection: Case Report*. European Scientific Journal, ESJ, 20 (21), 141.
<https://doi.org/10.19044/esj.2024.v20n21p141>

Abstract

Introduction: Synovial sarcoma is a malignant soft tissue sarcoma. It occurs predominantly in young adults. 90% of synovial sarcomas occur in the extremities, they have been reported in other sites, including the abdomen and pelvis. Up to 40% of all patients with soft tissue sarcomas develop distant metastasis, despite adequate local disease control. **Aim of the article:** To provide an update on one of the rarest and most aggressive tumors, to affirm the importance of early management and especially surveillance, and to encourage the codification and the management of these tumors. **Presentation of cases:** Here, we discuss a case of a 78-year-old female patient, operated 10 years earlier for a pelvic Synovial sarcoma, who presented with intra-abdominal mass to our hospital that eventually turned out to be a metastatic intra-abdominal synovial sarcoma following biopsy. **Conclusion:** It is important to be aware that primary intraabdominal tumors can occur and delayed metastasis is more typical of synovial sarcoma than of many other

sarcomas and should be considered in determining the appropriate frequency and duration of follow-up imaging.

Keywords: Synovial sarcoma; soft tissue sarcoma, metastatic sarcoma

1. Introduction

Synovial sarcoma is a malignant mesenchymal neoplasm accounting for about 5 to 10% of all soft tissue sarcomas. It occurs predominantly in young adults (15-40 years) with a slight male preponderance (male/female 1.2) (Thway, 2014) (Fisher, 1998). Primary intraabdominal synovial sarcoma is rare

Approximately 90% of synovial sarcomas occur in the extremities, and fewer than 5% occur in a joint or bursa. Rarely, they have been reported in other sites, including head and neck (5%), thoracic wall and cavity (8%), abdomen and pelvis (7%) (Bakri et al., 2012) (Ferrari et al., 2004), male and female genitourinary tracts, gastrointestinal tract, bone, and nervous system (Thway, 2014) (Fisher, 1998).

25 to 40% of all patients with soft tissue sarcomas develop distant metastasis with propensity for hematogenous spread, despite adequate local disease control (Pisters, 1996).

Here, we discuss a case of a 78-year-old female patient, operated 10years earlier for a pelvic Synovial sarcoma, who presented with intra-abdominal mass to our hospital that eventually turned out to be a metastatic intra-abdominal synovial sarcoma following biopsy.

2. Case Report

Here, we present a case of a 78-years old female, operated twice, 50years prior for an acute appendicitis and 10 years prior for a pelvic grade 2 FNCLCC (French Federation of Cancer Centers Sarcoma Group System) Synovial sarcoma followed by 18 radiotherapy sessions, who came to our hospital complaining about right hypochondrium heaviness-like pain for 18 months with deterioration of general state, no vomiting nor cholestasis were stated.

Physical examination showed a PS 2 patient with a BMI at 26.17kg/m², a distended abdomen with collateral circulation in the right flank, presence of a painful mass in the right hypochondria, measuring 8 cm long axis mobile at breathing, presence of a painful mass in the right iliac pit, measuring 5 cm long axis, fixed to the deep plane and mobile to the superficial plane. Presence of dullness of the flanks. Pelvic examination shows no abnormalities.

A Thoraco-abdomino-pelvic CT exam showed a solid-cystic tissue process, site of calcifications, interposing between the liver and the right diaphragm, internal convex limit, forcing the liver inside measuring

166x80mm (Figure1), with a mass of the same appearance at the level of the right iliac pit, at depends on the root of the mesentery on the right measuring 89x88mm (Figure2).

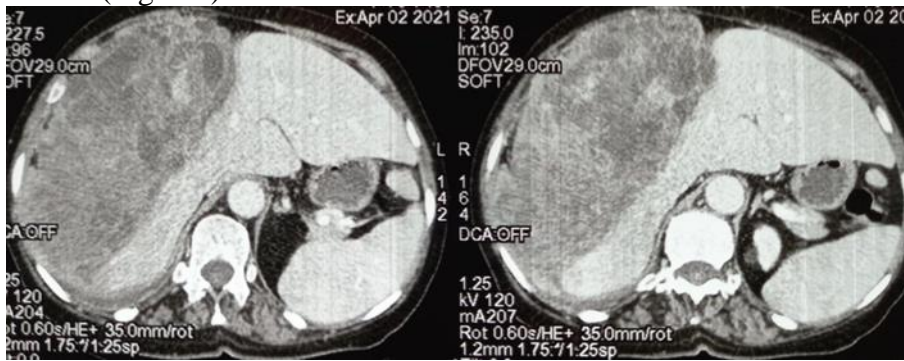


Figure 1: axial CT slice showing the solid-cystic tissue process interposing between the liver and the right diaphragm



Figure 2: axial CT slice showing the solid-cystic tissue process of the right iliac pit

Blood investigations showed no abnormalities

Exploratory laparoscopy revealed the presence of a medium-abundance peritoneal effusion made of haematic-looking liquid (taken), the presence of a fixed interhepatodiaphragmatic mass measuring 20x10cm (biopsied), the presence of a fixed mass at the right iliac pit measuring 8x5 cm; peritoneal carcinosis nodules throughout the peritoneal cavity (Figure 3,4, and 5).



Figure 3: A laparoscopic image showing the interhepatodiaphragmatic mass

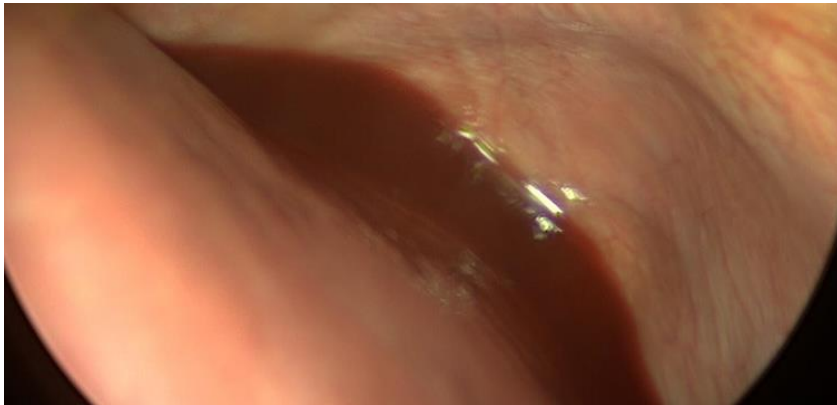


Figure 4: A laparoscopic image showing the hematic effusion

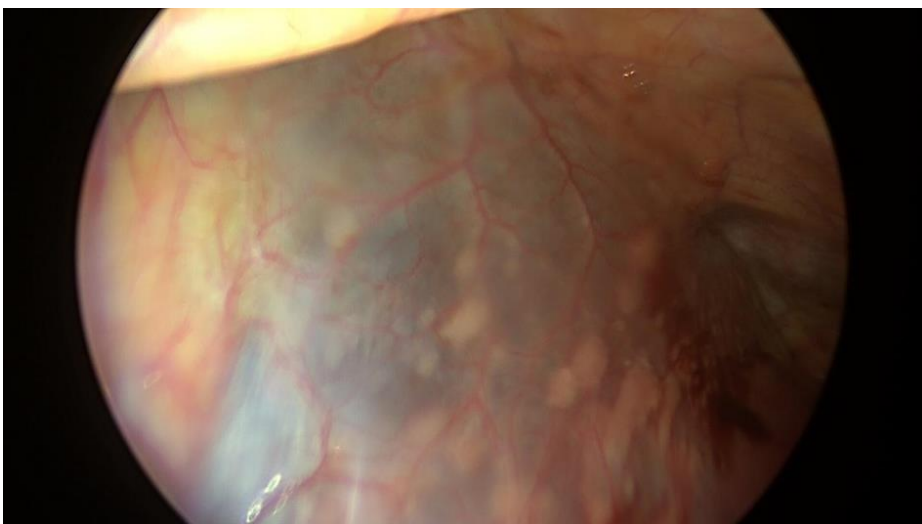


Figure 5: A laparoscopic image showing the peritoneal carcinosis nodules

Histopathology revealed a fusiform cell monophasic FNCLCC
Second grade Synovial sarcoma (Figure 6).

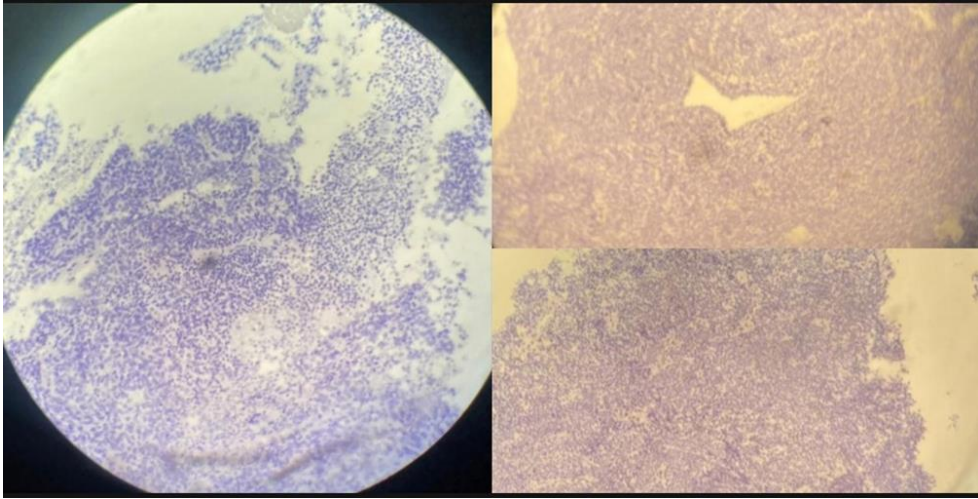


Figure 6: Histopathological examination

An immunohistochemical study revealed the expression of the AML, BCL2, EMA, CD99, and CKAE1/AE2 tumoral markers. Peritoneal effusion showed no malignant cells. The patient was put on chemotherapy.

3. Discussion

Synovial sarcoma is a misnomer because the tumor does not arise from the synovium; it only resembles synovial tissue at light microscopy. It appears to arise from as yet unknown multipotent stem cells that are capable of differentiating into mesenchymal and/or epithelial structures and lack synovial differentiation (Brahma, 2013). Synovial sarcoma occurs most commonly in the young, representing about 8% of all soft tissue sarcomas but about 15–20% of the cases occur in adolescents and young adults (Weiss, 2001).

There are three main histologic subtypes of synovial sarcoma: biphasic, monophasic, and poorly differentiated. Biphasic synovial sarcoma represents 20–30% of lesions and has both a mesenchymal spindle cell component and an obvious epithelial component as seen at light microscopy (Murphy, 2006). Monophasic synovial sarcoma represents 50–60% (the most common subtype) of all lesions, and in this subtype, the mesenchymal spindle cell component predominates (Murphy, 2006). Poorly differentiated synovial sarcomas are generally epithelioid in morphology and have high mitotic activity (usually 15–20/10 high-power field) with geographic necrosis. This subtype represents up to 15–25% of all synovial sarcomas (Murphy, 2006).

Synovial sarcomas, by definition, have been considered to be high-grade sarcomas. This contrasts with most soft tissue sarcomas that tend to have both a high and low-grade version. It is important to appreciate, however, that

some groups in Europe and Asia believe that synovial sarcomas can and should be graded as intermediate and/or high-grade sarcomas (Guillou, 2004) (Hasegawa, 2002). Several recently published articles from these groups show improved disease-free and metastasis-free survival for patients with intermediate (Grade 2) synovial sarcomas (Trassard, 2001) (Guillou, 2004) (Hasegawa, 2002) (Hasegawa, 2001). The system typically used to stratify synovial sarcomas into intermediate (Grade 2) and high-grade (Grade 3) sarcomas is the French Federation of Cancer Centers Sarcoma Group System (FNCLCC) (Guillou, 1997). Mitotic count and percentage of tumor necrosis are used to stratify tumors in this system (Trassard, 2001) (Hasegawa, 2001). As this topic remains controversial, it is generally felt that it is best to consider all synovial sarcomas as high-grade sarcomas until the prognostic importance of grading synovial sarcomas is resolved (Hasegawa, 2002) (Hasegawa, 2001).

Unlike some soft tissue histologies, synovial sarcoma has no identifiable etiological agent or genetic condition that predisposes an individual to develop this malignancy (Brennan, 2005).

Synovial sarcomas can arise anywhere in the soft part of the body, generally as a progressively expanding mass. The most common clinical presentation is a slow-growing mass in the soft tissues. Patients present with a palpable, slowly growing, sometimes painful mass. Because of the insidious onset, there is often a delay in diagnosis. In one study (Brennan, 2005), the mean duration of symptoms before the patients sought medical attention was 2.5 years. Lesion size at diagnosis is variable, largely depending on the location. Although most tumors are larger than 5 cm, peripheral lesions are usually smaller, attributed to earlier discovery, often leading to diagnostic confusion with benign lesions (Kransdorf, 1995) (O'Sullivan, 2008) (Jones, 1993).

Primary intraabdominal synovial sarcoma is rare, with retroperitoneal lesions accounting for fewer than 1% of all cases of primary synovial sarcoma (Kransdorf, 1995). The typical imaging features of extremity primary tumors are heterogeneous T2 signal intensity, fluid-fluid levels, and areas of high T1 signal intensity suggestive of hemorrhage. The lesions may be larger than extremity primary lesions at presentation, resulting in displacement of adjacent structures such as the kidney. Retroperitoneal organs can also be sites of primary disease. Fewer than 50 cases of primary renal synovial sarcoma have been reported in the literature. CT and MRI may show the lesion as primarily cystic with a peripheral nodular component; however, a rapid growth pattern may be most suggestive of a more aggressive primary lesion than renal cell carcinoma (Perlmutter, 2005).

Although as many as 50% of synovial sarcomas recur locally within 2 years, late local recurrences and metastasis more than 5 years after initial

diagnosis are common, potentially requiring longer follow-up (Krieg, 2011). Various prognostic factors have been reported, including patient age, tumor grade, and histologic subtype, but only a tumor size larger than 5 cm is consistently associated with a poor outcome (Krieg, 2011).

Like other soft-tissue sarcomas, synovial sarcoma metastasizes mainly to the lung. Unlike most other soft-tissue sarcomas, synovial sarcoma carries a small risk of spread to lymph nodes. Soft-tissue sarcomas originating from extremities rarely metastasize to the liver. One study (Jaques, 1995) showed a 75:1 ratio of the lung to the liver as sites of distant spread. However, the subset of patients with hepatic metastasis and primary disease of the abdomen was unusually high at 22%. Similarly, metastasis to the brain is also rare, even in widely disseminated diseases. There is also a high incidence of late metastasis. One prospective study showed almost 50% of deaths occurred within 5–10 years of diagnosis, emphasizing the importance of long-term follow-up (Singer, 1996). Like primary lesions, locally recurrent and metastatic lesions tend to calcify, a noteworthy characteristic from an imaging standpoint.

In our case, late metastasis was described after 10 years with the presence of peritoneal carcinosis

Intra-abdominal/hepatic metastasis are as expected, rare. Uniquely, synovial sarcomas have been shown to develop nodal metastases more commonly than most soft tissue sarcomas. Although the exact incidence of lymph node metastasis from synovial sarcoma varies in the literature, the pooled data from available studies puts the incidence at about 10–12% compared to about 3–5% for soft tissue sarcomas in general (Skinner, 1996).

For tumors that can be completely excised, surgical resection with or without radiotherapy has been found effective in establishing local control. Metastatic disease is more difficult to treat. Certainly, tumor response has occurred with first-line chemotherapy regimens consisting of ifosfamide-based chemotherapy (with or without doxorubicin). However, whether there is a substantial effect on long-term survival is uncertain. The toxicity and side effects must be weighed against potential benefits (Eilber, 2008).

Surgery has a much more limited role in the treatment of metastatic synovial sarcoma and requires careful patient selection. Patients are best selected by extent of disease, longer disease-free interval, and favorable response to systemic chemotherapy (Brennan, 2005).

The same rationale for the use of adjuvant radiation therapy in soft tissue sarcomas applies to synovial sarcoma. Because synovial sarcomas are all considered high-grade sarcomas, adjuvant radiation therapy is used in patients with tumors 5 cm in size (Brennan, 2005). It can be administered in a number of ways such as external beam therapy (neoadjuvant or adjuvant), brachytherapy, and intensity-modulated radiation therapy (IMRT). Each modality has its advantages and disadvantages, and no one modality

specifically has been proven better for synovial sarcoma. Regardless of the type of radiation therapy employed, it has been proven to improve the local control rate in patients with high-grade sarcomas, such as synovial sarcoma (O'Sullivan, 2008)

Nevertheless, our patient went under radiotherapy, though, metastasis was discovered.

Synovial sarcoma has been regarded as a particularly chemosensitive soft tissue sarcoma. This was initially based on several studies that demonstrated impressive responses to ifosfamide-based chemotherapy in the treatment of metastatic and pediatric synovial sarcomas (Rosen, 1994) (Kampe, 1993) (Landenstein, 1993) (Okcu, 2003). These early findings have been supported by subsequent studies and thus ifosfamide-based chemotherapy (p/ doxorubicin) is generally considered the first-line treatment for patients with metastatic synovial sarcoma (Ferrari, 2004) (Spurell, 2005). Although ifosfamide-based chemotherapy has been shown to produce notable responses in the treatment of metastatic synovial sarcomas, its effect on the survival of adult patients with primary disease has been unclear (Broowicz, 1993) (Gortzak, 2001).

Conclusion

It is important to be aware that primary intraabdominal tumors can occur, suggested by imaging features more typical of sarcoma than common primary tumors in those locations. Delayed metastasis is more typical of synovial sarcoma than of many other sarcomas and should be considered in determining the appropriate frequency and duration of follow-up imaging.

Declaration for Human Participants: This study has been approved by the head of the Department of general surgery of the IBN ROCHD University Hospital of Casablanca, Hassan II University of Casablanca, and the principles of the Helsinki Declaration were followed.

Conflict of Interest: The authors reported no conflict of interest.

Data Availability: All data are included in the content of the paper.

Funding Statement: The authors did not obtain any funding for this research.

References:

1. Thway K, Fisher C. Synovial sarcoma: defining features and diagnostic evolution. *Ann Diagn Pathol.* 2014;18:369–80.
2. Fisher C. Synovial sarcoma. *Ann Diagn Pathol.* 1998;2:401–21.

3. Bakri A, Shinagare AB, Krajewski KM, et al. Synovial sarcoma: imaging features of common and uncommon primary sites, metastatic patterns, and treatment response. *AJR Am J Roentgenol* 2012;199(2):W208-215. PMID: 22826423.
4. Ferrari A, Gronchi A, Casanova M, et al. Synovial sarcoma: a retrospective analysis of 271 patients of all ages treated at a single institution. *Cancer* 2004;101(3):627-634. PMID: 15274077.
5. Pisters PW, Leung DH, Woodruff J, Shi W, Brennan MF. Analysis of prognostic factors in 1041 patients with localized soft tissue sarcomas of the extremities. *J Clin Oncol* 1996;14:1679–89.
6. Braham E, Aloui S, Aouadi S, Drira I, Kilani T, El Mezni F (2013) Synovial sarcoma of the chest wall: a case report and literature review. *Ann Transl Med* 1(1)
7. Weiss SW, Goldblum JR (2001) *Enzinger and Weiss's soft tissue tumors*. Mosby. Inc. A Harcourt Health Sciences Company, St Louis
8. Murphey MD, Gibson MS, Jennings BT, Crespo-Rodríguez AM, Fanburg-Smith J, Gajewski DA (2006) Imaging of synovial sarcoma with radiologic-pathologic correlation. *Radiographics* 26(5): 1543–1565
9. Brennan MF, Singer S, Maki RG, et al. Sarcomas of the soft tissues and bone. In: DeVita VT, Hellmann S, Rosenberg SA, eds. *Cancer: principles and practice of oncology*, vol. 35. Philadelphia, PA: Lippincott Williams & Wilkins, 2005:1584
10. Kransdorf MJ. Malignant soft-tissue tumors in a large referral population: distribution of diagnoses by age, sex, and location. *AJR* 1995; 164:129–134
11. O'Sullivan PJ, Harris AC, Munk PL. Radiological features of synovial cell sarcoma. *Br J Radiol* 2008; 81:346–356
12. Jones BC, Sundaram M, Kransdorf MJ. Synovial sarcoma: MR imaging findings in 34 patients. *AJR* 1993; 161:827–830
13. Krieg AH, Hefti F, Speth BM, et al. Synovial sarcomas usually metastasize after > 5 years: a multicenter retrospective analysis with minimum follow-up of 10 years for survivors. *Ann Oncol* 2011; 22:458–467
14. Perlmutter AE, Saunders SE, Zaslau S, Chang WW, Farivar-Mohseni H. Primary synovial sarcoma of the kidney. *Int J Urol* 2005; 12:760–762
15. Jaques DP, Coit DG, Casper ES, Brennan MF. Hepatic metastases from soft-tissue sarcoma. *Ann Surg* 1995; 221:392–397
16. Singer S, Baldini EH, Demetri GD, Fletcher JA, Corson JM. Synovial sarcoma: prognostic significance of tumor size, margin of resection, and mitotic activity for survival. *J Clin Oncol* 1996; 14:1201–1208

17. Eilber FC, Dry SM. Diagnosis and management of synovial sarcoma. *J Surg Oncol* 2008; 97:314–320
18. Skinner KA, Eilber FR: Soft tissue sarcoma nodal metastases: Biologic significance and therapeutic considerations. *Surg Oncol Clin N Am* 1996;5:121–127.
19. Trassard M, Le Doussal V, Hacene K, et al.: Prognostic factors in localized primary synovial sarcoma: A multicenter study of 128 adult patients. *J Clin Oncol* 2001;19:525–534.
20. Guillou L, Benhattar J, Bonichon F, et al.: Histologic grade, but not SYT-SSX fusion type, is an important prognostic factor in patients with synovial sarcoma: A multicenter, retrospective analysis. *J Clin Oncol* 2004;22:4040–4050.
21. Hasegawa T, Yamamoto S, Yokoyama R, et al.: Prognostic significance of grading and staging systems using MIB-1 score in adult patients with soft tissue sarcoma of the extremities and trunk. *Cancer* 2002;95:843–851.
22. Guillou L, Coindre JM, Bonichon F, et al.: Comparative study of the National Cancer Institute and French Federation of Cancer Centers Sarcoma Group grading systems in a population of 410 adult patients with soft tissue sarcoma. *J Clin Oncol* 1997;15: 350–362.
23. Hasegawa T, Yokoyama R, Matsuno Y, et al.: Prognostic significance of histologic grade and nuclear expression of betacatenin in synovial sarcoma. *Hum Pathol* 2001;32:257–263.
24. Weiss SW, Goldblum J, Malignant soft tissue tumors of uncertain type. In: Weiss SW, Goldblum JR, editors. *Enzinger and Weiss's soft tissue tumors*. CV Mosby: St. Louis; 2001. pp 1483–1571.
25. Fletcher CD, Unni KK, Mertens F, editors. *Pathology and genetics of tumours of the soft tissues and bones*. World Health Organization Classification of Tumours. Lyon: W.H. Organization; 2003.
26. Rosen G, Forscher C, Lowenbraun S, et al.: Synovial sarcoma: Uniform response of metastases to high dose ifosfamide. *Cancer* 1994;73:2506–2511.
27. Kampe CE, Rosen G, Eilber F, et al.: Synovial sarcoma: A study of intensive chemotherapy in 14 patients with localized disease. *Cancer* 1993;72:2161–2169.
28. Landenstein R, Treuner J, Koscielniak E, et al.: Synovial sarcoma of childhood and adolescence: Report of the German CWS-81 study. *Cancer* 1993;71:3647–3655.
29. Okcu MF, Munsell M, Treuner J, et al.: Synovial sarcoma of childhood and adolescence: A multicenter, multivariate analysis of outcome. *J Clin Oncol* 2003;21:1602–1611.

30. Spurrell EL, Fisher C, Thomas M, et al.: Prognostic factors in advanced synovial sarcoma: An analysis of 104 patients treated at the Royal Marsden Hospital. *Ann Oncol* 2005;16:437–444.
31. Brodowicz T, Schwameis E, Widder J, et al.: Intensified adjuvant IFADIC chemotherapy for adult soft tissue sarcoma: A prospective randomized feasibility trial. *Sarcoma* 2000;4:151–160.
32. Gortzak E, Azzarelli A, Buesa J, et al.: A randomized phase II study on neo-adjuvant chemotherapy for “high-risk” adult soft tissue sarcoma. *Eur J Cancer* 2001;37:1096–1103.

Connaissances, attitudes et pratiques des filles en milieu scolaire de la ville de Niamey (Niger) face à la gestion de l'hygiène menstruelle en 2023

Oumara Maina

Faculté des Sciences de la Santé, Université Abdou Moumouni
Service AMP, Hôpital Général de Référence, Niamey, Niger

Soumana Diaouga Hamidou

Faculté des Sciences de la Santé, Université Abdou Moumouni,
Maternité Issaka Gazoby, Niamey, Niger

Issa Abdou Amadou

Faculté des Sciences de la Santé
Université Dan Dicko Dankoulodo de Maradi, Niger

Oumarou Moussa Binta

Mahaman Laouali Balla Hadiza

Ayouba Adama

Chaibou Yacouba Maimouna

Faculté des Sciences de la Santé, Université Abdou Moumouni,
Maternité Issaka Gazoby, Niamey, Niger

Oumarou Garba Souleymane

Faculté des Sciences de la Santé, Université André Salifou de Zinder, Niger

Garba Rahamatou Madeleine

Nayama Madi

Faculté des Sciences de la Santé, Université Abdou Moumouni,
Maternité Issaka Gazoby, Niamey, Niger

[Doi:10.19044/esj.2024.v20n21p152](https://doi.org/10.19044/esj.2024.v20n21p152)

Submitted: 01 July 2024

Accepted: 30 July 2024

Published: 31 July 2024

Copyright 2024 Author(s)

Under Creative Commons CC-BY 4.0

OPEN ACCESS

Cite As:

Maina, O., Hamidou, S. D., Amadou, I. A., Binta, O. M., Hadiza, M. L. B., Adama, A., Maimouna, C. Y., Souleymane, O. G., Madeleine, G. R., & Madi, N. (2024). *Connaissances, attitudes et pratiques des filles en milieu scolaire de la ville de Niamey (Niger) face à la gestion de l'hygiène menstruelle en 2023*. European Scientific Journal, ESJ, 20 (21), 152. <https://doi.org/10.19044/esj.2024.v20n21p152>

Résumé

Introduction : Le problème de gestion de l'hygiène menstruelle semble préoccupant pour les adolescentes, du fait du manque d'informations et d'expérience pour gérer convenablement leurs périodes menstruelles. L'objectif de ce travail était d'étudier les connaissances attitudes et pratiques des filles en milieu scolaire à Niamey (Niger) face à la gestion de l'hygiène menstruelle en 2023. **Méthodes :** C'était une étude transversale à visée descriptive et analytique déroulée du 15 au 29 novembre 2023 dans deux établissements d'enseignement secondaires de la ville de Niamey. L'étude a inclus toutes les élèves filles fréquentant ces établissements. Les élèves filles qui ont refusé de répondre au questionnaire étaient exclues de l'étude. Les données ont été saisies et analysées avec le logiciel épi-info 7.1. Le test du Khi 2 de Karl PEARSON a été le test statistique utilisé pour la comparaison des proportions, il est significatif si $P \leq 0,05$. **Résultats :** Au total 824 jeunes filles ont participé à l'étude. L'âge moyen des enquêtées était de 14,56 ans avec des extrêmes de 9 ans et 22 ans. L'âge moyen de survenue des ménarches était de 13 ans avec des extrêmes entre 11 et 14 ans. Les filles savaient dans 91,62% que la survenue des règles est un phénomène naturel lié à la maturité biologique. Les mères représentent les principales sources d'information (70,15%). La survenue des menstrues est vécue comme une période d'inconfort chez les jeunes filles traduit par la douleur (59,35%) et la fatigue (17,11%) ressenties. La protection est assurée par du matériel recommandé (serviettes hygiéniques et coton) dans 75,64%. La majorité des filles change leur couche absorbante au moins trois fois par jour. Dans leurs écoles, 45,38% (374 cas) des filles n'avaient pas d'endroit pour changer leurs couches absorbantes. Le pourcentage des filles qui ne portaient pas à l'école pendant leurs règles était de 15,16%. **Conclusion :** La gestion de l'hygiène menstruelle est un défi majeur en milieu scolaire à Niamey. Une synergie d'actions impliquant tous les acteurs (Parents d'élèves, chefs religieux, autorités politiques et académiques), peut contribuer à relever ce défi.

Mots-clés: Hygiène menstruelle, Santé scolaire, Adolescente, Niamey

Menstrual Hygiene Management Knowledge and Practices Among School Girls in Niamey (Niger) in 2023

Oumara Maina

Faculté des Sciences de la Santé, Université Abdou Moumouni
Service AMP, Hôpital Général de Référence, Niamey, Niger

Soumana Diaouga Hamidou

Faculté des Sciences de la Santé, Université Abdou Moumouni,
Maternité Issaka Gazoby, Niamey, Niger

Issa Abdou Amadou

Faculté des Sciences de la Santé
Université Dan Dicko Dankoulodo de Maradi, Niger

Oumarou Moussa Binta

Mahaman Laouali Balla Hadiza

Ayouba Adama

Chaibou Yacouba Maimouna

Faculté des Sciences de la Santé, Université Abdou Moumouni,
Maternité Issaka Gazoby, Niamey, Niger

Oumarou Garba Souleymane

Faculté des Sciences de la Santé, Université André Salifou de Zinder, Niger

Garba Rahamatou Madeleine

Nayama Madi

Faculté des Sciences de la Santé, Université Abdou Moumouni,
Maternité Issaka Gazoby, Niamey, Niger

Abstract

Introduction: The problem of menstrual hygiene management seems to be a cause for concern for adolescent girls, due to a lack of information and experience in managing their menstrual periods properly. The aim of this study was to investigate the knowledge, attitudes and practices of schoolgirls in Niamey (Niger) regarding menstrual hygiene management in 2023. **Methods:** This was a descriptive and analytical cross-sectional study conducted from 15 to 29 November 2023 in two secondary schools in the city of Niamey. The study included all female students attending these schools. Female students who refused to answer the questionnaire were excluded from the study. The data were entered and analysed using epi-info 7.1 software. The Karl PEARSON Chi-square test was used to compare proportions; it is significant if $P \leq 0.05$. **Results:** The average age of the women surveyed was 14.56 years, with extremes of 9 and 22 years. The average age at menarche was 13, with extremes between 11 and 14. 91.62% of girls knew that menarche is a natural

phenomenon linked to biological maturity. Mothers were the main sources of information (70.15%). The onset of menstruation is experienced as a period of discomfort by young girls, reflected in the pain (59.35%) and fatigue (17.11%) felt. Protection was provided by recommended materials (sanitary towels and cotton) in 75.64% of cases. The majority of girls changed their absorbent nappy at least three times a day. In their schools, 45.38% (374 cases) of the girls had no place to change their absorbent nappies. The percentage of girls who did not go to school during their period was 15.16%. **Conclusion:** The management of menstrual hygiene is a major challenge in the school environment in Niamey. A synergy of actions involving all stakeholders (parents, religious leaders, political and academic authorities) can help to meet this challenge.

Keywords: Menstrual hygiene, School health, Teenage girl, Niamey

Introduction

La santé menstruelle consiste en un état complet de bien-être physique, mental et social en rapport avec le cycle menstruel (Hennegan 2021). La bonne gestion de l'hygiène menstruelle (GHM) est définie comme la pratique à utiliser des matériaux propres pour absorber le sang menstruel pendant toute la durée des règles, qui peuvent être changés en toute intimité dans un endroit privé, en toute sécurité, de manière hygiénique et aussi souvent que nécessaire. (Thomas 2018, Mishika 2024). L'UNESCO estime qu'une fille sur dix manque l'école en Afrique subsaharienne pendant son cycle menstruel, ce qui représente 20% du programme scolaire annuel. Une bonne gestion de l'hygiène menstruelle passe d'abord par une connaissance du cycle menstruel. Cependant cette question de menstruation est entourée de silence, de mythes et de tabous, et fait même l'objet d'une stigmatisation dans plusieurs pays à faible revenu et à revenu intermédiaire, y compris au Niger (Mishika 2024, Muyisa 2021, Komboigo 2022, Oliveira 2023, Chinyama 2019, Panda 2024). Le problème de gestion de l'hygiène menstruelle (GHM) semble très préoccupant pour les adolescentes, du fait de la psychose des premières règles et du manque d'informations et d'expérience pour gérer convenablement leurs périodes menstruelles (Komboigo 2022). Au Niger, les connaissances sur les menstrues sont limitées (Keihas 2013). Cette étude sur les jeunes filles du milieu scolaire se propose d'étudier les connaissances, attitudes et pratiques des filles en milieu scolaire de la ville de Niamey (Niger) face à la gestion de l'hygiène menstruelle en 2023 et d'identifier les obstacles liés à la bonne gestion de l'hygiène menstruelle afin d'améliorer leur santé sexuelle et reproductive.

Patientes et Méthodes

Il s'agissait d'une étude transversale à visée descriptive et analytique menée du 15 au 29 novembre 2023 dans la ville de Niamey en république du Niger, au niveau de deux établissements d'enseignement secondaires à savoir le Complexe d'Enseignement Secondaire Lazaret 1 de Niamey (Site 1) et le Collège Mariama de Niamey (Site 2). La population d'étude était constituée de toutes les jeunes élèves de la classe de sixième à la troisième du Site 1 et du Site 2 de Niamey ayant accepté de faire partie de l'étude. Etaient incluses, les jeune élèves filles de la classe de sixième à la troisième ayant déjà eu les ménarches ou non. N'étaient pas incluses, les élèves qui vivent en couple (mariage, concubinage). Les élèves filles qui ont refusé de répondre au questionnaire étaient exclues de l'étude. Pour cette étude, nous avons utilisé les deux méthodes : non probabiliste d'échantillonnage.

Pour le site 1 : échantillonnage exhaustif pour l'établissement qui comptait au total neuf cent huit (908) filles de la sixième à la troisième. Nous avons réalisé une collecte exhaustive en interrogeant toutes les filles qui satisfont les critères d'inclusion.

Au Site 2 : méthode d'échantillonnage par choix raisonné puis méthode exhaustive. L'établissement comptait neuf cent vingt-huit (928) filles de la sixième à la troisième. Nous avons appliqué la méthode d'échantillonnage par choix raisonné pour sélectionner les classes à interroger, puis une méthode exhaustive aux filles qui satisfont les critères d'inclusion.

Variables étudiées étaient :

- les caractéristiques socio démographiques (L'âge, le niveau scolaire, la ménarche) ;
- les connaissances sur la GHM (information sur la santé de reproduction, information sur la menstruation, manière de soulager la douleur, normes sociales positives, mythes, tabous) ;
- les attitudes et pratiques face à l'hygiène menstruelle. (Type de protection, fréquence de changement, la gestion du matériel utilisé) ;
- l'absentéisme scolaire pendant les règles ;
- Les variables liées à l'école et à l'environnement (existence d'une cellule de santé, des serviettes hygiéniques, des toilettes aménagées, des poubelles sécurisées et l'existence d'un mécanisme d'élimination hygiénique).

Le questionnaire auto-administré pour les jeunes filles. L'enquêtee renseigne elle-même de façon autonome, en présence ou non de l'enquêteur. L'enquêteur réalise l'observation directe de l'environnement et des blocs sanitaires afin d'apprécier leur état, ainsi que les moyens d'élimination des déchets issus des menstrues.

Les données recueillies ont été analysées avec le logiciel EPI infos version 7.1. Les textes et les tableaux ont été traités sur Microsoft Office Word 2016. La représentation graphique a été réalisée sur Microsoft Office Excel 2016. Le test du Khi 2 de Karl PEARSON a été le test statistique utilisé pour la comparaison des pourcentages, il est significatif si $P \leq 0,05$.

Nous avons obtenu l'autorisation écrite de recherche auprès des responsables respectifs du Site 1 et du Site 2 de Niamey. Le consentement libre a été obtenu auprès des parents ou tuteurs légaux des filles mineures sélectionnées et l'assentiment des filles sélectionnées avaient également été obtenu avant l'administration du questionnaire. La présence des parents ou tuteurs légaux à l'entretien sur leur demande ou celles des filles mineures étaient autorisées. La participation à l'enquête était volontaire et anonyme.

Résultats

Sur un total de 1836 élèves adolescentes enregistrées, 824 avaient accepté de répondre à l'enquête, soit un taux de réponse de 44,22%.

Le tableau I présente les caractéristiques sociodémographiques des participantes. L'âge moyen des filles était de 14,56 ans avec des extrêmes de 9 ans et 22 ans. Sur les 824 enquêtées, 747 jeunes filles (90,66%) avaient affirmé avoir déjà vu leurs premières règles. L'âge moyen des ménarches était de 13 ans avec des extrêmes de 11 et 17 ans. La tranche d'âge de survenue des premières règles pour la majorité des filles était celle de 12 à 14 ans avec 598 cas (80,05%). Les élèves fréquentant les classes de 4^{ème} et 3^{ème} étaient les plus représentées avec respectivement 319 cas (38,71%) et 292 cas (35,44%).

Toutes les enquêtées (100%) ont entendu parler de la menstruation avant leur ménarche. La première source d'information était la mère dans près de cinq cas sur dix (406 cas : 49,27%). La mère était également la première personne contactée lors de l'apparition de la ménarche (524 cas (70,15%). La presque totalité des jeunes filles (755 cas ; 91,62%) avaient connaissance que la survenue des règles est un phénomène naturel due à la maturité biologique ou puberté. Dans 584 cas (70,87%) elles avaient entendu parler du cycle menstruel. De plus, 749 filles (90,90%) avaient reçu des informations sur la manière de gérer leurs menstrues. Parmi les informations reçues, l'accent était mis sur la propreté dans 419 cas (55,94%) et le conseil sur le matériel de protection à utiliser dans 355 cas (47,40%). Concernant les considérations sociales des menstrues ; sur les 824 enquêtées, 540 (65,53%) considèrent les menstrues comme une saleté ou une impureté. Sur la pratique du sport, 367 enquêtées (44,54%) affirmaient qu'une activité sportive est dangereuse pendant la période de menstrues. Sur la question des interdictions alimentaires pendant les menstrues, 425 filles enquêtées (51,58%) avaient affirmé ne pas connaître d'aliments à éviter pendant les règles et pour 399 (48,42%) filles il

existe des aliments interdit chez la femme en menstrue. Les plus cités étaient le piment (33,98%), les aliments sucrés (19,78%) et la glace (15,29%).

Tableau I: Répartition des élèves en fonction des caractéristiques sociodémographiques au Niger, 2023 (N=824).

Variables	Effectif	Pourcentage (%)
Age (ans)		
9-11	12	1,46
12-14	406	49,27
15-17	368	44,66
18-19	36	4,37
20-22	2	0,24
Age des ménarches (ans)(N=747)		
11-14	689	92,23
15-17	58	7,77
Situation matrimoniale		
Célibataire	824	100
Mariée	0	0
Niveau d'étude		
6 ^{ème}	75	9,1
5 ^{ème}	138	16,75
4 ^{ème}	319	38,71
3 ^{ème}	292	35,44
Etablissement fréquenté		
CES Lazaret 1 (Site 1)	345	41,86
Collège Mariama (Site 2)	479	58,14

S'agissant des conséquences de la mauvaise gestion de l'hygiène menstruelle sur la santé, 119 enquêtées (14,44%) affirment qu'une mauvaise gestion des menstrues n'aura aucun effet négatif sur la santé, alors que pour 705 enquêtées (85,56%) il existe un risque de contracter des maladies du fait d'une mauvaise gestion de l'hygiène menstruelle. Parmi les pathologies susceptibles d'être contractées, les infections vaginales étaient principalement évoquées dans 70,78% des cas.

Les données sur la connaissance des enquêtées sur les menstrues et sur la gestion d'hygiène menstruelle sont résumées dans le tableau II.

Les enquêtées utilisaient principalement cinq types de matériel de protection lors de leurs menstrues : la serviette hygiénique jetable (51,94%), le coton (23,7%), le morceau de tissu réutilisable (22,2%), des éponges (0,8%) et le tampon vaginal hygiénique (0,27%).

Tableau II: répartition des enquêtées selon la connaissance sur les menstrues et sur la gestion de l'hygiène menstruelle en 2023 (N=824)

Variables	Effectif	Pourcentage (%)
Avoir entendu parler des règles avant la survenue des ménarches		
Oui	824	100
Non	0	0
Connaissance sur la durée normale des règles		
Oui	728	88,4
Non	96	11,6
Sources des premières informations sur règles		
Mère	406	49,27
Enseignant/encadreur	142	17,23
Amie	86	10,44
Sœur	76	9,22
Cousine	40	4,85
Tante	38	4,61
Grand-mère	20	2,42
Autres	16	1,94
Conception sur les règles		
Signe de puberté/Maturité biologique	442	53,64
Phénomène naturel	313	37,98
Malédiction	28	3,40
Effets des hormones	20	2,43
Autres	21	2,55
Reçu des explications sur quoi faire pendant la période des règles		
Oui	749	90,90
Non	75	9,10
Nature des informations reçues		
Matériel de protection à utiliser	355	47,4
Comment utiliser les matériels de protection	213	28,44
Comment rester propre	419	55,94
Comment gérer la douleur	123	16,42
Les choses/activités à éviter pendant les règles	209	27,9
Toutes les informations	150	20,03

Sur les 747 enquêtées, 580 soit 77,6% ont affirmé jeter leurs couches absorbantes. Les latrines étaient le lieu de préférence chez 350 élèves filles (46,85%) et la poubelle chez 230 filles (30,79%). Les 167 autres (22,36 %) utilisant le matériel réutilisable lavaient leurs couches pour réutilisation.

Pour soulager les symptômes particulièrement la douleur, 529 cas sur les 824 enquêtées soit 64,2 % ont affirmé faire de l'automédication à base d'anti-douleur pendant leurs menstrues alors que pour les 295 autres (35,8%), l'attitude consistait à rester allongé à la maison.

Concernant l'état de lieux des infrastructures dans les sites enquêtés, trois-cent-soixante-quatorze (374) filles sur les 824 soit 45,38% affirmaient qu'elles n'avaient pas de lieux adéquats dans leurs écoles pour leur toilette intime et pour changer leurs couches absorbantes pendant leur période menstruelle. Parmi elles, 345 fréquentaient le CES Lazaret (Site 1) et 29 fréquentaient le Collège Mariama (Site 2). Par ailleurs 220 filles enquêtées (45,93%) du Collège Mariama avaient affirmé que les toilettes de leur établissement étaient fonctionnelles ; 216 (45,09%) avaient affirmé que les toilettes étaient propres et 197 (41,13%) avaient affirmé que les toilettes étaient sécurisées. Les paramètres en rapport avec la gestion de l'hygiène menstruelle par les élèves filles sont résumés dans le tableau III.

Tableau III: Gestion hygiénique des menstrues par les enquêtées

Variables	Effectif	Pourcentage (%)
Attitude de la fille élève lors de la ménarche		
Parler à sa mère	524	70,15
Parler à sa sœur	93	12,45
Parler à sa grand-mère	29	3,88
Parler à sa tante	42	5,62
Parler à une amie	25	3,35
Parler à sa cousine	19	2,55
Parler à un enseignant	3	0,4
Autres	12	1,6
Matériels de protection utilisés pendant les menstrues		
Serviettes hygiéniques	388	51,94
Cotton	177	23,7
Morceau de tissu réutilisable	166	22,22
Tampon vaginal hygiénique	2	0,27
Eponge	6	0,8
Autres	8	1,07
Fréquence de changement du matériel de protection		
Moyenne	3 fois	
1-2	168	22,48
≥ 3	579	77,51
Fréquence de lavage mains après changement du matériel de protection		
Toujours	694	92,9
Jamais	53	7,1
Gestion du matériel de protection après usage		
Lavage et séchage	167	22,36
Jeté directement dans les latrines	350	46,85
Jeté directement dans la poubelle	230	30,79

Concernant l'impact des menstrues sur la vie socio-académique des élèves filles, cent-vingt-cinq 125 filles (15,16%) manquaient les cours pendant leurs menstrues dont 97 cas (11,77%) au Site 1 et 28 cas (3,39%) au Site 2. Les raisons de cette absentéisme scolaire dans 68% des cas (85/125) étaient la peur des taches de sang sur les habits, suivie par la douleur (27 cas : 21,6%) et la sensation de fatigue (1 cas : 0,8%).

Tableau IV : Répartition des sites enquêtés selon l'état de lieux des infrastructures pour la gestion de l'hygiène menstruelle

Variables	Site 1	Site 2
Bloc sanitaires	Non	Oui
Latrines modernes	Non	Oui
Dispositif de nettoyage dans chaque latrine	Non	Oui
Dispositif de nettoyage des mains à l'extérieur des toilettes	Non	Oui
Savon de nettoyage des mains	Non	Oui
Disponibilité de serviettes hygiéniques	Non	Oui
Moyens d'évacuation et de gestion du matériel usé	Non	Oui
Responsable pour le suivi médical des filles	Non	Oui
Moyens d'évacuation et de gestion du matériel usé	Non	Oui
Personnel de gestion de l'ensemble des déchets.	Non	Oui
Poubelles à couvercle à l'entrée des toilettes	Non	Oui
Déchets jonchant dans la cour, à côté des toilettes	Oui	Non

Il ressort de l'analyse bivariée qu'il n'existe pas de corrélation entre l'âge et le type de matériel de protection utilisé ($P= 0,168$). Les normes et les possibilités de bonne gestion d'hygiène menstruelle augmentent avec le niveau d'éducation ($p = 0,00614$). Cette association met en lumière l'importance de considérer le contexte éducatif dans la promotion de pratiques d'hygiène menstruelle saines. La gestion du matériel souillé varie considérablement selon le type du matériel de protection utilisé ($p = 0,000098$). L'absence d'infrastructures adéquate pour la GHM dans l'établissement scolaire est associée à un taux élevé d'absentéisme scolaire et à une mauvaise gestion de l'hygiène menstruelle par les élèves.

Discussion

Cette étude rapporte les connaissances, attitudes et pratique de élèves filles en milieu scolaire de Niamey. Le taux de participation des élèves (44,22%) est faible dans cette étude. Ce taux pourrait être expliquer le caractère tabou de la sexualité dans notre contexte qui fait que la plupart des filles sont réticentes à répondre au questionnaire.

Concernant les caractéristiques sociodémographiques, l'âge moyen des enquêtées était de 14,56 ans avec des extrêmes de 9 ans et 22 ans. Nos résultats sont similaires à ceux retrouvés par la plupart des auteurs Africains et Asiatique avec un âge moyen qui varie entre 12,9 ans à 17,2 ans selon les études (Mishika 2024, Komboigo 2022, Panda 2024, Miiro 2018, Nungbaso 2022, Prasad 2024, Mumtaz 2019, Nabwera 2021, Habtegiorgis 2021). Ces résultats sont dû au fait que toutes ces études étaient réalisées chez les adolescentes. Par contre Medina-Perucha et al (Medina-Perucha 2023) en Espagne ont rapporté un âge moyen plus élevé avec 33,2 ans. Dans notre série, 1,46% des enquêtées avaient entre 9 et 11 ans. Ceci s'explique par le fait que nous avons inclus toutes les élèves filles fréquentant l'établissement ciblé sans

distinction d'âge et de niveau d'étude (de la 6^e à la 3^e). Toutes les filles (100%) de notre étude étaient des célibataires. Cela pourrait s'expliquer par le fait que notre étude est réalisée chez les jeunes filles en cours de scolarisation et serait le reflet des efforts consentis par l'état du Niger et ses partenaires dans la lutte contre les mariages d'enfant en milieu scolaire. Dans notre série toutes les enquêtées (100%) étaient au niveau secondaire avec une prédominance des celles fréquentant les classes de 4^{ème} et 3^{ème} avec respectivement 38,71% et 35,44%. Mishika et al ont rapporté un résultat similaire dans leur série. Concernant les caractéristiques des menstrues, l'âge moyen de la ménarche était de 13 ans avec des extrêmes de 11 et 17 ans. Ces résultats sont proches de ceux de Komboigo et al au Burkina Fasso et de Gultie et al en Ethiopie qui retrouvaient respectivement 13,1 ans et 14,1 ans. Par contre Girling et al en Australie et Mishika et al en République Démocratique du Congo (RDC) ont rapporté un âge moyen de la ménarche plus bas avec 12 ans dans leurs études. S'agissant de la connaissance sur la gestion d'hygiène menstruelle, toute les enquêtées (100%) de notre série ont entendu parler de la menstruation avant leur ménarche. Mishika et al en RDC et Ubochi et al au Nigeria ont trouvé des taux similaires. Par contre notre taux est largement supérieur à celui d'Alam et al au Bangladesh avec seulement 36% de enquêtées qui avaient déjà entendu parler des menstruations avant les ménarches. Notre taux s'expliquerait par le fait qu'au Niger et dans la plupart des pays Africains, les cours en rapport avec l'éducation sexuelle et reproductive sont parties intégrantes du programme scolaire. (Mishika 2024, Muyisa 2021, Komboigo 2022, Gultie 2014).

Nous avons noté que la première source d'information sur les règles était la mère dans 49,27% des cas. La plupart des auteurs ont fait le même constat dans leurs études (Mishika 2024, Muyisa 2021, Oliveira 2023, Panda 2024, Prasad 2024, Mumtaz 2019). La presque totalité des jeunes filles (91,62%) de notre série avaient connaissance que la survenue des règles est un phénomène naturel due à la maturité biologique ou puberté. Ce qui nous permet d'affirmer qu'au Niger les filles connaissent les raisons scientifiques de la survenue des menstrues. Ces résultats sont différents de ceux du Rapport ONU Femmes et WSSCC 2016 (Souley 2016), pour qui, au Niger les connaissances sur les menstrues étaient limitées à cause de ce qu'il y a une absence de communication entre parents et enfants sur les menstrues. Nos résultats sont également différents de ceux de Chinyama et al en Gambie qui ont trouvé que la majorité des filles n'ont aucune information sur la menstruation avant la ménarche et ne savent pas pourquoi sa survient chez elles. Dans une revue systématique de la littérature par van Eijk et al incluant 138 études indiennes, la moitié des adolescentes sait que la menstruation est un phénomène biologique normale et 25% savent que le saignement provient de l'utérus. Concernant les considérations sociales des menstrues, plus de six enquêtées sur dix (65,53%) dans notre série considèrent les menstrues comme

une saleté ou une impureté. Nos résultats corroborent les données la littérature à ce sujet. En effet au Niger et dans la plupart des pays du monde, les femmes et les filles en période de menstruation sont souvent considérées comme « sales » ou « impures » (Mishika 2024, Muyisa 2021, Komboigo 2022, Oliveira 2023, Chinyama 2019, Panda 2024). Dans notre étude 90,90% des filles avaient une bonne connaissance sur la gestion de l'hygiène menstruelle (Comment rester propre, le matériel de protection à utiliser et comment l'utiliser, gestion de la douleur, choses interdits pendant les menstrues). Notre taux est supérieur à celui de Mishika et al en RDC qui ont rapporté 38,97%. Concernant les principales interdictions en période de menstruation, 51,58% des enquêtées avaient affirmé ne pas connaître des choses à éviter pendant les règles et pour les autres il existe des interdictions chez la femme en menstrue telle que la pratique du sport, avoir des rapports sexuels, faire la prière, manger du piment, des aliments sucrés et la glace. Muyisa et al en RDC ont rapporté des résultats similaires.

Concernant l'attitude face à la gestion de l'hygiène menstruelle, lors de la survenue des leurs premières règles, la première attitude des filles dans notre série était de parler à leurs mères (70,15%). Le même constat était fait par d'autres auteurs (Mishika 2024, Muyisa 2021). En effet les filles sont plus aisées de parler de leur intimité ou des questions liées à la sexualité à leur mère.

Concernant le matériel de protection, la serviette hygiénique (51,94%), le coton (23,7%) et le morceau de tissu réutilisable (22,2%) étaient les absorbants les plus utilisés par les filles dans notre série. Nos résultats sont similaires à ceux de Komboigo et al au Burkina Fasso, Muyisa et al en RDC et de Shumie et al en Ethiopie qui retrouvaient la serviette hygiénique comme l'absorbant le plus utilisé avec respectivement 53,6%, 62,05% et 54,6% (Muyisa 2021, Komboigo 2022, Shumie 2022). Par contre dans l'étude de Mishika et al c'est le ligne recyclable qui était l'absorbant le plus utilisé avec une proportion de 56%. Dans notre étude 92,9% de nos enquêtées affirment qu'elles se lavent les mains après chaque changement de matériel de protection, soit une fréquence de 3 fois par jours en moyenne. D'autres études ont rapporté des résultats similaires au Burkina Fasso (Komboigo 2022) et en RDC (Mishika 2024, Muyisa 2021). Après utilisation du matériel absorbant, 77,6% de nos enquêtées le jettent dans les latrines, 22,36% l'enterrent et 30,79% le jettent à la poubelle. Dans une étude Congolaise (Muyisa 2021) ces proportions étaient respectivement de 39,9%, 27,0% et 18,4%. Comme dans notre étude Komboigo et al au Burkina Fasso rapportaient que 55,6% des enquêtées ont affirmé jeter leurs couches absorbantes et les latrines étaient le lieu de prédilection chez 77,6% et la poubelle chez 22,4% alors que 44,4% lavaient leurs couches pour réutilisation (Komboigo 2022).

Concernant la prise en charge des symptômes accompagnant les règles, 64,2 % des élèves ont affirmé faire de l'automédication à base d'anti-douleur pendant leurs menstrues alors que 35,8% restent coucher à la maison. Ce même constat était rapporté dans plusieurs études Africaines (Mishika 2024, Muyisa 2021, Komboigo 2022). Ces résultats ont trois implications majeures qui sont : Premièrement les conséquences néfastes de l'automédication sur la santé des adolescentes, deuxièmement le manque d'information sur la possibilité d'une prise en charge médicale de la dysménorrhée et les tabous sur les menstrues. Ce qui amenait les adolescentes à dissimuler ce mal-être physique empêchant cependant l'entourage de réaliser l'ampleur des challenges vécus et le stress lié aux menstrues et troisièmement ceci obligerait les filles à chômer les cours avec un retentissement sur les performances scolaires (Komboigo 2022). Ces problématiques démontraient l'importance d'une bonne sensibilisation médicale en brisant surtout les tabous des menstrues et également l'amélioration de l'accès aux services de santé sexuelle et reproductive des adolescentes aussi bien à l'école qu'ailleurs (Komboigo 2022).

Dans notre étude, 45,38% des filles ont souligné l'absence d'infrastructure adéquate dans leurs écoles pour leur toilette intime et pour changer leurs couches absorbantes pendant leur période menstruelle. En effet nous avons noté que le CES Lazaret (Site 1) ne dispose pas d'infrastructure pour la gestion des menstrues par les filles. La majorité d'entre elles était contrainte de rester à la maison pendant les règles ou de retourner à la maison lorsque les arrivent pendant qu'elles étaient à l'école. Les enquêteurs ont également inspecté eux-mêmes les deux sites de l'étude pour apprécier l'état des lieux des infrastructures nécessaire à une bonne gestion de l'hygiène menstruelle. Au niveau du site 1, les enquêteurs ont observé que : L'établissement ne dispose ni de latrine ni d'un bloc sanitaire accessibles aux filles. L'établissement ne dispose ni de serviettes hygiéniques ni d'autres moyens de rechange pour les filles. En outre, il n'y a pas de responsable pour le suivi médical. Les filles ne peuvent obtenir des médicaments de première nécessité pour la prise en charge des douleurs et autres symptômes liés aux menstrues. Il manque de moyens d'évacuation et de gestion du matériel usé. L'établissement ne dispose pas de poubelles avec couvercle à l'entrée des toilettes, on constate les déchets qui jonchent dans la cour à côté des toilettes. Il n'existe pas non plus de lieu pour éliminer de façon hygiénique les déchets issus des menstrues. Cependant, l'établissement dispose d'un manœuvre chargé de la gestion de l'ensemble des déchets.

Au niveau du site 2, les enquêteurs ont constaté que : L'établissement dispose des latrines modernes. Il existe un dispositif pour se nettoyer dans chaque latrines et un dispositif de lavage des mains à l'extérieur des toilettes. Cependant il n'y a pas de savon ni à l'intérieur ni à l'extérieur des blocs

sanitaires. Il existe de soutien aux filles pendant leurs menstrues avec la disponibilité de serviettes hygiéniques de rechange auprès des enseignantes d'économie familiale. En outre, il existe une responsable pour le suivi médical et les filles peuvent obtenir des médicaments de première nécessité pour la prise en charge des douleurs. L'établissement dispose de poubelles sans couvercle à l'entrée du bloc sanitaire et de nombreuses poubelles dans la cour de l'établissement. Il existe une benne à ordures métallique. L'établissement dispose également de dix (10) personnes chargées de la gestion de l'ensemble des déchets.

Concernant l'impact des menstrues sur la vie socio-académique des élèves filles, 15,16% (125 cas) des filles de notre série manquaient les cours pendant leurs menstrues dont les 60% (75 cas/ 125) d'entre elles fréquentaient le site 1 qui ne dispose pas d'infrastructure pour la gestion des menstrues. Les raisons de cette absentéisme scolaire dans notre étude étaient la peur des taches de sang sur les habits (68%), la dysménorrhée (21,6%) et la fatigue (0,8%). Selon ONU Femmes au Sénégal 36% des filles allaient rarement à l'école pendant leur période menstruelle (ONU-Femmes 2016). L'absence d'infrastructures adéquate pour la GHM dans l'établissement scolaire est associée à un taux élevé d'absentéisme scolaire et à une mauvaise gestion de l'hygiène menstruelle par les élèves. Au Cameroun une fille sur 10 s'absentait régulièrement à l'école en raison de la menstruation (2 sur 10 en milieu rural) et une fille sur deux considérait que la menstruation restreint ses activités quotidiennes (Mabille 2018). En outre, des études faites en Afrique de l'Ouest ont également révélé que 23% des filles quittaient l'école peu après avoir atteint la puberté. La gestion des menstrues apparait comme l'une des causes de ces abandons car les écoles ne disposent pas des infrastructures de base nécessaires pour la gestion de l'hygiène menstruelle (Thomas, 2018). Cela souligne l'importance d'une prise en charge médicale adéquate des symptômes accompagnant les menstrues chez les filles et la construction d'infrastructures adaptées dans les milieux scolaires et d'activités des adolescentes et femmes afin d'accroître leur rendement scolaire, leur productivité et leur autonomisation (Komboigo 2022).

Force et limite de l'étude : La sélection des enquêtées a été la plus inclusive possible en prenant en compte les filles de différentes écoles de la ville de Niamey et de différentes conditions sociales et niveau d'étude. Cependant l'étude était conduite dans seulement deux écoles en milieu urbain du Niger ; de ce fait la généralisation des résultats doit être faite avec précaution. La situation en milieu rural pourrait être différente.

Conclusion

La gestion de l'hygiène menstruelle est un problème majeur en milieu scolaire de la ville de Niamey. Les filles ont une connaissance sur les menstrues surtout par les canaux familiaux et utilisent dans leur majorité des matériels adaptés (serviettes hygiéniques et matériels réutilisables). L'absentéisme scolaire est courant impactant négativement les performances scolaires des filles. Il incombe à tous les acteurs étatiques et non-étatiques (décideurs, praticiens et professionnels des secteurs de l'eau, de l'hygiène et de l'assainissement (WASH), de la promotion des droits de la femme, de la santé, de l'éducation, de l'environnement, des ONG, des populations) de faire bloc, dans une synergie d'actions, afin de promouvoir les bonnes pratiques d'hygiène menstruelle dans les établissements scolaires à tous les niveaux.

Conflits d'intérêts : Les auteurs ne déclarent aucun conflit d'intérêts.

Contributions des auteurs : Tous les auteurs ont participé à la prise en charge des patientes. Tous les auteurs ont lu et approuvé la version finale du manuscrit.

Disponibilité des données : Toutes les données sont incluses dans l'article et sont disponibles auprès de l'auteur correspondant

Déclaration de financement : Les auteurs n'ont obtenu aucun financement pour cette recherche.

Déclaration pour les participants humains : Cette étude a été autorisée par la direction du centre de santé de la mère et l'enfant de Tahoua. Les principes de la déclaration d'Helsinki ont été respectés

References:

1. Alam MU, Luby SP, Halder AK, Islam K, Opel A, Shoab AK. (2017). Menstrual hygiene management among Bangladeshi adolescent schoolgirls and risk factors affecting school absence : results from a cross-sectional survey. *BMJ Open*,9;7(7):e015508.
2. Chinyama J, Chipungu J, Rudd C, Mwale M, Verstraete L, Sikamo C, Mutale W, Chilengi R and Sharma A. (2019). Menstrual hygiene management in rural schools of Zambia: a descriptive study of knowledge, experiences and challenges faced by schoolgirls. *BMC Public Health*, 19:16 <https://doi.org/10.1186/s12889-018-6360-2>
3. Girling JE, Hawthorne SCJ, Marino JL, Nur Azurah AG, Grover SR and Jayasinghe YL.(2018). Paternal Understanding of Menstrual

- Concerns in Young Women. *Journal of Pediatric and Adolescent Gynecology*;31(5):459-67
4. Gultie T, Hailu D, Workineh Y.(2014). Age of Menarche and Knowledge about Menstrual Hygiene Management among Adolescent School Girls in Amhara Province, Ethiopia: Implication to Health Care Workers & School Teachers. *PLOS ONE*;9(9):e108644.
 5. Habtegiorgis Y, Sisay T, Kloos H, Malede A, Yalaw M, Arefaynie M, Dامتie Y , Kefale B, Tegegne BT, Addisu E, Lingerew M, Berhanu L, Berihun G, Natnael T, Abebe M, Feleke A, Gizeyatu A, Ademas A, Fentaw Z, Yayeh TM, Dangura F and Adane M. (2021). Menstrual hygiene practices among high school girls in urban areas in Northeastern Ethiopia: A neglected issue in water, sanitation, and hygiene research. *PLoS ONE*; 16(6) : e0248825.
 6. Hennegan J, Winkler IT, Bobel C, Keiser D, Hampton J and Larsson G. (2021). Menstrual health: a definition for policy, practice, and research. *Sex Reprod Health Matters*;29:31-8. <https://doi.org/10.1080/26410397.2021.1911618>
 7. Keihas L. (2013). L'hygiène menstruelle dans les écoles de deux pays francophones d'Afrique de l'Ouest : Faso et Niger. *Etudes de cas en 2013. Rapport UNICEF*; 79p.
 8. Komboigo E.B, Sib R.S, Yameogo B.R., Kientore S, Some A.D, Kain P.D and Thieba B.(2022). La gestion de l'hygiène menstruelle par les adolescentes du secteur informel dans la ville de Ouagadougou. *Journal de la SAGO*; 23(2) :48-54
 9. Mabile C.(2018). La gestion de l'hygiène menstruelle : pratiques, perceptions et barrières. *UNICEF ; Eau, Hygiène et Assainissement et Catholic Relief Services à Mbandaka, en RDC*; rapport, 20p.
 10. Medina-Perucha L, López-Jiménez T, Jacques-Aviñó C, Sofe Holst A, Valls-Llobet C, Munrós-Feliu J, Martínez-Bueno C, Pinzón-Sanabria D, Vicente-Hernández MM and Berenguera A. (2023). Menstruation and social inequities in Spain: a cross-sectional online survey-based study. *International Journal for Equity in Health* 22 :92 <https://doi.org/10.1186/s12939-023-01904-8>
 11. Mishika PL, Mandro CN, Kamundu AK, Mosomo TK, Tambwe AM, Wembonyama SO, Wembonyama SO, et Tsongo ZK. (2024). Connaissances, attitudes, pratiques et facteurs associés à la gestion de l'hygiène menstruelle chez les adolescentes de la ville de Goma : une étude transversale analytique. *Journal of Medicine, Public Health and Policy Research*; 4(1) :19-28.
 12. Miiró G, Rutakumwa R, Nakiyingi-Miiró J, Nakuya K, Musoke S, Namakula J, Francis S, Torondel B, Gibson LJ, Ross DA and Weiss HA. (2018). Menstrual health and school absenteeism among

- adolescent girls in Uganda (MENISCUS): a feasibility study. *BMC Women's Health* 18 :4 ; DOI 10.1186/s12905-017-0502-z
13. Mumtaz Z, Sivananthajothy P, Bhatti A and Sommer M. (2019). “How can we leave the traditions of our Baab Daada” socio-cultural structures and values driving menstrual hygiene management challenges in schools in Pakistan. *Journal of Adolescence*;76 :152–61
 14. Muyisa RM, Katimba F, Mahasano A, Kavutwa SP, Syaluha SG, Makelele A, Musubao J and Katembo S. (2021). Evaluation du niveau de connaissance des mesures d’hygiène menstruelle par les jeunes filles de Butembo, l’année 2021. *Graben Medical Journal*; 1(1) :1-12.
 15. Nabwera HM, Shah V, Neville R, Sosseh F, Saidykhan M, Faal F, Sonko B , Keita O, Schmidt WP and Toronde B.(2021). Menstrual hygiene management practices and associated health outcomes among school-going adolescents in rural Gambia. *PLoS ONE*; 16(2): e0247554.
 16. Nungbaso AM, Abubakari A, and Apiung AG. (2022). Determinants of Menstrual Hygiene Management Practices among Schoolgirls: A Cross-Sectional Study in the Savannah Region of Ghana. *Infectious Diseases in Obstetrics and Gynecology* ;2022, Article ID 7007117, 10 p. <https://doi.org/10.1155/2022/7007117>
 17. Oliveira VC, Pena ED, Andrade GN, Felisbino-Mendes MS. (2023). Menstrual hygiene access and practices in Latin America: scoping review. *Rev. Latino-Am. Enfermagem*;31:e4029. <https://doi.org/10.1590/1518-8345.6736.4029>
 18. ONU-Femmes.(2016). Gestion de l’hygiène menstruelle : comportements et pratiques dans la région de Kédougou, Sénégal. <https://menstrualhygieneday.org/wp-content/uploads/2016/12/UN-Women-GHM-Comportements-et-Pratiques-K-%c3%a9dougou-S-%c3%a9n-%c3%a9gal.pdf>. Consulté le 29/06/2024
 19. Panda N, Desraj S, Prasad Panigrahy R, Ghosh U, Saxena S, Singh P and Panda B. (2024). Menstrual health and hygiene amongst adolescent girls and women of reproductive age: a study of practices and predictors, Odisha, India. *BMC Women's Health*, 24:144 <https://doi.org/10.1186/s12905-024-02894-7>
 20. Prasad RR, Dwivedi H and Shetye M.(2024). Understanding challenges related to menstrual hygiene management : Knowledge and practices among the adolescent girls in urban slums of Jaipur, India. *J Family Med Prim Care*;13 :1055-61.
 21. Shumie ZS and Mengie ZA. (2022). Menstrual hygiene management knowledge, practice and associated factors Among School Girls, Northeast Ethiopia. *PLoS One* ; 19 ;17(7): e0271275.

22. Souley A.(2016). Recherche formative sur la gestion de l'hygiène menstruelle dans les écoles et développement des outils et supports adaptés au contexte du Niger, UNICEF/CRAMS; 59p.
23. Thomas V. (2018). Menstruations, sang pour sang tabous : comment l'hygiène menstruelle impacte nos sociétés. Observatoire de la santé mondiale. Global Heath, IRIS; 21p.
24. Ubochi NE, Chinweuba UA, Iheanacho NP, Osuchukwu EC, Nwodo CO and Nnamani AJ.(2023). Menstruation behaviour influencer model: a grounded theory of menstrual experiences of shame, embarrassment, stigma and absenteeism among pubescent girls in semi-urban and rural secondary schools in Enugu State, Nigeria. Pan Afr Med J ;18;45:47.
25. van Eijk AM, Sivakami M, Thakkar MB, Bauman A, Laserson KF, Coates S and Phillips-Howard PA.(2016). Menstrual hygiene management among adolescent girls in India: a systematic review and meta analysis. BMJ Open;6: e010290.

Performance Optimization of a Simple Drip Irrigation System with Used Plastic Water Bottles

Zakaria Issaka

Department of Agricultural Engineering,
Tamale Technical University, Northern Region, Ghana

Abdul-Latif Husein Alhassan

Department of Water and Environmental Engineering,
Tamale Technical University, Northern Region, Ghana

[Doi:10.19044/esj.2024.v20n21p170](https://doi.org/10.19044/esj.2024.v20n21p170)

Submitted: 16 August 2021

Accepted: 30 July 2024

Published: 31 July 2024

Copyright 2024 Author(s)

Under Creative Commons CC-BY 4.0

OPEN ACCESS

Cite As:

Issaka, Z., & Alhassan, A.-L. H. (2024). *Performance Optimization of a Simple Drip Irrigation System with Used Plastic Water Bottles*. European Scientific Journal, ESJ, 20 (21), 170. <https://doi.org/10.19044/esj.2024.v20n21p170>

Abstract

Effects of perforation sizes and heights of used plastic water bottles on growth and yield components of *amaranthus spinosus L.* crop were analyzed in this study. The experiment was conducted on a 38 m² experimental field of Tamale Technical University using a Randomized Complete Block Design with four treatments and replications. Perforation sizes at different heights of bottles from the ground level combinations were: 3.2 mm, 5 cm (A); 3.2 mm, 10 cm (B); 3.2 mm, 15 cm (C); 3.2 mm, 20 cm (D), respectively. Data on growth and yield components of amaranthus crop were measured and analysed using ANOVA. Results showed a decreasing trend for both irrigation time and perforation size and height of the plastic bottle from the ground level. Significant differences were observed between the treatments A and D, B and C, B and D, and C and D for leaf area, number of leaves, plant height, stem girth, root length, and weight of amaranthus crop head. However, perforation size of 3.2 mm with the plastic water bottle raised at a height of 5 cm from the ground resulted in significant growth and yield of amaranthus crop, followed by B, C and D treatments. Small holder farmers can adopt used water plastic bottles with perforation size of 3.2 mm raised 5 cm from the ground level in order to boost the production of amaranthus crop.

Keywords: Plastic bottle, drip irrigation, perforation size, height of bottle from ground

Introduction

A major challenge in the 21st century is how to feed the growing world population in the face of climate change (Fróna et al., 2019; Foley et al., 2011). In addition to requiring institutional changes, global crop production needs to double to meet the demand by 2050 (Bahar et al., 2020; Tillman et al., 2014; Alexandrators and Bruinsma 2012; Valin et al., 2014). Global cereal production would decrease by 20 % without irrigation (Siebert and Doll, 2010), and climate change and population growth will further enhance the role of irrigation plays in the future of agriculture (Wang et al., 2018; Neumann et al.2011; Plusguellec 2002). In the past 50 years, irrigated area has doubled (Nghiah-Sah, 2021; FAO, 2018; Siebert et al., 2015) and about 24% of the total harvested cropland is irrigated, producing more than 40% of the global cereal yield (Mehta et al., 2024; Norain et al., 2019: Portman et al., 2010) irrigation is the single largest global freshwater user, accounting for ~70 % of water withdrawal and 80-90 % of water consumption (Gleick et al., 2009).

In Ghana, agriculture is vital for overall economic development since it is the largest contributor to the Gross Domestic Product (GDP) accounting for about 50 %. It also accounts for about 60 % of export earnings and directly or indirectly supports 80 % of the total population economically through farming, distribution of farm products, and provision of other services to the agricultural sector (MoFA, 2022). A vital area necessary for the modernization of agriculture in Ghana is irrigation. Unfortunately, the total area under irrigation as of 1996 was estimated at 11,000 ha which is only 0.44% of the total land area or just 0.26% of the area under cultivation (Sant Anna, 1997). This has barely changed and this goes to buttress the fact that Agriculture is mainly rain-fed, subject to the vagaries of the weather despite the fact that yields are greater and cropping is twice yearly on some irrigated schemes (MoFA 2022; Memuna and Cofie, 2005).

Current channel irrigation efficiencies in Ghana are generally below 50%, as much of the diverted water is lost in the conveyance system or through inefficient application to the plants. The magnitude of these losses is determined primarily not only by the irrigation system (eg. sprinkler, surface, drip) but also by metrological and other environmental conditions. However, only water that leaves the system without a benefit for crop growth, such as evaporation from bare soil and other non beneficial components (weed transpiration) should be considered a manageable loss, (Kelly and Keller, 1995). Since the beginning of crop production, irrigation has been used to reduce crop drought stress by compensating for low precipitation.

The growing recognition of irrigation problems and their impact on the economy and environment have prompted the government of Ghana to implement plans and strategies to encourage new drip irrigation technologies to promote sustainable irrigated agriculture. One issue that generates a lot of pessimism about irrigation in Ghana is the issue of cost. Inadequate feasibility studies led to costly design changes during the construction of irrigation projects and hence the involvement of expensive expertise at all stages of the project cycle at the early stages of nationhood. Perforation size and height of the bottle from ground level determine the irrigation time and efficiency of the drip irrigation system. Hence, there is a need to research into these parameters and how they affect irrigation efficiency and crop parameters. In this study, a simple drip irrigation system with used water bottles was designed, and the performance parameters were optimized in order to meet the needs of small-holder farmers and sustain crop production.

Methodology

Study area

The experiment was conducted at the experimental field of Tamale Technical University located in the Northern Region of Ghana. It lies between latitude $9^{\circ} 17'$ and $10^{\circ} 6'$ N and longitude $1^{\circ} 2'$ and $1^{\circ} 19'$ W (Zakaria et al., 2014) as shown in Figure 1.

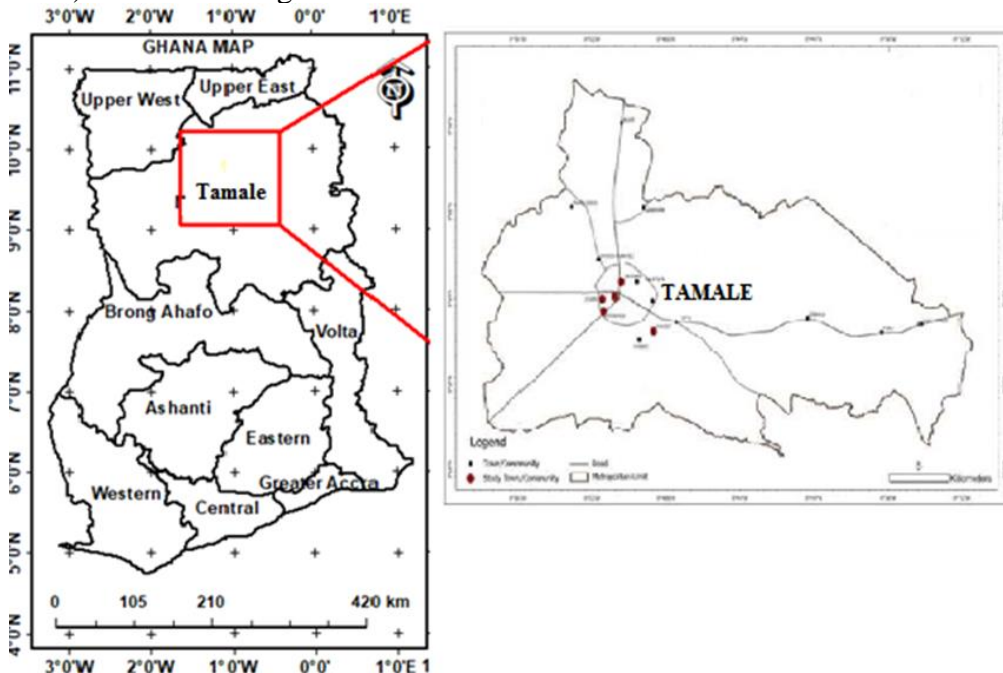


Figure 1. Location map of the study are

The climatic conditions in the area are characterized by a mean annual rainfall of 1100 mm, a relative humidity of 75 %, and a temperature range of 15 °C to 42 °C, with an average annual temperature of 28.3 °C. The rainy season typically begins in May and extends through to October, with peak rainfall occurring between July and August. However, the dry season spans from November to March (Alhassan *et al.*, 2014). Soils in the area are generally sandy loam and support the cultivation of various types of crops.

Land preparation

The land was prepared by clearing weeds using a cutlass, and hoe, and finally, a rake was used to convey the debris out of the field in order to make the land convenient to construct the bed. The area of the field was measured as 10 m x 3.8 m (38 m²). Four beds were prepared and labeled with placards as Test 1, Test 2, Test 3, and Test 4 as shown in Fig. 1 below. Each test bed measured 3.8 m x 1.7 m (6.46 m²). Seeds from the amaranthus crop were nursed before transplanting the seedlings into the field with two lines (Figure 2).

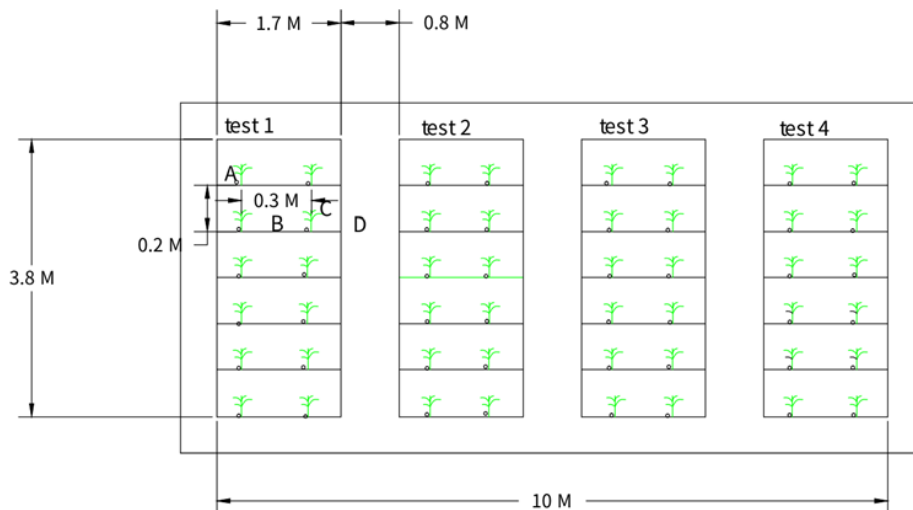


Figure 2. Field layout of used plastic water bottle drip irrigation system

Flow calibration for the drip system

Wooden posts were erected at the two ends of each bed, and a rope was tied to the top end of the wooden posts to enable the plastic bottles to be hung directly above the base of each plant. As can be seen in the schematic diagram (Figure. 3), the distance between the plastic bottles was based on the plant spacing of 20 cm x 30 cm. As shown in the figure below, the plastic bottles were placed close to the base of plants, holes of different diameters were perforated in the bottom part of the bottles and water was filled to maximum in each bottle.

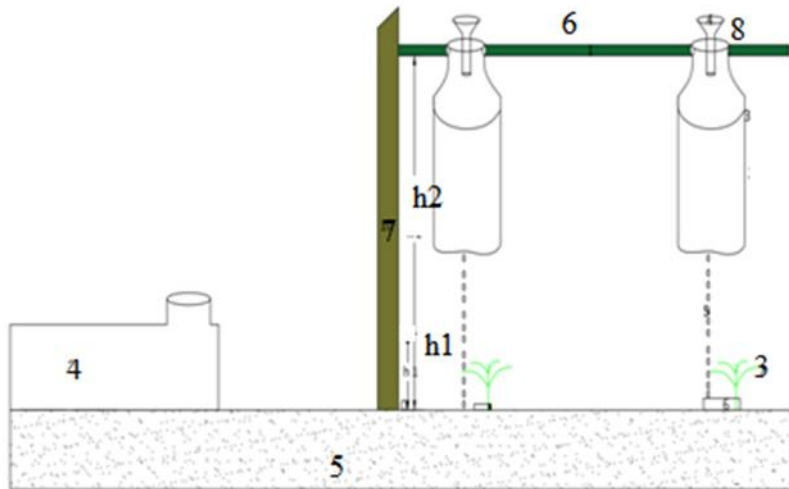


Figure 3. Flow calibration of used plastic bottle drip irrigation system: 2. used plastic bottle, 3. crop, 4. storage tank, 5. ground level, 6. rope, 7. stake, 8. funnel, h_1 . height of bottle from ground, h_2 . height of bottle

Due to the force of gravity acting on the water in the plastic bottle, water drips continuously from the bottle and wets the base of the plant. The base of each crop was mulched with grass to prevent splashing of the soil at the base of the crop during the dripping of water. The pressure exerted by a static fluid or hydrostatic pressure, is the pressure in an equilibrium system that depends on the depth of the water in the used plastic bottle, the density of the water, and the acceleration of gravity. Hence, the pressure exerted by the water is given:

$$P = \rho gh \quad (1)$$

where; P is the pressure of water in the plastic water bottle (N/m^2), ρ is the density of water (kg/m^3), g is acceleration of gravity (m/s^2), and h is the depth of water in the plastic bottle (m)

Measurement of flow parameters

Infiltration rate

Flow rate and irrigation time

Irrigation time is the time taken for the required amount of water to wet the root zone of the crop. It plays a key role in determining the optimum perforation size and height of the plastic bottle to achieve maximum irrigation efficiency. Irrigation time was determined by closing the hole punched at the bottom part of the plastic bottle and filling it with water, then opening the hole for the water to drip. The time was recorded with a stopwatch when the bottle had emptied all the water. This was repeated for all the four treatments.

Distance a droplet of water cover from the bottom of the bottle to the ground and the time taken to empty the plastic water bottle for each treatment. The experiment was repeated three times to calculate the average velocity and wetted cross-section area. The flow rate, q was calculated using Equation 2 below.

$$q = vA \quad (2)$$

where; q is the flow rate (m^3/s), v is the average velocity of flow (m/s), and A is the cross-section area of the perforation (m^2)

Depth of water application

The depth of water applied during irrigation is the amount of water is stored within the root zone between field capacity and minimum allowable balance for a given crop and soil. Net depth of irrigation was calculated using Equation 4.

$$d_{net} = p(FC - PWP)d \quad (4)$$

where; d_{net} is the net depth of irrigation (mm), p is depletion fraction, FC is Field capacity (mm), PWP is permanent wilting point (mm) and d is root depth (mm).

Measurement of growth and yield components

Plant height

Plant heights were measured in a week interval from the ground level to the end of the terminal bud using measuring tape, and this was repeated and the mean was calculated and recorded.

Stem girth

The stem girth of the tagged plants from each net plot was determined using an electronic digital venire caliper, their mean was calculated and recorded also in weekly intervals.

Leave area

The leave area of the whole sampled plant was determined every week by measuring the individual leaf length and width and multiplying by 0.64 (Kolawole and Sarah, 2009) and the result obtained was recorded. This is the ratio of the total area of leaves to the ground area occupied by the crop (Forbes and Watson 1992). Thus.

$$LAI = \frac{LA}{GA} \quad (6)$$

where; LAI is Leaves area index, LA is leaf area (m^2), and GA is ground area (m^2)

Statistical analysis

The data collected was scanned, edited, and fed into the computer, where Microsoft Excel software was used to perform t-tests on the treatments in order to select the optimum combination of perforation sizes and heights of the used plastic water bottle for optimum growth and yield of *Amaranthus* crop.

Results and discussion

Characteristics of experimental soil

Characteristics of experimental soil are summarized in Table 1. Sandy loam soil is the most dominant soil in the area and is generally suitable for growing lettuce crops. The experimental site has 25.06% and 11.16% FC and PWP, respectively. The average volume percentage of TAW was 126%.

Table 1. Characteristics of experimental soil

Soil Characteristic	Value
Sand	9.33 %
Silt	9.33 %
Clay	25.3 %
Organic Matter, OM	0.84 %
Field Capacity, FC	23.2 %
Permanent Wilting Point, PWP	11.16 %
Total Available Water, TAW	139.10 mm/m
Electrical conductivity, EC	0.68 dS/m
pH	7.24

Infiltration rate of soil

Infiltration rate is the speed at which water enters into the soil and it is measured by the depth (mm) of the water layer that can enter the soil in one hour. In this study, the infiltration rate of the soil in the study area was calculated from the graph by calculating the gradient which was 1.92 mm/min as shown in Fig. 3. Infiltration rate is how fast water moves from the soil surface into the soil. Different types of soils have different rates of infiltration. Results from the field tests give a calculated value of infiltration rate of 1.9 mm/hr. In Figure 4, it can be seen that the infiltration rate was more rapid at the beginning of the test, which slowed down after 40 minutes of the test. This happened because the type of soil found in the study area is predominately sandy loam. However, as more water replaces the air in the pores, the water from the soil surface infiltrates more slowly and eventually reaches a steady.

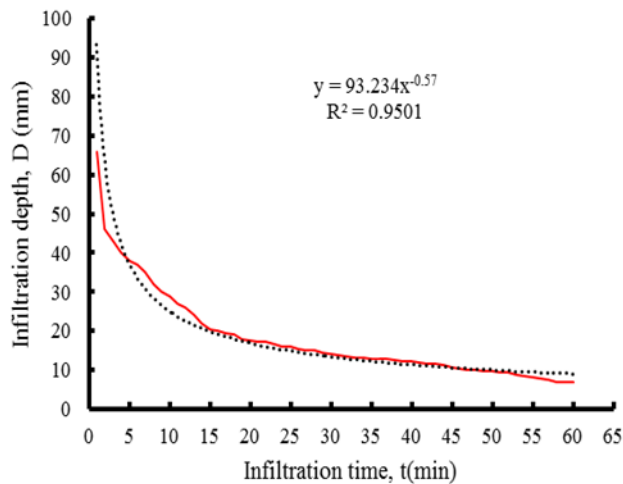


Figure 4. Infiltration rate of sandy loam soil in the study area

It can be observed that at the early stage, the infiltration rate was very high within one minute but as it gets along to the last part of the infiltration curve, the rate of infiltration gradually declines. Based on the result obtained, the infiltration rate of the soil in the study area could be good for the production of amaranthus crop.

Application rate

Application rate is the depth of water that the irrigation system applies to crops at a specific time. Results of the application rates are presented in Table 2. It can be observed from the table that the application rate and the wetted area increased with the increase in the perforation size of the bottle.

Table 2. Application rates of different treatments

Treatment	Application rate, q (cm/min)	Wetted Area, A_w (cm ²)
A	0.17	0.1018
B	0.19	0.1256
C	0.22	0.1075
D	0.31	0.1256

However, the results show that there was no statistical difference among the treatments A, B, C, and D. This means that treatment A could also give a better application rate with a large wetted area which is necessary for meeting crop water requirements.

Effects of perforation size and height of bottle on irrigation time

Figure 5 below shows the relationship between different perforation sizes and irrigation time. The effect of perforation size (mm) and irrigation time (min) can be observed when the perforation size of the bottle is small; it takes a longer time for the water to drip off from the bottle. However, it takes a shorter time for the water to drip off when the perforation size is large. It can be seen that the optimal perforation size was 3 mm with an irrigation time of 104 min.

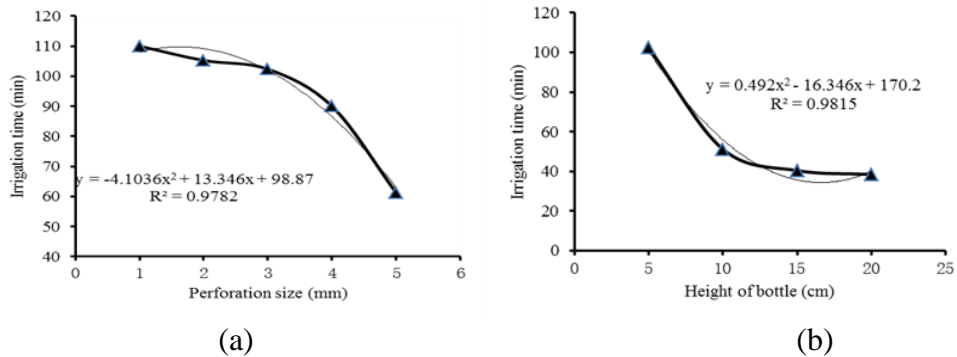


Figure 5. Effect of used water bottle on irrigation time: (a) Relationship between perforation size bottle and irrigation time: (b) Relationship between height and irrigation time

A mathematical model was developed that can be useful for determining the irrigation time when the perforation size and height of the bottle from the ground level is known. The perforation size and height of the bottle remain constant, it is only when the pressure acting on the bottle decreases. This means that the water in the bottle is also finishing which will reduce the speed of flow of the water, indeed the height may change little but it does have an effect on the perforation size and that of time.

Leave area index

The mean leaf area index was 0.948, 0.882, 0.759, and 0.521 for treatments A, B, C, and D respectively (Figure 6). Results of the analysis of variance showed that the effects of different water levels influenced leaf area index significantly between treatments A and B (0.05, $p > 0.05$), A and C (0.189, $p > 0.05$), A and D (0.427, $p > 0.05$), B and C (0.123, $p > 0.05$), and C and D (0.238, $p > 0.05$). This might have led to increasing the level of water, and as the plant continues to grow, an adequate amount of water would be required to carry out chemical activities such as cell division and as the cell divides multiple smaller cells are formed.

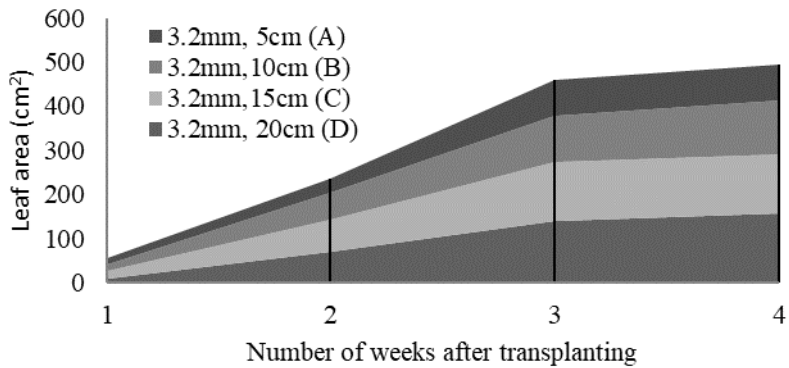


Figure 6. Effects of the treatments on leaf area

The process of increasing the number of cells increases also the leaf area and hence the area index with respect to the water uptakes. These analyses are in agreement with the results reported by Karam et al. (2002) and Bozkurt and Mansuroğlu (2011) who obtained higher head diameters at full irrigation treatment (Steven L. Peter et al., 2019). It is important to avoid water stress during the period of head formation, the most critical period of amaranthus crop for irrigation.

Plant height

Results for the mean values were 42.7 cm, 43.25 cm, 41.0 cm, and 38.5 cm for treatments A, B, C, and D respectively (Figure 7). The effects of watering on plant height showed a significant difference between treatments A and C (1.7, $p > 0.05$), A and D (4.2, $p > 0.05$), B and C (2.25, $p > 0.05$), B and D (4.75, $p > 0.05$), and finally C and D (0.25, $p > 0.05$). Amaranthus crop requires a sufficient amount of water for growth because it is sensitive to any small amount of water, it begins to respond in accordance to the water intake, and as the water increases, so as the plant increases especially from the initial stage to maturity.

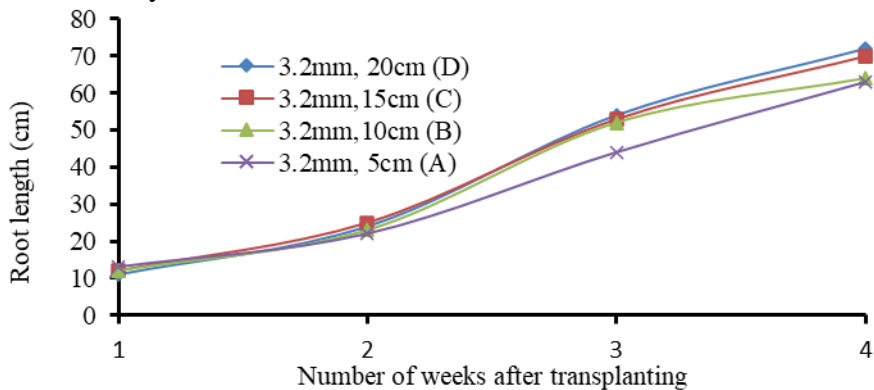


Figure 7. Effects of the treatments on plant height

During this period, photosynthetic life processes take place where water is transported from the soil through the stem to the leaves and various plant parts for chemical processes, leading to plant increment or growth. Yazgan et al. (2008) reported that the irrigation water level in amaranthus crops had significant effects on plant height and obtained the highest plant height values from full irrigation levels. Kirnak et al. (2002) also pointed out that plant height for amaranthus crops increased significantly with increasing irrigation water applied. However, there was no significant difference between A and B (0.032, $p > 0.05$). Amaranthus crop is very sensitive to small amounts of irrigable water and will increase as the water level increases, so will it decrease as the water decreases, this is to say that water stress should be avoided in Amaranthus crop production because of heavy dependency on water.

Stem girth

Mean values of stem girth were 5.9 cm, 5.2 cm, 5.1 cm, 4.2 cm for treatments A, B, C, and D, respectively (Figure. 8). The analysis of variance showed that there was a statistical difference in the effects of perforation size and height of bottle on stem girth between treatment B and D (1.0, $p > 0.05$), A and C (0.8, $p > 0.05$), A and D (1.7, $p > 0.05$), B and C (0.100, $p > 0.05$). We also observed an incremental trend in stem girth for all the treatments in this study (Figure 8).

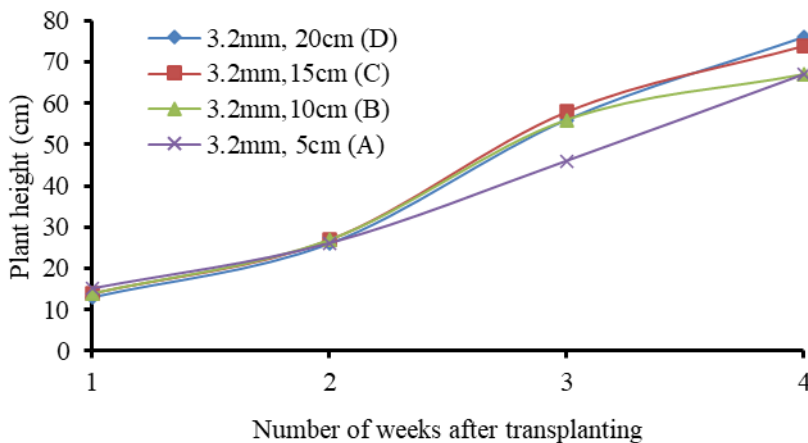


Figure 8. Effects of the treatments on stem girth

In plant cells where the cell sap is immersed in pure water, inward osmosis of water into the cell sap ensures. This results in the exertion of turgor pressure against the protoplasm, which in turn is transmitted to the cell wall. The pressure also prevails throughout the mass of solution within the cell. If the cell wall is elastic some expansion in the volume of the cell occurs as the

result of pressure which may also increase stem girth. However, there were no significant differences between A and B (0.045, $p>0.05$). These occurrences might be associated with water stress, when plants lack water pressure begins to pile up at the root and this will be transmitted via the stem since there will be demand at the leaves zone for photosynthesis and other physiological activities this demand might cause shrinkage of the stem.

Root length

Mean values for root length from the analyzed data were 40.25 cm, 40.0 cm, 37.75 cm, and 35.75 cm for treatments A, B, C, and D respectively (Figure 9). Results from the statistical analyses showed significant differences in terms of root length between treatments B and C (2.25, $p>0.05$), B and D (4.25, $p>0.05$), C and D (2.0, $p>0.05$). It can be seen from Figure 9 that the length of the root increased with the number of weeks after transplanting.

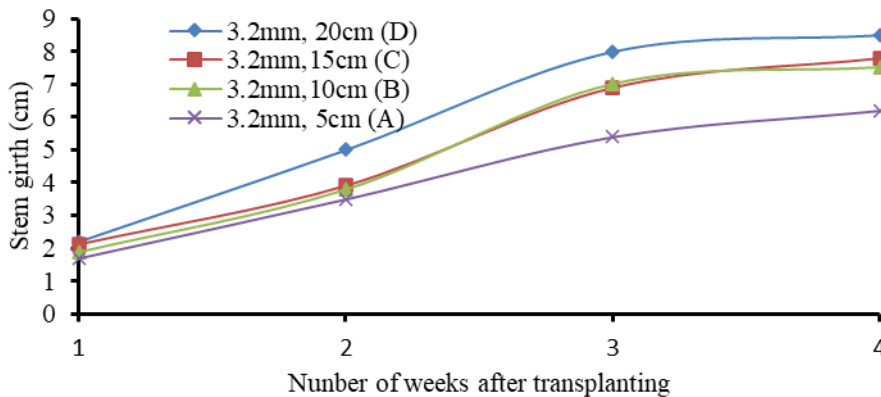


Figure 9. Effects of the treatments on root length

Whenever the water potential in the peripheral root is less than that of the soil water, movement of water from the soil into the root cells occurs. This occurrence might enable the roots to absorb some chemical element from the soil in the form of nutrients which may result in either increasing the length or the weight.

Weight of amaranthus crop head

Average values were 2.4 g, 1.7 g, 1.3 g, 1.1 g for treatments A, B, C and D, respectively (Figure 10). The analysis of variance observed a significant difference between the treatments in terms of head weight of amaranthus crop A and B (0.7, $p>0.05$), A and C (1.1, $p>0.05$), A and D (1.3, $p>0.05$) and B and C (0.4, $p>0.05$). However, we observed a decreasing trend in the weight of amaranthus crop head after transplanting. This could be due to the fact that the amaranthus crop tends to lose water at maturity.

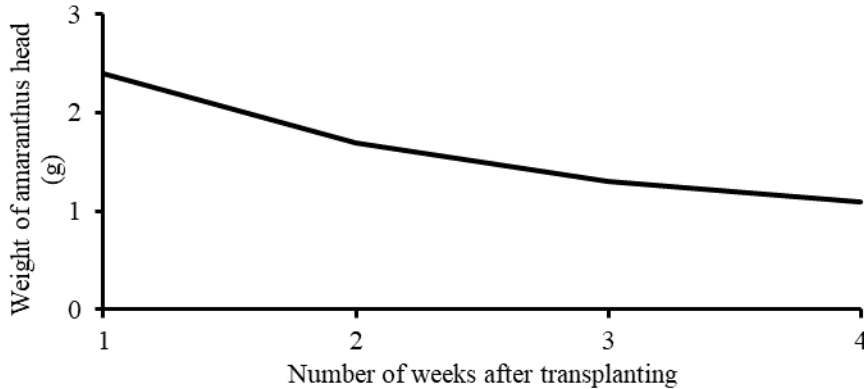


Figure 10. Effects of the treatments on weight of amaranthus head

Water is the most abundant constituent of all physiologically active plant cells. Leaves for example have water content that lies mostly within a range of 55- 85 % Of their fresh weight. Amaranthus crop is very sensitive to small amounts of irrigation water this might have led to the increase in the amount of water contained within the leaf. More so, the more you apply water the higher the leaves absorb the water and hence increasing the amaranthus crop head weight. Our results disagree with that of Acar *et al.* (2008) which states that there was no significant variation in head and marketable head weight in all irrigation levels.

Number of leaves per plant

The mean values from the analysis were 14.5, 12.5, 9.5, 8.5 for Treatment A, B, C, and D respectively (Figure. 11). Results of the statistical analysis showed significance between treatments A and B (2.0, $p>0.05$), A and C (5.0, $p>0.05$), A and D (6.0, $p>0.05$), B and C (3.0, $p>0.05$). The number of amaranthus leaves also decreased with the number of weeks after transplanting. It is possible for the amaranthus crop to lose some leaves throughout its entire growth period, particularly at the maturity stage.

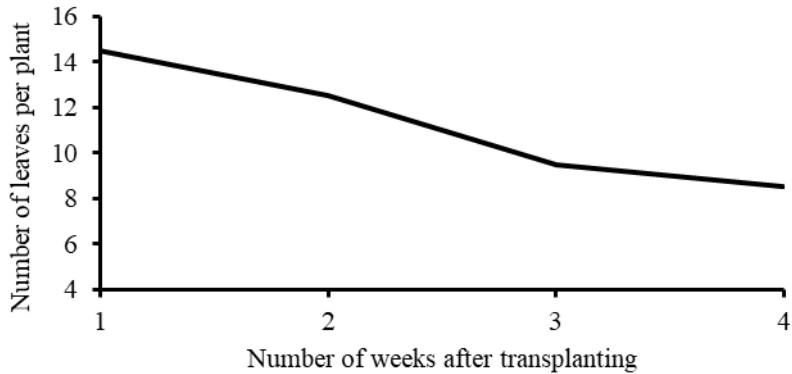


Figure 11. Effects of the treatments on the number of leaves per plant

In the case of a number of leaves, a decrease in irrigation level may result in a reduction in the mean leaf number per plant. However, Increasing the level of irrigation might increase the number of leaves as a result of gradual progression in the growth stages, as the plant grows the leaves might also increase and as the leaves increase, weight also increases this means that the higher the leaves the heavier the amaranthus crop head weight all things being equal. In contrast with our results, Acar et al. (2008) reported that different irrigation levels did not significantly affect mean leaf number.

Conclusion

Different amounts of water application levels had significant effects on the growth parameters and yield parameters of amaranthus crop. The results showed that a used plastic bottle with a perforation size of 3.2 mm raised to a height of 5cm resulted in an increase and growth and yield parameters of amaranthus crop. However, other perforation sizes and heights of bottles from the ground combinations (3.2 mm, 10 cm), (3.2 mm, 15 cm), and (3.2 mm, 20 cm) resulted in marginal increment in growth and yield parameters of the *amaranthus* crop. A used plastic water bottle with a perforation size of 3.2 mm raised at a height of 5 cm is recommended for smallholder farmers in the study area, particularly those who cannot afford the commercial drip irrigation system.

Conflict of Interest: The authors reported no conflict of interest.

Data Availability: All data are included in the content of the paper.

Funding Statement: The authors did not obtain any funding for this research.

References:

1. Bahar NHA, Michaela Lo, Sanjaya M, Van VJA, Alexander P, Ickowitz, A, Sunderland T (2020). Meeting the food security challenge for nine billion people in 2050: What impact on forests? *Global Environmental Change*, 62, 102056.
2. FAO Food and Agriculture Organization of the United Nations (2018). *Global crop water Model Environmental Research letters*, 8 (2): 302-309.
3. Foley J. A., Ramankutty N, Bruinman K.A, Cassidy E.S. (2011). Increasing population and consumption are placing unprecedented demands on agriculture and natural resources. *Nature.com*. University of California, California.
4. Forbes, J.C and Watso, R.D. (1992). *Plants in Agriculture 1st Edn. Irrigation practices in high rainfall area*. Press syndicate of the University of Cambridge, Cambridge, New York. No. 04-90-St. Joseph. Mich: ASAE Pub. 355.
5. Fróna D, Szenderá J, Harangi-Rákos M. (2019). The challenge of feeding the world. *Sustainability*, 11(20), 5816.
6. Karam, K. F. Karam N, Tarabey (2002) *Participatory water saving management and water cultural heritage: Lebanon country report*. Lebanese Agricultural research Institute, Irrigation and Agro-Meteorology Department, Zahleh, Lebanon.
7. Karata, A. (1995). *An Investigation on Determination of Suitable Plant Growth, Yield, Sowing Date, and Some Quality Characteristics of lettuce*. Arizona, USA.
8. Kelly, A and Keller (1995). *Effective Efficiency: A water use concept of allocating freshwater resources*. Water resources and irrigation division Discussion paper 22. Arlington, Virginia Winrock International, USA.
9. Kirnak H, Demir S, Tas I, Cakmakli M. (2002). Response of different irrigation water applications on yield and growth of lettuce grown in greenhouse. *J Agric Fac Harran Uni*, 6 (1-2): 4754.
10. Mehta P, Siebert S, Kummu M. (2024). Half of twenty-first century global irrigation expansion has been in water-stressed regions. *Nat Water* 2, 254–261.
11. Ministry of Food and Agriculture (2020). *Ghana agricultural survey for minor season*. Accra, Ghana
12. Ministry of Food and Agriculture-MoFA (2022). *Transforming Ghana beyond aid. Annual report*, Accra, Ghana.
13. Neumann K. Stehfest E, Verburg P, Siebert H, Muller S, Veldkamp. T. Exploring global irrigation patterns: A multi levels modelling approach, *Agriclt. Syst.*, 104, 703-713.

14. Ngiah-Sah Kah K. (2021). Effects of variety, deficit drip irrigation and rice straw mulch on flowering, fruiting and yield of tomato (*Lycopersicon esculentum l.*). Master's Thesis, University for Development Studies, WACWISA, Tamale, Ghana.
15. Norain, J, Festo, J, Massawe, R, Symonds, C. (2019). Transpiration efficiency of Amaranth (*Amaranthus sp.*) in response to drought stress, The Journal of Horticultural Science and Biotechnology, 94(4): 448-459,
16. Siebert. S, Doll P (2010). Quantifying blue and green virtual water contents in global crop production as well as potential production losses without irrigation. J. Hydrot., 384, 198-217.
17. Steven, L. Peter, M.S. Ayyangowdar, B.Maheshwara Bahu, Y. Pampanna, B.S. Polisgowdar and G. Ramesh (2019). Evaluation of drip irrigation on *amaranthus (Amarathus hybridus L)* yield and water use efficiency under shade-Net. Department of soil and water Engineering, College of Agricultural Engineering, Raichur University of Agricultural Science, Raichur- 584 104, India.
18. Wang J, Vanga SK, Saxena R, Orsat V, Raghavan V. Effect of Climate Change on the Yield of Cereal Crops: A Review. Climate, 6, 41.
19. Yazgan S, Ayas S, Demirtas C, Buyukcangaz H, Candogan, B.N. (2008). Deficit irrigation effects on lettuce (*Lactuca sativa var. Olenka*) yield in unheated greenhouse condition. J. Food Agric Environ. 6(2): 357-361.
20. Zakaria H, Abujaja AM, Adam H, Nabila AY (2014). Factors affecting farmers willingness to pay for improved irrigation service: A case study of Bontanga Irrigation Scheme in northern Ghana. International Journal of Agricultural Economics and Extension, 2(1), 68–76.